KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN
TE AMSTERDAM

# PROCEEDINGS OF THE SECTION OF SCIENCES

**VOLUME XXXVIII**
**(Nos. 6–10)**

PUBLISHED BY
N.V. NOORD-HOLLANDSCHE UITGEVERSMAATSCHAPPIJ,
AMSTERDAM, 1935

# INDEX

**Anatomy.**

ARIËNS KAPPERS, C. U.: "Stability and variability of Central- and Paleo-Asiatic index peaks and some remarks on the Greenland Eskimo", p. 686.

ARIËNS KAPPERS, C. U.: "The degree of the changes in the cephalic index correlated with age and environment", p. 989.

BERGGREN, SVEN MAGNUS: "Anatomical study of a case of unilateral section of the Bracchium conjunctivum cerebelli in the dog, with remarks concerning the existence of cerebellopetal fibres in this Bracchium", p. 1040.

DREYER, J. F.: "A Human Skull From Florisbad, Orange Free State, with a note on the endocranial cast, by C. U. ARIËNS KAPPERS", p. 119.

FREY, EUGEN: "Experimentelle Untersuchungen über die basale optische Wurzel beim Meerschweinchen", p. 767.

FREY, EUGEN: "Die basale optische Wurzel des Meerschweinchens", p. 775.

KUROTSU, TOSHIYUKI: "Ueber den Nucleus magnocellularis periventricularis bei Reptilien und Vögeln", p. 784.

WINKLER, C.: "Recherches sur le cervelet", p. 220.

**Anthropology.**

KLEIN, W.: "The degree of the developmental changes in the length-breadth index of the head of Dutch Askenasim Jews", p. 1021.

KLEIWEG DE ZWAAN, J. P.: "Der Zusammenhang zwischen Kopf- und Gesichtsmaszen mit der Körperlänge bei den Minangkabau-Malaien Mittel-Sumatras", p. 301.

**Astronomy.**

BERLAGE Jr., H. P.: "The theorem of minimum loss of energy due to viscosity in steady motion and the origin of the planetary system from a rotating gaseous disc", p. 857.

NIJLAND, A. A.: "Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen. XXI. Z Cygni", p. 30.

NIJLAND, A. A.: "Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen. XXII. R Draconis", p. 230.

NIJLAND, A. A.: "Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen. XXIII. X Aurigae", p. 495.

NIJLAND, A. A.: "Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen. XXIV. R Lacertae", p. 709.

NIJLAND, A. A.: "Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen. XXV. V 20 = ST Cygni", p. 964.

PANNEKOEK, A. and S. VERWEY: "The Stark effect of hydrogen in first type stellar spectra", p. 479.

**Botany.**

BEER, H. DE: "On the Morphological significance of the thorns of the different species of "Citrus"", p. 297.

BEIJERINCK, W.: "Polymorphism and Colour of the Calluna-flower", p. 1087.

BEIJERINCK, W.: "The opening of the flower-buds of Calluna vulgaris (L.) Salisb." p. 1095.

BLAAUW, A. H.: "Het groeien van den Iris-bol na verschillende zomerbehandeling", I, p. 248.

DOUTRELIGNE, J.: "Note sur la structure des chloroplastes", p. 886.

GIESBERGER, G.: "Rektifikation zu meiner Arbeit "Speichel-, Pankreas- und Aspergillus-amylase" (Taka-Diastase) als Gemisch zweier Arten von Amylasen", p. 344.

HAAGEN SMIT, A. J. and F. W. WENT: "A physiological analysis of the growth substance", p. 852.

HARTSEMA, ANNIE M. en A. H. BLAAUW: "Verschuiving der Periodiciteit door hooge temperaturen. Aanpassing en export voor het Zuidelijk halfrond", II, p. 722.

HEYN, A. N. J.: "The Chemical Nature of Some Growth Hormones as determined by the Diffusion Method", p. 1074.

LUYTEN, IDA: "De periodieke ontwikkeling van Iris reticulata", p. 663.

OUDMAN, J.: "Nährstoff-aufnahme und Transport durch die Blätter von Drosera capensis L", p. 650.

PRUD'HOMME VAN REINE, W. J.: "Ueber Plasmolyse und Deplasmolyse", p. 199.

REUHL, ELSA: "Oxygen-Intake of Oily and Starchy Seeds", p. 879.

THIMANN, KENNETH V.: "On an analysis of the activity of two growth-promoting substances on plant tissues", p. 896.

UBISCH, G. V.: "Beeinflussung der Heterostyliemerkmale von Oxalis stricta durch Ustilago Oxalidis", p. 93.

WAKKIE, J. G.: "Notes on the Possible Structure of the Chlorophyll-Granules in the Plastid", p. 1082.

WENT, F. W.: "Coleoptile Growth as Affected by Auxin, Aging and Food", p. 752.

**Chemistry.**

ATEN Jr., A. H. W.: "Adsorption und Ionenaustausch", p. 441.

BEINTEMA, J.: "On the Crystal-Structure of Cerium tungstate", p. 1011.

BEINTEMA, J.: "On the Crystal-Structure and the Composition of Sodiumdihydro-pyrostibiate", p. 1015.

BONNER, JAMES: "Some Colloidal Properties of the Pectins", p. 346.

BUNGENBERG, DE JONG, H. G.: "Oriented coacervates and their bearing upon the formation of colloid-crystals", p. 426.

BUNGENBERG, DE JONG, H. G. and P. V. D. LINDE: "Coacervate sols and their relation to the theory of lyophilic colloidal stability", p. 419.

COHEN, ERNST und J. J. A. BLEKKINGH Jr.: "Der Einfluss des Dispersitätsgrades auf physikalisch-chemische Konstanten". (Vierte Mitteilung), p. 842.

COHEN, ERNST und J. J. A. BLEKKINGH Jr.: "Der Einfluss des Dispersitätsgrades auf physikalisch-chemische Konstanten". (Fünfte Mitteilung), p. 978.

COHEN, ERNST und H. L. BREDÉE: "Die Oxydationsgeschwindigkeit des Zinns", p. 130.

COHEN, ERNST, W. A. T. COHEN—DE MEESTER and A. K. W. A. VAN LIESHOUT: "Der Einfluss mechanischer Deformation auf die Umwandlungsgeschwindigkeit polymorpher Metalle", p. 377.

JAEGER, F. M. and J. BEINTEMA: "On the Symmetry and the Structure of the Crystals of the Hydrochlorides of Triamino-triethylamine", p. 243.

JAEGER, F. M. and J. A. VAN DIJK: "On Complex Salts of $\alpha$-$\alpha'$-Dipyridyl with Zinc and Cadmium", II, p. 235.

JAEGER, F. M. and J. A. VAN DIJK: "On Some Complex Dipyridyl-Salts of Nickel and Copper", p. 972.

JAEGER, F. M., R. FONTEYNE and E. ROSENBOHM: "The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures. XVIII. On the Use of Dewar Vacuum vessels in the Metal block Calorimeter for the Control of the Cooling-rate", p. 502.

KOETS, P.: "Complex coacervation of amylophosphoric acid and proteins and its possible bearing on the problem of amylopectin", p. 63.

KRUYT, H. R.: "The action of electrolytes on hydrophobic colloids", p. 464.

KRUYT, H. R. and H. G. BUNGENBERG DE JONG: "Extension of the theory of complex coacervation to ionical disperse systems", p. 714.

KRUYT, H. R. und TRUUS KRUYT: "Untersuchung an positiven und negativen Kohlenoberflächen mittels ThB adsorption", p. 570.

POPPEMA, T. J. and F. M. JAEGER: "The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures. XIX. The Specific Heats of Zinc, Magnesium and their Binary Alloy: $MgZn_2$", p. 510.

POPPEMA, T. J. and F. M. JAEGER: "The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures. XX. On the Molecular Heats of the Alloys of Palladium and Antimony in Comparison with the Sum of the Atomic Heats of the Free Elements", p. 822.

POPPEMA, T. J. and F. M. JAEGER: "The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures. XXI. On the Molecular Heats of the Compound $PtSb_2$ in Comparison with the Sum of the Atomic Heats of the free composing Elements", p. 833.

POPPEMA, T. J. and F. M. JAEGER: "The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures. XXII. The Molecular Heats of the supposed Binary Compounds of Copper and Palladium", p. 836.

SCHREINEMAKERS, F. A. H., J. C. LANZING and C. L. DE VRIES: "Influence of the nature of the membrane and the temperature on the osmotic system of water and oxalic acid", p. 1067.

SCHREINEMAKERS, F. A. H. and J. P. WERRE: "An osmotic complex with two stationary liquids", p. 982.

STUURMAN, J.: "Oxydation Velocities of some unsaturated Hydrocarbons with Per-acetic Acid in Acetic Acid solution", p. 450.

TENDELOO, H. J. C.: "Researches on adsorption-electrodes. II. Mineral-electrodes", p. 434.

VERKADE, P. E., J. VAN DER LEE, A. J. S. VAN ALPHEN and M. ELZAS: "Researches on fat metabolism. VII. $\beta$-Oxidation of normal saturated dicarboxylic acids administered per os", p. 943.

VERKADE, P. E., J. VAN DER LEE and K. HOLWERDA: "Researches on fat metabolism. VI. Experiments with $\alpha$. lauro-$\beta\gamma$. diundecylin", p. 536.

**Chemistry-Bio-.**

ITERSON Jr., G. VAN and J. COUMOU: "A few remarks on the iodine-amylum reaction", p. 700.

MEULEN, H. TER and H. J. RAVENSWAAY: "The molybdenum content in leaves", p. 7.

**Embryology.**

EYKEN, B. VAN DER: "Gebiss- und Zahnentwicklung bei der Irisforelle (Salmo irideus). I. Unterkiefer", p. 912.

EYKEN, B. VAN DER: "Gebiss- und Zahnentwicklung bei der Irisforelle (Salmo irideus). II. Zunge", p. 1099.

RAVEN, CHR. P.: "Experimentelle Untersuchungen über den Glykogenstoffwechsel des Organisationszentrums in der Amphibiengastrula", (II), p. 1107.

RAVEN, CHR. P.: "Ueber assimilatorische Induktion in der dorsalen Urmundlippe der Amphibiengastrula", p. 1109.

WOERDEMAN, M. W.: "Experimental Analysis of some Phenomena of Fertilization and Cleavage", p. 364.

**Geology.**

DOORNINCK, N. H. VAN: "Der Stand der Lakispalte auf Island", p. 74.

DOORNINCK, N. H. VAN: "Die Entstehung der Schildvulkane und der vulkanischen Tafelberge Islands", p. 77.

GERTH, H.: "The Distribution and Evolution of the Larger Foraminifera in the Tertiary Sediments", p. 455.

KOENIGSWALD, G. H. R. VON: "Vorläufige Mitteilung über das Vorkommen von Tectiten auf Java", p. 287.

RUTTEN, L.: "Ueber den Antillenbogen", p. 1046.

TONGEREN, W. VAN: "Chemische analyses van gesteenten van Poeloe Berhala", p. 634.

**Histology.**

ALDERSHOFF, H.: "Gelungene Versuche, die in den Niederlanden vorkommende Poliomyelitis und Encephalitis postvaccinalis durch Hautimpfung auf Affen zu übertragen", p. 320.

KREDEL, F. E., M.S., M.D., and W. J. ROBERTS: "Supra-vital staining of Cartilage", p. 215.

ROBERTS, W. J.: "A new procedure for the detection of gold in animal tissues: physical development", p. 540.

**Mathematics.**

BEHNKE, H. und F. KORTE: "Zur Theorie der Funktionen mehrerer komplexen Veränderlichen. Der Rand der Regularitätsbereiche", p. 61.

CORPUT, J. G. VAN DER: "Verteilungsfunktionen". (Erste Mitteilung), p. 813.

CORPUT, J. G. VAN DER: "Verteilungsfunktionen". (Zweite Mitteilung), p. 1058.

FREUDENTHAL, HANS: "Die $R_n$-adische Entwicklung von Räumen und Gruppen", p. 414.

HERRMANN, A.: "Lineare Differentialsysteme und Matrixgleichungen", p. 394.

HLAVATY, V.: "Zur Konformgeometrie. I. Eichinvariante Konnexion", p. 281.

HLAVATÝ, V.: "Zur Konformgeometrie. II. Anwendungen, insbesondere auf das Problem der Affinnormale", p. 738.

HLAVATÝ, V.: "Zur Konformgeometrie. III. Anwendung auf die Kurventheorie", p. 1006.

HUREWICZ, W.: "Beiträge zur Topologie der Deformationen (I. Höherdimensionale Homotopiegruppen)", p. 112.

HUREWICZ, W.: "Beiträge zur Topologie der Deformationen (II. Homotopie- und Homologiegruppen)", p. 521.

KOL, J. W. A. VAN: "Richtigstellung einiger Anzahlen von biquadratischen Raumkurven erster Art", p. 750.

MAHLER, KURT: "Eine arithmetische Eigenschaft der TAYLOR-koeffizienten rationaler Funktionen", p. 50.

MEIJER, C. S.: "Noch einige Integraldarstellungen für die WHITTAKERsche Funktion", p. 528.

MEIJER, C. S.: "Integraldarstellungen für LOMMELsche und STRUVEsche Funktionen". (Erste Mitteilung), p. 628.

MEIJER, C. S.: "Integraldarstellungen für LOMMELsche und STRUVEsche Funktionen". (Zweite Mitteilung), p. 744.

PINL, M.: "Quasimetrik auf totalisotropen Flächen". (Dritte Mitteilung), p. 171.

POPKEN, J. und K. MAHLER: "Ein neues Prinzip für Transzendenzbeweise", p. 864.

SCHOUTEN, J. A. und J. HAANTJES: "Ueber allgemeine konforme Geometrie in projektiver Behandlung", p. 706.

VISSER, CORNELIS: "Sur la Dérivée Angulaire des Fonctions Univalentes", p. 402.

VISSER, CORNELIS: "Ueber die Ränderzuordnung bei konformen Abbildungen", p. 411.

VISSER, CORNELIS: "Sur la Dérivée Angulaire des Fonctions Univalentes". (Deuxième Partie), p. 618.

WEGENER, J. M.: "Untersuchungen der zwei- und dreidimensionalen FINSLERschen Räume mit der Grundform $L = \sqrt[3]{a_{ikl}\, x'^i\, x'^k\, x'^l}$", p. 949.

WEITZENBÖCK, R.: "Ueber gebundene Semi-Invarianten binärer Formen", p. 24.

WOLFF, JULIUS: "Démonstration d'un théorème sur la conservation des angles dans la représentation conforme d'un domaine au voisinage d'un point frontière", p. 46.

ZERNIKE, F. und H. C. BRINKMAN: "Hypersphärische Funktionen und die in sphärischen Bereichen orthogonalen Polynome", p. 161.

**Medicine.**

BUCK, A. DE and N. H. SWELLENGREBEL: "On the seasonal longevity of Anopheles maculipennis in Holland with reference to their ability to act as malarial vectors", p. 335.

BUCK, A. DE and N. H. SWELLENGREBEL: "The salivary glands in hibernating Anopheles maculipennis var. messeae and semihibernating Anopheles maculipennis var. atroparvus", p. 452.

BUCK, A. DE and N. H. SWELLENGREBEL: "Further studies on, and discussion of the results of crossmating the races (varieties) of Anopheles maculipennis", p. 553.

HEUX, J. LE und A. DE KLEYN: "Ueber die Reaktion der Augenmuskeln auf zwei gleichzeitig zugeführte vestibuläre Reize, zugleich ein Beitrag zur Frage der labyrinthären Genese des Dunkelnystagmus", p. 470.

JONG, H. DE and A. GALLINEK: "Ueber „chirurgische Katatonie"", p. 677.

**Neurology.**

BIEMOND, A. and PH. H. HARTZ: "Hypogenitalism in a case of Dystopia of the Neurohypophysis with especial reference to the role of the basophilic elements", p. 105.

FINLEY, KNOX H.: "An anatomical study in familial olivo-ponto-cerebellar hypoplasia in cats", p. 922.

JONG, H. DE, D. J. KOK, A. GEESINK and F. J. NIEUWENHUYZEN: "Experimental catatonia, produced by auto-intoxication. I. Experimental catatonia after artificial obstruction of the lumen of the intestine", p. 332.

KENNARD, MARGARET A.: "Clinical and histological observations on a case of primary cortical degeneration of the cerebellum", p. 544.

**Palaeontology.**

ASTRE, GASTON: "Gisements péricatalans de Pseudotoucasia Catalaunica", p. 87.

ASTRE, GASTON: "Un praeradiolitidé de l'île d'Ibiza", p. 89.

DUBOIS, EUG.: "On the gibbon-like appearance of Pithecanthropus erectus", p. 578.

DUBOIS, EUG.: "The sixth (fifth new) femur of Pithecanthropus erectus", p. 850.

JEANNET, A.: "Sur deux Echinides irréguliers du Crétacé inférieur d'Ibiza (Baléares)", p. 181.

KOENIGSWALD, G. H. R. VON: "Die fossilen Säugetierfaunen Javas", p. 188.

KOENIGSWALD, G. H. R. VON: "Eine fossile Säugetierfauna mit Simia aus Südchina", p. 872.

MAC GILLAVRY, H. J.: "Remarks on Rudists", p. 558.

RAVEN, TH.: "Neue Funde quartärer Säugetiere in den Niederlanden. II. Equus caballus L., E. robustus POMEL, Asinus hemionus fossilis OWEN und Megaceros euryceros latifrons subsp. nov.", p. 290.

RUTTEN, M. G.: "Orbitocyclina Vaughan, a synonym of Lepidorbitoides Silvestri", p. 186.

**Petrology.**

DRUIF, J. H.: "Over gesteenten van Poeloe Berhala (Straat van Malakka, Gouv. S.O.K."), p. 639.

**Physics.**

BOUMA, P. J.: "Grundlinien einer allgemeinen Theorie der Farbenmetrik". I, p. 35.

BOUMA, P. J.: "Grundlinien einer allgemeinen Theorie der Farbenmetrik". II, p. 148.

BOUMA, P. J. und G. HELLER: "Grundlinien einer allgemeinen Theorie der Farbenmetrik". III, p. 258.

BRONS, H. H.: "On perturbations in the $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Sigma$ bands of $N_2^+$", p. 271.

BULTHUIS, H.: "The spectrum of CO+", p. 604.

COSTER, D. and F. BRONS: "On the dissociation energy of CO", p. 961.

ELLIOTT, A.: "A Note on the $\beta$ Bands of Boron Monoxide", p. 736.

FUNKE, J. und C. F. E. SIMONS: "Ueber die $\beta$-Banden des Bormonoxydes", p. 142.

GIER, J. DE and P. ZEEMAN: "The isotopes of nickel", p. 810.

GIER, J. DE and P. ZEEMAN: "The isotopic constitution of iron", p. 959.

GISOLF, J. H.: "A demonstration experiment concerning the use of a Lummer plate", p. 735.

GISOLF, J. H. and P. ZEEMAN: "Intensity measurements with a reflection echelon", p. 225.

HAAS, W. J. DE and J. M. CASIMIR—JONKER: "Penetration of a magnetic field into supraconductive alloys", p. 2.

HARINGHUIZEN, P. J. and D. A. WAS: "Research on thin layers of tin and other metals. I. The influence of thin metal layers on the deterioration of technical insulating oils", p. 1002.

ITTERBEEK, A. VAN and W. H. KEESOM: "Measurements on the viscosity of oxygen gas at liquid oxygen temperatures", p. 11.

KEESOM, W. H. and C. W. CLARK: "The atomic heat of nickel from 1.1 to 19.0° K", p. 490.

KEESOM, W. H. and C. W. CLARK: "The Heat Capacity of KCl from 2.3 to 17°K", p. 569.

KEESOM, W. H. and B. G. DAMMERS: "On the construction of platinum thermometers and the determination of their basic points", p. 958.

KEESOM, W. H. and B. G. DAMMERS: "Comparison of some platinum thermometers with the helium thermometer between 0 and —183° C.", p. 959.

KEESOM, W. H. and J. HAANTJES: "The vapour pressure of neon at liquid hydrogen temperatures", p. 376.

KEESOM, W. H. and J. HAANTJES: "Further results of the separation by rectification of neon into its isotopic components", p. 809.

KEESOM, W. H. and J. HAANTJES: "Vapour pressures of neon of different isotopic compositions", p. 810.

KEESOM, W. H. and A. P. KEESOM: "New Measurements on the Specific Heat of Liquid Helium", p. 490.

KEESOM, W. H. and C. J. MATTHIJS: "Measurements on thermo-electric forces from 17.5° K down to 2.5° K", p. 569.

KEESOM, W. H., J. MAZUR and J. J. MEIHUIZEN: "The vapour pressures of solid krypton", p. 568.

KEESOM, W. H. and K. W. TACONIS: "An *X*-Ray Goniometer for the Investigation of Crystal structures of solidified Gases", p. 375.

LISMAN, J. H. C. and W. H. KEESOM: "The melting-curve of oxygen to 170 kg/cm$^2$.", p. 808.

MERCKEL, J. H. C.: "Ueber die Oberflächenspannung homologer Reihen", p. 387.

ORNSTEIN, L. S.: "Mean values of the electric force in a random distribution of charges", p. 491.

ORNSTEIN, L. S. und J. W. MEYER: "Die Geschwindigkeit der alkoholischen Gärung", p. 12.

SCHOUTEN, J. F.: "Grundlagen einer quantitativen Vierfarbentheorie". I, p. 590.

WOUDA, J.: "A new type of colorimeter", p. 585.

**Physiology.**

BENJAMINS, C. E., H. A. E. V. DISHOECK and J. L. M. GERMAN: "Studies on the active substance of grasspollen. I. Activation of a small molecular weight active group by colloidal substances", p. 308.

BUNGENBERG DE JONG, H. G. and J. BONNER: "Phosphatide Auto-complex coacervates as Ionic Systems and their Relation to the Protoplasmic Membrane", p. 797.

**Physiology-Comparative.**

JORDAN, H. J.: "Tonische Verkürzung und tonisches Festhalten der Verkürzung bei den Muskeln von Aplysia limacina unter Einfluss wechselnder Temperatur", p. 358.

POSTMA, N.: "Tonus phenomena in the foot of the snail (Helix pomatia)", p. 1036.

THOMAS, J. B.: "Die Atmungsregulierung von Lumbricus", p. 673.

VONK, H. J.: "Lösung von Fett und Fettsäure durch den Magensaft von Potamobius leptodactylus", p. 210.

**Physiology-Zoo-.**

KRÜGER, F.: "Beiträge zur Kenntnis der Sauerstoffatmung von Ascaris suilla", p. 101.

**Psychology.**

BLOMHERT, G.: "Contribution to the study of the haptic perception of proportions", p. 931.
WIERSMA, E. D.: "Influence of the similarity and dissimilarity of mental qualities of the parents on their children". (Third article), p. 132.

**Zoology.**

STIASNY, G.: "Die Tornarien der Snelliusexpedition", p. 1026.

# AUTHOR-INDEX


**A**

ALDERSHOFF, H. 320.
ALPHEN, A. J. S. VAN. 943.
ARIËNS KAPPERS, C. U. 686, 989.
ASTRE, GASTON. 87, 89.
ATEN Jr., A. H. W. 441.

**B**

BEER, H. DE. 297.
BEHNKE, H. 61.
BEINTEMA, J. 243, 1011, 1015.
BENJAMINS, C. E. 308.
BEIJERINCK, W. 1087, 1095.
BERGGREN, SVEN MAGNUS. 1040.
BERLAGE Jr., H. P. 857.
BIEMOND, A. 105.
BLAAUW, A. H. 248, 722.
BLEKKINGH Jr., J. J. A. 842, 978.
BLOMHERT, G. 931.
BONNER, JAMES. 346, 797.
BOUMA, P. J. 35, 148, 258.
BREDÉE, H. L. 130.
BRINKMAN, H. C. 161.
BRONS, F. 961.
BRONS, H. H. 271.
BUCK, A. DE. 335, 452, 553.
BULTHUIS, H. 604.
BUNGENBERG DE JONG, H. G. 419, 426, 714, 797.

**C**

CASIMIR-JONKER, J. M. 2.
CLARK, C. W. 490, 569.
COHEN, ERNST. 130, 377, 842, 978.
COHEN—DE MEESTER, W. A. T. 377.
CORPUT, J. G. VAN DER. 813, 1058.
COSTER, D. 961.
COUMOU, J. 700.

**D**

DAMMERS, B. G. 958, 959.
DISHOECK, H. A. E. V. 308.
DOORNINCK, N. H. VAN. 74, 77.
DOUTRELIGNE, J. 886.
DREYER, J. F. 119.
DRUIF, J. H. 639.
DUBOIS, EUG. 578, 850.
DIJK, J. A. VAN. 235, 972.

**E**

ELLIOTT, A. 736.
ELZAS, M. 943.
EYKEN, B. VAN DER. 912, 1099.

**F**

FINLEY, KNOX H. 922.
FONTEYNE, R. 502.
FREUDENTHAL, HANS. 414.
FREY, EUGEN. 767, 775.
FUNKE, J. 142.

**G**

GALLINEK, A. 677.
GEESINK, A. 332.
GERMAN, J. L. M. 308.
GERTH, H. 455.
GIER, J. DE. 810, 959.
GIESBERGER, G. 344.
GISOLF, J. H. 225, 735.

**H**

HAAGEN SMIT, A. J. 852.
HAANTJES, J. 376, 706, 809, 810.
HAAS, W. J. DE. 2.
HARINGHUIZEN, P. J. 1002.
HARTSEMA, ANNIE M. 722.
HARTZ, PH. H. 105.
HELLER, G. 258.
HERRMANN, A. 394.

HEUX, J. LE. 470.
HEYN, A. N. J. 1074.
HLAVATÝ, V. 281, 738, 1006.
HOLWERDA, K. 536.
HUREWICZ, W. 112, 521.

I

ITERSON Jr., G. VAN. 700.
ITTERBEEK, A. VAN. 11.

J

JAEGER, F. M. 235, 243, 502, 510, 822, 833, 836, 972.
JEANNET, A. 181.
JONG, H. DE. 332, 677.
JORDAN, H. J. 358.

K

KEESOM, A. P. 490.
KEESOM, W. H. 11, 375, 376, 490, 490, 568, 569, 569, 808, 809, 810, 958, 959.
KENNARD, MARGARET A. 544.
KLEIN, W. 1021.
KLEIWEG DE ZWAAN, J. P. 301.
KLEYN, A. DE. 470.
KOENIGSWALD, G. H. R. VON. 188, 287, 872.
KOETS, P. 63.
KOK, D. J. 332.
KOL, J. W. A. VAN. 750.
KORTE, F. 61.
KREDEL, F. E. 215.
KRÜGER, F. 101.
KRUYT, H. R. 464, 570, 714.
KRUYT, TRUUS. 570.
KUROTSU, TOSHIYUKI. 784.

L

LANZING, J. C. 1067.
LEE, J. VAN DER. 536, 943.
LIESHOUT, A. K. W. A. VAN. 377.
LINDE, P. V. D. 419.
LISMAN, J. H. C. 808.
LUYTEN, IDA. 663.

M

MAC GILLAVRY, H. J. 558.
MAHLER, KURT. 50, 864.
MATTHIJS, C. J. 569.
MAZUR, J. 568.
MEIHUIZEN, J. J. 568.
MEIJER, C. S. 528, 628, 744.
MERCKEL, J. H. C. 387.
MEULEN, H. TER. 7.
MEYER, J. W. 12.

N

NIEUWENHUYZEN, F. J. 332.
NIJLAND, A. A. 30, 230, 495, 709, 964.

O

ORNSTEIN, L. S. 12, 491.
OUDMAN, J. 650.

P

PANNEKOEK, A. 479.
PINL, M. 171.
POPKEN, J. 864.
POPPEMA, T. J. 510, 822, 833, 836.
POSTMA, N. 1036.
PRUD'HOMME VAN REINE, W. J. 199.

R

RAVEN, CHR. P. 1107, 1109.
RAVEN, TH. 290.
RAVENSWAAY, H. J. 7.
REUHL, ELSA. 879.
ROBERTS, M. D. 215.
ROBERTS, M. S. 215.
ROBERTS, W. J. 215, 540.
ROSENBOHM, E. 502.
RUTTEN, L. 1046.
RUTTEN, M. G. 186.

S

SCHOUTEN, J. A. 706.
SCHOUTEN, J. F. 590.
SCHREINEMAKERS, F. A. H. 982, 1067.
SIMONS, C. F. E. 142.
STIASNY, G. 1026.
STUURMAN, J. 450.
SWELLENGREBEL, N. H. 335, 452, 553.

T

TACONIS, K. W. 375.
TENDELOO, H. J. C. 434.

THIMANN, KENNETH V. 896.
THOMAS, J. B. 673.
TONGEREN, W. VAN. 634.

U

UBISCH, G. V. 93.

V

VERKADE, P. E. 536, 943.
VERWEY, S. 479.
VISSER, CORNELIS. 402, 411, 618.
VONK, H. J. 210.
VRIES, C. L. DE. 1067.

W

WAKKIE, J. G. 1082.
WAS, D. A. 1002.
WEGENER, J. M. 949.
WEITZENBÖCK, R. 24.
WENT, F. W. 752, 852.
WERRE, J. P. 982.
WIERSMA, E. D. 132.
WINKLER, C. 220.
WOERDEMAN, M. W. 364.
WOLFF, JULIUS. 46.
WOUDA, J. 585.

Z

ZEEMAN, P. 225, 810, 959.
ZERNIKE, F. 161.

# CONTENTS


Proceedings No. 6 . . . . . 567

" No. 7 . . . . . 685

" No. 8 . . . . . 807

" No. 9 . . . . . 957

" No. 10 . . . . . 1045

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN
TE AMSTERDAM

# PROCEEDINGS

VOLUME XXXVIII

No. 6

President: J. VAN DER HOEVE
Secretary: B. BROUWER

## CONTENTS

W. H. KEESOM, J. MAZUR and J. J. MEIHUIZEN: "The vapour pressures of solid krypton", p. 568.

W. H. KEESOM and C. J. MATTHIJS: "Measurements on thermo-electric forces from 17.5° K down to 2.5° K", p. 569.

W. H. KEESOM and C. W. CLARK: "The Heat Capacity of KCl from 2.3 to 17° K", p. 569.

H. R. KRUYT und TRUUS KRUYT: "Untersuchung an positiven und negativen Kohlenoberflächen mittels ThB adsorption", p. 570.

EUG. DUBOIS: "On the gibbon-like appearance of Pithecanthropus erectus", p. 578.

J. WOUDA: "A new type of colorimeter". (Communicated by Prof. L. S. ORNSTEIN), p. 585.

J. F. SCHOUTEN: "Grundlagen einer quantitativen Vierfarbentheorie". I. (Communicated by Prof. L. S. ORNSTEIN), p. 590.

H. BULTHUIS: "The spectrum of CO+". (Communicated by Prof. D. COSTER), p. 604.

CORNELIS VISSER: "Sur la Dérivée Angulaire des Fonctions Univalentes". (Deuxième Partie). (Communicated by Prof. J. G. VAN DER CORPUT), p. 618.

C. S. MEIJER: "Integraldarstellungen für LOMMELsche und STRUVEsche Funktionen". (Erste Mitteilung). (Communicated by Prof. J. G. VAN DER CORPUT), p. 628.

W. VAN TONGEREN: "Chemische analyses van gesteenten van Poeloe Berhala". (Communicated by Prof. L. RUTTEN), p. 634.

J. H. DRUIF: "Over gesteenten van Poeloe Berhala (Straat van Malakka, Gouv. S.O.K.")". (Communicated by Prof. L. RUTTEN), p. 639.

J. OUDMAN: "Nährstoff-aufnahme und Transport durch die Blätter von Drosera capensis L". (Communicated by Prof. J. C. SCHOUTE), p. 650.

IDA LUYTEN: "De periodieke ontwikkeling van Iris reticulata". (Communicated by Prof. A. H. BLAAUW), p. 663. (With one plate and one table).

J. B. THOMAS: "Die Atmungsregulierung von Lumbricus". (Communicated by Prof. H. J. JORDAN), p. 673.

H. DE JONG and A. GALLINEK: "Über „chirurgische Katatonie". (Communicated by Prof. B. BROUWER), p. 677.

**Physics.** — *The vapour pressures of solid krypton.* By W. H. KEESOM, J. MAZUR and J. J. MEIHUIZEN. (Abstract of Communication N⁰. 238a from the KAMERLINGH ONNES Laboratory).

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

Vapour pressures of solid krypton have been measured from the triple-point to 78° K. For the triple-point we found

$$T = 115.94\ ^{\circ}\mathrm{K} \pm 0.03, \quad p = 54.9\ \mathrm{cm} \pm 0.15.$$

The results have been compared with the theoretical formula:

$$^{10}\log p = -\frac{\lambda_0}{4.571\,T} + 2.5\ ^{10}\log T - \frac{1}{4.571}\int_0^T \frac{dT}{T^2}\int_0^T C_s\,dT + i + K,$$

in which $p$ represents the vapour pressure at the temperature $T$, $C_s$ the atomic heat of the solid in equilibrium with its saturated vapour, $i$ the chemical constant, and $\lambda_0$ the vaporization heat at the absolute zero.

$K$ is a correction which must be introduced owing to deviations from the ideal gas law.

We calculated $C_s$ according to DEBIJE with $\theta = 55$, gave $i$ its theoretical value and had to assume $\lambda_0 = 2633$ cal/mol in order to get the best agreement with the experimental data.

This agreement is rather good for temperatures not too near the triple-point.

With the aid of the theoretical formula and taking into account the systematical deviation in the neighbourhood of the triple-point, we calculated the vapour pressure for some integer values of the temperature. The results are given in the following table:

| Vapour pressures of krypton | | |
|---|---|---|
| $T$ | $^{10}\log p$ cm | $p$ cm |
| 75 | $0.006^{-1}$ | 0.101 |
| 80 | $0.492^{-1}$ | 0.311 |
| 85 | $0.921^{-1}$ | 0.834 |
| 90 | 0.302 | 2.005 |
| 95 | 0.643 | 4.394 |
| 100 | 0.950 | 8.92 |
| 105 | 1.229 | 16.94 |
| 110 | 1.480 | 30.2 |
| 115 | 1.705 | 50.7 |

**Physics.** — *Measurements on thermo-electric forces from 17,5° K down to 2,5° K.* By W. H. KEESOM and C. J. MATTHIJS. (Abstract of Communication N⁰. 238*b* from the KAMERLINGH ONNES Laboratory).

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

Thermo-electric forces against a silver-alloy-normal (Ag + 0,37 % Au) were measured from 17,5° K down to 2,5° K for an alloy of Ag with Au and for Au with small quantities of Fe, Co, Ni, Mn or Cr respectively.

The present investigation forms a continuation of the measurements of thermo-electric forces down to the temperatures of liquid or solid hydrogen made by BORELIUS, KEESOM, JOHANSSEN and LINDE.[1])

Some of the thermo-couples dealt with in this paper can be applied as thermometers at liquid helium and at liquid hydrogen temperatures. Au with 1 % of 2 % Co against a silver-gold alloy, such as the silver-alloy-normal mentioned above, suits this purpose best, having the largest thermo-electric force per degree. One can also take Au with 1 % or 2 % Fe or Au with 0,1 % to 1 % Ni against a silver-gold alloy.

[1]) G. BORELIUS, W. H. KEESOM, C. H. JOHANSSEN and J. O. LINDE, Comm. N⁰. 217 d. These Proceedings **35**, 15, 1932.

---

**Physics.** — *The Heat Capacity of KCl from 2.3 to 17° K.* By W. H. KEESOM and C. W. CLARK. (Abstract of Communication N⁰. 238*c* from the KAMERLINGH ONNES Laboratory).

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

The heat capacity of KCl was measured for the purpose of testing the hypothesis that the rapid descent of the $\theta$ values (the parameter in the DEBIJE specific heat theory) corresponding to the measured heat capacities of Ag in the liquid helium range is due to the heat capacity of the free electrons.

KCl is a non-conductor of electricity and measurements down to liquid hydrogen temperatures have shown that its average atomic heat can be rather well represented by a DEBIJE curve with a $\theta$ about equal to that found for Ag.

The $\theta$ values corresponding to the present measurements rise from about 220 at 10° K to 236 at 4.5° K and then diminish to about 230 at 2.3° K. Because of the possibility of a desorption heat connected with the helium gas present in the calorimeter for heat conductivity, the points below 4.2° K represent minimum values of $\theta$. For silver, on the other hand, where the possibility of a desorption effect has been eliminated, the $\theta$ values rise slowly from about 209 at 20° K to a maximum of about 226 at 5.4° K and then rapidly fall off to $\theta = 165$ at 1.35° K. If the heat capacity expected from SOMMERFELD's formula for one free electron per atom is deducted

from the measured heat capacities of Ag, and the DEBIJE $\theta$ values are then recalculated, the $\theta$, $T$ curve proves to be very similar to that found for KCl.

We consider the measurements as a corroboration of the hypothesis that the steep descent of the $\theta$, $T$ curve of Ag is due to the heat capacity of the free electrons.

---

**Chemistry.** — *Untersuchung an positiven und negativen Kohlenoberflächen mittels ThB adsorption.* Von H. R. KRUYT und TRUUS KRUYT.

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

§ 1. *Einleitung.*

In den letzten Jahren sind Artikel erschienen, die sich mit der Art aktivierter Kohlenoberflächen beschäftigen.

In einem früheren gemeinsamen Artikel von Dr. G. S. DE KADT [1]) und einem von uns wurde bereits auf die starke Abhängigkeit von der Vorbehandlung hingewiesen: Eine Aktivierung bei 1000° in $CO_2$-Strom bewirkt, dass die Kohle, in Wasser gebracht, sich als positiv geladen erweist. Durch Erhitzen auf 450° in $0_2$-Strom kommt eine Umladung zustande, wodurch sich die Oberfläche im Wasser als negativ geladen erweist. Durch erneute Behandlung bei 1000° kehrt der positive Charakter wieder zurück, und so kann man die Kohle abwechselnd positivieren und negativieren, bis sie abgebrannt ist, ein Prozess, der besonders bei Erhitzen in $O_2$-Strom ziemlich schnell vor sich geht.

Bei einer in diesem Laboratorium von Dr. J. A. A. VERLINDEN [2]) angestellten Untersuchung über Adsorption an aktivierte Kohle erhob sich nun die Frage, inwiefern bei obengenannten Behandlungen wesentliche Veränderungen an der Kohlenoberfläche eintreten, und hiermit wieder eine Anzahl Unterfragen wie die folgenden: Was geschieht beim Positivieren einer negativen Oberfläche? Vergrössert oder verkleinert sich dieselbe? Ist bei einem erneuten Negativieren diese Oberfläche mit der ersteren vergleichbar? Treten nach wiederholtem Umladen Alterungserscheinungen auf? — Dies waren die Fragen, welche uns zu der folgenden Untersuchung führten.

Wir beabsichtigten anfangs, diese Fragen mittels radioaktiver Indikatormethoden, die ihren Wert bereits in so vielen Untersuchungen von Oberflächenerscheinungen bewiesen haben, zu studieren. Bei diesem Verfahren ist der Adsorptionsunterschied der niemals zu wägenden aber dennoch immer so leicht zu messenden radioaktiven Komponente ein Masz für die an der Oberfläche des zu messenden Stoffes stattfindenden Veränderungen.

Auf unser Ersuchen wurde daher voriges Jahr im Physikalischen

---

[1]) H. R. KRUYT und G. S. DE KADT, Koll. Beih. **32**, 249, 1931.

[2]) Dr. J. A. A. VERLINDEN, Dissertation 1935, Utrecht.

Laboratorium der Auer-Gesellschaft in Berlin sowohl eine positive als eine negative Kohle mit Radiumemanation behandelt.[1]) Zwecks Vergleichung wurde eine Standardkohle mit bekannter Oberfläche mitexponiert. Nach diesen Resultaten verhalten sich die adsorbierten Mengen (und nun könnte man meinen auch die Oberflächen) folgendermassen:

$$(-\text{Kohle}) : (\text{Standardkohle}) : (+\text{Kohle}) = 0.83 : 1 : 1.09.$$

Dieses Resultat ist indessen darum schwer zu interpretieren, weil nicht vergessen werden darf, dass RaEm ungeachtet ihres Edelgascharakters ein stark polarisierbares Atom sein wird, sodass wir a priori gewiss nicht annehmen dürfen, dass es sich in bezug auf positive und negative Oberflächen in gleicher Weise verhält.

Daher wird das Ergebnis zweifelsohne ein reineres sein, wenn man z.B. zwei negative Kohlenmuster untersucht, von denen das zweite aus dem ersten dadurch entstanden ist, dass erst ein Teil desselben positiviert und darauf wieder negativiert wurde. Auch könnten zwei positive Muster untereinander verglichen werden, bei denen in derselben Weise „eine Stufe" dazwischen liegt.

Da wir vorläufig keine Gelegenheit hatten, weitere Versuche mittels der gasförmigen Methode anzustellen, haben wir die Untersuchung im hiesigen Laboratorium nach dem „flüssigen" Verfahren fortgesetzt, d.h. indem wir in saurem oder basischem Milieu ThB, das radioaktive Bleiisotop, als Blei- oder als Plumbit-Ionen an die aktivierte Kohle adsorbieren liessen.

§ 2. *Experimenteller Teil.*

1. *Prinzip*: Wir messen die Bleiadsorption mittels der Strahlung eines ihrer Folgeprodukte, und zwar ThC".

Dies bringt mit sich, dass wir immer mit unseren Messungen solange warten müssen, bis ein Gleichgewicht zwischen ThB und den folgenden Produkten, d.h. mit ThC besteht, da dieses Bi-Isotop die längste Halbwertzeit der auf ThB folgenden Serie hat. Unter Gleichgewicht verstehen wir die Situation, dass per Zeiteinheit ebensoviel ThC gebildet wird, wie zerfällt. Ist dieses Gleichgewicht erreicht, dann wird also die Gesamtaktivität mit der Halbwertzeit von ThB abfallen, die wieder viel grösser ist als diejenige des Restes des radioaktiven Niederschlages. Sobald also eine Handlung verrichtet ist, bei welcher das Gleichgewicht zwischen dem Blei- und dem Bismut-Isotop gestört wird, dann muss man warten, bis festgestellt werden kann, dass das Gleichgewicht wiederhergestellt ist.

2. *Herstellung der radioaktiven Flüssigkeit:* Zu diesem Zwecke wird eine stark absorbierende Kohle, die sich während 1 oder 2 Tage über einem stark emanierenden RdTh-Präparat befunden hat, mit $HNO_3$ extrahiert. Nach kurzem Erhitzen und danach folgendem Stehenlassen

[1]) Es ist uns ein Bedürfnis, an dieser Stelle Herrn Dr. N. RIEHL für die Bereitwilligkeit zu danken, mit welcher er diese Untersuchung für uns verrichtet hat.

wird die Kohle abfiltriert und dieses Filtrat auf dem Wasserbade eingedampft. Hierauf wird das trockengedampfte Präparat in die dazu bestimmte Flüssigkeit (0.01 N $HNO_3$ [1]) oder 0.1 N KOH) aufgenommen und wird nochmals filtriert, zwecks Entfernung eventueller Staubteilchen. Da das Bi-Isotop ziemlich stark oder ganz hydrolisiert ist, wird dasselbe grossenteils mit abfiltriert. Nach etwa 5 Stunden wird dann das Präparat nachgemessen, um festzustellen, wann sich das Gleichgewicht wirklich eingestellt hat und mit den Adsorptionsversuchen begonnen werden kann.

3. *Methode*: Zu je 50 mg der zur Untersuchung bestimmten aktivierten Kohle (Zuckerkohle, bezw. Carbo medicinalis neu (Merck), die hier als CMN bezeichnet wird), werden immer 25 ccm der radioaktiven Flüssigkeit zugesetzt, während bei jeder Serie auch ein Blankoversuch gemessen wird. Hierauf erfolgt nun die Bestimmung der Gesamtaktivität dieser Portionen mittels Elektroskops, und ein Abfiltrieren der Kohle durch Membranfilter (10 Sek.), worauf das Filtrat bis zum nächsten Tage aufbewahrt wird (einige Male wurde auch mittels des Filters gemessen, durch welches Verfahren jedoch das Ganze nicht genauer wird); das Gleichgewicht hat sich dann zweifellos wieder eingestellt. Am nächsten Tage werden nun entweder zwei Portionen von 10 ccm oder *ein*mal 20 ccm abpipettiert, und wird inaktive Flüssigkeit hinzugefüllt, sodass die Niveauhöhe konstant ist. Das Resultat dieser Versuche wird nun wiederum gemessen, das Verhältnis durch den Blankoversuch bestimmt und schliesslich, durch Vergleichung mit den Gesamtaktivitäten des vorigen Tages, die adsorbierte Menge ThB in Prozenten berechnet. Bei diesem Zurück-Extrapolieren muss man das Abfallen von ThB in dieser Zwischenzeit berücksichtigen, sodass wir also an Hand einer, die theoretische Zerlegung bestimmenden Gerade alle Aktivitäten auf *eine* Anfangszeit zurückrechnen müssen.

Bei diesen Versuchen sind hohe Anforderungen an die Reproduzierbarkeit der Stellungen, in welchen gemessen wird, zu stellen. Daher arbeiteten wir schliesslich mit zwei Klammern, deren jede aus zwei Paar Glasstäbchen besteht, die die Stellung der Schüttelgläschen vor dem Elektroskop fixieren. Weiter ist gut auf gleiche Niveauhöhe der zu vergleichenden Flüssigkeiten, sowie auf sorgfältiges Durchspülen der benutzten Pipetten mit der radioaktiven Flüssigkeit zu achten.

Durch diese Vorsorgemassnahmen erreichten wir per Versuch in gleich saurem Milieu eine Reproduzierbarkeit mit einem Fehler von etwa 1 %.

4. *Vorversuche*. Durch die Voruntersuchung wurde ein Zweifaches bestimmt und zwar erstens die Tatsache, dass das Gleichgewicht zwischen radioaktiver Flüssigkeit und Kohle sich nach einem Zeitverlauf van 10 Mi-

---

[1]) Durch diesen Säuregrad wird das Bilden sog. Radio-Kolloiden verhindert; siehe OTTO WERNER, Zeitschr. f. phys. Chemie. Abt. A. Bd. 156, Heft 2. 89.

nuten zweifellos eingestellt hat (und dass daher, weil die zwischen dem Umschütteln der Kohle und dem Abfiltrieren liegende Zeit länger als 10 Minuten beträgt, nicht befürchtet zu werden braucht, dass noch kein Gleichgewicht eingetreten ist) und zweitens, die Antwort auf die Frage, mit welcher Normalität im Falle der Verwendung von KOH gearbeitet werden muss, damit gerade das Pb nicht hydrolisiert, sondern als Plumbit-Ion vorkommt.

Aus 4 angestellten Versuchen mit bezw. 0.01, 0.05, 0.1 und 1 N KOH erwies sich 0.1 N als die geeignetste Normalität. Zur Kontrolle wurde ein Blankoversuch durchfiltriert und das Filtrat einige Male gemessen, bis es sich wieder mit dem nachgebildeten Bi-Isotop ThC in Gleichgewicht befand.

| Zeit | Aktivität des Filtrates |
|---|---|
| 25. I. 1935 vor Filtrieren 13 Std. 40' | 100 |
| nach „ 14 „ 12' | 59 |
| 15 „ 5' | 72 |
| 16 „ 9' | 84 |
| 26. I. 1935 10 „ 12' | 98 |

Hieraus erhellt erstens, dass die zurückgehaltene Aktivität höchstens etwa 2 % ist. Ausserdem ist man hier zu der Annahme geneigt, dass bei diesen geringen Konzentrationen im Gegensatz zu unseren normalen makrochemischen Erfahrungen doch wohl etwas Bismutitbildung auftritt, da man sich andernfalls die relativ grosse Aktivität von 59 gleich nach dem Filtrieren schwerlich erklären kann.

§ 3. *Messungsergebnisse.*

Die Untersuchung beschäftigte sich zunächst hauptsächlich mit den beiden verschieden negativen C M N Kohlen in *saurem* Milieu.

Was die negative Kohle $CMN^{-I}$ betrifft, ergab sich, dass diese in saurem Milieu meistens zwischen 10—12 % adsorbierte, innerhalb einer Serie reproduzierbar mit einem Fehler von etwa 1 %.

Die positive Kohle adsorbiert etwa 1—2 %, wie aus folgender Tabelle ersichtlich.

| Kohle<br>Milieu 0.01 N $HNO_3$ | Adsorbierte Aktivität<br>50 mg. Kohle per Versuch |
|---|---|
| $CMN^{-}$a | 11.5 % |
| $CMN^{-}$b | 11.9 % |
| CMN+ a | 2.0 % |
| CMN+ b | 1.5 % |

*a* und *b* bedeuten verschiedene Muster derselben Kohlensorte. Nimmt man zwei negative Kohlensorten, zwischen denen eine Stufe liegt, dann erhält man bisweilen recht gut übereinstimmende, bisweilen aber auch mehr abweichende Resultate, wie folgende Tabelle zeigen wird.

| Kohle<br>Milieu 0.01 N $HNO_3$ | Adsorbierte Aktivität<br>50 mg Kohle per Versuch |
|---|---|
| CMN–I | 9.4 % |
| CMN–II | 9.7 % |
| CMN–I | 12.5 % |
| CMN–II | 10.7 % |

Aus den folgenden Versuchsreihen wird sich zeigen, dass diese Unterschiede höchstwahrscheinlich auf Unterschieden in der Vorbehandlung beruhen, nämlich was Aktivierungsdauer u. dergl. anbetrifft, da die Kohle gerade in diesem Gebiet hierfür sehr empfindlich ist.

Zu diesem Schlusse kamen wir nämlich, nachdem wir sowohl positive als negative Zuckerkohlen in alkalischem Milieu behandelt hatten. Wir fanden hierbei:

| Kohle<br>Milieu 0.1 N KOH | Adsorbierte Aktivität<br>50 mg Kohle per Versuch |
|---|---|
| CMN⁻ | 49.5 % |
| CMN+ | 84.1 % |

Hieraus kann man folgern, dass sogar die sog. negative Kohle mehr positive „Stellen" besitzt als wirklich negative. Relativ besitzt sie allein weniger positive und mehr negative Stellen als die positive Kohle. Es erhebt sich nun also direkt die Frage, was mit Zuckerkohle und CMN-Kohle bei stärkerer Aktivierung geschehen wird.

Bisher waren beide Kohlen $5 \times 5'$ aktiviert (d.h. nach jeden fünf Minuten umgearbeitet und dann weiter aktiviert).

Nun wurden sowohl die negative Zuckerkohle als die CMN⁻ Kohle „extra" aktiviert, d.h. im ganzen etwa $20 \times 5'$. Danach wurden Muster des Zucker-Extraproduktes noch bezw. $20 \times 5'$, $30 \times 5'$ und $40 \times 5'$ extra aktiviert. Auch die CMN⁻ Extra-Kohle wird noch nachbehandelt, wie aus nachstehenden Tabellen hervorgeht.

Angeregt durch den merkwürdigen Verlauf extra negativierter Kohlenmuster wurden nun auch die positiven Kohlen extra aktiviert.

Schliesslich wurden alle Muster nun auf ihr Verhalten in saurem Milieu (0.01 N $HNO_3$) und in alkalischem Milieu (0.1 N KOH) geprüft.

| Kohle | Adsorb. Aktiv. in 0.01 N $HNO_3$ | Adsorb. Aktiv. in 0.1 N KOH | Kohle | Adsorb. Aktiv. in 0.01 N $HNO_3$ | Adsorb. Aktiv. in 0.1 N KOH |
|---|---|---|---|---|---|
| Zuckerkohle+ 5×5′ | 0 % | 27 % | Zuckerkohle− 5×5′ | 12 % | 28 % |
| „ 10×5′ | 4 % | 29 % | „ 15×5′ | 19 % | 38 % |
| „ 15×5′ | 1 % | 47 % | „ 25×5′ | 43 % | 43 % |
| „ 20×5′ | 0 % | 88 % | „ 35×5′ | 48 % | 48 % |
| | | | „ 45×5′ | 65 % | 62 % |

| Kohle | Adsorb. Aktiv. in 0.01 N $HNO_3$ | Adsorb. Aktiv. in 0.1 N KOH | Kohle | Adsorb. Aktiv. in 0.01 N $HNO_3$ | Adsorb. Aktiv. in 0.1 N KOH |
|---|---|---|---|---|---|
| CMN+ 5×5′ | ca. 1 % | 84 % | CMN− 5×5′ | ca. 12 % | 50 % |
| CMN+ 10×5′ | 19 % | 89 % | CMN− 18×5′ | 41 % | 76 % |
| CMN+ 15×5′ | 6 % | 92 % | CMN− 23×5′ | 43 % | 77 % |
| CMN+ 20×5′ | 5 % | 94 % | CMN− 28×5′ | 49 % | 80 % |
| | | | CMN− 33×5′ | 52 % | 82 % |

§ 4. *Diskussion.*

In dieser Tabelle fällt an erster Stelle das normale Verhalten der positiven Kohle auf: geringe Adsorption von Kationen, starke Adsorption von Anionen, welche letztere bei erhöhter Aktivierung andauernd steigt. Bei der negativen Kohle finden wir jedoch etwas Überraschendes. Zwar sehen wir hier auch die erwartete Zunahme in der Adsorption der Kationen, aber zugleich nimmt die Anionenadsorption zu.

Will man nun versuchen, diese Erscheinungen zu erklären, dann sind hierbei namentlich auch die Untersuchungen aus dem Karpow-Institut für physikalische Chemie in Moskau zu berücksichtigen, wo NATHALIE BACH [1]) nachwies, dass Kohle, die bei 1000° im $CO_2$-Strom behandelt wurde und danach in keiner Weise mit $O_2$ in Berührung war, bei Zimmertemperatur inaktiv ist. Sobald jedoch ein Luft-oder Sauerstoffbläschen zugelassen wird, erweist sich die Oberfläche als elektrophoretisch positiv und zu Säureadsorption imstande.

Bei einem Erklärungsversuch wird also der Nachweis erbracht werden müssen, dass an der nackten Kohlenoberfläche bei Zimmertemperatur eine $O_2$-Adsorption stattfindet, die eine *positive* Oberfläche herbeiführt. Wird diese Kohle aber danach im $O_2$-Strom bei 450° behandelt, dann findet

[1]) NATHALIE BACH, Koll. Zeitschr. **64**, 153 und 287.

Umladung statt, welcher Vorgang eine, wenigstens teilweise, *negative* Oberfläche zur Folge hat.

Betrachten wir nun zunächst die positive Oberfläche, dann möchten wir dies am liebsten im Lichte einiger Untersuchungen aus dem Physikalischen Laboratorium in Eindhoven über die Adsorption von Cs an W tun.[1]) Wir könnten uns dann nämlich vorstellen, dass bei einem eventuellen In-Berührung-kommen der nackten inaktiven Kohle (bei Zimmertemperatur) mit $O_2$, der Sauerstoff zwei Elektronen des Kohlenstoffs empfängt und dann als doppelt geladenes Ion an die Kohlenoberfläche festgeheftet wird. In Wasser gebracht, wird dieses Sauerstoff-Ion vermutlich ein Molekül Wasser aufnehmen und in zwei OH-Ionen übergehen. Es entsteht dann also eine positive Wand mit OH-Ionen im Wasser, die den diffusen Teil der Doppelschicht aufbauen:

```
                                                OH⁻        OH⁻
      O⁼       O⁼            OH⁻            OH⁻
C C⁺ C⁺ C C⁺ C⁺ C  →  C  C⁺ C⁺ C C⁺  C⁺ C
```

Für das Anheften von $O_2$ an die nackte Kohlenwand spricht fraglos die Tatsache, dass die Positivierung des inaktiven Kohlenstoffes bei dem ersten Luftbläschen, das zugelassen wird, stattfindet. Dies weist nämlich wohl darauf hin, dass das Nackt-sein der Oberfläche sogar bei Zimmertemperatur ein energetisch anormaler Zustand ist.

Erhitzt man nun Kohlenstoff, der in der obengenannten Weise O adsorbiert hat, auf höhere Temperatur, dann wird sich die Reaktion $C + O_2 \rightleftarrows CO_2$ mehr und mehr vollziehen, da $CO_2$-Bildung den Zustand niedrigerer Energie repräsentiert. Diese Reaktion hat jedoch erst bei höherer Temperatur eine messbare Geschwindigkeit. Wenn man nun über den Kohlenstoff bei höherer Temperatur Sauerstoff leitet, dann werden andauernd Kohlensäuremoleküle aus dem Gitter herausgebrochen werden. Es liegt nun die Annahme auf der Hand, dass die Erfahrung DE KADTS, dass man negative Kohle am besten durch Erhitzung auf 450° erhält, bedeutet, dass bei 450° ein stationärer Zustand eingetreten ist, bei welchem einerseits Kohlensäure die Oberfläche verlässt, aber andererseits der Sitz der sich gleich im Wasser zeigenden negativen Ladung restiert; d.h. es entsteht eine Kohlenstoff-Sauerstoff-Kombination, die gleich im Wasser COOH-Gruppen veranlasst. Daneben entstehen, wo die Kohle abbrennt, neue nackte Stellen, die in obenerwähnter Weise positive Stellen entstehen lassen.

```
                                                H+    H+    H+
                    O        O                  O⁻    O⁻    O⁻
O O O O O O O O   O O      O O                  C O   C O   C O
C C C C C C C C → C     C  C     C   + CO₂ → C C C C C C C C C C
C C C C C C C C   C C C C C C C C  C C C C
```

[1]) J. H. DE BOER und C. F. VEENEMANS, Physica 1934, S. 753.

Die restierende Kohlenstoff-Sauerstoff-Kombination, die im Wasser die negative Gruppe hervorrufen muss, hat also den Charakter eines Säure-Anhydrids.

Im Wasser ist die Kohle elektrophoretisch negativ, und es findet Laugeadsorption statt, aber die Fähigkeit zu Säureadsorption ist nicht verlorengegangen, da ja beim Abbrennen auch immer wieder „positive Stellen" gebildet werden.

Das Verhältnis zwischen der Anzahl positiver und negativer Stellen hängt davon ab, wie lange der Sauerstoff an der Oberfläche verbleibt.

Aus obenstehender Tabelle würde man geneigt sein, zu folgern, dass für die so schnell abbrennbare CMN-Kohle bei 450° die Verbleibszeit zu kurz ist, um eine gut aktivierte Kohle zu erhalten. Man könnte versuchen, ob bei verschiedenen Sorten Kohle nicht verschiedene Temperaturen als die günstigste Gleichgewichtstemperatur anzugeben sind.

Erhitzt man nun die negativierte Kohle wieder auf 1000° im $CO_2$-Strom, so treibt man allen Sauerstoff ab, und die Kohle kehrt wieder in den erstbesprochenen Zustand zurück.

Der Leitfaden des obigen Gedankenganges ist somit dieser: Die Tatsachen zwingen dazu, anzuerkennen, dass sowohl bei der positiven als bei der negativen Kohle *Sauerstoff* eine Rolle spielt. Diese Sauerstoffbindung muss mithin verschieden sein. Sowohl GARNER und MACKIE [1]) wie auch SCHILOW [2]) haben eigentlich schon diese Richtung eingeschlagen; nur fehlt in ihren Betrachtungen ein annehmliches Erklärungsprinzip für die *positiv* geladene Kohle. In den vorstehenden Ausführungen nun betrachten wir die positive Kohle als durch Elektronenverschiebung nach adsorbierten Sauerstoffionen und die daraus resultierenden OH-Ionen in Wasser verursacht, während wir gleichzeitig die Vermutung aufrechterhalten, dass die negative Kohle COOH-Gruppen trägt. Im Rahmen dieser Annahme ist nämlich eine Anzahl Momente verständlich, und zwar: die Laugenadsorption an negative Kohle, die Säureadsorption an positive Kohle, das rein positive Verhalten bei der ThB-Adsorption an positive Kohle, aber der gemischte Charakter der Adsorption an negative Kohle.

Am Schlusse dieses Artikels danken wir noch Herrn S. A. TROELSTRA für seine bereitwillige Hilfsbetätigung bei dieser Untersuchung.

*Utrecht*, Juni 1935. VAN 'T HOFF-*Laboratorium*.

---

[1]) GARNER and MACKIE, J. Chem. Soc. (1927) S. 2451.

[2]) N. SCHILOW, Koll. Zeitschr. **52**, 107 (1930).

**Palæontologie.** — *On the gibbon-like appearance of* Pithecanthropus erectus. By EUG. DUBOIS.

(Communicated at the meeting of May 25, 1935).

The abundant evidence, given since 1932 by five thigh bones, on the organismal distinctness of *Pithecanthropus erectus*, furnishes proof, at the same time, of the close affinity with the Gibbon group of anthropomorphous Apes [1]). Indeed various remains, now on hand, of the so-called Ape-Man point to that affinity, notwithstanding its ability to walk erect and the one degree higher cephalization, an affinity shown most directly by the rightly understood femur, but most conclusively by the calvaria.

However, far more than the seemingly too perfectly human femur, it was the surprising volume of the brain, as betrayed by the size of the calvaria, very much too large for an anthropomorphous ape, very small only in comparison with the average of man, that led to the presently almost general opinion that the "Ape-Man" of Trinil was really a very primitive Man.

That ambiguous brain volume is indeed the most conspicuous distinctive feature of *Pithecanthropus erectus*, and it was to obtain a better insight into this new organism that, soon after the discovery, I undertook the search for laws which regulate cerebral quantity in Mammals, a study which indeed furnished evidence as to the place of *Pithecanthropus* in the zoological system, and with which I am still intensively occupied, on account of its great biological significance.

Unnecessary to repeat here the line of argument of these researches. It may be remembered only that in every species the volume of the brain is obviously proportionate to the degree of organization, the complexity of the animal functions of the organism, which is determined by the number of nerve-cells, but as a matter of course and of daily observation it is, in some way, related also to the size of the body.

Thus comparing, in a number of different cases, the brain quantity in two species of mammals, having the same organization ("nearly related species"), but different body weight, I found (in 1897) that the functional degree could be expressed, in every case, by the formula $K = \frac{E}{S^{5/9}}$, where $E$ is the weight of the brain and $S$ the weight of the body; $K$ the coefficient of cephalization (or factor of animal organization) appeared to arrange the Mammal groups in good systematic order, generally in accordance with what we know of their animal organization. Thereupon LOUIS LAPICQUE and his collaborators (in 1905) found the same law to

[1]) Proceedings, Vol. XXXV, pp. 716—722 (1932); Vol. XXXVII, pp. 139—145 (1934). With two plates.

hold good for Birds; I confirmed it for Reptiles and Fishes (in 1913). It thus holds good for Vertebrates in general.

It soon appeared that properly this law of the quantitative relation of brain and body applies to the functionally most central part of the brain, the **psychencephalon**, chiefly the cerebral hemispheres.

Armed with this knowledge it was possible to detect a second law (in 1924), the law of the autonomic phylogenetic progression of the psychencephalon, which law has a direct significance for the taxonomy of *Pithecanthropus* and is highly important with respect to biology in general. By comparing nearly related groups of Mammals it appeared in not a few cases, that the coefficient *K*, concerning the psychencephalon, increases by doubling and redoubling, thus according to a geometrical progression with the ratio 2.

Very strikingly this law appears (without any calculation) by comparing the brains of nearly related animals of equal size, such as the Polecat and the Stone Marten, the great difference of the brain volumes is very impressive, indeed the one of the former animal being half that of the latter. Likewise the Upper-Miocene *Procamelus gracilis* and the present-time Lama resemble each other closely and are of equal size, however the volume of the psychencephalon of the precursor is exactly half that of the recent species.

But also the Stoat and the Weasel, belonging to the same group with the Polecat, have half the cephalization coefficient of the Marten group. In the same relation are the Shrew and the Mole, the Marmot and the Squirrel, the Kanchil and the True Ruminants; etc.

The common Small Bats (the majority of the *Microchiroptera*), however, are two degrees below the Large Bats (*Megachiroptera*), the values of the cephalization coefficient being in the relation 1 : 4. The link here is supplied by the Leaf-nosed Small Bats (*Phyllostomidae*), with a coefficient half that of the Large Bats and double that of the common Small Bats. In the same relation again are the Monkey genera *Callithrix, Saimiri* and *Cebus*, the relative values of the cephalization coefficient being 1 : 2 : 4.

Recently (in 1934) the law of the autonomic phylogenetic progression was confirmed for Birds by LAPIQUE [1]). Undoubtedly also this law holds good for Vertebrates in general.

To the interpretation of both laws different researches have contributed, chiefly on the relation of body weights of individuals, belonging to one and the same species, to brain quantity, and of body weights of Mammals in general to volume of homologous nerve-cells. Those researches taught

---

[1]) LOUIS LAPICQUE, Sur le développement phylogénétique du cerveau (d'après les travaux récents d'Eugène Dubois). Annales des Sciences Naturelles. Zoologie. — 10e Série. — T. XVII — 1934. Paris 1934.

that the second law is a consequence of the fact that the number of the nerve-cells increases by bipartition, in the phylogenetic as well as in the ontogenetic growth of the brain. Nature threw light on this point by putting this, with respect to the latter growth, as it were to the test in human microcephalia. [1])

Consequently the series of values of $K$ in the different Mammal groups is not constituted by numbers which are irregularly dispersed along the scale of variations, but discontinually in successive degrees, the value of each degree being half the one above and double that below. This signifies that in the phylogeny of the psychencephalon the quantitative progression occurs by abrupt great mutation. The number of the nerve-cells doubles, without transition ; thus the mutation is due to one bipartition more.

It is, therefore, possible to arrange all the groups of Mammals existing at present in a geometrical series of progressive coefficients of cephalization, in which series there are no gaps (even when fossil groups are not taken into account), which one sole exception. There is also little deviation from the mean terms. Putting the cephalization of Man equal to 1, we find exactly $1/4$ for the *Anthropomorphae* inclusive Gibbons ; about $1/8$ for the majority of our large Mammals : Ruminants, Cats, Dogs etc. ; about $1/16$ for Kanchils, Civet-Cats, Hares, Large Bats (*Megachiroptera*) etc. ; about $1/32$ for Mice, Moles, Leaf-nosed Bats (*Phyllostomidae*) etc. ; about $1/64$ for Shrews, common Small Bats (*Microchiroptera*) etc. The previously supposed gap or void space between the *Megachiroptera* and the *Microchiroptera* I found filled up by the *Phyllostomidae*.

The only real void space in the series is between Man and the anthropomorphous Apes (incl. Gibbons). This void space marks the place of *Pithecanthropus* according to the following computation.

With fair approximation to accuracy we can calculate the volume of the entire cranial cavity by comparing the conserved calvarial part (570 $cm^3$), — which was once filled by the largest part of the psychencephalon, from near the roof of the orbits horizontally to the cerebellum, — with the corresponding part of the cranial cavity of Apes and Monkeys (*Hylobates, Gorilla, Pongo, Pygathrix, Pithecus*), constructed in similar proportion, taking into account the transformations of minor importance which necessarily result from the differences in the relative size of the cranial and orbital cavities as a consequence of different size of the body. In this way the entire cranial cavity was estimated at **908** $cm^3$.

To calculate from this the corresponding brain weight, we cannot put this volume on a par with the capacity of an ordinary dried skull, for the calvaria as a part of the dead body was deposited under water and petrified in humid state. In consequence the capacity remained exactly the same with the volume of the encephalon, enveloped by its membranes, during

---

[1]) See : R. BRUMMELKAMP, On Microcephalia Vera. Psychiatrische en Neurologische Bladen. Jaargang 1935, N⁰. 2. Amsterdam 1935.

life. Deducting from this volume that of the membranes, calculated according to the human proportionality, we obtain the brain volume, and by multiplying this by the specific gravity of brain substance, the brain weight 880 g, further from this the weight of the psychencephalon **766** g.

In order to calculate from this fairly exact psychencephalon weight a coefficient $K = 1.25$, equal to half the human coefficient (2.5), and double that of the *Anthropomorphae* (0.625), the body weight must have been **104** kg. We may accept this weight as highly probable, from the relation existing between the chief dimensions of the femur: the length of the mechanical axis and the circumference of the shaft, and body weight in similar organisms.

Now, in the whole suborder *Anthropoidea* we do not meet with any type of femur more closely resembling the *Pithecanthropus* femur in respect of the chief dimensions of mechanical character than that of the Gibbons, apart from the difference of the condyles as a consequence of the acquired ability to walk erect, of no importance in this respect, as this does not affect those chief dimensions. Moreover the similarity in the form of the lower shaft end and the peculiar internal structure of the shaft in *Pithecanthropus erectus* point to similarity in function.

Comparing the *Anthropomorphae*, we see the femur, with increasing body weight of the genera, becoming less slender, in the sequence: small Gibbon species, Siamang, Chimpanzee, Gorilla. *Pithecanthropus*, however, although certainly comparable in weight with the heavier Apes, agrees in the relative thickness exactly with the much lighter Siamang.

In a certain, entirely full-grown and large male siamang the mechanical axis of the femur is very nearly exactly half as long and the shaft half as thick (measured by the minimal circumference) as the mechanical axis and the shaft of the femur of the pithecanthropus.

It appears, that in the two Gibbon genera, although in the genus *Hylobates* the femur is very much slenderer than in the genus *Symphalangus* (the Siamang), the body weight is proportionate to the product of the length of the mechanical axis and the square of the mean diameter of the smallest circumference of the shaft. Thus the *Pithecanthropus* femur is comparable with any Gibbon femur. [1])

The human femur is incomparable, in this respect, with that of *Pithecanthropus*, on account of the different form, especially the strongly thickening of the shaft at its lower end; here only the volumetric comparative method of MOLLISON could be applied, if it did not appear to be unapplicable even for the Gibbons among each other. The volume of the femur of *Pithecanthropus* (without the exostosis) is 463 $cm^3$; the mean volume

[1]) Comparable in the same manner is also the Gorilla with the Chimpanzee, and are Cat species of large size with those of small size, Rat with Mouse. The relation in all those cases is properly one of muscle volume, as consequently is the proportionality with body weight.

of 9 male australian femora (measured by HAUGER), calculated to *Pithecanthropus* length, is 431 $cm^3$, of 10 male european femora (measured by HAUGER) and calculated in the same manner, 596 $cm^3$. Between these two types of the human femur, but nearer to the australian type, the comparable human femur should therefore be found, if the different form of the shaft were no impediment to an exact comparative determination of the body weight. This can only be approximative.

Certainly the different form of the human femur shaft in comparison with that of the Gibbons is connected with the very great difference between Man and the Gibbons (and likewise all the other *Anthropomorphae*) in the proportion of the lower and the upper limb. The relative weight of the arm, estimated from the volume of the three large long bones, to the leg, estimated from the volume of the three large long bones, is in Man only ¼ from the relative weight of the arm to the leg in the Siamang. This striking difference is evidently the consequence of the total exemption of the upper limb in Man from locomotive function, whereas in the Siamang the upper limb is particularly active in this way. A further consequence is the relatively much heavier upper part of the body, above the legs, in the Siamang than in Man.

In this we find a sharp test of the proportion of the upper limb and the trunk to the lower limb in *Pithecanthropus*.

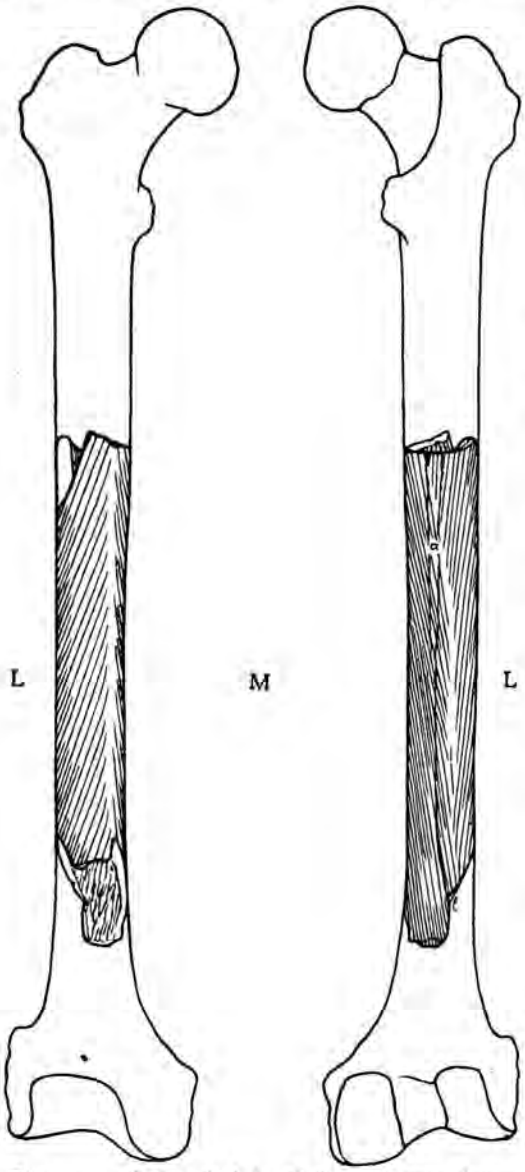
How matters stand here is clearly evident from this that the body weight of the *Pithecanthropus erectus* **104** kg, calculated from the psychencephalic coefficient equal to half the human or double the anthropomorphous coefficient, in accordance with the law of autonomic phylogenetic progression of the psychencephalon, is quite the same as the body weight calculated by comparing the femur of the *Pithecanthropus erectus* with that of our large male siamang, whereas a comparison in accordance with human proportions of the body would only have given a body weight of about 60 kg.

Indeed an immaginary giant Siamang, possessing a femur twice as long and twice as thick as a large real Siamang, would have weighed eight times as much, assuming the same bodily proportions. Now the relative weights calculated from a comparison of the *Pithecanthropus* femur with that of our quite full-grown and large male siamang are as 8.083 : 1, and $\frac{104}{8.083} = 12.866$ kg. This calculated weight is almost exactly the weight observed of such a large siamang[1]).

---

[1]) C. J. CONNOLLY, Brain Indices of Anthropoid Apes. American Journal of Physical Anthropology, Vol. **17**, July-September, 1932, N⁰. 1. Compare p. 67, Table VI. The body weight of a large adult male siamang is given as 12.476 kg, corresponding with a brain weight of 138 g. Our large male siamang has a cranial capacity of 141 $cm^3$. The length of the mechanical axis of the femur is 415 mm in the pithecanthropus and 210 mm in the siamang, the circumference of the shaft 90 mm in the pithecanthropus and 44.5 mm in the siamang.

From this we may conclude that *Pithecanthropus*, although having acquired the ability to walk erect, possessed a proportion of weight of the lower limbs and the upper limbs (with the trunk) little different from that of the Siamang and the other Gibbons, and we may, further, infer that the upper limbs still exerted locomotive functions, at least habitually, in a similar manner as in the Gibbons.




Diagrams of the fifth *Pithecanthropus* femur, from before (left diagram) and from behind (right diagram). The fragmental shaft located in the outlined entire right femur 1/3. *M* medial side, *L* lateral side, *a* linea aspera, *l* its divergent Labium laterale.

This, at the same time, furnishes an interpretation of the particularities of the *Pithecanthropus* femur, especially of the very striking internal structure of its shaft, which I described in 1934 (Proceedings, Vol. XXXVII, pp. 139—145) and of which I reproduce the annex diagrams.

Evidently *Pithecanthropus* was not only superior to the Gibbons by the real erect locomotion on the ground, but also by the perfected use of the leg in arboreal locomotion, in consequence of the acquired faculty to stiffen the leg in the kneejoint, in every state of flexion and rotation.

It altogether confirms the opinion, which MARCELLIN BOULE expressed already in 1921, that *Pithecanthropus erectus* may have been a relatively gigantic species allied with the Gibbon group, which particularly was superior to its congeners by the large brain volume, "caractère de tout premier ordre", thus truly approaching Man.

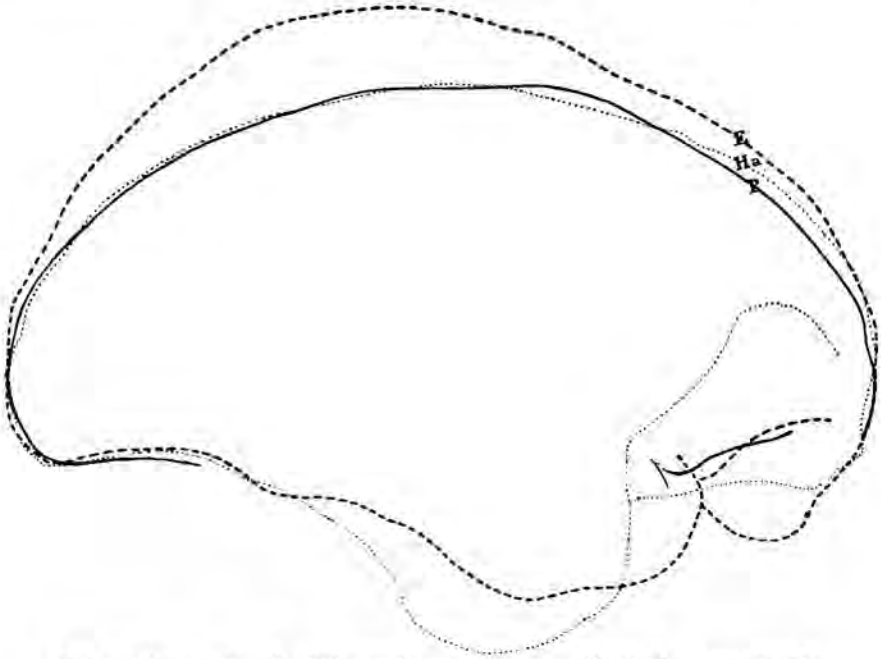
So *Pithecanthropus* appears indeed as a case of ascent to a higher level

of cephalization, and progression of animal functions, in a group, a case similar to those of which I pointed out some above.

According to the law of autonomic phylogenetic progression of the psychencephalon, properly signifying a natural process of growth, this ascent took place in leaps. There was a leap from the anthropomorphous level to the pithecanthropus level and another leap from the pithecanthropus- to the human level, not the gradual, slow ascent presumed by the darwinistic hypothesis.

The apparent gibbon likeness of *Pithecanthropus* is clearly evident also by the place of the gravitation center of the head before the condyles, and by the absence of a parietal vertex of the brain, an anthropomorphous feature, which I described in my paper of 1933, on "The Shape and the Size of the Brain in *Sinanthropus* and in *Pithecanthropus*" [1]), from which I may reproduce here the upper figure of Plate IV. Both features signify, undoubtedly, that in *Pithecanthropus*, in distinction to Man, the head was not poised on the vertebral column.

Further point of resemblance with the gibbons is the general form




Endocranial casts of *Pithecanthropus erectus* (*P*) × ¾, mesocephalic european Man *E*, and *Hylobates agilis* (*Ha*). Made to equal length. Telephotographic contour lines of right norma lateralis views, in subcerebral (orbital-suboccipital) plane orientation.

of the skull. Very striking is the gibbonoid occipital impression for the attachment of the two *rectus capitis posticus minor* muscles, impression

[1]) Proceedings, Vol. XXXVI, pp. 419 et seq. Plates III and IV.

completely absent in the Chimpanzee. The absence of sinus frontales in the gibbons, which are well developed in *Pithecanthropus*, I consider to be a difference of the same character as between *Hippopotamus* and *Choeropsis*. The mandibula also most resembles that of the gibbons, in so far as its features are anthropomorphous. One of these shows that *Pithecanthropus* was devoid of the human power of speech.

The strongest evidence of the gibbonlike appearance of *Pithecanthropus*, however, is that given by the volume of the psychencephalon, exactly doubled in relation to the body weight computed from the gibbonlike chief dimensions of the femur.

---

**Physics.** — *A new type of colorimeter.* By J. WOUDA. (Communicated by Prof. L. S. ORNSTEIN).

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

The methods, most commonly used in colour measuring, are the trichromatic and the monochromatic. The former consists in the mixing of three well-specified spectral colours in such a way, that the resulting light produces the same colour sensation as the colour to be measured, the latter in the mixing of white light with one spectral colour. Both methods, however, have various disadvantages. For, though the colour sensation, produced by the colour-mixture of the apparatus is the same as that of the colour to be measured, yet the actual composition of these colours may differ widely. This circumstance requires in the first place that the observer should possess a so-called „normal" eye, that is to say an eye for which the sensation curves of the three fundamental colours agree with the standard curves. Further it is necessary to illuminate the colour to be measured with light of the colour temperature, for which one wishes to determine the colour point. This gives also rise to difficulties, when a colour point must be determined for high colour temperatures, as e. g. for daylight. Moreover, the adjustment for equal colour requires an appreciable amount of practice.

On account of these difficulties, Prof. ORNSTEIN requested me to construct an apparatus, which would make it possible to determine the re-emission-, respectively the transmission-curve by means of a monochromatic comparison of brightnesses and which would at the same time abbreviate the lengthy calculations, necessary to obtain the colour point from this curve. To meet these demands, I was led to the construction of the apparatus, described below. Before entering into details, I give here a brief outline of how the instrument works.

It consists of two parts :

1. The part, which, when the apparatus is ready for use, is put in front of a spectroscope and which I shall call the spectroscope front-piece.

2. The part, contrived for the determination of the colour point.

By means of the spectroscope front piece, the light, coming from a standard white surface and that from the colour to be measured is thrown separately on the slit of the spectroscope. The standard white surface and the colour to be measured are illuminated by one and the same lamp. By rotating a neutral wedge, the brightness of a definite colour in both spectroscopic images is made the same. The position of the wedge provides then a measure for the re-emission of the colour under investigation. This part of the instrument, therefore, serves for measuring the re-emission curve. The second part of the instrument is constructed in such a way, that the various multiplications necessary to obtain the colour point from the re-emission curve are carried out automatically and simultaneously.

*The spectroscope front piece.*

The construction of this piece is shown schematically in fig. 1.

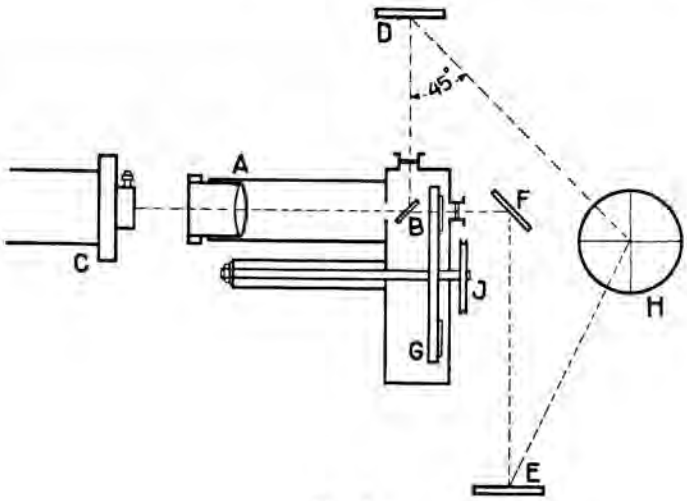



Fig. 1.

The lens *A* (achromatic Busch doublet, $\times$ 10) forms an image of the silvered mirror *B* on the slit of the spectroscope *C*. From a horizontal strip about 0.2 mm wide of the surface of this mirror, the silver is removed by means of a sharp knife. The image of this strip is, therefore, at right angles to the slit. The light coming from the colour to be measured, at *D*, is thrown on to the slit by the silvered part of the mirror, whereas the light, coming from the standard white surface, at *E*, reaches the slit of the spectroscope via the mirror *F* and the neutral circular logarithmic wedge *G* (Zeiss Ikon) and after passing through the transparent strip of the mirror *B*. *D* and *E* are illuminated by the same lamp *H*. One observes, therefore, in the spectroscope a spectrum, crossed by either a bright or a dark line. By rotating the wedge *G*, one can make this line disappear at

a definite wavelength. It is not difficult to make the strip on the mirror so as to show perfectly sharp edges in the spectroscope; by rotating the wedge the line can therefore be made to disappear completely. In this way a very accurate adjustment is possible. The mirror *F* serves to compensate any selective reflection of the mirror *B*. The front piece may be put in front of any spectroscope, provided the latter is equipped with a properly working arrangement for adjusting for wavelength. The various types of this instrument with constant deviation prisms answer the purpose quite well. The degree of achromaticity of the doublet *A*, which forms the image of the mirror *B* is amply sufficient; it is not necessary to readjust for the various wave-lengths. But the image of the slit must, of course, be focussed accurately on the cross wire by means of the movable telescope or of the collimator lens.

*The contrivance for determining the colour point.*

A logarithmically divided scale is attached to a horizontal sledge, which is capable of a sliding motion by means of a rack and pinion. This motion is transformed by a string, with the aid of a few small pulleys, into a rotation of the wedge in the spectroscope front piece. The diameter of the pulley on the axle of the wedge is chosen in such a way that the logarithmic scale division of the sledge corresponds to the transmission of the wedge. The power of transmission of the latter ranges from 100 % to 0.1 %. For reasons, which are given later on, the divided scale covers a range from 100 % to 0.01 %. By reading the shift of this scale, relatively to a fixed index, one can, therefore, determine the transmission of the wedge. The measuring of the re-emission curve of the colour is carried out as follows: To begin with, two white surfaces (standard white) are placed at *D* and *E* and the sledge is adjusted in such a way that the index points to 100 % of the divided scale. The lamp *H* is then moved until the line in the spectroscope has been made to disappear. Then, after replacing the white surface at *D* by the colour to be investigated, one can, by adjusting for disappearance of the line, read from the divided scale directly in percentages the re-emission at various wavelengths. If one wishes to measure the transmission of a filter, the white surface at *D* remains in its place and the filter is put in the lightpath between *D* and the mirror *B*. Advantage is taken of the fact that the scale divisions are logarithmic, to obtain a quick determination of a colour point. To this end the scale is made to shift along a drum which is shown rolled out in fig. 2.

In this figure *A* represents the divided scale. The line *B* on the drum serves as a fixed index for the reading of the re-emission or the transmission. Now, in order to obtain the colour point one must multiply these quantities by the product of the stimulation of the eye and the energy belonging to the colour temperature for which one wishes to know the colour point. To carry out these multiplications- there are three curves *r*, *g* and *b* drawn on the drum. This is done by plotting the logarithm of

the product of the stimulation of the eye and the energy against the wavelength. The logarithms are measured from a fixed point in the direction

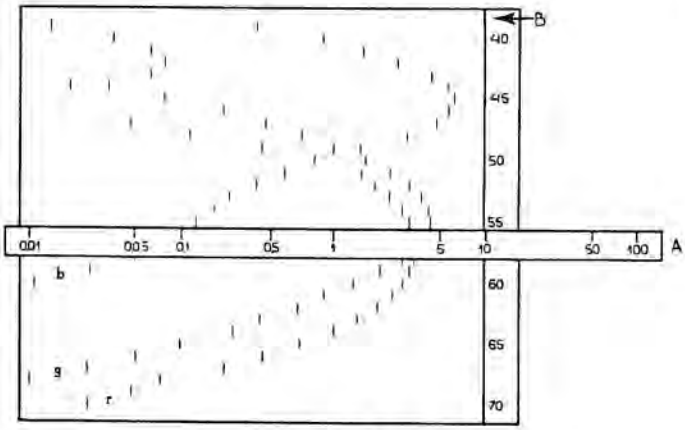



Fig. 2.

of the genetrix of the cylinder, using the same unit of length as for the scale on the sledge, the wavelengths are read in the direction of the directrix at right angles to the first direction. Since it is sufficient, however, for the determination of the colour point to carry out the measurements at every 100 Å only, the curves are not drawn in full, but only the values for every 100 Å are given by a short vertical line. This greatly facilitates the reading. By pressing a knob, the drum can be made to rotate over an angle, corresponding to 100 Å. The actual measuring is carried out as follows. To begin with, an adjustment is made for two white surfaces, as already explained. Then, the colour to be measured is placed in the apparatus and the wavelength scale of the spectroscope and the drum are put at a certain wavelength. After adjusting for disappearance of the line in the spectroscope one reads from the scale, where it is intersected by the fixed line *B* (fig. 2), the re-emission or the transmission and at the points of intersection of the scale and the three curves, the products of re-emission or transmission, stimulation of the eye and energy, multiplied by an arbitrary factor. After moving the wavelength scale of the spectroscope and the drum over 100 Å, the readings are repeated. In this way the readings on the fixed line *B* give the re-emission- or transmission curve, those on the three curves give three series of numbers. These series are added separately and the sum of the results is reduced to 100. Then the three numbers, obtained by reducing the separate sums in the same ratio provide at once the colour point of the measured colour. By unscrewing a single nut the drum can be exchanged for one on which the three curves are drawn for a different colour temperature. This simple device enables one, therefore, to determine the colour point for a different colour temperature. Since the scale division goes down as far as 0.01 % one can read the products to 0.01 %, which is, in all cases, amply sufficient.

Figure 3 shows the complete instrument. By means of knob *B*, the scale *A* which is fastened on a sledge, is moved along the drum *C*.

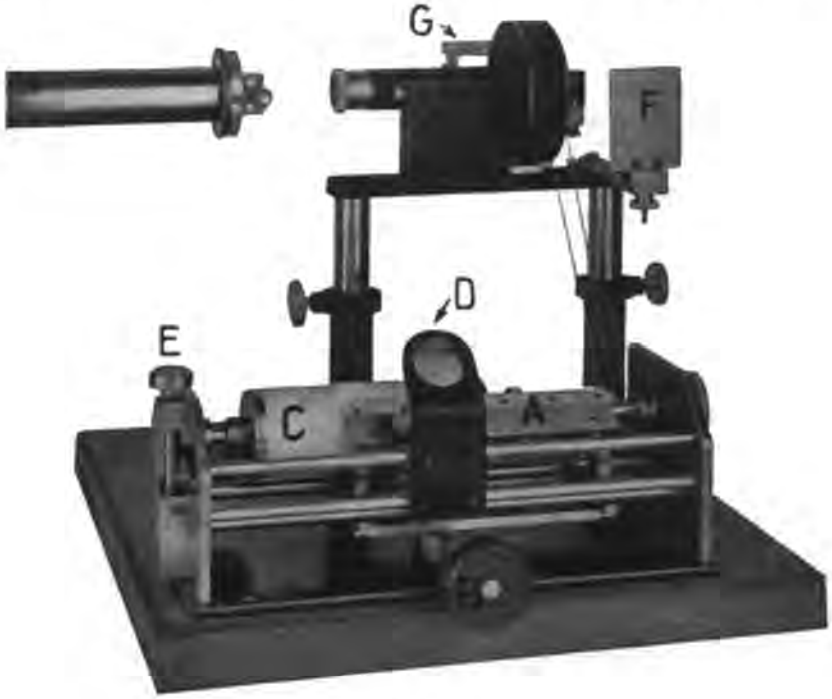



Fig. 3.

To facilitate the reading of the divisions, the scale is fitted with a movable magnifying glass *D*. By pressing the knob *E* once, the drum is made to rotate over an angle, corresponding to 100 Å. Plate *F* is covered with a layer of standard white (e.g. magnesiumoxide), at *G* one can just see the holder of the colour to be measured. Fitted on to this holder, is a revolving plate covered likewise with standard white. In order to obtain the adjustment of the instrument for 100 %, this plate is rotated, so as to cover the colour to be measured; when the actual colour measuring takes place, it is turned out of the lightpath. When filters are measured, this white plate remains in its original position and the filter is put in front of it, in the path of the lightrays.

*Physical Laboratorium of the*
*University of Utrecht.*

**Physics.** — *Grundlagen einer quantitativen Vierfarbentheorie.* I. Von J. F. SCHOUTEN. (Mitteilung aus dem physikalischen Institut der Universität Utrecht.) (Communicated by Prof. L. S. ORNSTEIN).

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

## 1. *Einleitung.*

Es erscheint eine wenig aussichtsreiche Sache, der Reihe von Farbentheorieen eine neue anschliessen zu wollen, oder eine der bestehenden durch einen fruchtbaren Gedanken weitgehend auszubauen. Dennoch beweist die Tatsache, dass die Untersucher auf dem Gebiete des Farbensinnes in zwei ziemlich distinkte Gruppen auseinander fallen, nämlich die der Anhänger der YOUNG-HELMHOLTZschen Dreikomponentenlehre und die der Anhänger der HERINGschen Vierfarbenlehre, dass man von einer Lösung dieses Problems noch weit entfernt ist.

Die YOUNG-HELMHOLTZsche Theorie wurzelt bekanntlich in der experimentellen Tatsache, dass sämtliche Farb- und Helligkeitseindrücke als Funktion dreier unabhängig Veränderlichen zu beschreiben, und also als ermittelt durch drei unabhängige Rezeptore in der Netzhaut aufzufassen sind. Die HERINGsche dagegen wurzelt darin, dass psychologisch genommen vier Grundfarben zu unterscheiden sind, woran sich Weiss und Schwarz als fünfte und sechste Grundempfindung anschliessen.

Die YOUNG-HELMHOLTZsche Theorie bietet den Vorteil, die Farbengleichungen quantitativ zu erfassen, und zu einer einfachen graphischen Darstellung (dem MAXWELLschen Farbendreieck) bringen zu können. Sie gestattet auch die Farbengleichungen der Dichromaten abzuleiten. Die HERINGsche dagegen bietet den Vorteil, der Empfindungsanalyse zu entsprechen und dem allenthalben auftretenden Dualismus Rot-Grün und Gelb-Blau Rechnung zu tragen.

Auch die modernsten Bearbeiter dieses Fragekreises kann man fast ausnahmslos einordnen unter die Anhänger der ersten oder der zweiten Theorie, je nachdem ob für sie die photometrischen oder die empfindungsanalytischen Tatsachen grundlegend sind. Dass die beiden Betrachtungsweisen sich aber keineswegs ausschliessen müssen, das folgt aus der Zonen-theorie von VON KRIES und wohl auch aus vielen auf diese Idee weiter bauenden Theorieen. Keine Theorie aber ist im Stande eine quantitative Erklärung möglichst vieler Qualitäten des Farbensinnes zu geben. Die Vierfarbentheorieen lassen keine quantitative Konzequenzen zu und versagen gegenüber der Tri- und Dichromatengleichungen, die Dreikomponentenlehre bleibt nur auf letztere beschränkt und ist kaum zureichend

zur quantitativen Erfassung weiterer Eigenschaften des Farbensinnes, auf die ich im Folgenden zurückkommen werde.

Ich habe mich anfänglich bei der Aufbau der Theorie nicht um ein eventuelles Modell gekümmert, sondern die verschiedenen Annahmen zuerst rein formell eingeführt. Die Resultaten zu denen ich durch sukzessive Fortentwicklung gekommen bin, dürften zum ersten Male möglich machen, eine so grosze Anzahl der Qualitäten des Farbensinnes in logischen und quantitativen Zusammenhang zu bringen und somit eine gegründete Theorie des Farbensinnes zu bilden.

## 2. *Grundfarben und Farbengleichungen.*

*Erste Annahme*: Es bestehen vier Grundempfindlichkeiten, die, wie in der Figur 1 schematisch dargestellt ist, jede ihre spektrale Empfindlichkeitskurve haben. Die totale Empfindlichkeitskurve stellt sich als Summe dieser vier Kurven dar. Die vier Grundempfindungen werden — voraus-

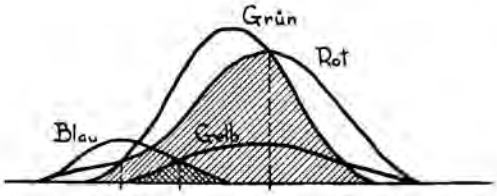



Fig. 1. Schematische Darstellung der vier Grundempfindlichkeitskurven

greifend — mit Rot, Grün, Gelb und Blau bezeichnet, ohne dass darunter vorläufig etwas mehr als eine bequeme Bezeichnung zu verstehen ist.

*Zweite Annahme*: Rot und Grün ergeben, wenn in gleichem Masze erregt, Weiss, also einen farblosen Eindruck, und wenn in ungleichem Masze erregt Weiss mit Rot oder Grün.

*Dritte Annahme*: Gelb und Blau verhalten sich analog. Der totale Eindruck eines willkürlichen Lichtes stellt sich dann zusammen aus Weiss mit höchstens zwei nicht komplementären Grundfarben. Ersteres werde ich als Weissinhalt, letzteres als Farbinhalt bezeichnen. Der relative Weissinhalt sei $w$, der relative Farbinhalt sei $f$ dann gilt

$$f + w = 1.$$

Der Farbinhalt setzt sich zusammen als die Summe der Beträge von höchstens zwei nicht komplementären Grundfarben. Nennen wir diese für Blau $x$, für Gelb $-x$, für Grün $y$ und für Rot $-y$ so gilt

$$|x| + |y| + w = 1$$

und

$$|x| + |y| = f.$$

Die totale Empfindlichkeitskurve $\varphi$ des Auges setzt sich dann zusammen

aus der Weisskurve $\varphi w$ und den Grundfarbinhaltskurven $\varphi|x|$ und $\varphi|y|$. Letztere sind in der später zu besprechenden Figur 4 dargestellt.

Nehmen wir ein rechtwinkliges Koordinatensystem mit den Achsen $x$ und $y$ so wird jedem möglichen Farbeindruck ein Punkt in diesem zugeordnet sein. Das Gebiet möglicher Punkte wird begrenzt durch die geraden Linien

$$|x| + |y| = 1 \qquad \text{also } w = 0.$$

Diese Figur, die in der Figur 2 schematisch dargestellt ist, sei das Farbenviereck genannt. Mittelpunkt ist der Weisspunkt für den gilt

$$x = y = 0 \text{ also } w = 1.$$

Die erste Aufgabe ist jetzt die Lage der Spektralfarben in diesem Viereck aufzufinden. Als Grundlage für diese Berechnung habe ich die

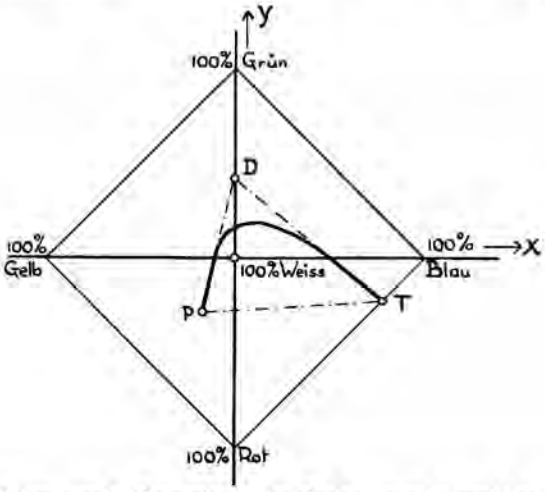



**Fig. 2. Schematische Darstellung des Farbenvierecks und der Lage des Farbendreiecks darin.**

Standardkurven der Optical Society of America [1]) gebraucht und die Lage der Spektralfarben danach in Dreieckskoordinaten aufgezeichnet, aber nicht wie gebräuchlich ist so, dass Weiss — willkürlich — im Mittelpunkte angenommen wird, sondern den wirklichen Helligkeitsbeträgen der drei Elementarempfindungen nach. Dadurch erhält Weiss die Koordinaten $R = 43.8$, $G = 54.7$, $B = 1.5$. (Mit diesen Zahlen multipliziert und addiert ergeben die *O. S. A.* Kurven nach JUDD [2]) die beste Annäherung an die Augenempfindlichkeitskurve von GIBSON und TYNDALL [3]).) Es ist bekanntlich eine grosse Beschwerde gegen die Dreikomponentenlehre, dass diese Zahlen nicht theoretisch verständlich gemacht werden können. In dem so

[1]) L. T. TROLAND, J. O. S. A. **6**, S. 527, 1922.

[2]) DEANE B. JUDD, J. O. S. A. **10**, S. 635, 1925.

[3]) K. S. GIBSON und E. P. T. TYNDALL, Sci. Pap. of Bur. Stds. N⁰. **475**, 19, S. 131, 1923.

gezeichneten Dreieck gilt also für Farbenmischungen die Schwerpunktsregel direkt, ohne dass den Helligkeitsbeträgen der Elementarempfindungen verschiedene Gewichte beigelegt werden müssen. Das Dreieck muss also, um diese Eigenschaft zu behalten, durch eine lineare Transformation in unser Koordinatensystem überführt werden. Dazu genügt die Festlegung der Achsen des Koordinatensystems und die Wahl eines Punktes. Wir können sogleich eine sehr wichtige Eigenschaft unserer Grundempfindungen feststellen nämlich, dass weisses Licht die rote und grüne Empfindlichkeit in gleichem Masze erregen wird und ebenso die gelbe und blaue. Man kann dies durch Anwenden der Schwerpunktsregel auf die beiden Koordinatenrichtungen im Farbenviereck direkt einsehen. Analytisch ausgedrückt

$$\int H\varphi x d\lambda = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$$\int H\varphi y d\lambda = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

worin $H$ die Intensitätsverteilung des weissen Lichtes und $\varphi$ die Augenempfindlichkeit bedeutet.

Für die Festlegung der Koordinatenachsen muss eine weitere Annahme eingeführt werden, nämlich bezüglich der Farbenblindheit. Angenommen wird, dass Farbenblindheit darin besteht, dass die Empfindlichkeitskurve einer Grundempfindung in die einer anderen Grundempfindung übergegangen ist, z.B. dass bei der Deuteranopie die Grünempfindlichkeitskurve mit derjenigen für Rot identisch geworden ist. Rot und Grün stellen sich dann im ganzen Spektrum zu Weiss zusammen und der Farbenblinde sieht (in Übereinstimmung mit der Empfindung monokular-Farbenblinder) nur Gelb und Blau. Bei einer bestimmten Wellenlänge schneiden sich die gelbe und blaue Kurve, es entsteht dort der neutrale Punkt. Für Protanopie gilt in erster Annäherung, wie ich in einer zweiten Abhandlung klarzustellen hoffe, das umgekehrte. Für Tritanopie und für eine eventuelle Tetranopie möge dasselbe in Bezug auf Blau und Gelb gelten.

Als neutraler Punkt des Deuteranopen habe ich $\lambda = 506\, m\mu$, als langwelliger neutraler Punkt des Tritanopen $\lambda = 576\, m\mu$ angenommen. Das ergibt also die Punkte im Spektrum für denen $x = 0$ bezw. $y = 0$ also die Richtungen der Koordinatenachsen.

Als Punkt zur Festlegung der Transformation wählte ich das kurzwellige Ende des Spektrums $\lambda = 400\, m\mu$. Ich habe im Farbenviereck dafür die Koordinaten $x = 0{,}70$ und $y = -0{,}30$ gewählt, also Weissinhalt $w = 0$. Damit ist die Transformation festgelegt, das Resultat sieht man in der Tabelle 1 Spalt 2 und 3. Figur 3 gibt den zentralen Teil des Farbenvierecks. Die Werte für $\varphi x$ und $\varphi y$, die als Farbinhaltsempfindlichkeiten zu interpretieren sind, findet man in derselben Tabelle. In Figur 4 sind die Werte für $\varphi x$ und $\varphi y$ aufgezeichnet. Für $\varphi$ ist (nach Korrektion für

TABELLE 1. Theoretische Werte.

| $\lambda$ in $m\mu$ | $100\ x$ | $100\ y$ | $100\ f$ | $100\ \varphi x$ | $100\ \varphi y$ | $1000 q = \frac{0.5}{f}$ | $1000 \frac{\Delta x}{\Delta \lambda}$ | $1000 \frac{\Delta y}{\Delta \lambda}$ | $1000 \frac{\Delta f}{\Delta \lambda}$ | $\frac{100}{5} \frac{\Delta f}{f \Delta \lambda}$ | $\zeta = \frac{100\ x}{f}$ | $\eta = \frac{100\ y}{f}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 400 (T) | +70 | −30 | 100 | + 50 | − 21 | 0.5 | | | | | 70 | −30 |
| 410 | +69.5 | −29.8 | 99.3 | + 86 | − 37 | 0.51 | − 1.8 | +0.7 | 2.5 | 0.05 | 70.2 | −29.8 |
| 420 | +67.5 | −28.7 | 96.2 | +128 | − 54 | 0.52 | − 2.6 | +1.4 | 4.0 | 0.08 | 70.3 | −29.7 |
| 430 | +64.3 | −27.0 | 91.3 | +186 | − 78 | 0.55 | − 5.5 | +3.0 | 8.5 | 0.19 | 70.4 | −29.6 |
| 440 | +56.5 | −22.8 | 79.3 | +203 | − 82 | 0.63 | −10.9 | +5.8 | 16.7 | 0.42 | 71.3 | −28.7 |
| 450 | +42.6 | −15.5 | 58.1 | +188 | − 69 | 0.86 | −15.3 | +8.1 | 23.4 | 0.80 | 73.3 | −26.7 |
| 460 | +26.0 | −6.66 | 32.7 | +169 | − 43 | 1.53 | −14.9 | +7.8 | 22.7 | 1.39 | 79.6 | −20.4 |
| 470 | +12.9 | 0 | 12.9 | +140 | 0 | 3.88 | − 9.8 | +4.74 | 14.5 | 2.24 | 100.0 | − 0 |
| 480 | + 6.33 | +2.82 | 9.15 | + 97 | + 43 | 5.47 | − 5.6 | +1.98 | 7.6 | 1.66 | 69.2 | 30.8 |
| 490 | + 1.67 | +3.96 | 5.63 | + 36 | + 86 | 8.9 | − 3.0 | +0.55 | 3.55 | 1.26 | 29.6 | 70.4 |
| 500 | + 0.36 | +3.92 | 4.28 | +12.4 | +135 | 11.7 | −0.91 | −0.18 | 1.09 | 0.51 | 8.2 | 91.8 |
| 510 | − 0.15 | +3.61 | 3.76 | − 8.0 | +194 | 13.3 | −0.38 | −0.37 | 0.75 | 0.39 | − 4.0 | 96.0 |
| 520 | − 0.40 | +3.19 | 3.59 | − 29 | +232 | 14.0 | −0.24 | −0.45 | 0.69 | 0.38 | −11.2 | 88.8 |
| 530 | − 0.62 | +2.71 | 3.33 | − 53 | +231 | 14.9 | −0.17 | −0.47 | 0.64 | 0.38 | −18.6 | 81.4 |
| 540 | − 0.73 | +2.26 | 2.99 | − 69 | +213 | 16.7 | −0.09 | −0.43 | 0.52 | 0.35 | −24.4 | 75.6 |
| 550 | − 0.80 | +1.86 | 2.66 | − 80 | +185 | 18.8 | −0.11 | −0.48 | 0.59 | 0.44 | −30.1 | 69.9 |
| 560 | − 0.94 | +1.31 | 2.25 | − 93 | +130 | 22.3 | −0.12 | −0.66 | 0.78 | 0.69 | − 41.8 | 58.2 |
| 570 | − 1.05 | +0.55 | 1.60 | −101 | + 53 | 31.3 | −0.13 | −0.87 | 1.00 | 1.25 | − 65.6 | 34.4 |
| 576 | − 1.13 | 0 | 1.13 | −103 | 0 | 44.3 | | | 1.19 | 2.10 | −100.0 | 0.0 |
| 580 | − 1.20 | −0.43 | 1.63 | −104 | − 37 | 30.8 | −0.17 | −1.15 | 1.32 | 1.62 | − 73.7 | −26.3 |
| 590 | − 1.38 | −1.74 | 3.12 | −104 | −132 | 16.0 | −0.20 | −1.40 | 1.60 | 1.02 | − 44.2 | −55.8 |
| 600 | − 1.60 | −3.23 | 4.83 | −101 | −203 | 10.4 | −0.22 | −1.48 | 1.70 | 0.69 | − 33.1 | −66.9 |
| 610 | − 1.82 | −4.69 | 6.51 | − 92 | −236 | 7.7 | −0.20 | −1.27 | 1.47 | 0.45 | − 28.0 | −72.0 |
| 620 | − 2.00 | −5.76 | 7.76 | − 75 | −215 | 7.0 | −0.15 | −0.95 | 1.10 | 0.28 | − 25.8 | −74.2 |
| 630 | − 2.11 | −6.59 | 8.70 | − 56 | −176 | 5.8 | −0.13 | −0.86 | 0.99 | 0.23 | − 24.3 | −75.7 |
| 640 | − 2.25 | −7.47 | 9.72 | − 39 | −129 | 5.2 | −0.11 | −0.68 | 0.79 | 0.16 | − 23.2 | −76.8 |
| 650 | − 2.32 | −7.94 | 10.26 | − 24 | − 81 | 4.9 | −0.06 | −0.32 | 0.38 | 0.07 | − 22.7 | −77.3 |
| 660 | − 2.36 | −8.10 | 10.46 | − 14 | − 47 | 4.8 | −0.04 | −0.15 | 0.19 | 0.04 | − 22.6 | −77.4 |
| 670 | − 2.39 | −8.23 | 10.62 | − 8 | − 27 | 4.7 | −0.02 | −0.12 | 0.14 | 0.03 | − 22.5 | −77.5 |
| 680 | − 2.40 | −8.33 | 10.73 | − 4 | − 15 | 4.66 | −0.01 | −0.09 | 0.10 | 0.02 | − 22.4 | −77.6 |
| 690 (P) | − 2.40 | −8.4 | 10.80 | − 2 | − 8 | 4.63 | | | | | − 22.2 | −77.8 |
| D | 0 | +7.57 | 7.57 | | | | | | | | | |
| SieheFigur | 3 | 3 | | 4 | 4 | 5 | | | | 6 | 7c | 7c |

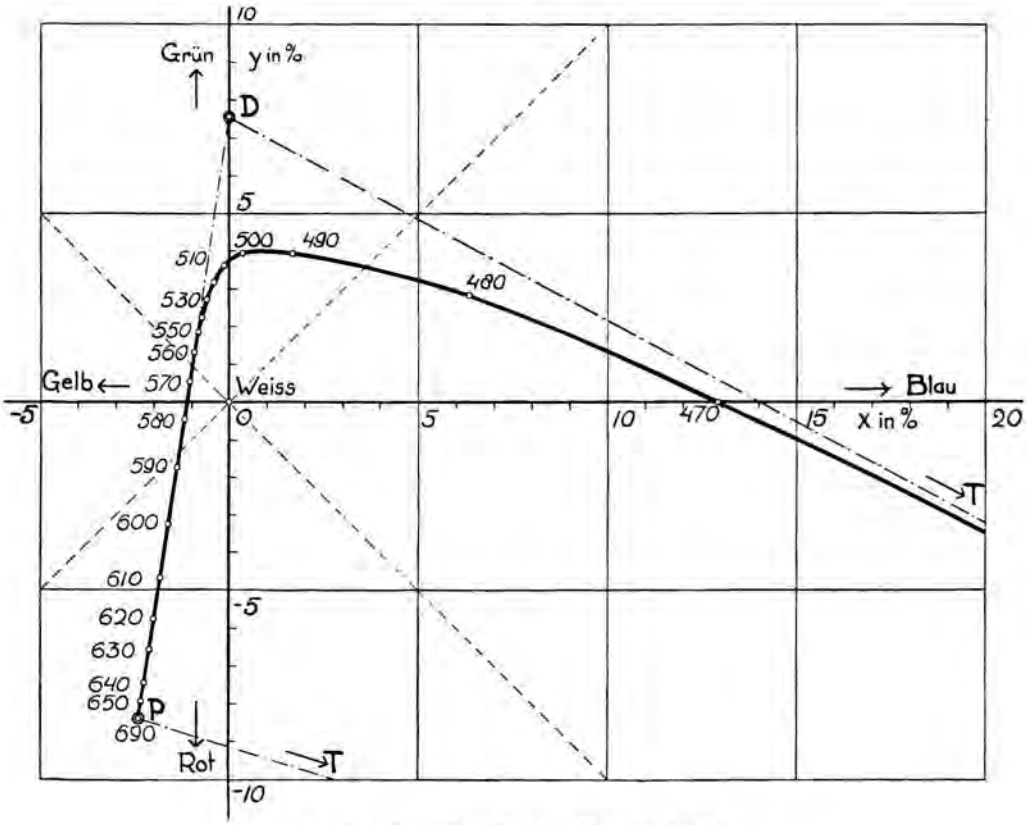



Fig. 3. Zentraler Teil des Farbenvierecks.

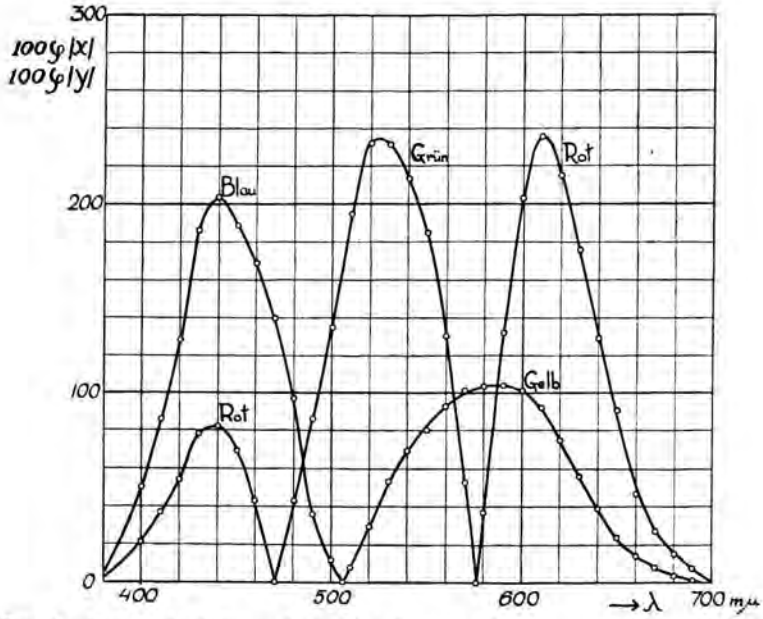



Fig. 4. Die Farbinhaltsempfindlichkeitskurven. Zusammen mit der Weissinhaltsempfindlichkeitskurve $\varphi w$, welche nicht in der Figur eingezeichnet ist, stellen sich diese zur totalen Augenempfindlichkeitskurve zusammen.

die Extrapolation der *O. S. A.* kurven) die JUDD'sche Annäherung an die Augenempfindlichkeitskurve von GIBSON und TYNDALL eingeführt.

Umgerechnet auf ABBOT's mittleres Sonnenlicht [1]) erhält man die Kurven $H\varphi x$ und $H\varphi y$ für denen die Formel (1) und (2) zutreffen müssen.

Die Übereinstimmung sieht man aus der Tabelle 2. Die Kurveninhalte sind in willkürlichen Einheiten eingetragen.

TABELLE 2. Farbinhaltsbeiträge.
a. Für das Spektrum gleicher Energie.
b. Für ABBOT's mittleres Sonnenlicht.

| | a | b |
|---|---|---|
| Rot | 327 | 301 |
| Grün | 284 | 300 |
| Gelb | 202 | 204 |
| Blau | 250 | 212 |

Als erstes und wichtiges Resultat der Annahme unserer 4 Grundfarben können wir also aussagen:

Der endgültige Farbeindruck wird direkt bestimmt durch die Helligkeitsbeiträge der Grundfarben.

## 2. *Sättigung der Spektralfarben.*

PRIEST und BRICKWEDDE [2]) massen den Anteil spektralen Lichtes — im Folgenden $q$ genannt — welcher nötig ist um, mit Weiss zu einer konstanten Gesammthelligkeit gemischt, einen eben merklichen Farbunterschied gegen Weiss zu geben.

Nehmen wir an, dass der Farbinhalt eines Lichtes einen Schwellenwert c erreichen muss um diesen Farbunterschied zu geben. Nennen wir den Farbinhalt des Spektrallichtes wieder $f$, so wird der Farbinhalt des Mischlichtes $qf$, so dass $q$ bestimmt wird durch

$$qf = c$$

also

$$q = \frac{c}{f} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

In der Figur 5 stellen die gestrichelten Kurven die experimentellen und stellt die ausgezogene die theoretischen Werte von $q$ für $c = 0.0005$ dar. Die

[1]) TROLAND, l.c.

[2]) I. G. PRIEST und F. G. BRICKWEDDE, J. O. S. A. **13**, S. 306, 1926. Vergl. auch S. HECHT, J. O. S. A. **21**, S. 615, 1931.

theoretische Kurve gibt Rechenschaft von dem Bestehen und von der Lage *eines* Maximums. Aus der Dreikomponentenlehre in ihrer einfachsten Form

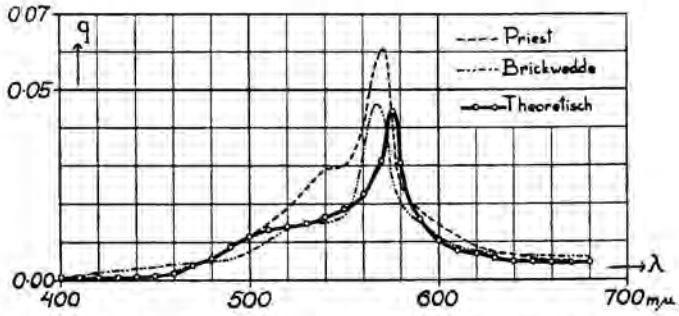



Fig. 5. Sättigung der Spektralfarben. Die Ordinaten $q$ sind als umgekehrtes Mass der Sättigung aufzufassen.

müsste man bekanntlich ein nach dem Grün verschobenes Maximum erwarten.

### 3. *Farbunterscheidungsvermögen.*

Da es sich hier um eine nur skizzenmässige Darstellung handelt, werde ich nur die experimentelle Kurve von LAURENS und HAMILTON [1]) reproduzieren und mich weiter mit dem Hinweis auf die Arbeiten von TYNDALL [2]), HAASE [3]), LADEKARL [4]), WRIGHT and PITT [5]) und JUDD [6]) begnügen.

Angenommen wird, dass der Farbunterschied zweier Spektralfarben sowohl durch die Aenderung von x als von y bestimmt wird, und dass dieser Unterschied bestimmt wird durch diese Aenderung *relativ* zum Farbinhalt f. Setzen wir symbolisch:

$$\Delta f = |\Delta x| + |\Delta y|$$

worin $|\Delta x|$ und $|\Delta y|$ die Absolutwerte der Aenderungen von $x$ und $y$ bedeuten, so muss in Folge der Annahme die Grösse $\frac{\Delta f}{f}$ einen Schwellenwert $k$ erreichen um eine eben merkliche Farbton- oder Sättigungsänderung zu geben. Also

$$\frac{\Delta f}{f} = k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Aus den bekannten Werten für $x$ und $y$ kann für jede Wellenlänge die

---

1) H. LAURENS und W. F. HAMILTON, Am. J. Physiol. **65**, S. 547, 1923.
2) E. P. T. TYNDALL, J. O. S. A., **23**, S. 15, 1933.
3) G. HAASE, Ann. d. Phys. **20**, S. 75, 1934.
4) P. M. LADEKARL, Diss. Kopenhagen, 1934.
5) W. D. WRIGHT and F. H. G. PITT, Proc. Phys. Soc. **46**, S. 459, 1934.
6) DEANE B. JUDD, J. O. S. A. **22**, S. 72, 1932 u. **25**, S. 24, 1934.

Grösse $\frac{\Delta f}{\Delta \lambda}$ pro Einheit der Wellenlänge (1 m $\mu$) berechnet werden. Die Gleichung (4) wird

$$\frac{1}{\Delta \lambda} = \left(\frac{\Delta f}{\Delta \lambda}\right) \frac{1}{k f} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

worin $\Delta \lambda$ die benötigte Aenderung der Wellenlänge, also die zu messene Grösse bedeutet.

In Figur 6 ist die gestrichelte Kurve die experimentelle, die gezogene die theoretische für $k = 0.050$. (Tabelle 1 Spalt 11). Während die experimentelle Kurve vier Maxima zeigt, finden sich in der theoretischen nur zwei. Diese fallen praktisch mit den beiden grossen Maxima der experimentellen Kurve zusammen. Nach Fertigstellung meiner Arbeit erschienen Untersuchungen von LADEKARL, welcher die beiden kleinen Maxima der bisherigen Untersucher nicht auffinden konnte und wichtige Gründe anführte

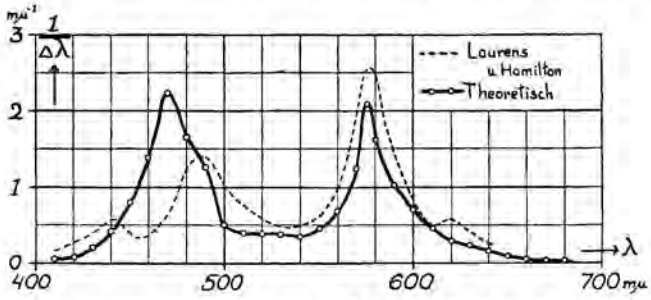



Fig. 6. Farbunterscheidungsvermögen. Als Ordinaten sind die umgekehrte Wellenlängendifferenzen aufgetragen.

welche diese Maxima auf den störenden Einfluss kleinster Helligkeitsunterschiede zurückführen lassen.

Die Formel (4), die eine Ausbreitung des WEBER-FECHNERschen Gesetzes auf das Gebiet des Farbinhalts bedeutet, kann nur als erste Annäherung aufgefasst werden, da sonst das Farbunterscheidungsvermögen unabhängig von einer Weissbeimischung sein müsste. Bemerkenswert ist aber ihr Zutreffen auf ein Experiment das WRIGHT und PITT [1]) kürzlich angestellt haben. Sie massen, da ihre Apparatur die Wiederholung der Experimente von PRIEST und BRICKWEDDE nicht gestattete, in Gegensatz zu diesen die Menge Weiss die zu einer Spektralfarbe gemischt werden soll (bei gleichbleibender Totalhelligkeit) um einen eben merklichen Farbunterschied zu bekommen, und fanden zu ihrer Verwunderung dass diese Menge fast unabhängig der Wellenlänge gleich 2,9 % war.

Denkt man sich nun einen Anteil $q$ Weiss zu einer Spektralfarbe gemischt, so hat das Mischlicht den Farbinhalt $(1-q)\, f$ also

$$\Delta f = q f$$

[1]) W. D. WRIGHT und F. H. G. PITT, Proc. Phys. Soc. **47**, S. 205, 1935.

die Gleichung (4) reduziert sich dann zu

$$q = k$$

womit die Erscheinung erklärt ist wenn $k = 0.029$.

Die Verbesserung der Formel (4) ist wahrscheinlich zu suchen in einer Zwischenform zwischen dieser und der von JUDD [1]) gegebenen empirischen Relation.

Darauf weist auch das zu scharfe theoretische Maximum bei $\lambda = 576$ hin.

## 5. *Farbenbenennung.*

Die vier Grundfarben sind vorläufig als rein rechnerische Grössen eingeführt worden, mit Absicht wurde dabei auf jede Stütze durch psychologische Befunde verzichtet.

Da sich aber bis jetzt keine Schwierigkeiten prinzipieller Art vorgetan haben, liegt die Frage nahe ob vielleicht diese formellen Grundfarben identisch sind mit den empfindungsanalytischen Urfarben. Dass dieses zutrifft, folgt sofort aus dem Anblick des Vierecks. Unser Rot ist als identisch mit dem Urrot anzusehen, während die Lage der drei Grundfarben im Spektrum ($\lambda = 576$, 506 und 470 $m\mu$) in guter Uebereinstimmung ist mit den Wellenlängen von Urgelb, Urgrün und Urblau [2]). Man kann aber mit einiger Mühe wie z.B. EXNER [3]) gezeigt hat, eine ähnliche Analogie zwischen der Dreikomponentenlehre und den vier Urfarben feststellen. Ich werde dagegen das „Prinzip der Realität der Grundempfindungen" noch schärfer aussprechen nämlich:

Die beiden Farbanteile behalten stets den Charakter einer letzten subjektiven Bestimmtheit. Das will sagen, dass jeder jederzeit die beiden Farbanteile als getrennt empfindet und als solche wahrnehmen kann. Dieses hat für das Aussehen des Spektrums die Konsequenz, dass es ausser den Urpunkten noch vier sehr bestimmte Punkte, die *„Zwischenpunkte"* gibt dadurch charakterisiert, dass die beiden Farbanteile einander gleich sind, also

$$|x| = |y| \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Dieses trifft zu für die Wellenlängen $\lambda = 587$, 564 und 485 $m\mu$ während der vierte Punkt nicht im normalen Spektrum anwesend ist. Bei $\lambda = 587$ $m\mu$ ist der Farbanteil von Rot gleich dem von Gelb; es muss also der Wahrnehmer in Zweifel sein ob diese Farbe als Rot oder als Gelb zu bezeichnen ist. Der kleine Abstand der theoretischen Zwischenpunkte Rot-Gelb und Gelb-Grün, nämlich 23 $m\mu$ erklärt das Bestehen eines sehr schmalen gelben Bandes im Spektrum. Zu einer näheren experimentellen

---

[1]) JUDD, l. c.

[2]) Siehe A. TSCHERMAK in BETHE's Handbuch der norm. und path. Physiologie, Bd. XII, 1.

[3]) F. EXNER, Sitz. Ber. Ak. Wien, **111**, Abt. II A, S. 857.

Prüfung standen mir zunächst die Messreihen von ORNSTEIN, EYMERS und VERMEULEN[1]) zur Verfügung, die statistisches Material über Farbenbenennung normaler Personen gesammelt haben. Bei einer nicht publizierten Messreihe, die sie die Freundlichkeit hatten, mir zur Veröffentlichung abzustehen, wurden 40 Personen verschiedene Wellenlängen (ein Lichtfleck auf ein Opalinglas nahe dem Austrittsspalt eines Monochromators) vorgeführt und ihnen die Wahl gelassen zwischen den Benennungen Rot, Gelb, Grün und Blau. Es stand zu erwarten dass bei den Zwischenpunkten der Wahrscheinlichkeit nach 50 % der Versuchspersonen den einen und 50 % den anderen Farbanteil zur Farbbezeichnung wählten und dass sich also in diesen Punkten die Kurven statischer Benennung schneiden. Dass ist in der Tat der Fall (Fig. 7a).

Ein zweites Experiment habe ich mit Herrn Cand. phil. J. TERPSTRA

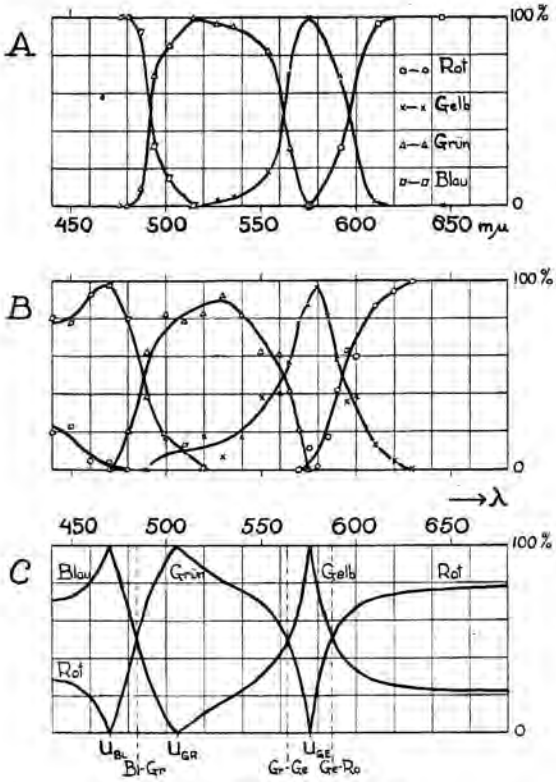



Fig. 7. Farbenbenennung.

A. Statistische Benennung, gemessen an 40 Personen.

B. Empfindungsanalytische Abschätzung, Mittelwerte aus 3 Messreihen.

C. Theoretische Verteilung.

ausgeführt. Die Versuchsperson hatte die Aufgabe bei jeder, ihr mit einer

[1]) L. S. ORNSTEIN, Frl. J. G. EYMERS und D. VERMEULEN, Proc. Kon. Ak. Amst. **37**, S. 385, 1934.

ähnlichen Apparatur, gezeigten Wellenlänge, das Verhältnis zwischen den beiden Komponenten (z.B. Rot und Gelb) in Zehntel abzuschätzen. Dieses Experiment verlief glatter als man erwarten könnte, es führte zu reproduzierbaren Resultaten. Die so erhaltenen Kurven sollen identisch verlaufen mit den Kurven der theoretischen prozentuellen Farbenverteilung.

Figur *7b* gibt die Mittelwerte aus 3 Wahrnehmungen, Fig. *7c* die theoretischen Kurven (Siehe Tabelle 1 Spalt 12 und 13) bestimmt durch

$$\xi = \frac{100\,x}{|x| + |y|} \quad \text{und} \quad \eta = \frac{100\,y}{|x| + |y|}.$$

Aus diesem Paragraphen dürfen wir den Schluss ziehen, dass das Prinzip der Realität der Grundempfindungen in weitgehendem Masze in Übereinstimmung ist mit den experimentellen Tatsachen. Die Bestimmung der Lage der 8 Fundamentalpunkte (von denen zwei normaler Weise nicht im Spektrum vorkommen nämlich das Urrot und das Rot-Blau) dürfte von wesentlicher Bedeutung für das Studium des Farbensinnes sein.

## 6. *Zusammenhang mit der Dreikomponentenlehre.*

Das Spektrum hat bekanntlich an den beiden Enden eine praktisch „einfarbige"[1]) Strecke, wo alle Wellenlängen einander der Farbe und Sättigung nach gleich erscheinen, darauf folgen zwei dichromatische Strecken, wo durch Mischung zweier Spektrallichter immer eine Mischfarbe entsteht die der Farbe und Sättigung nach einer zwischengelegenen Spektralfarbe gleich erscheint, und schliesslich hat man nur in der Mitte des Spektrums eine trichromatische Strecke, wo das nicht mehr möglich ist. Die einfarbigen Strecken werden im Farbendreieck, und natürlich auch im Farbenviereck durch zwei Punkte, die dichromatischen durch zwei gerade Linien dargestellt, während die trichromatische Strecke durch eine gekrümmte Linie dargestellt wird.

Nimmt man bei der Dreikomponentenlehre zwei der Grundfarben in den beiden Endpunkten, zwei der Seiten den dichromatischen Strecken entlang an, wodurch das Dreieck (dass ich weiter mit dem Namen *PDT* Dreieck, zur Unterscheidung von anderen möglichen Dreiecken, bezeichnen werde) bestimmt ist, so kann man dem im Anfang dieses Paragraphen beschriebenen Verhalten in einfacher Weise Rechenschaft tragen. Es bedeuten dann die drei Eckpunkte die drei unabhängigen Rezeptore. Wo nur ein Rezeptor empfindlich ist (nämlich an den beiden Spektrumenden) geben sämtliche Wellenlängen nur einen Bildpunkt, wo deren zwei empfindlich sind geben sämtliche Wellenlängen eine lineare Kombination von zwei Rezeptoren, werden also als eine Gerade abgebildet, und nur für die Strecke wofür alle drei Rezeptoren empfindlich sind werden die Bildpunkte

[1]) Leider ist das Wort „monochromatisch" kaum mehr in seinem ursprünglichen Sinne anzuwenden.

auf einer gekrümmten Linie liegen. Dies steht aber wie schon öfters betont worden ist durchaus nicht in Gegensprache zu einer Vier*farben*theorie.

Denken wir uns in der Netzhaut drei photoempfindliche Substanzen und denken wir uns diese den vier Grundempfindungen zugeordnet; so ist damit dem bestehenden Verhalten Rechenschaft getragen. Die drei Substanzen, die jede ihre spektrale Empfindlichkeitskurve haben, mögen einfachkeitshalber Protin, Deuterin und Tritin genannt werden. Es sei für das äusserste Rot nur das Protin empfindlich, so werden durch diese Wellenlängen nur diejenige Grundempfindungen erregt, denen Protin zugeordnet ist. Aus dem Viereck erblicken wir, dass das die Empfindungen Weiss Gelb Rot in Verhältnis 89.2 : 2.4 : 8.4 sind. Weiss haben wir uns ursprünglich gedacht als Mischung von entweder Rot und Grün oder Gelb und Blau. Da eine Entscheidung zwischen den beiden Möglichkeiten noch nicht möglich ist, wollen wir eine vorläufige hypothetische Weissempfindung annehmen. In gleicher Weise ist Deuterin den Empfindungen Weiss und Grün im Verhältnis 92.4 : 7.6 zugeordnet und Tritin den Empfindungen Rot und Blau im Verhältnis 30 : 70. Figur 8 stellt dieses schematisch dar.

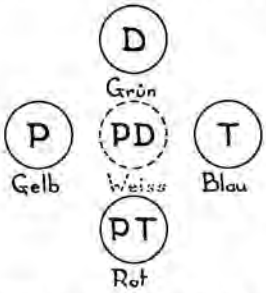



Fig. 8. Schematische Darstellung von der Weise worauf die drei Photosubstanzen Protin, Deuterin und Tritin, den vier Grundempfindungen Rot, Grün, Gelb und Blau zugeordnet sind.

Beschäftigt man sich lediglich mit Farbengleichungen, so kommt man mit der Dreikomponentenlehre und also mit dem Farbendreieck aus. Nimmt man das *PDT* Dreieck (z.B. die *O. S. A.* Kurven) so hat man überdies den Vorteil dreier unabhängigen Empfindlichkeitskurven.

Will man darüber hinaus Konsequenzen ziehen über Farbanteil, Sättigung, Farbunterscheidungsvermögen u.s.w. so muss man unbedingt zum Farbenviereck übergehen, das heisst bedenken, dass die drei Eckpunkte des *PDT* Dreiecks nicht den Grundempfindungen entsprechen, sondern den „Elementarempfindungen" Weiss-Gelb-Rot, Weiss-Grün und Rot-Blau, jede in dem oben abgeleiteten Verhältnis.

Dass bei der Dreikomponentenlehre immer die Bestimmung des kurzwelligen Eckpunktes die grössten Schwierigkeiten machte, ist dadurch zu erklären dass nur diese „Elementarempfindung" der Farbe nach wesentlich von einer Grundempfindung verschieden ist, während das Rot fast mit dem Urrot, das Grün sogar vollkommen mit dem Urgrün identisch ist.

## *Zusammenfassung.*

1. Die vorliegende Theorie, die eine quantitative Fassung einer Vierfarbentheorie ist, gestattet, ausgehend von den trichromatischen Farbengleichungen, durch einfache Annahmen ein grosses Gebiet des Farbensehens in logischen Zusammenhang und quantitatives Verband zu bringen.

2. Für den Farbeindruck sind nur die Helligkeitsbeträge der Grundempfindungen massgebend, es brauchen also nicht den Grundempfindungen, wie in der Dreikomponentenlehre notwendig ist, verschiedene Gewichte beigelegt zu werden.

3. Die für die Sättigung und für das Farbunterscheidungsvermögen spektraler Lichter abgeleitenen Kurven entsprechen der experimentellen innerhalb der gewünschten Grenzen.

4. Es stellt sich heraus dass die zuerst formell abgeleiteten Grundempfindungen, den psychologischen Urfarben weitgehend entsprechen. Es sind bei der Farbenempfindung 8 Fundamentalpunkte zu unterscheiden nämlich 4 Urpunkte und 4 Zwischenpunkte.

5. Die so abgeleiteten Verhältnisse lassen sich in einfacher Weise in der Form einer Zonentheorie deuten. Das Verhältnis zur Dreikomponentenlehre kann man so ausdrücken dass letztere gültig bleibt in so weit es sich um Farbengleichungen handelt. Die KÖNIG DIETERICI'sche Elementarempfindungen entsprechen den Grundempfindungen Weiss-Gelb-Rot, Weiss-Grün und Rot-Blau.

**Physics.** — H. BULTHUIS: *The spectrum of* $CO^+$. (Communicated by Prof. D. COSTER).

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

The three known band systems of $CO^+$ are represented in fig. 1. Recently the rotational structure of the three systems has been studied again [1]). Here some results about the comet-tail bands will be summarized [2]). I have analysed the rotational structure of a great number of bands of this system. In table 1 the complete analysis of band (9,0) is given and in the tables 2—7 that of the most intense branches of the bands (10,0), (11,1), (12,1), (13,1), (13,2) and (14,2). For the $A\,^2\Pi_{1/2} \rightarrow X\,^2\Sigma$ transitions the branches $P_{11}\,Q_{12}$ and $Q_{11}\,R_{12}$ are the most intense, for the $A\,^2\Pi_{3/2} \rightarrow X\,^2\Sigma$ transitions the branches $P_{21}\,Q_{22}$ and $Q_{21}\,R_{22}$. (For the significance of the symbols see fig. 2). This greater intensity in the

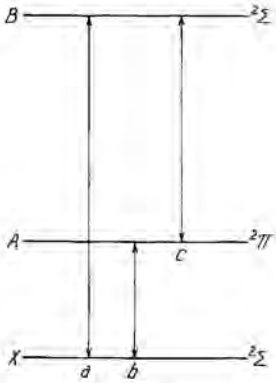



Fig. 1.
The three electronic states of $CO^+$ and the possible transitions between them.
*a*. First negative group.
*b*. Comet-tail bands.
*c*. Combination bands.

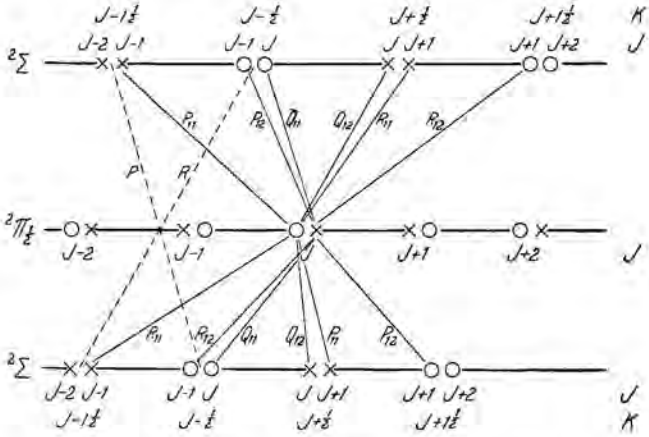



Fig. 2.
Possible transitions in the $CO^+$ molecule. Only the $^2\Pi_{1/2}$-level has been drawn, the scheme with the $^2\Pi_{3/2}$-level is almost the same.

first place is due to the small spin-splitting of the $X\,^2\Sigma$-level, in the second place to the fact that in HUND's case a (i. e. for low $J$-values)

[1]) R. F. SCHMID, Phys. Rev. **42**, 182, 1932; D. COSTER, H. H. BRONS and H. BULTHUIS, Zs. f. Phys. **79**, 787, 1932; H. BISKAMP, Zs. f. Phys. **86**, 33. 1933; R. SCHMID and L. GERÖ, Zs. f. Phys. **86**, 297, 1933; H. BULTHUIS, Physica **1**, 873, 1934.

[2]) See also: H. BULTHUIS, dissertation Groningen 1935.

TABLE 1 *). Frequencies of the (9.0)-band: $A\,^2\Pi_{1/2} \rightarrow X\,^2\Sigma$.

| $J$ | $P_{12}$-branch | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $R_{11}$-branch |
|---|---|---|---|---|
| $^1/_2$ | 29263.99 | 29271.75 | | |
| $1^1/_2$ | 56.60 | 68.45 | | |
| $2^1/_2$ | 48.38* | 63.99 | | |
| $3^1/_2$ | 39.03 | 58.61 | 29274.21d | |
| $4^1/_2$ | 28.65* | 52.24 | 71.94 | |
| $5^1/_2$ | 17.66d | 44.84 | 68.63 | |
| $6^1/_2$ | 05.41* | 36.50 | 64.43* | |
| $7^1/_2$ | 29192.12 | 27.23 | 59.06 | |
| $8^1/_2$ | 78.11 | 16.96 | 52.70 | |
| $9^1/_2$ | 62.80* | 05.78* | 45.42 | |
| $10^1/_2$ | 46.79 | 29193.53 | 37.15 | |
| $11^1/_2$ | 29.72 | 80.33 | 27.87 | 29264.43* |
| $12^1/_2$ | 11.67* | 66.24 | 17.66d | 57.22 |
| $13^1/_2$ | 29092.62d | 51.07*d | 06.49 | 48.93 |
| $14^1/_2$ | 72.57 | 34.89* | 29194.32 | 39.56 |
| $15^1/_2$ | 51.66 | 17.93* | 81.12 | |
| $16^1/_2$ | | 29099.70 | 67.01 | |
| $17^1/_2$ | | 80.78 | 51.93*d | |
| $18^1/_2$ | | 60.73 | 35.66*d | |
| $19^1/_2$ | | 39.67d | 18.49* | |
| $20^1/_2$ | | 17.47*d | 00.59 | |
| $21^1/_2$ | | 28994.73 | 29081.52 | |
| $22^1/_2$ | | | 61.42 | |
| $23^1/_2$ | | | 40.35d | |
| $24^1/_2$ | | | 18.25 | |
| $25^1/_2$ | | | 28995.18 | |
| $26^1/_2$ | | | 71.18 | |

*) d = diffuse and * = coincident with another line; h = head. For the double branches the J-value refers to the Q-branch.

TABLE 1 (continued). Frequencies of the (9.0)-band; $A\,^2\Pi_{3/2} \rightarrow X\,^2\Sigma$.

| $J$ | $P_{22}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch | $R_{21}$-branch |
|---|---|---|---|---|
| $^1/_2$ | | | | |
| $1^1/_2$ | | 29145.00 | | 29160.01 |
| $2^1/_2$ | | 40.40 | 29151.93*d | 62.37 |
| $3^1/_2$ | | 34.89* | 50.42 | 63.53h |
| $4^1/_2$ | | 28.09 | 47.76 | 63.53h |
| $5^1/_2$ | | 20.38 | 43.97 | 62.80 |
| $6^1/_2$ | 29104.62 | 11.67 | 39.17 | 60.83 |
| $7^1/_2$ | 29092.62d | 01.87 | 33.31 | 57.85 |
| $8^1/_2$ | 80.22 | 29091.03 | 26.44 | 53.82 |
| $9^1/_2$ | 66.28* | 79.17 | 18.49* | 48.76 |
| $10^1/_2$ | 51.66 | 66.28 | 09.47 | 42.70 |
| $11^1/_2$ | 35.94 | 52.28 | 29099.50 | 35.66*d |
| $12^1/_2$ | 19.09 | 37.33 | 88.38 | 27.30 |
| $13^1/_2$ | 01.22 | 21.22 | 76.28 | 17.93* |
| $14^1/_2$ | 28982.72d | 04.15 | 63.14 | 07.84 |
| $15^1/_2$ | 62.46* | 28986.08 | 48.95 | 29096.49 |
| $16^1/_2$ | 41.48 | 66.96d | 33.68 | 84.45*d |
| $17^1/_2$ | | 46.78 | 17.47*d | 70.76 |
| $18^1/_2$ | | 25.52 | 00.08* | 56.30 |
| $19^1/_2$ | | 03.37 | 28981.74 | 40.73 |
| $20^1/_2$ | | 28879.63* | 62.46 | 34.30 |
| $21^1/_2$ | | 55.76 | 42.04 | 06.70 |
| $22^1/_2$ | | 30.52d | 20.54 | 28988.12 |
| $23^1/_2$ | | 03.98 | 28898.15 | 68.51 |
| $24^1/_2$ | | 28776.56d | 74.64 | 47.79d |
| $25^1/_2$ | | 48.13 | 50.07 | 26.25d |
| $26^1/_2$ | | | 24.47 | 03.37* |
| $27^1/_2$ | | | 28797.84 | 28879.63* |
| $28^1/_2$ | | | 70.21 | 54.89 |
| $29^1/_2$ | | | | 29.05 |
| $30^1/_2$ | | | | 02.09d |
| $31^1/_2$ | | | | 28774.24 |

TABLE 2. Frequencies of the (10.0)-band.

| $J$ | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch |
| $^1/_2$ | | | | |
| $1^1/_2$ | | | 30518.92d | |
| $2^1/_2$ | 30638.22 | | 14.53d | 30526.52 |
| $3^1/_2$ | 32.94 | 30648.63d | 09.07 | 24.76 |
| $4^1/_2$ | 26.45 | 46.24d | 02.18 | 21.87* |
| $5^1/_2$ | 18.83 | 42.69 | 30494.37 | 17.84 |
| $6^1/_2$ | 10.25 | 37.98 | 85.20* | 12.78 |
| $7^1/_2$ | 00.67 | 32.28 | 75.20 | 06.73 |
| $8^1/_2$ | 30590.00 | 25.62 | 64.08 | 30499.45 |
| $9^1/_2$ | 78.42 | 18.05 | 51.83 | 91.11 |
| $10^1/_2$ | 65.70d | 09.28 | 38.49 | 81.73 |
| $11^1/_2$ | 52.13 | 30599.61 | 24.11 | 71.27 |
| $12^1/_2$ | 37.51 | 88.76 | 08.65 | 59.73 |
| $13^1/_2$ | 21.87* | 77.07 | 30392.11 | 47.10* |
| $14^1/_2$ | 05.19 | 64.32 | 74.53 | 33.48 |
| $15^1/_2$ | 30487.45 | 50.62 | 55.89 | 18.63 |
| $16^1/_2$ | 68.69 | 35.50 | 36.02 | 02.81 |
| $17^1/_2$ | 49.02 | 19.81d | 15.12 | 30385.87 |
| $18^1/_2$ | 28.18 | 02.95 | | 67.70* |
| $19^1/_2$ | 06.45 | 30485.20 | | 48.78 |
| $20^1/_2$ | 30383.55 | 66.30 | | 28.67 |
| $21^1/_2$ | 59.72 | 47.10* | | 07.34 |
| $22^1/_2$ | 34.91 | 25.33 | | |

TABLE 3. Frequencies of the (11.1)-band.

| $J$ | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch |
| $^1/_2$ | | | | |
| $1^1/_2$ | 29807.04 | | | 29691.60 |
| $2^1/_2$ | 02.67 | 29814.41 | 29679.07 | 90.79 |

TABLE 3. Frequencies of the (11.1)-band.

| $J$ | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch |
| $3^1/_2$ | 29797.15 | 12.86 | 73.42 | 88.97 |
| $4^1/_2$ | 90.60 | 10 19 | 66.44 | 86.09 |
| $5^1/_2$ | 83.06 | 06.51 | 58.70d | 82.05 |
| $6^1/_2$ | 74.49 | 01.89 | 49.70 | 76.94 |
| $7^1/_2$ | 64.88 | 29796.22 | 39.66 | 70.64 |
| $8^1/_2$ | 54.33 | 89.52 | 28.63d | 63.54 |
| $9^1/_2$ | 42.66 | 81.85 | 16.31 | 55.24 |
| $10^1/_2$ | 30.04 | 73.04 | 03.00 | 45.86 |
| $11^1/_2$ | 16.45 | 63.31 | 29588.62* | 35.37 |
| $12^1/_2$ | 01.80d | 52.52 | 73.19d | 23.88 |
| $13^1/_2$ | 29686.09 | 40.74 | 56.60d | 11.16 |
| $14^1/_2$ | | 27.93 | 39.08 | 29597.39 |
| $15^1/_2$ | 51.71 | 14.12 | 20.33 | 82.63 |
| $16^1/_2$ | 32.95 | 29699.23 | 00.57 | 66.70* |
| $17^1/_2$ | 13.20 | 83.45d | 29479.75 | 49.75 |
| $18^1/_2$ | 29592.39 | 66.44 | 57.84 | 31.77 |
| $19^1/_2$ | 70.56d | 48.49 | 34.87 | 12.65 |
| $20^1/_2$ | 47.68 | 29.54 | 10.87* | 29492.43 |
| $21^1/_2$ | 23.84 | 09.59 | 29385.74 | 71.19 |
| $22^1/_2$ | 29499.00 | 29588.62* | | 48.86 |
| $23^1/_2$ | 73.03 | 66.70* | | 25.53 |
| $24^1/_2$ | 46.12 | 43.31 | | 00.90 |
| $25^1/_2$ | 18.12 | 19.28 | | |
| $26^1/_2$ | | 29494.03 | | |
| $27^1/_2$ | | 67.98 | | |
| $28^1/_2$ | | 40.67 | | |

TABLE 4. Frequencies of the (12.1)-band.

| $J$ | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch |
| $^1/_2$ | | | | |
| $1^1/_2$ | 31128.47 | | 31005.40 | |
| $2^1/_2$ | 23.98 | | 00.88 | 31012.43 |

TABLE 4. Frequencies of the (12.1)-band.

| J | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch |
| $3^1/_2$ | 18.33 | 31134.04 | 30994.79 | 10.19 |
| $4^1/_2$ | 11.50* | 31.09 | 87.82 | 07.23 |
| $5^1/_2$ | 03.88 | 27.24* | 79.51 | 02.95 |
| $6^1/_2$ | 31095.04 | 22.68 | 70.42 | 30997.74 |
| $7^1/_2$ | 85.21 | 16.56 | 60.15 | 91.23 |
| $8^1/_2$ | 74.22 | 09.39 | 48.71* | 83.69 |
| $9^1/_2$ | 62.29 | 01.39 | 36.12 | 74.95 |
| $10^1/_2$ | 49.26 | 31092.18 | 22.39d | 65.27 |
| $11^1/_2$ | 35.22 | 82.04 | 07.59 | 54.27 |
| $12^1/_2$ | 19.91 | 70.72 | 30891.64 | 42.33* |
| $13^1/_2$ | 03.84 | 58.45 | 74.67 | 29.07 |
| $14^1/_2$ | 30986.50 | 45.06 | 56.48 | 14.86 |
| $15^1/_2$ | 68.21 | 30.64 | 37.23 | 30899.50 |
| $16^1/_2$ | 48.71* | 15.09 | 16.74 | 83.01 |
| $17^1/_2$ | 28.29 | 30998.44 | 30795.38 | 65.37 |
| $18^1/_2$ | 06.63 | 80.88 | 72.81 | 46.68 |
| $19^1/_2$ | 30884.25 | 62.18 | 49.01 | 26.77 |
| $20^1/_2$ | 60.65* | 42.33* | 24.13 | 05.90 |
| $21^1/_2$ | 35.92 | 21.04 | | 30783.66* |
| $22^1/_2$ | 10.17 | 30899.50 | | 60.76 |
| $23^1/_2$ | 30783.66* | | | 36.59 |
| $24^1/_2$ | 55.34 | | | |
| $25^1/_2$ | 26.29 | | | |

TABLE 5. Frequencies of the (13.1)-band.

| $J$ | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch |
| $^1/_2$ | | | | |
| $1^1/_2$ | 32420.19 | | | 32308.57 |
| $2^1/_2$ | 15.57 | 32428.03 | 32295.98 | 07.63 |

TABLE 5. Frequencies of the (13.1)-band.

| $J$ | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch |
| 3½ | 09.92 | 26.35 | 89.83 | 05.63 |
| 4½ | 02.92 | 23.42 | 82.76 | 02.15 |
| 5½ | 32394.98 | 19.40 | 74.41 | 32297.89 |
| 6½ | 86.05 | 14.42 | 64.99 | 92.35 |
| 7½ | 75.97 | 08.27 | 54.31 | 85.62*d |
| 8½ | 64.77 | 00.99 | 42.63 | 77.42 |
| 9½ | 52.56 | 32392.65 | 28.85* | 68.48 |
| 10½ | 39.16 | 83.26 | 15.13* | 58.13 |
| 11½ | 24.54* | 72.67 | 00.14 | 46.87 |
| 12½ | 09.34 | 60.91 | 32183.66 | 34.28 |
| 13½ | 32292.77 | 48.24 | 66.10 | 20.47 |
| 14½ | 74.97 | 34.35 | 47.43 | 05.77 |
| 15½ | 56.07 | 19.32 | 27.63 | 32189.76 |
| 16½ | 36.06 | 03.24 | 06.50 | 72.55 |
| 17½ | 15.13* | 32285.62*d | | 54.32 |
| 18½ | 32192.91 | 67.55* | | 34.87 |
| 19½ | 69.58 | 48.07 | | 14.26 |
| 20½ | 45.06 | 27.41 | | 32092.52 |
| 21½ | 19.67 | 05.77* | | |
| 22½ | 32093.01 | 32182.88 | | |
| 23½ | | 59.11 | | |
| 24½ | | 34.12 | | |
| 25½ | | 07.95 | | |

TABLE 6. Frequencies of the (13.2)-band.

| $J$ | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$ branch |
| ½ | | | | |
| 1½ | 30267.02 | | | 30154.85 |
| 2½ | 62.27 | 30274.42 | 30142.50 | 54.02 |

TABLE 6. Frequencies of the (13.2)-band.

| $J$ | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch |
| $3^1/_2$ | 56.72 | 73.04 | 36.75 | 52.12 |
| $4^1/_2$ | 49.83 | 70.25d | 29.83 | 48.86 |
| $5^1/_2$ | 42.16 | 66.61 | 21.56 | 44.72 |
| $6^1/_2$ | 33.49 | 61.71 | 12.37 | 39.28 |
| $7^1/_2$ | 23.76 | 55.77 | 01.99 | 32.88 |
| $8^1/_2$ | 12.93d | 48.80 | 30090.64 | 25.28 |
| $9^1/_2$ | 01.04 | 40.77 | 78.10 | 16.59 |
| $10^1/_2$ | 30188.12 | 31.80 | 64.48 | 06.66 |
| $11^1/_2$ | 74.15 | 21.45 | 49.56 | 30095.81 |
| $12^1/_2$ | 59.14 | 10.39 | 33.67 | 83.75 |
| $13^1/_2$ | 43.09 | 30198.13 | 16.57 | 70.66 |
| $14^1/_2$ | 25.91 | 84.98d | 29998.44 | 56.24 |
| $15^1/_2$ | 07.75 | 70.28 | 79.26d | 40.88 |
| $16^1/_2$ | 30088.42 | 54.85* | 58.79 | 24.13* |
| $17^1/_2$ | 68.05 | 38.08 | 37.30 | 06.71 |
| $18^1/_2$ | 46.62 | 20.57 | 14.72d | 29987.81 |
| $19^1/_2$ | 24.13* | 01.99* | 29890.95 | 67.96d |
| $20^1/_2$ | 00.44 | 30081.98 | 66.20* | 46.92 |
| $21^1/_2$ | 29975.78 | 61.17 | 40.21 | 24.83 |
| $22^1/_2$ | 50.03 | 39.17 | | 01.59 |
| $23^1/_2$ | 23.22 | 16.06 | | 29877.23 |
| $24^1/_2$ | 29895.28 | 29991.85 | | 51.79 |
| $25^1/_2$ | 66.20* | 66.74 | | |
| $26^1/_2$ | 36.26d | 40.52 | | |
| $27^1/_2$ | | 13.28 | | |
| $28^1/_2$ | | 29884.70 | | |
| $29^1/_2$ | | 55.36 | | |

TABLE 7. Frequencies of the (14.2)-band.

| $J$ | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch |
| $^1/_2$ | | | | |
| $1^1/_2$ | 31537.66d | 31546.02 | | |
| $2^1/_2$ | 33.06d | 45.05 | | |

TABLE 7. Frequencies of the (14.2)-band.

| $J$ | $A^2\Pi_{1/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | | $A^2\Pi_{3/2} \rightarrow X^2\Sigma$ | |
|---|---|---|---|---|
| | $P_{11}$ $Q_{12}$-branch | $Q_{11}$ $R_{12}$-branch | $P_{21}$ $Q_{22}$-branch | $Q_{21}$ $R_{22}$-branch |
| 3½ | 27.54 | 43.06 | 31405.23d | 31420.81 |
| 4½ | 20.62 | 40.06 | 31397.93d | 17.45 |
| 5½ | 12.71 | 35.92 | 89.98 | 13.04 |
| 6½ | 03.65d | 30.66 | 80.44 | 07.35 |
| 7½ | 31493.47 | 24.45 | 69.80 | 00.67* |
| 8½ | 82.30 | 17.07 | 58.10 | 31392.63 |
| 9½ | 69.84 | 08.48 | 45.07 | 83.64 |
| 10½ | 56.40 | 31498.91 | 31.09* | 73.36 |
| 11½ | 41.86 | 88.28 | 15.68 | 61.97 |
| 12½ | 26.09 | 76.39 | 31299.40 | 49.40 |
| 13½ | 09.27 | 63.46 | 81.85 | 35.73 |
| 14½ | 31391.55 | 49.44 | 63.15 | 20.93 |
| 15½ | 72.48 | 34.33 | 43.39 | 04.87 |
| 16½ | 52.42 | 18.22 | 22.18 | 31287.74 |
| 17½ | 31.09* | 00.67* | 00.02 | 69.52 |
| 18½ | 08.99 | 31382.30 | 31176.78 | 49.94 |
| 19½ | 31285.56 | 62.66 | | 29.24 |
| 20½ | 61.18 | 42.04 | | 07.46 |
| 21½ | 35.58 | | | 31184.46 |
| 22½ | 08.78 | | | 60.30 |
| 23½ | 31180.94 | | | |

the $Q$-branches of $^2\Pi \rightarrow {}^2\Sigma$ transitions are always stronger than the $P$- and $R$-branches [1]).

In the bands (13,1) and (13,2) a perturbation was found, the behaviour of which is in excellent agreement with ITTMANN's theory [2]). The branches $R_{12}\,Q_{11}$ and $Q_{12}\,P_{11}$ are perturbed. Since these branches in both bands have the same initial level, viz. the vibraticnal level $v = 13$ of the $A\,^2\Pi_{1/2}$-state, this must be the one perturbed. Fortunately the levels $v = 12$ and $v = 14$ were known. Consequently the unperturbed branches of the $A\,^2\Pi_{1/2} \rightarrow X\,^2\Sigma$ transitions for $v = 13$ could be computed with

[1]) E. L. HILL and J. H. VAN VLECK, Phys. Rev. **32**, 266, 1928.

[2]) G. P. ITTMANN, Zs. f. Phys. **71**, 616, 1931.

TABLE 8. Perturbation in (13.1) and (13.2); $A\,^2\Pi_{1/2} \rightarrow {}^2\Sigma$.

| $J$ | $R_{12}\,Q_{11}$-branch of (13.1) | | | $R_{12}\,Q_{11}$-branch of (13.2) | | | $\Delta$ Average |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Comp. | Exp. | $\Delta$ | Comp. | Exp. | $\Delta$ | |
| $3^1/_2$ | 32428.66 | 32426.35 | −2.21 | 30275.10 | 30273.04 | −2.06 | −2.13 |
| $4^1/_2$ | 25.36 | 23.42 | −1.94 | 72.07 | 70.25 | −1.82 | −1.88 |
| $5^1/_2$ | 21.45 | 19.40 | −2.05 | 68.28 | 66.61 | −1.67 | −1.86 |
| $6^1/_2$ | 16.30 | 14.42 | −1.88 | 63.23 | 61.71 | −1.52 | −1.70 |
| $7^1/_2$ | 10.07 | 08.27 | −1.80 | 57.33 | 55.77 | −1.56 | −1.68 |
| $8^1/_2$ | 02.48 | 00.99 | −1.49 | 50.24 | 48 80 | −1.44 | −1.47 |
| $9^1/_2$ | 32394.03 | 32392.65 | −1.38 | 42.14 | 40.77 | −1.37 | −1.37 |
| $10^1/_2$ | 84.30 | 83.26 | −1.04 | 32.83 | 31.80 | −1.03 | −1.03 |
| $11^1/_2$ | 73.73 | 72.67 | −1.06 | 22.67 | 21.45 | −1.22 | −1.14 |
| $12^1/_2$ | 61.90 | 60.91 | −0.99 | 11.37 | 10.39 | −0.98 | −0.98 |
| $13^1/_2$ | 48.89 | 48.24 | −0.65 | 30199.08 | 30198.13 | −0.85 | −0.75 |
| $14^1/_2$ | 35.05 | 34.35 | −0.70 | 85.52 | 84.98 | −0.54 | −0.62 |
| $15^1/_2$ | 19.95 | 19.32 | −0.63 | 71.07 | 70.28 | −0.79 | −0.71 |
| $16^1/_2$ | 03.71 | 03.24 | −0.47 | 55.29 | 54.85 | −0.44 | −0.47 |
| $17^1/_2$ | 32286.45 | 32285.62 | −0.83 | 38.84 | 38.08 | −0.76 | −0.80 |
| $18^1/_2$ | 68.02 | 67.55 | −0.47 | 20.96 | 20.57 | −0.39 | −0.43 |
| $19^1/_2$ | 48.53 | 48.07 | −0.46 | 02.23 | 01.99 | −0.24 | −0.40 |
| $20^1/_2$ | 27.95 | 27.41 | −0.54 | 30082.35 | 30081.98 | −0.37 | −0.45 |
| $21^1/_2$ | | | | 61.58 | 61.17 | −0.41 | −0.41 |
| $22^1/_2$ | | | | 39.8 | 39.17 | −0.4 | −0.4 |

TABLE 8 (continued). Perturbation in (13.1) and (13.2); $A\,^2\Pi_{1/2} \rightarrow {}^2\Sigma$.

| $J$ | $Q_{12}\,P_{11}$-branch of (13.1) | | | $Q_{12}\,P_{11}$-branch of (13.2) | | | $\Delta$ Average |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Comp. | Exp. | $\Delta$ | Comp. | Exp. | $\Delta$ | |
| $3^1/_2$ | 32412.81 | 32409.92 | −2.89 | 30259.73 | 30256.72 | −3.01 | −2.95 |
| $4^1/_2$ | 05.97 | 02.93 | −3.05 | 53.04 | 49.83 | −3.21 | −3.13 |
| $5^1/_2$ | 32397.97 | 32394.98 | −2.99 | 45.12 | 42.16 | −2.96 | −2.97 |
| $6^1/_2$ | 88.94 | 86.05 | −2.89 | 36.32 | 33.49 | −2.83 | −2.86 |
| $7^1/_2$ | 78.76 | 75.97* | −2.79 | 26.44 | 23.76 | −2.68 | −2.68 |
| $8^1/_2$ | 67.59 | 64.77* | −2.82 | 15.60 | 12.93 | −2.67 | −2.67 |
| $9^1/_2$ | 54.40 | 52.56* | −1.84 | 03.56 | 01.04 | −2.61 | −2.61 |
| $10^1/_2$ | 41.30 | 39.16* | −2.04 | 30190.65 | 30188.12 | −2.53 | −2.53 |
| $11^1/_2$ | 27.00 | 24.54* | −2.46 | 76.42 | 74.15 | −2.27 | −2.27 |
| $12^1/_2$ | 11.28 | 09.34 | −1.94 | 61.29 | 59.14 | −2.15 | −2.04 |
| $13^1/_2$ | 32294.52 | 32292.77 | −1.75 | 44.99 | 43.09 | −1.90 | −1.82 |
| $14^1/_2$ | 76.71 | 74.97 | −1.74 | 27.72 | 25.91 | −1.81 | −1.77 |
| $15^1/_2$ | 57.82 | 56.07 | −1.75 | 09.45 | 07.75 | −1.70 | −1.72 |
| $16^1/_2$ | 37.66 | 36.06 | −1.60 | 30089.95 | 30088.42 | −1.53 | −1.57 |
| $17^1/_2$ | | | | 69.43 | 68.05 | −1.38 | −1.38 |
| $18^1/_2$ | | | | 47.87 | 46.62 | −1.25 | −1.25 |
| $19^1/_2$ | | | | 25.22 | 24.13 | −1.09 | −1.09 |
| $20^1/_2$ | | | | 01.63 | 00.44 | −1.19 | −1.19 |
| $21^1/_2$ | | | | 29976.96 | 29975.78 | −1.18 | −1.18 |

*) These lines were inaccurately measured.

great accuracy by adding the mean values of the $A\,^2\Pi_{1/2} - A\,^2\Pi_{3/2}$ differences of these two known levels to the measured branches of the $A\,^2\Pi_{3/2} \rightarrow X\,^2\Sigma$ ($v = 13$) transitions. The differences between the measured and calculated lines are the energy shifts due to the perturbation (see table 8). In the last column of table 8 the mean values of the energy shifts for both bands are given, while in figure 3 they are represented

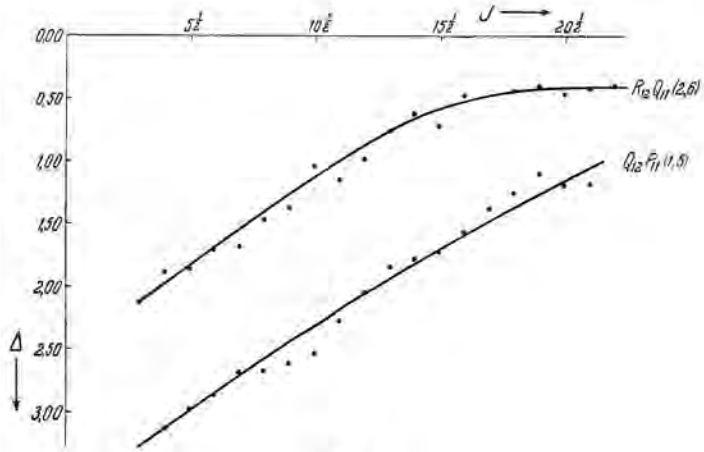



Fig. 3.

Perturbations in the two $\Lambda$-doubling components of the level $A\,^2\Pi_{1/2}$ ($v = 13$).

as a function of $J$. The amount of the shifts is small, but we can understand this because all matrix-elements (ITTMANN, l. c.) determining their magnitude are small for small $J$-values.

Further it appears that perturbations occur for a great many $J$-values. This is also the case with the perturbations in the (8,0) band (D. COSTER, H. H. BRONS and H. BULTHUIS, l. c.), in which we found a very large number of "extra-lines". This arises from the small difference of the $B$-values of the perturbing levels, causing the levels of the two perturbing states to stay close together for a great number of $J$-values. In the present case ($v = 13$) the overcrossing of the perturbing levels occurs at very low $J$-values, and so the number of $J$-values for which the perturbation is still perceptible is very large, because in the case of small $J$-values the two perturbing energy curves are more parallel than in the case of high $J$-values, the energy differences for the same $\triangle J$ increasing with $J$.

We shall now try to say something about the unknown perturbing level. The form of the perturbation-figure (fig. 3) shows that all perturbing energies are negative. Hence we may conclude that the unknown perturbing level lies entirely above the perturbed $A\,^2\Pi_{1/2}$-level. Using the band head-formula of BISKAMP (l. c.), we find that the perturbing level

is the vibrational level $v = 18$ of the electronic state $X\,^2\Sigma$. In fig. 3 we see that for $J = 0$ the ratio of the perturbations in the two $\Lambda$-doubling components is 2.5 : 3.6. From this ratio we may calculate the energies of two perturbing $^2\Pi \longleftrightarrow {}^2\Sigma$ levels with the help of the formulae given by ITTMANN:

$$\left.\begin{matrix} W''_6 \\ W''_2 \end{matrix}\right\} = \frac{W'_6 + W'_2}{2} \mp \sqrt{\frac{W'_6 - W'_2}{2} + b^2}$$

$$\approx \frac{W'_6 + W'_2}{2} \mp \left\{ \frac{W'_6 - W'_2}{2} + \frac{b^2}{W'_6 - W'_2} \right\}$$

with similar expressions for the indices 5 and 1 instead of 6 and 2. 5 and 6 belong to the $A\,^2\Pi$-levels, 1 and 2 to the $X\,^2\Sigma$-levels. We see then that the ratio of the perturbations in the two $\Lambda$-doubling components of the $A\,^2\Pi_{1/2}$ state is given by the reciprocal values of $(W'_2 - W'_6)$ and $(W'_1 - W'_5)$, i. e. the distances of the unperturbed $X\,^2\Sigma$- and $A\,^2\Pi_{1/2}$-levels. The $\Lambda$-doubling of the unperturbed $A\,^2\Pi_{1/2}$-level being zero, $W'_6 = W'_5$. $(W'_2 - W'_1)$ may be calculated with the aid of the rotational energy formula $B \times K(K+1)$. All this gives $W'_2 - W'_6 = 9.5$ cm$^{-1}$ and $W'_1 - W'_5 = 6.3$ cm$^{-1}$, while the perturbed levels $W'_2$ and $W'_1$ lie 3.6

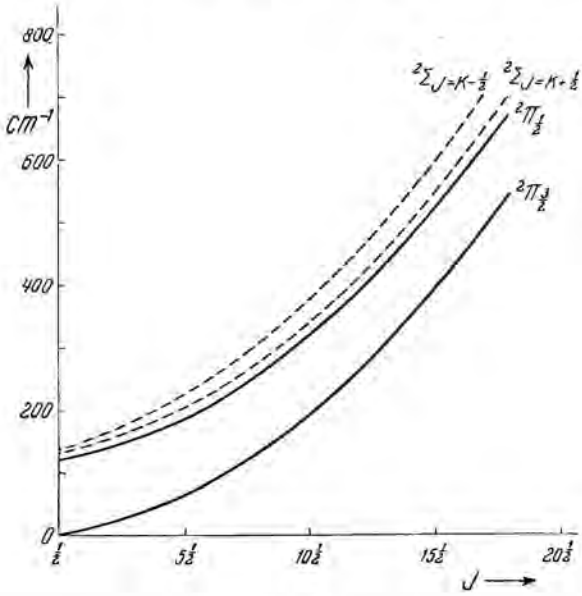



Fig. 4.

Energy curves of the perturbed levels $A\,^2\Pi_{1/2}$ $(v = 13)$ and $X\,^2\Sigma$ $(v = 18)$.

nd 2.5 $cm^{-1}$ higher than the unperturbed ones $W'_2$ and $W'_1$. Now we are able to draw figure 4.

In the perturbation of $v = 8$ we did not observe a difference between the perturbations of the two $\Lambda$-doubling components because in that case the distance of the perturbing $X\,^2\Sigma$-level to the perturbed $A\,^2\Pi_{1/2}$-level is much larger, about 50 $cm^{-1}$. Hence a difference in the distance between both $X\,^2\Sigma$-levels $J = K + \frac{1}{2}$ and $J = K - \frac{1}{2}$ (and thus also in the perturbations of the two $\Lambda$-doubling-components of the $A\,^2\Pi_{1/2}$ state) is not observable. In spite of this long distance the perturbation in the level $v = 8$ still amounts to 2 $cm^{-1}$. We therefore suppose that the potential curves will intersect in the neighbourhood of the quantum number $v = 8$. The potential curves, drawn by BISKAMP, also indicate this.

Regarding these potential curves we are inclined to believe that the dissociation products are the same for all three levels. This is also the case with other molecules that have the same number of electrons. Inaccuracy in the dissociation energies extrapolated from the vibrational sequences may be caused by the fact that the vibrational levels of all

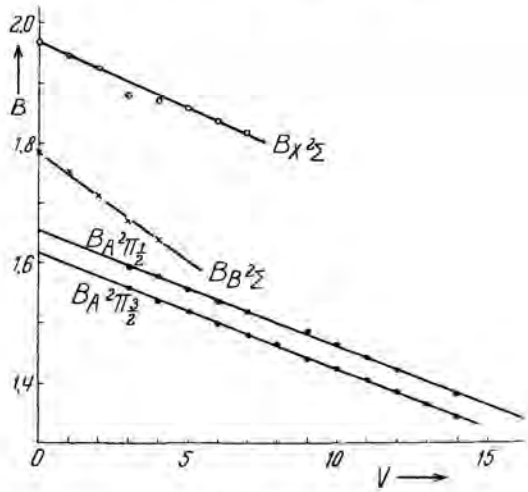



Fig. 5.

$B$-values of the $CO^+$ molecule.

three band systems hitherto observed have rather small vibrational quantum numbers.

Finally I give a summary of the $B$-values of the $CO^+$ molecule in table 9. Those with 3 decimals were calculated with the aid of bands belonging to the $A\,^2\Pi_{1/2}$-level. In fig. 5 they are represented diagrammatically, while table 10 gives the constants of the formula $B_v = B_0 - \alpha v$.

TABLE 9. Rotational Constants.

| $v$ | $B_{B^2\Sigma}$ | $B_{A^2\Pi_{1/2}}$ | $B_{A^2\Pi_{3/2}}$ | $B_{X^2\Sigma}$ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.780 | | | 1.965 |
| 1 | 1.75 | | | 1.945 |
| 2 | 1.71 | | | 1.926 |
| 3 | 1.67 | 1.594 | 1.556 | 1.88 |
| 4 | 1.64 | 1.576 | 1.536 | 1.87 |
| 5 | | 1.555 | 1.517 | 1.86 |
| 6 | | 1.536 | 1.499 | 1.84 |
| 7 | | 1.518 | 1.481 | 1.82 |
| 8 | | | 1.466 | |
| 9 | | 1.488 | 1.442 | |
| 10 | | 1.464 | 1.424 | |
| 11 | | 1.441 | 1.406 | |
| 12 | | 1.421 | 1.386 | |
| 13 | | | 1.366 | |
| 14 | | 1.380 | 1.344 | |

TABLE 10.

| State. | $B_0$ | $\alpha$ |
|---|---|---|
| $B^2\Sigma$ | 1.782 | 0.0360 |
| $A^2\Pi_{1/2}$ | 1.652 | 0.0192 |
| $A^2\Pi_{3/2}$ | 1.614 | 0.0192 |
| $X^2\Sigma$ | 1.967 | 0.0214 |

*Natuurkundig Laboratorium*
*der Rijksuniversiteit te Groningen.*

**Mathematics.** — *Sur la Dérivée Angulaire des Fonctions Univalentes.* (Deuxième Partie). Par CORNELIS VISSER. (Communicated by Prof. J. G. VAN DER CORPUT).

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

Le problème qui nous occupe est le suivant:

*Etant donné un domaine simplement connexe $G$ intérieur au demi-plan $D\,(x > 0)$ de la variable complexe $z = x + y\,i$, on demande de conclure la possibilité ou l'impossibilité de représenter $D$ conformément sur $G$ au moyen d'une fonction $w\,(z)$ ayant une dérivée angulaire positive à l'infini.*

Dans la première partie de ce travail, [1]) que nous désignerons dans le suivant par I, nous avons démontré un théorème qui donne une condition nécessaire et suffisante pour qu'une telle représentation soit possible (I. § 4).

Dans cette deuxième partie ce théorème a été pris comme point de départ. Nous allons déduire d'abord comme conséquence immédiate une proposition importante de M. G. VALIRON [2]). Ensuite nous donnerons quelques conditions qui sont suffisantes pour que les conditions du théorème soient réalisées. On arrive ainsi d'une façon simple à des résultats déjà connus. Pour une certaine classe de domaines $G$ nous établirons également une condition qui est nécessaire pour qu'une représentation avec une dérivée angulaire positive soit possible. Enfin nous arriverons pour une classe spéciale de domaines $G$ à une condition nécessaire et suffisante.

## § 1.

Démontrons d'abord un lemme qui nous sera utile. Soient $G$ et $H$ deux domaines simplement connexes dont les frontières contiennent plus d'un point et dont $G$ est intérieur à $H$. *Alors en tout point $a$ de $G$*

$$k\,(G, a) \leqq k\,(H, a).$$

Pour démontrer celà, désignons par $\varphi\,(w)$ et $\psi\,(w)$ deux fonctions qui représentent respectivement $G$ et $H$ conformément sur le cercle unité $|z| < 1$ de telle manière que $\varphi\,(a) = \psi\,(a) = 0$. On a alors

$$k\,(G, a) = \left| \frac{1}{\varphi'\,(a)} \right| \quad , \quad k\,(H, a) = \left| \frac{1}{\psi'\,(a)} \right| .$$

---

[1]) C. VISSER, Proc. Kon. Ak. van Wet. Amsterdam, **38**, 1935, p. 402.

[2]) G. VALIRON, Bulletin des Sc. math., 2e série, **53**, 1929, p. 70.

En désignant par $f(z)$ la fonction inverse de $\varphi(w)$, la fonction

$$F(z) = \psi\{f(z)\}$$

est holomorphe pour $|z| < 1$, elle s'annule à l'origine, tandis que son module reste plus petit que un. Alors $|F'(0)| \leqq 1$, donc

$$\left|\frac{1}{\varphi'(a)}\right| \leqq \left|\frac{1}{\psi'(a)}\right|,$$

c'est-à-dire

$$k(G, a) \leqq k(H, a).$$

Considérons maintenant un domaine $G$ intérieur au demi-plan $D\,(x > 0)$ pour lequel les conditions du théorème de I. § 4 soient réalisées. Soit $H$ un domaine simplement connexe intérieur à $D$ *et comprenant* $G$. $G$ contient des angles d'ouverture arbitrairement voisine de $\pi$; $H$ jouit donc de la même propriété. De plus il existe un chemin $\Gamma$, allant d'un point $c$ à l'infini et restant intérieur à un angle d'ouverture plus petite que $\pi$ intérieur à $G$, tel que l'intégrale, prise suivant ce chemin,

$$\int_c^\infty \left(\frac{1}{k(G, w)} - \frac{1}{2u}\frac{du}{ds}\right) ds$$

converge. $w = u + vi$ désigne le point qui décrit $\Gamma$. Or, en tout point $w$ de $G$

$$k(H, w) \geqq k(G, w).$$

Par suite, l'intégrale, prise suivant $\Gamma$,

$$\int_c^\infty \left(\frac{1}{k(H, w)} - \frac{1}{2u}\frac{du}{ds}\right) ds$$

est convergente aussi.

Nous avons demontré ainsi un théorème de M. G. VALIRON[3]):

*Si $G$ est un domaine intérieur au demi-plan $D$ pour lequel existe une fonction faisant la représentation conforme de $D$ sur $G$ et ayant une dérivée angulaire positive à l'infini, une telle fonction existe pour tout domaine simplement connexe intérieur à $D$ et comprenant $G$.*

---

[3]) L.c. (2).

§ 2.

Soit $G$ un domaine simplement connexe intérieur à $D$. Supposons que $G$ contienne des angles d'ouverture arbitrairement voisine de $\pi$. Alors il existe un nombre $c > 0$ tel que le segment $c \leqq u < \infty$ de l'axe réel soit intérieur à $G$. Les conditions du théorème de I. § 4 sont verifiées si l'intégrale, prise suivant l'axe réel,

$$\int_c^\infty \left( \frac{1}{k(G, u)} - \frac{1}{2u} \right) du \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

*est convergente.*

En utilisant le lemme démontré au début du paragraphe précédent, il est aisé d'obtenir des critères qui sont suffisants pour que cette intégrale soit convergente.

Considérons pour tout $u > c^2$ le domaine $H_u$, défini par

$$x > \sqrt{u} \quad , \quad |y| < m(\sqrt{u}) \, . \, (x - \sqrt{u}),$$

où $m(t)$ signifie la borne supérieure des nombres $M$ pour lesquels le domaine

$$x > t \quad , \quad |y| < M(x - t)$$

reste intérieur à $G$.

On peut supposer $c > 1$. Un calcul facile montre que

$$k(H_{t^2}, u) = 2(u - t) \frac{\operatorname{arc\,tg} m(t)}{\frac{\pi}{2}},$$

en supposant $u > t \geqq c$.

Donc

$$k(G, u) \geqq k(H_u, u) = 2(u - \sqrt{u}) \frac{\operatorname{arc\,tg} m(\sqrt{u})}{\frac{\pi}{2}}.$$

Il en résulte que la condition

$$\int_c^\infty \left( \frac{\frac{\pi}{2}}{2(u - \sqrt{u}) \operatorname{arc\,tg} m(\sqrt{u})} - \frac{1}{2u} \right) du < \infty$$

est suffisante pour que l'intégrale (1) soit convergente. En posant $\sqrt{u} = t$, on voit immédiatement que cette condition peut s'écrire sous la forme

$$\int_c^\infty \frac{dt}{t\, m(t)} < \infty.$$

Donnons une application. Considérons une fonction continue $h(t)$, définie pour $t \geqq 0$ et ayant les propriétés suivantes:

$$h(0) = 0 \quad , \quad h(t) > 0 \quad \text{lorsque} \quad t > 0,$$

$$\frac{h(t)}{t} \text{ n'est jamais décroissant.}$$

Soit $G$ le domaine défini par

$$x > 0 \quad , \quad |y| < h(x).$$

Alors on peut faire la représentation conforme de $D$ sur $G$ au moyen d'une fonction ayant une dérivée angulaire positive à l'infini si l'intégrale

$$\int_1^\infty \frac{dt}{h(t)}$$

est convergente.

Car on a d'abord, comme résulte de la monotonie de $\frac{h(t)}{t}$,

$$\frac{h(t)}{t} \to \infty \text{ lorsque } t \to \infty,$$

d'où résulte que $G$ contient des angles d'ouverture aussi voisine de $\pi$ que l'on veut.

De plus

$$m(t) = \underset{\tau > t}{Min} \frac{h(\tau)}{\tau - t} \geqq \underset{\tau > t}{Min} \frac{h(\tau)}{\tau} = \frac{h(t)}{t}.$$

Donc

$$\int_1^\infty \frac{dt}{t\, m(t)} \leqq \int_1^\infty \frac{dt}{h(t)} < \infty.$$

Les conditions du théorème de I. § 4 étant remplies, notre assertion est justifiée.

## § 3.

Dans ce qui précède nous avons comparé le domaine $G$ avec les domaines angulaires intérieurs à $G$. On peut obtenir un résultat plus précis en considérant une autre classe de domaines intérieurs à $G$.

Désignons pour $u > c$ par $\mu(u)$ la borne supérieure des nombres $r$ pour lesquels la circonférence

$$\left|\frac{z-u}{z+u}\right| = r$$

est intérieure à $G$. Le domaine $H_u$, défini par

$$\left|\frac{z-u}{z+u}\right| < \mu(u),$$

est alors intérieur à $G$. Donc

$$k(G, u) \geqq k(H_u, u).$$

En représentant $H_u$ sur le cercle unité on obtient aisément

$$k(H_u, u) = \mu(u) \,.\, 2u.$$

Il en résulte que la condition

$$\int_c^\infty \left(\frac{1}{\mu(u)} - 1\right) \frac{du}{u} < \infty. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

est suffisante pour que l'intégrale (1) converge.[4])

M. J-G. VAN DER CORPUT a donné à cette condition une forme plus habile.[5]) Nous nous bornerons à traiter un cas spécial. Considérons une fonction continue $h(t)$, définie pour $t \geqq 0$ et ayant les propriétés suivantes:

$$h(0) = 0 \quad , \quad h(t) > 0 \text{ lorsque } t > 0,$$

$h(t)$ n'est jamais décroissant.

Alors la condition (4) est vérifiée *si l'intégrale*

$$\int_1^\infty \frac{dt}{h(t)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

*est convergente*. On a ainsi une généralisation du résultat à la fin du paragraphe précédent.

Pour la démonstration, remarquons d'abord que la convergence de (5) entraîne celle de

$$\int_1^\infty \frac{1}{u^2} \left(\underset{h(x) \leqq u}{Max}\ x\right) du.$$

---

[4]) C. VISSER, Comptes rendus, **193**, 1931, p. 1388.

[5]) J. G. VAN DER CORPUT, Proc. Kon. Ak. van Wet. Amsterdam, **33**, 1932, p. 330.

On a en effet

$$\int_1^\infty \frac{1}{u^2} \underset{h(x)\leqq u}{(Max\ x)}\, du < \sum_{n=1}^\infty \underset{h(x)\leqq n+1}{Max}\ x \,.\int_n^{n+1} \frac{du}{u^2} =$$

$$= \sum_{n=1}^\infty \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n+1}\right) \underset{h(x)\leqq n+1}{Max}\ x = \lim_{N\to\infty} \sum_{n=1}^N \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n+1}\right) \underset{h(x)\leqq n+1}{Max}\ x =$$

$$= \lim_{N\to\infty} \left( \underset{h(x)\leqq 2}{Max}\ x + \sum_{n=2}^N \frac{1}{n} \left(\underset{h(x)\leqq n+1}{Max}\ x - \underset{h(x)\leqq n}{Max}\ x\right) - \frac{1}{N+1} \underset{h(x)\leqq N+1}{Max}\ x \right) <$$

$$< \underset{h(x)\leqq 2}{Max}\ x + \sum_{n=2}^\infty \frac{1}{n} \left(\underset{h(x)\leqq n+1}{Max}\ x - \underset{h(x)\leqq n}{Max}\ x\right) < \underset{h(x)\leqq 2}{Max}\ x + \sum_{n=2}^\infty \frac{1}{n}(n+1) \int_{\underset{h(x)\leqq n}{Max}\ x}^{\underset{h(x)\leqq n+1}{Max}\ x} \frac{dx}{h(x)} <$$

$$< \underset{h(x)\leqq 2}{Max}\ x + 2 \sum_{n=1}^\infty \int_{\underset{h(x)\leqq n}{Max}\ x}^{\underset{h(x)\leqq n+1}{Max}\ x} \frac{dx}{h(x)} = \underset{h(x)\leqq 2}{Max}\ x + 2 \int_2^\infty \frac{dx}{h(x)} < \infty.$$

On a de plus

$$\frac{x}{h(x)} \to 0 \text{ lorsque } x \to \infty. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Puisque

$$\mu(u) = \underset{0\leqq x < \infty}{Min} \frac{\sqrt{(x-u)^2 + h(x)^2}}{\sqrt{(x+u)^2 + h(x)^2}},$$

on obtient

$$\left(\frac{\mu(u)}{1} - 1\right)\frac{1}{u} =$$

$$= \underset{0\leqq x < \infty}{Max} \frac{4x}{\sqrt{(x-u)^2 + h(x)^2}\left(\sqrt{(x+u)^2 + h(x)^2} + \sqrt{(x-u)^2 + h(x)^2}\right)}$$

$$< \underset{h(x)\leqq u}{Max} + \underset{h(x)\geqq u}{Max}$$

$$< \underset{h(x)\leqq u}{Max} + 4 \underset{h(x)\geqq u}{Max} \frac{x}{h(x)\,.\,x}$$

$$= \underset{h(x)\leqq u}{Max} + \frac{4}{h(u)}.$$

Il résulte de (6) que pour $u$ suffisamment grand la relation $h(x) \leqq u$ a comme conséquence $x < \frac{u}{2}$. Donc pour $u$ suffisamment grand

$$\left(\frac{1}{\mu(u)} - 1\right)\frac{1}{u} < \underset{h(x) \leqq u}{Max} \frac{4x}{\frac{u}{2} \cdot u} + \frac{4}{h(u)}$$

$$= \frac{8}{u^2} \left(\underset{h(x) \leqq u}{Max}\ x\right) + \frac{4}{h(u)}.$$

Il s'ensuit que l'intégrale (4) est convergente si l'est l'intégrale (5).

§ 4.

Nous allons déduire maintenant pour une certaine classe de domaines un critère qui est nécessaire pour que les conditions du théorème de I. § 4 soient réalisées.

Nous ferons usage de l'inégalité suivante. Soit $\triangle$ un domaine simplement connexe dont la frontière comprend deux points au moins. Désignons par $(\triangle)$ l'aire de $\triangle$. Alors en tout point a de $\triangle$

$$k(\triangle, a) \leqq \sqrt{\frac{(\triangle)}{\pi}}.$$

Pour le prouver, considérons une fonction

$$f(z) = a + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots,$$

représentant le cercle unité $|z| < 1$ biunivoquement sur $\triangle$. On a, comme on sait,

$$(\triangle) = \pi \sum_{n=1}^{\infty} n\, |a_n|^2.$$

Donc

$$k(\triangle, a) = |a_1| \leqq \sqrt{\frac{(\triangle)}{\pi}}.$$

Cela posé, soit $G$ le domaine défini par

$$x > 0 \quad , \quad |y| < h(x),$$

où $h(x)$ est supposé continu et tel que $h(0) = 0$, $h(x) > 0$ lorsque $x > 0$.

Supposons qu'il existe une fonction donnant la représentation conforme

de $D(x>0)$ sur $G$ et ayant une dérivée angulaire positive à l'infini. Parce que $G$ est symétrique par rapport à l'axe réel, la condition du théorème de I. § 5 est réalisée, c-à-d. l'intégrale

$$\int_1^\infty \left(\frac{1}{k(G,u)} - \frac{1}{2u}\right) du$$

est convergente. On a donc aussi en vertu de $k(G,u) \leqq 2u$

$$\int_1^\infty \frac{2u - k(G,u)}{u^2}\, du < \infty.$$

Soit $u > 0$. La fonction

$$\zeta = \frac{z-u}{z+u}$$

représente $G$ sur un domaine $\triangle$ intérieur à $|\zeta| < 1$. On a

$$k(\triangle, 0) = \frac{k(G,u)}{2u},$$

$$(\triangle) = \iint_G \left|\frac{d\zeta}{dz}\right|^2 dx\, dy = 4u^2 \iint_G \frac{dx\, dy}{\{(x+u)^2 + y^2\}^2}.$$

Donc

$$k(G,u) = 2u\, k(\triangle, 0) \leqq 2u \sqrt{\frac{(\triangle)}{\pi}} = 2u \sqrt{1 - \frac{\pi - (\triangle)}{\pi}}$$

$$\leqq 2u \left(1 - \frac{\pi - (\triangle)}{2\pi}\right),$$

d'où résulte

$$2u - k(G,u) \geqq \frac{\pi - (\triangle)}{\pi}\, u.$$

Il s'ensuit que

$$\int_1^\infty \frac{\pi - (\triangle)}{u}\, du < \infty.$$

On a

$$(\triangle) = 4u^2 \int_0^\infty dx \int_{-h}^{h} \frac{dy}{\{(x+u)^2 + y^2\}^2} = 8u^2 \int_0^\infty dx \int_0^h \frac{dy}{\{(x+u)^2 + y^2\}^2}$$

$$= 8u^2 \int_0^\infty \left( \frac{1}{2(x+u)^3} \operatorname{arc\,tg} \frac{h}{x+u} + \frac{h}{2(x+u)^2 \{(x+u)^2 + h^2\}} \right) dx.$$

Or

$$\operatorname{arc\,tg} \frac{h}{x+u} < \frac{\pi}{2} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{h}{x+u}\right)^2}}.$$

Donc

$$(\triangle) < 8u^2 \int_0^\infty \frac{\frac{\pi}{2}}{2(x+u)^3} dx$$

$$- 8u^2 \int_0^\infty \left( \frac{1}{2(x+u)^2 \sqrt{(x+u)^2 + h^2}} - \frac{h}{2(x+u)^2 \{(x+u)^2 + h^2\}} \right) dx$$

$$= \pi - 4u^2 \int_0^\infty \frac{\sqrt{(x+u)^2 + h^2} - h}{(x+u)^2 \{(x+u)^2 + h^2\}} dx,$$

d'où résulte

$$\frac{\pi - \triangle}{u} > 4u \int_0^\infty \frac{dx}{\{(x+u)^2 + h^2\} \{\sqrt{(x+u)^2 + h^2} + h\}} > 4u \int \frac{dx}{(x+u+2h)^3}$$

Parce que $G$ contient des angles arbitrairement voisine de $\pi$, on a pour $x$ suffisamment grand $h > x$; on voit donc que l'intégrale

$$\int_0^\infty u\, du \int_1^\infty \frac{dx}{(3h+u)^3}$$

doit être convergente.

Comme

$$\int_0^\infty u\,du \int_1^\infty \frac{dx}{(3h+u)^3} = \int_1^\infty dx \int_0^\infty \frac{u\,du}{(3h+u)^3} =$$

$$= \int_1^\infty \left( \int_0^\infty \frac{du}{(3h+u)^2} - \int_0^\infty \frac{3h\,du}{(3h+u)^3} \right) dx =$$

$$= \int_1^\infty \frac{dx}{3h} - \int_1^\infty \frac{3h}{18h^2}\,dx = \int_1^\infty \frac{dx}{6h(x)},$$

il résulte que l'intégrale

$$\int_1^\infty \frac{dx}{h(x)}$$

est convergente.

Nous avons démontré ainsi le théorème suivant:

*Théorème. Soit $G$ le domaine défini par*

$$x > 0 \quad , \quad |y| < h(x),$$

*où $h(x)$ est une fonction continue telle que $h(0) = 0$, $h(x) > 0$ lorsque $x > 0$. Une condition nécessaire pour qu'il existe une fonction donnant la représentation conforme de $D(x > 0)$ sur $G$ et ayant une dérivée angulaire positive à l'infini est que l'intégrale*

$$\int_1^\infty \frac{dx}{h(x)}$$

*soit convergente.*

En vertu de ce théorème et du résultat de § 3, on obtient enfin la proposition suivante:

*Théorème. Soit $G$ le domaine défini par*

$$x > 0 \quad , \quad |y| < h(x),$$

*où $h(x)$ est une fonction continue pas décroissante telle que $h(0) = 0$, $h(x) > 0$ lorsque $x > 0$. Une condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une fonction donnant la représentation conforme de $D(x > 0)$ sur $G$ et ayant une dérivée angulaire positive à l'infini est que l'intégrale*

$$\int_1^\infty \frac{dx}{h(x)}$$

*soit convergente.*

**Mathematics.** — *Integraldarstellungen für* LOMMEL*sche und* STRUVE*sche Funktionen. (Erste Mitteilung).* Von C. S. MEIJER. (Communicated by Prof. J. G. VAN DER CORPUT).

(Communicated at the meeting of May 25, 1935).

## § 1. Integraldarstellungen für die LOMMELsche Funktion.

In der vorliegenden Abhandlung bezeichnen $s_{\mu,\nu}(z)$ und $S_{\mu,\nu}(z)$ die beiden LOMMELschen Funktionen; d.h. also[1]):

Sind $\mu+\nu$ und $\mu-\nu \neq -1, -3, -5, \ldots$, so ist

$$s_{\mu,\nu}(z) = \frac{z^{\mu+1}}{(1+\mu+\nu)(1+\mu-\nu)}\ {}_1F_2(1\,;\tfrac{3}{2}+\tfrac{1}{2}\mu+\tfrac{1}{2}\nu,\ \tfrac{3}{2}+\tfrac{1}{2}\mu-\tfrac{1}{2}\nu\,;-\tfrac{1}{4}z^2) \quad (1)$$

und

$$\left.\begin{aligned} S_{\mu,\nu}(z) &= s_{\mu,\nu}(z) + 2^{\mu-1}\,\Gamma(\tfrac{1}{2}+\tfrac{1}{2}\mu+\tfrac{1}{2}\nu)\,\Gamma(\tfrac{1}{2}+\tfrac{1}{2}\mu-\tfrac{1}{2}\nu) \\ &\times\{J_\nu(z)\sin\tfrac{1}{2}(\mu-\nu)\pi - Y_\nu(z)\cos\tfrac{1}{2}(\mu-\nu)\pi\}; \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

ist $\mu = \pm\nu - 2h - 1$ ($h$ ganz $\geqq 0$), so wird $S_{\mu,\nu}(z)$ durch Grenzübergang definiert. Man setzt nämlich[2])

$$S_{\pm\nu-2h-1,\nu}(z) = \lim_{\mu\to\pm\nu-2h-1} S_{\mu,\nu}(z).$$

Es sei ferner

$$\varphi_{\mu,\nu}(z) = \frac{z^{2\mu+2}}{2^{3\mu+3}} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m z^{4m}}{2^{4m}\,\Gamma(\frac{3}{2}+\frac{1}{2}\mu+\frac{1}{2}\nu+m)\,\Gamma(\frac{3}{2}+\frac{1}{2}\mu-\frac{1}{2}\nu+m)}, \quad (3)$$

also wegen (1) und (2)

$$\left.\begin{aligned} \varphi_{\mu,\nu}(z) &= \frac{2^{-2\mu}}{\Gamma(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\mu+\frac{1}{2}\nu)\,\Gamma(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\mu-\frac{1}{2}\nu)}\, s_{\mu,\nu}(\tfrac{1}{2}z^2) \\ &= \frac{2^{-2\mu}}{\Gamma(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\mu+\frac{1}{2}\nu)\,\Gamma(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\mu-\frac{1}{2}\nu)}\, S_{\mu,\nu}(\tfrac{1}{2}z^2) \\ &- 2^{-\mu-1}\{J_\nu(\tfrac{1}{2}z^2)\sin\tfrac{1}{2}(\mu-\nu)\pi - Y_\nu(\tfrac{1}{2}z^2)\cos\tfrac{1}{2}(\mu-\nu)\pi\}. \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

---

[1]) Man vergl.: G. N. WATSON, Theory of BESSEL Functions, S. 345—349. Dieses WATSONsche Werk wird im folgenden mit **B. F.** zitiert.

[2]) Der Grenzwert existiert.

Weiter setze ich, falls $\mu+\nu$ und $\mu-\nu \neq 1, 3, 5, \ldots$ sind,

$$\Phi_{\mu,\nu}(z) = \Gamma(\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\mu-\tfrac{1}{2}\nu)\,\Gamma(\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\mu+\tfrac{1}{2}\nu)\,S_{\mu,\nu}(z^2) \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Es bezeichne schlieszlich $W_{k,m}(z)$ die WHITTAKERsche Funktion [3]).

In § 3 der vorliegenden Arbeit beweise ich, dasz die Funktion $\Phi_{\mu,\nu}(z)$ die folgenden Integraldarstellungen besitzt:

$$\Phi_{\mu,\nu}(z) = 2\pi \int_0^\infty \varphi_{-\mu-1,\nu}(v)\, K_{2\nu}(2^{\frac{1}{2}} z v)\, v\, dv, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

$$\Phi_{\mu,\nu}(z) = \frac{\pi}{2^{\frac{1}{2}} z} \int_0^\infty \varphi_{-\mu-2,\nu+1}(v)\, K_{2\nu+1}(2^{\frac{1}{2}} z v)\, v^2\, dv, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

$$\Phi_{\mu,\nu}(z) = \frac{\pi}{4 z^2} \int_0^\infty \varphi_{-\mu-3,\nu}(v)\, K_{2\nu}(2^{\frac{1}{2}} z v)\, v^3\, dv, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

$$\Phi_{\mu,\nu}(z) = (2\pi)^{\frac{1}{2}} \int_0^\infty \varphi_{-\mu-3/2,\frac{1}{2}}(v)\, K_\nu(z v e^{\frac{1}{4}\pi i})\, K_\nu(z v e^{-\frac{1}{4}\pi i})\, v^2\, dv, \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

$$\Phi_{\mu,\nu}(z) = 2^{3\nu+\frac{1}{2}} \pi^{\frac{1}{2}} z^{2\nu} \int_0^\infty \varphi_{2\nu-\mu-3/2,\frac{1}{2}-\nu}(v)\, K_{2\nu}(z v e^{\frac{1}{4}\pi i})\, K_{2\nu}(z v e^{-\frac{1}{4}\pi i})\, v^{2-2\nu}\, dv, \quad (10)$$

$$\Phi_{\mu,\nu}(z) =$$

$$= 2^{3\nu-5/2}\, \pi^{\frac{1}{2}} z^{2\nu-2} \int_0^\infty \varphi_{2\nu-\mu-5/2,\frac{1}{2}-\nu}(v)\, K_{2\nu-1}(z v e^{\frac{1}{4}\pi i})\, K_{2\nu-1}(z v e^{-\frac{1}{4}\pi i})\, v^{4-2\nu}\, dv. \quad (11)$$

In diesen Beziehungen wird $|\arg z| < \frac{1}{2}\pi$ vorausgesetzt; es wird ferner angenommen:

$\Re(\mu+\nu) < 1$ und $\Re(\mu-\nu) < 1$ in (6) und in (9), . (6a, 9a)

$\Re(\mu+\nu) < 0$ und $\Re(\mu-\nu) < 1$ in (7), . . . . . (7a)

$\Re(\mu+\nu) < 0$ und $\Re(\mu-\nu) < 0$ in (8), . . . . . (8a)

$\Re(\mu+\nu) < 1$ und $\Re(\mu-3\nu) < 1$ in (10), . . . . . (10a)

$\Re(\mu+\nu) < 1$ und $\Re(\mu-3\nu) < -1$ in (11), . . . . . (11a)

---

[3]) Siehe E. T. WHITTAKER and G. N. WATSON, Modern Analysis, Chapter XVI.

In § 4 beweise ich

$$S_{\mu,\nu}(z) = \frac{2^{\mu}}{z} \int_0^{\infty e^{i\tau}} e^{-v+\frac{z^2}{8v}} W_{\frac{1}{2}\mu,\frac{1}{2}\nu}\left(\frac{z^2}{4v}\right) v^{\frac{1}{2}\mu}\, dv \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

und

$$\left.\begin{aligned} &S_{\mu,\nu}(z) = \\ &= \frac{2^{\frac{1}{2}(\mu+\nu-1)}\, z^{\frac{1}{2}(\mu-\nu-1)}}{\Gamma(\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\mu+\frac{1}{2}\nu)} \int_0^{\infty e^{i\tau}} e^{-v+\frac{z^2}{8v}} W_{\frac{1}{2}(\mu+\nu-1),\frac{1}{2}(\mu+\nu+1)}\left(\frac{z^2}{4v}\right) v^{-\frac{1}{2}(\mu-3\nu+3)}\, dv. \end{aligned}\right\} (13)$$

In diesen beiden Relationen ist $|\arg z| < \pi$ und

$$Max\,(-\tfrac{1}{2}\pi, -\tfrac{3}{2}\pi + 2\arg z) < \tau < Min\,(\tfrac{1}{2}\pi, \tfrac{3}{2}\pi + 2\arg z).$$

In (13) wird überdies noch angenommen, dasz $\Re(\mu-\nu) < 1$ ist.

In § 5 gebe ich einige Integraldarstellungen für die STRUVEsche Funktion.

## § 2. Hilfssätze.

**Hilfssatz 1.** *Die Funktionen $S_{\mu,\nu}(z)$, $J_\nu(z)$ und $Y_\nu(z)$ besitzen für grosze Werte von $|z|$ asymptotische Entwicklungen der Gestalt*[4])

$$S_{\mu,\nu}(z) \backsim z^{\mu-1}\left\{A_0 + \frac{A_1}{z^2} + \frac{A_2}{z^4} + \ldots\right\}. \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

$$\left.\begin{aligned} J_\nu(z) \backsim z^{-\frac{1}{2}}\Big\{&\cos(z - \tfrac{1}{2}\nu\pi - \tfrac{1}{4}\pi)\left(B_0 + \frac{B_2}{z^2} + \ldots\right) \\ &+ \sin(z - \tfrac{1}{2}\nu\pi - \tfrac{1}{4}\pi)\left(\frac{B_1}{z} + \frac{B_3}{z^3} + \ldots\right)\Big\}. \end{aligned}\right\} . \quad (15)$$

$$\left.\begin{aligned} Y_\nu(z) \backsim z^{-\frac{1}{2}}\Big\{&\sin(z - \tfrac{1}{2}\nu\pi - \tfrac{1}{4}\pi)\left(C_0 + \frac{C_2}{z^2} + \ldots\right) \\ &+ \cos(z - \tfrac{1}{2}\nu\pi - \tfrac{1}{4}\pi)\left(\frac{C_1}{z} + \frac{C_3}{z^3} + \ldots\right)\Big\}. \end{aligned}\right\} . \quad (16)$$

*Beweis.* Dieser Hilfssatz ist bekannt[5]).

---

[4]) Die in (14), (15) und (16) vorkommenden Zahlen $A$, $B$ und $C$ sind nicht von $z$ abhängig.

[5]) Man vergl. B. F., §§ 10.71, 10.75 und 7.21.

**Hilfssatz 2.** *Ist* $|\arg z| < \pi$ *und*

$$Max\left(-\tfrac{1}{2}\pi, -\tfrac{1}{2}\pi + \arg z\right) < \psi < Min\left(\tfrac{1}{2}\pi, \tfrac{1}{2}\pi + \arg z\right),$$

*so ist*

$$\left.\begin{aligned} S_{\mu,\nu}(z) = \frac{4\,z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha)\,\Gamma(\beta)} \int_0^{\infty e^{i\psi}} u^{\alpha+\beta-1}\, K_{\alpha-\beta}(2u) \\ \times {}_3F_2\left(1, \frac{1-\mu+\nu}{2}, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha, \beta; -\frac{4u^2}{z^2}\right) du. \end{aligned}\right\} \quad (17)$$

*Hierin sind* $\alpha$ *und* $\beta$ *beliebige Zahlen mit* $\Re(\alpha) > 0$, $\Re(\beta) > 0$.

*Beweis.* Auch dieser Hilfssatz ist bekannt[6]).

**Hilfssatz 3.** *Ist* $|\arg \zeta| < \frac{1}{2}\pi$, $\Re(\sigma+\lambda) > -2$ *und* $\Re(\sigma) - |\Re(\tau)| > -3$, *so ist*

$$\left.\begin{aligned} \int_0^\infty e^{-\zeta v^2} \varphi_{\sigma,\tau}(v)\, v^{2\lambda+1}\, dv = \frac{\zeta^{-2-\sigma-\lambda}\,\Gamma(2+\sigma+\lambda)}{2^{3\sigma+4}\,\Gamma(\frac{3}{2}+\frac{1}{2}\sigma+\frac{1}{2}\tau)\,\Gamma(\frac{3}{2}+\frac{1}{2}\sigma-\frac{1}{2}\tau)} \\ \times {}_3F_2\left(1, \frac{2+\sigma+\lambda}{2}, \frac{3+\sigma+\lambda}{2}; \frac{3+\sigma+\tau}{2}, \frac{3+\sigma-\tau}{2}; -\frac{1}{4\zeta^2}\right). \end{aligned}\right\} \quad (18)$$

*Beweis.* Aus (3), (4), (14), (15) und (16) folgt, dasz die linke Seite von (18) existiert, falls $|\arg \zeta| < \frac{1}{2}\pi$ und $\Re(\sigma+\lambda) > -2$ ist. Ich setze nun in die linke Seite von (18) für $\varphi_{\sigma,\tau}(v)$ die Reihe

$$\frac{v^{2\sigma+2}}{2^{3\sigma+3}} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m\, v^{4m}}{2^{4m}\,\Gamma(\frac{3}{2}+\frac{1}{2}\sigma+\frac{1}{2}\tau+m)\,\Gamma(\frac{3}{2}+\frac{1}{2}\sigma-\frac{1}{2}\tau+m)}$$

ein und integriere gliedweise[7]); ich erhalte dann

$$\frac{\zeta^{-2-\sigma-\lambda}}{2^{3\sigma+4}} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m\, \zeta^{-2m}\,\Gamma(2+\sigma+\lambda+2m)}{2^{4m}\,\Gamma(\frac{3}{2}+\frac{1}{2}\sigma+\frac{1}{2}\tau+m)\,\Gamma(\frac{3}{2}+\frac{1}{2}\sigma-\frac{1}{2}\tau+m)}$$

und diese Reihe ist gleich der rechten Seite von (18).

---

[6]) Siehe Satz 5 meiner Arbeit: „Integraldarstellungen aus der Theorie der BESSELschen Funktionen". (Diese Arbeit wird demnächst in den Proceedings of the London Mathematical Society erscheinen).

[7]) Gliedweise Integration ist erlaubt, falls $|z| > 1/2$ ist (siehe T. J. I'A. BROMWICH, Theory of Infinite Series, § 176); für $|z| \leqq 1/2$ benutze man die Theorie der analytischen Fortsetzung.

## § 3. Beweis der Beziehungen (6) bis (11).

Bekanntlich hat man für grosze Werte von $|w|$

$$K_\lambda(w) = \left(\frac{\pi}{2w}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-w} \left\{1 + O\left(\frac{1}{w}\right)\right\}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

also

$$K_\lambda(w e^{\frac{1}{4}\pi i}) K_\lambda(w e^{-\frac{1}{4}\pi i}) = \frac{\pi}{2w} e^{-w\sqrt{2}} \left\{1 + O\left(\frac{1}{w}\right)\right\}. \quad . \quad . \quad (20)$$

Aus (3), (4), (14), (15), (16), (19) und (20) folgt, dasz die rechten Seiten der Relationen (6) bis (11) (inkl.) für $|\arg z| < \frac{1}{2}\pi$ analytische Funktionen von $z$ sind[8]). Ich darf also $\arg z = 0$ voraussetzen.

Nun folgt aus (17) (mit $z^2$ statt $z$ $(z > 0)$, $\beta = \frac{1}{2}(1 - \mu - \nu)$ und $\psi = 0$ angewendet) und (5)

$$\left.\begin{aligned} \Phi_{\mu,\nu}(z) &= \frac{4\,\Gamma(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\mu + \frac{1}{2}\nu)\, z^{2\mu-2}}{\Gamma(\alpha)} \\ &\times \int_0^\infty u^{\alpha - \frac{1}{2}(1+\mu+\nu)} K_{\alpha - \frac{1}{2}(1-\mu-\nu)}(2u)\; {}_2F_1\left(1, \frac{1-\mu+\nu}{2}; \alpha; -\frac{4u^2}{z^4}\right) du \end{aligned}\right\} \quad (21)$$

(wo $\Re(\mu + \nu) < 1$, $\Re(\alpha) > 0$ ist). Nimmt man jetzt noch $\alpha = \frac{1}{2}(1 - \mu + \nu)$, dann bekommt man

$$\Phi_{\mu,\nu}(z) = 4\, z^{2\mu-2} \int_0^\infty u^{-\mu} K_\nu(2u)\, {}_1F_0\left(1; -\frac{4u^2}{z^4}\right) du \quad . \quad . \quad (22)$$

(wo $\Re(\mu + \nu) < 1$, $\Re(\mu - \nu) < 1$ ist).

Ich wende nun Hilfssatz 3 dreimal an, nämlich mit $\zeta = \frac{z^2}{4u}$, $\sigma = \alpha - 2 - \frac{1}{2}(\mu - \nu)$ und $\tau = \lambda = -\alpha + 1 - \frac{1}{2}(\mu - \nu)$, mit $\zeta = \frac{z^2}{4u}$, $\sigma = \alpha - 3 - \frac{1}{2}(\mu - \nu)$ und $\tau = \lambda - 1 = -\alpha - \frac{1}{2}(\mu - \nu)$ und mit $\zeta = \frac{z^2}{4u}$ und $\tau = \lambda = \frac{1}{2}$. Ich erhalte dann

$$\left.\begin{aligned} &\frac{4\,\Gamma(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\mu + \frac{1}{2}\nu)\, z^{2\mu-2}\, u^{\alpha - \frac{1}{2}(1+\mu+\nu)}}{\Gamma(\alpha)}\; {}_2F_1\left(1, \frac{1-\mu+\nu}{2}; \alpha; -\frac{4u^2}{z^4}\right) \\ &= \frac{\pi^{\frac{1}{2}}\, z^{2\nu}\, u^{\alpha + \frac{1}{2}(\mu - 3\nu - 3)}}{2^{-3\alpha + 2 - \frac{1}{2}(3\mu - 3\nu)}} \int_0^\infty e^{-\frac{z^2 v^2}{4u}} \varphi_{\alpha - 2 - \frac{1}{2}(\mu-\nu), -\alpha + 1 - \frac{1}{2}(\mu-\nu)}(v)\, v^{-2\alpha + 3 - \mu + \nu}\, dv \end{aligned}\right\} \quad (23)$$

---

[8]) Ich nehme an, dasz die Beziehungen (6a) bis (11a) erfüllt sind.

(wo $\Re(\mu-\nu)<1$, $\Re(a)>0$ ist),

$$\left.\begin{aligned}&\frac{4\,\Gamma(\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\mu+\frac{1}{2}\nu)\,z^{2\mu-2}\,u^{\alpha-\frac{1}{2}(1+\mu+\nu)}}{\Gamma(a)}\;{}_2F_1\left(1,\frac{1-\mu+\nu}{2};a;-\frac{4u^2}{z^4}\right)\\&=\frac{\pi^{\frac{1}{2}}\,z^{2\nu-2}\,u^{\alpha+\frac{1}{2}(\mu-3\nu-1)}}{2^{-3\alpha+2-\frac{1}{2}(3\mu-3\nu)}}\int\limits_0^\infty e^{-\frac{z^2v^2}{4u}}\,\varphi_{\alpha-3-\frac{1}{2}(\mu-\nu),\,-\alpha-\frac{1}{2}(\mu-\nu)}(v)\,v^{-2\alpha+3-\mu+\nu}\,dv\end{aligned}\right\}\quad.\quad(24)$$

(wo $\Re(\mu-\nu)<0$, $\Re(a)>0$ ist), und

$$\left.\begin{aligned}&4\,z^{2\mu-2}\,u^{-\mu}\,{}_1F_0\left(1;-\frac{4u^2}{z^4}\right)\\&\qquad=\left(\frac{\pi}{2}\right)^{\frac{1}{2}}z^{2\mu+2\sigma+3}\,u^{-\mu-\sigma-5/2}\int\limits_0^\infty e^{-\frac{z^2v^2}{4u}}\,\varphi_{\sigma,\frac{1}{2}}(v)\,v^2\,dv\end{aligned}\right\}\quad.\quad.\quad.\quad.\quad(25)$$

(wo $\Re(\sigma)>-\frac{5}{2}$ ist).

Aus (21) und (23) ergibt sich jetzt[9])

$$\left.\begin{aligned}\Phi_{\mu,\nu}(z)=\frac{\pi^{\frac{1}{2}}\,z^{2\nu}}{2^{-3\alpha+2-\frac{1}{2}(3\mu-3\nu)}}&\int\limits_0^\infty\varphi_{\alpha-2-\frac{1}{2}(\mu-\nu),\,-\alpha+1-\frac{1}{2}(\mu-\nu)}(v)\,v^{-2\alpha+3-\mu+\nu}\,dv\\&\times\int\limits_0^\infty K_{\alpha-\frac{1}{2}(1-\mu-\nu)}(2u)\,e^{-\frac{z^2v^2}{4u}}\,u^{\alpha+\frac{1}{2}(\mu-3\nu-3)}\,du\end{aligned}\right\}.\quad(26)$$

(wo $\Re(\mu+\nu)<1$, $\Re(\mu-\nu)<1$, $\Re(a)>0$ ist); ebenso aus (21) und (24)

$$\left.\begin{aligned}\Phi_{\mu,\nu}(z)=\frac{\pi^{\frac{1}{2}}\,z^{2\nu-2}}{2^{-3\alpha+2-\frac{1}{2}(3\mu-3\nu)}}&\int\limits_0^\infty\varphi_{\alpha-3-\frac{1}{2}(\mu-\nu),\,-\alpha-\frac{1}{2}(\mu-\nu)}(v)\,v^{-2\alpha+3-\mu+\nu}\,dv\\&\times\int\limits_0^\infty K_{\alpha-\frac{1}{2}(1-\mu-\nu)}(2u)\,e^{-\frac{z^2v^2}{4u}}\,u^{\alpha+\frac{1}{2}(\mu-3\nu-1)}\,du\end{aligned}\right\}.\quad(27)$$

(wo $\Re(\mu+\nu)<1$, $\Re(\mu-\nu)<0$, $\Re(a)>0$ ist) und schlieszlich aus (22) und (25)

$$\Phi_{\mu,\nu}(z)=\left(\frac{\pi}{2}\right)^{\frac{1}{2}}z^{2\mu+2\sigma+3}\int\limits_0^\infty\varphi_{\sigma,\frac{1}{2}}(v)\,v^2\,dv\int\limits_0^\infty K_\nu(2u)\,e^{-\frac{z^2v^2}{4u}}\,u^{-\mu-\sigma-5/2}\,du\qquad(28)$$

(wo $\Re(\mu+\nu)<1$, $\Re(\mu-\nu)<1$, $\Re(\sigma)>-\frac{5}{2}$ ist).

---

9) Die Vertauschung der Integrationsfolge ist erlaubt; siehe BROMWICH, Infinite Series, § 177.

Nun hat man [10])

$$K_{\frac{1}{2}}(2u) = K_{-\frac{1}{2}}(2u) = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{u}\right)^{\frac{1}{2}} e^{-2u}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (29)$$

$$\int_0^\infty e^{-2u-\frac{w^2}{4u}} u^{-s-1}\, du = 2^{\frac{1}{2}(3s+2)} w^{-s} K_s(2^{\frac{1}{2}} w), \quad . \quad . \quad . \quad (30)$$

$$\int_0^\infty K_s(2u) e^{-\frac{w^2}{4u}} u^{-1}\, du = 2\, K_s(w e^{\frac{1}{4}\pi i}) K_s(w e^{-\frac{1}{4}\pi i}). \quad . \quad . \quad (31)$$

Formel (6) folgt also aus (26), mit $\alpha = 1 - \frac{1}{2}(\mu + \nu)$ angewendet, (29) und (30); ebenso Formel (7) aus (26), mit $\alpha = -\frac{1}{2}(\mu + \nu)$ angewendet, (29) und (30), Formel (8) aus (27), mit $\alpha = -\frac{1}{2}(\mu + \nu)$ angewendet, (29) und (30), Formel (9) aus (28), mit $\sigma = -\mu - \frac{3}{2}$ angewendet, und (31), Formel (10) aus (26), mit $\alpha = \frac{1}{2}(1 - \mu + 3\nu)$ angewendet, und (31) und schlieszlich Formel (11) aus (27), mit $\alpha = \frac{1}{2}(-1 - \mu + 3\nu)$ angewendet, und (31) [11]).

---

[10]) Man vergl. B. F., S. 80, Formel (13), S. 183, Formel (15) und S. 439, Formel (1).

[11]) Setzt man $\alpha = 1 - \frac{1}{2}(\mu + \nu)$ in (27), dann erhält man wegen (29) und (30)

$$\Phi_{\mu,\nu}(z) = \frac{\pi}{2^{\frac{1}{2}} z} \int_0^\infty \varphi_{-\mu-2,\nu-1}(v) K_{2\nu-1}(2^{\frac{1}{2}} z v)\, v^2\, dv.$$

Diese Integraldarstellung ist aber äquivalent mit (7), da (siehe auch (3), (5) und (17). $\Phi_{\mu,\nu}$, $\varphi_{\mu,\nu}$ und $K_\nu$ gerade Funktionen von $\nu$ sind.

---

**Geologie.** — *Chemische analyses van gesteenten van Poeloe Berhala.* Door W. VAN TONGEREN. (Aangeboden door Prof. L. RUTTEN.)

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

Van de verschillende typen van gesteenten die door DRUIF op Poeloe Berhala verzameld zijn, werden in het chemisch laboratorium van het Mineralogisch Geologisch Instituut te Utrecht analyses gemaakt. DRUIF beschrijft de volgende groepen: [1])

---

[1]) J. H. DRUIF. Gesteenten van Poeloe Berhala. Deze Proceedings, 1935, p. 639.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Graniet. | Handstukken nrs. | 1, 3, 4 en 5. |
| 2. | Gneiss. | ,, | 13. |
| 3. | Apliet-Pegmatiet. | ,, | 20. |
| 4. | Kalksilicaathoornrots | ,, | 22, 23 en 24. |

Indien achter een groep meer dan één nummer is vermeld, beteekent dit, dat een mengmonster onderzocht is. De keuze geschiedde in overleg met DR. DRUIF, rekening houdende met de resultaten van het petrographisch onderzoek.

De uitvoering der analyses gebeurde in hoofdzaak naar de voorschriften van WASHINGTON en HILLEBRAND. Het totaal van $Fe_2O_3 + FeO + TiO_2$ werd evenwel gravimetrisch bepaald na omsmelting van de sesquioxyden in alcalisch milieu. Alkalibepaling volgens [2]).

De uitkomsten van het mineralogisch onderzoek maakten het wenschelijk, ook de zeldzame aarden te bepalen. Deze werden afgescheiden als fluoriden en gewogen als oxyden. De hoeveelheid was steeds zeer klein. Contrôle werd op de volgende manier verkregen: het fijngepoederde gesteente werd door omroeren in bromoform (d = 2.890) gescheiden in soortelijk lichte en zware fractie. Zoo werd van de graniet nr. 1. uit 32.543 g poeder verkregen 1.5597 g zware fractie of 4.79 %, welke bevatten 0.0073 g oxyden der zeldzame aarden = 0.47 % of 0.022 % van het gesteente. De roodbruine kleur van deze oxyden maakt het waarschijnlijk, dat het voornamelijk zeldzame aarden van de ceriumgroep waren; ze worden in de tabel vermeld als $Ce_2O_3$. De *lichte* fractie was vrij van lanthaniden. Het gehalte aan $SiO_2$ van lichte en zware fractie was resp. 66.91 % en 35.48 %. De graniet nr. 1. bestaat dus slechts voor 65.45 % uit $SiO_2$. De zware fractie vertoonde een buitengewoon sterke mangaanreactie en moet dan ook, waar in de lichte fractie geen MnO aanwezig bleek te zijn, ca. 0.4 % ervan bevatten.

Tin werd in geen van de onderzochte gesteenten aangetroffen. De relatief kleine hoeveelheden boriumbevattende mineralen met elk voor zich weer een laag $B_2O_3$-gehalte vormden geen aanleiding om de vrij bewerkelijke boriumbepaling uit te voeren.

Resultaten van de analyses: (zie de tabellen).

Behalve de gewichtsprocentische samenstelling van de gesteenten is verder in dezelfde tabel de normatieve mineraalsamenstelling opgegeven en in de tweede tabel de projectiewaarden volgens NIGGLI [3]).

De laatste vijf kolommen van de tweede tabel zeggen ons een en ander over de mineralogische samenstelling van de gesteenten [4]). De groep Ls,

---

[2]) W. v. TONGEREN. Eenige opmerkingen over de bepaling van de Alkaliën volgens de methode van LAWRENCE SMITH. Chem. Weekblad, 1935, p. 224.

[3]) P. NIGGLI—P. J. BEGER. Gesteins- und Mineralprovinzen I. Berlin 1923.
W. E. TRÖGER. Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Berlin 1935.

[4]) P. NIGGLI. Zur Deutung der Eruptivgesteinsanalysen auf Grund der Molekularwerte. S. M. P. M. VII, 1 — 1927, p. 116.

TABEL I.
Gewichtsprocentische en normatief mineralogische samenstelling van de onderzochte gesteenten.

| | Graniet | Gneiss | Apliet | Kalksilicaat-hoornrots |
|---|---|---|---|---|
| | 1, 3, 4 en 5 | 13 | 20 | 22, 23 en 24 |
| Analyse | W. v. TONGEREN | W. v. TONGEREN | B. MENNEGA | W. v. TONGEREN |
| $SiO_2$ | 66.70 | 78.01 | 75.63 | 53.08 |
| $Al_2O_3$ | 14.50 | 8.37 | 13.93 | 13.69 |
| $Fe_2O_3$ | 1.07 | 1.80 | 0.16 | 2.08 |
| FeO | 1.89 | 4.88 | 0.43 | 5.21 |
| MnO | 0.02 | sp. | sp. | 0.18 |
| MgO | 2.22 | 0.60 | 0.15 | 4.25 |
| CaO | 0.83 | 1.15 | 2.00 | 14.83 |
| $Na_2O$ | 1.70 | 0.70 | 3.24 | 2.25 |
| $K_2O$ | 9.37 | 1.70 | 4.27 | 0.57 |
| $H_2O+$ | 0.99 | 1.83 | 0.45 | 1.68 |
| $H_2O-$ | 0.16 | 0.30 | 0.30 | 0.68 |
| $TiO_2$ | 0.24 | 0.58 | sp. | 0.72 |
| $CO_2$ | sp. | 0.02 | 0.00 | 0.33 |
| $P_2O_5$ | 0.13 | 0.32 | 0.11 | 0.36 |
| SrO | 0.00 | 0.00 | — | 0.01 |
| BaO | 0.00 | 0.00 | — | 0.02 |
| S | 0.01 | 0.00 | — | 0.25 |
| $ZrO_2$ | 0.03 | 0.00 | — | — |
| $Ce_2O_3$ | 0.02 | sp.? | — | 0.00 |
| $Cr_2O_3$ | 0.00 | 0.00 | — | sp. |
| Som | 99.88 | 100.26 | 100.67 | 100.19 |
| af O voor S | | | | 0.18 |
| Som | | | | 100.01 |
| Orthoklaas | 55.2 | 10.0 | 25.2 | 3.2 |
| Albiet | 14.4 | 5.9 | 27.4 | 19.0 |
| Anorthiet | 3.3 | 3.6 | 9.2 | 25.6 |
| Sillimanniet | 0.6 | 6.4 | 1.0 | — |
| Pyroxeen | 8.2 | 9.0 | 1.0 | 37.1 |
| Kwarts | 14.9 | 59.2 | 35.6 | 7.2 |
| Erts | 2.1 | 4.0 | 0.5 | 5.3 |
| Water en $CO_2$ | 1.2 | 2.1 | 0.8 | 2.7 |
| Som | 99.9 | 100.2 | 100.7 | 100.1 |
| % an. in de plagioklaas | 18.5 | 38 | 25 | 46 |
| Samenstelling v. d. plagioklaas | Oligoklaas | Andesien | Oligoklaas | Andesien |

TABEL 2.

Projectiewaarden der onderzochte gesteenten met gemiddelde waarden voor eenige gesteenten volgens NIGGLI en TRÖGER (3).

| | si | al | fm | c | alk | qz | k | mg | c/fm | S | Ls | Fs | Qs | k | Vsp | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Graniet P. B. | 293 | 37.5 | 25 | 4 | 33.5 | 60 | 0.78 | 0.58 | 0.16 | II | 0.71 | 0.09 | 0.20 | 0.78 | 0.95 | 1 |
| Rapakiwi N. | 319 | 39.5 | 20.5 | 6.5 | 33.5 | | 0.60 | 0.16 | | | | | | | | 2 |
| Rapakiwi T. | 380 | 40 | 18 | 9 | 33 | | 0.50 | 0.27 | | | | | | | | 3 |
| Granosyenit. | 26 | 40 | 17 | 10 | 33 | | 0.45 | 0.30 | | | | | | | | 4 |
| Gneiss P. B. | 548 | 34.5 | 44.5 | 8.5 | 12.5 | 398 | 0.62 | 0.14 | 0.20 | II | 0.22 | 0.06 | 0.72 | 0.62 | 0.53 | 5 |
| Apliet P. B. | 447 | 48.5 | 4 | 12.5 | 35 | 209 | 0.47 | 0.32 | 3.1 | VIII | 0.52 | 0.01 | 0.47 | 0.47 | 0.83 | 6 |
| Aplietgranit. | 460 | 46 | 8 | 5.5 | 40.5 | | 0.50 | 0.20 | 0.67 | | | | | | | 7 |
| Yosemiet-granitisch | 350 | 43 | 14 | 13 | 30 | | 0.45 | 0.33 | 0.93 | | | | | | | 8 |
| Kalksilicaat-hoornrots P.B. | 136.5 | 20.5 | 32 | 41 | 6.5 | +10 | 0.14 | 0.51 | 1.28 | VI | 0.50 | 0.43 | 0.07 | 0.14 | 0.48 | 9 |

1. Graniet P. B.
2. Rapakiwi volgens NIGGLI
3. Rapakiwi volgens TRÖGER
4. Granosyenitisch magma
5. Gneiss P. B.
6. Apliet P. B.
7. Aplietgranitisch magma
8. Yosemietgranitisch magma
9. Kalksilicaathoornrots P. B.

Fs, Qs, geeft aan, hoeveel van het $SiO_2$ gebonden is, resp. in lichte mineralen, donkere mineralen en hoeveel er dus overblijft als vrij $SiO_2$, hier vooral als kwarts aanwezig. Het cijfer k geeft ons, welk deel van de normatieve alkaliveldspaath uit kaliveldspaath bestaat (moleculaire verhouding!) en evenzoo vinden we in de kolom Vsp. welk deel de alkaliveldspaath van de in totaal optredende veldspaath uitmaakt.

Wanneer men de analyses en de projectiewaarden naast de beschrijving van DRUIF legt, vindt men in het chemisme van de gesteenten een bevestiging en verklaring van de petrographische eigenaardigheden. Het is dus alleen noodig, bij een overigens zoo fraaie overeenstemming, op eenige kleine verschillen te wijzen en een enkele aanvulling te geven die alleen uit het chemisch onderzoek kon blijken.

1. De granieten hebben een zeer hoog alkaligehalte, bestaan dus in hoofdzaak uit veldspaath met weinig kwarts en donkere mineralen. Het is moeilijk deze analyse thuis te brengen in de tabellen van NIGGLI [3]). De graniet heeft syenietkenmerken, het voor syeniet betrekkelijk lage gehalte aan zeldzame aarden vindt wellicht zijn verklaring in het eveneens lage natriumgehalte. Het sterkst is de overeenkomst nog met sommige Rapa-

kiwigranieten. De projectiewaarden voor Rapakiwigraniet volgens NIGGLI zijn dan ook in tabel II opgenomen. DRUIF wijst op een hoog cordierietgehalte. Het aluminiumoxyde-overschot is echter slechts gering, vermoedelijk zijn twee-assige kwartsen meegeteld als cordieriet, op welke mogelijkheid DRUIF trouwens wijst.

Het is van belang, op te merken, dat de eigenaardigheden in chemisch opzicht, die deze gesteenten hun bijzonder karakter verleenen eveneens aangetroffen worden bij gesteenten in de omgeving, deze laatste zeer ruim genomen. Gesteenten met een hoog $K_2O$-gehalte zijn op Sumatra, Borneo en de Karimata-eilanden geen zeldzaamheid [5]), terwijl een grooter of kleiner $Al_2O_3$-overschot haast regel genoemd mag worden voor zure gesteenten en nog niet een zeldzaam verschijnsel is voor intermediaire gesteenten uit deze gebieden.

2. De gneissen. De tweede groep brengt DRUIF thuis onder de gneissen, het onderzochte nummer heeft echter een samenstelling welke — in de classificatie van GRUBENMANN [6]) — eerder aan die van een kwartsitisch gesteente doet denken. Het kwartsgehalte is al aan den hoogen kant voor een alkaliveldspaathgneiss (85 mol. % $SiO_2$); het alkaligehalte is echter beslist te klein. Bij vergelijken met de door GRUBENMANN gegeven analyses van kwartsitische gesteenten, vinden we dan ook inderdaad, dat ons nummer 13 daarmede groote overeenkomst vertoont.

3. Vertoonde de graniet een sterk „mediterraan" karakter, de apliet heeft voor een zoo zuur gesteente een hoog calciumgehalte en is daardoor meer „pacifisch" georiënteerd. Gesteenten van ongeveer gelijke chemische samenstelling komen in vrijwel het heele hierboven reeds genoemde gebied voor [7]).

4. De kalksilicaathoornrotsen. De chemische samenstelling van de door DRUIF onder dezen naam beschreven gesteenten is inderdaad die van de kalksilicaatgesteenten. De samenstelling is vermoedelijk niet die van een

---

[5]) Onder andere:

J. SCHMUTZER: Versl. K. A. v. W. Amst. XVII, 1908, p. 301, analyse van glasrijke amphibooldaciet, van C. Borneo.

Jb. Mijnw. 1931, alg. ged. p. 190 vele analyses van W. Borneo, bijna alle gesteenten met Al-overschot, vele met hooge waarden voor alkaliën.

P. ESENWEIN. Die Eruptiv-, Sediment- und Kontaktgesteine der Karimata-Inseln. Wet. Med. Dienst v. d. Mijnb. in Ned. Indië. N⁰. **24**, Batavia 1933.

H. STEGMANN. Die jungen Ergussgesteine der Batakländer Sumatra. N. Jahrb. f. Min. etc. B. B. **27**, 1909, p. 436.

A. WICHMANN. Over Rhyolieth van de Pelapis-eilanden. Versl. K. A. v. W. Amsterdam 1912—1913, Bnd. XXI, p. 386. (10.01 % $K_2O$. !)

[6]) U. GRUBEMANN. Die Kristallinen Schiefer II. Berlin, 1910.

[7]) Onder meerdere: Verschillende analyses, medegedeeld in J. Mijnw. 1931, alg. ged. petrographisch laboratorium.

normaal magmatisch gesteente, al blijkt dit niet uit de ligging van het projectiepunt in de tetraederprojectie. Het kalkgehalte is iets lager dan bij kalksilicaatgesteenten het geval pleegt te zijn. Wellicht hebben we hier te maken met producten die door een geringe assimilatie van kalkige sedimenten in het magma zijn ontstaan.

Wanneer we de resultaten van het chemisch onderzoek samenvatten, blijkt ,dat de geanalyseerde gesteenten in samenstelling overeenkomen met gesteenten uit een vrij groote omgeving. Zelfs bij een tamelijk hoog alkaligehalte schijnen ze van origine reeds een gering $Al_2O_3$-overschot te hebben, dat zich bij eenigszins gunstige omstandigheden uit in het optreden van granaat, cordieriet, sillimanniet enz. in kleine doch hardnekkig optredende hoeveelheden. Daarmee samen gaat het voorkomen van maar weinig kwarts.

Veel dank ben ik verschuldigd aan Dr. DRUIF voor het ter mijner beschikking stellen van zijn belangwekkend gesteentemateriaal, aan PROF. SCHMUTZER voor de welwillendheid, waarmee hij mij ook nu weer toestond gebruik te maken van de inrichting van het chemisch laboratorium van het Min.-Geol.-Instituut en aan Mej. MENNEGA, die de analyse van de apliet voor mij uitgevoerd heeft.

Summary: The chemical composition is given of four types of rocks, described by DRUIF [1]). The results agree closely with the petrographical features and account for them. Though the alcali-contents are high, there is still an excess of $Al_2O_3$, causing the appearance of garnets, cordierite and sillimannite in little amounts. Even the highly siliceous rocks among them are consequently poor in quartz. The same particularities are shown by many analyses of rocks described from Sumatra, Borneo and the Karimata Islands.

*Utrecht. Mineralogisch Geologisch Instituut der Rijksuniversiteit.*

---

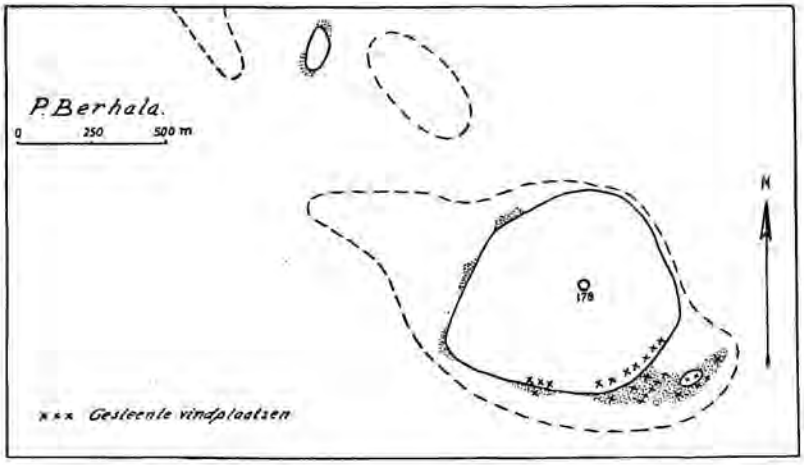
**Petrologie.** — *Over gesteenten van Poeloe Berhala (Straat van Malakka, Gouv. S.O.K.).* Door J. H. DRUIF. (Aangeboden door Prof. L. RUTTEN.)

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

De hier te beschrijven gesteenten, 36 in aantal, zijn afkomstig van Poeloe Berhala, circa 90 km Oost van Belawan Deli in Straat Malakka gelegen. Op Bl. I van de Geol. Kaart van Ned. Oost Indië is het als graniet aangeduid.

Het voornaamste deel van het eilandje wordt ingenomen door een kegelvormigen berg, ter hoogte van ongeveer 180 m en met een basisdoorsnede van ca. 200 m. In het Z.O. bevindt zich nog een kleinere kop, welke door

een smalle landtong nog juist met de hoofdmassa verbonden is. Bijgaand schetskaartje, overgenomen van de „Kaart van de Vaarwaters en Aanleg-




plaatsen op de O.-kust van Sumatra", uitg. Min. van Marine, 1929, N°. 230, geeft de situatie weer. Tevens is daarop aangegeven, waar de gesteente-monsters, de strandzandmonsters en de verweeringsgrondmonsters ongeveer zijn genomen.

In overeenstemming met wat de Geol. Kaart aangeeft werd geconstateerd, dat de hoofdmassa van het eiland inderdaad uit een granitisch gesteente bestaat, zij het ook uit een eenigszins afwijkend type. Daarnaast werden echter bovendien aangetroffen: aplieten en pegmatieten, gneissen en glimmerschisten en enkele zeer sterk metamorph veranderde gesteenten, welke nog het best als kalksilicaathoornrotsen kunnen worden gedefinieerd. Aangaande de algemeene situatie kan nog het volgende worden opgemerkt: in de landtong tusschen de beide deelen van het eiland treden de gneissen en glimmerschisten met gangen van apliet en pegmatiet op. Dit geheele pakket is sterk gestoord; de strekking is ongeveer NO—ZW, de helling circa 35—40° naar NW (d.w.z. naar het hoofdeiland toe). Behalve oprichting heeft eveneens verbuiging en vouwing der gesteenten plaats gehad. De reeds gememoreerde kalksilicaathoornrotsen komen in losse blokken en als grootere insluitsels in de graniet voor, hoofdzakelijk op den „staart".

Nadat bij een voorloopig onderzoek van de op het Deliproefstation gemaakte preparaten (welke nu in het Geol. Instituut te Utrecht zijn) de aanwezigheid van verschillende minder veelvuldig voorkomende componenten was gebleken, werd tevens van elk gesteente een gedeelte verpoederd, teneinde een scheiding met zware vloeistoffen te kunnen toepassen en een grootere concentratie van zeldzame bestanddeelen te verkrijgen. Ten slotte werd bij een tweede bezoek ook het strandzand en de verweeringsgrond bemonsterd.

Bij dit onderzoek bleek wederom de wenschelijkheid, om bij gesteenteonderzoek naast de bestudeering der dunne doorsneden, ook de losse

componenten voor dit doel te gebruiken. In de eerste plaats toch wordt hierdoor het determineeren van zeldzame bestanddeelen vergemakkelijkt, aangezien ze bij het optisch onderzoek in elke gewenschte stand kunnen worden gebracht, terwijl dikwijls ook kristallographische bijzonderheden aan het licht komen, welke anders aan de waarneming zouden zijn ontgaan, in de tweede plaats bereikt men een dergelijke concentratie van zeldzame bestanddeelen, dat het practisch uitgesloten geacht kan worden dat ook maar één enkele aan de waarneming zou ontsnappen (1).

Voor twee der aangetroffen mineralen, n.l. monaziet en xenotiem, werd microchemisch onderzoek bij de determinatie wenschelijk geacht, terwijl voor het vaststellen van de aanwezigheid van cassiteriet in het strandzand en de verweeringsgrond de methode van MILLNER werd gebruikt (op zink met H in st.n.) (2). Speciaal de succinaat reactie op Ce gaf fraaie resultaten bij het onderzoek van de monaziet. Bij de xenotiem werd volstaan met het aantoonen van P, aangezien de optische kristallographische eigenschappen in verband met de positieve P-reactie gegevens genoeg verschaften, om tot deze determinatie te kunnen besluiten.

De onderzochte gesteenten kunnen als volgt worden verdeeld:

1. *Graniet* (inclusief gneissachtige graniet, granietporphyr en porphyrische graniet) 1, 2, 3, *4*, *5*, *6*, **7**, **8**, *9*, **10**, **11**, 17, *29*, *30*, 33 en 35.
   De cursief gedrukte nummers zijn porphyrisch ontwikkeld, de vet gedrukte zijn gneiss-achtig. Op grond van de mineralogische samenstelling kunnen deze gesteenten worden gedefinieerd als *Monaziethoudende biotietgraniet*.
2. *Gneiss* (11), *12*, 13, 14, 15, 16, 26, *32*, *36*. De cursief gedrukte nummers kunnen als „adergneissen" worden beschouwd. De mineralogische samenstelling voert tot den naam van *Monaziethoudende biotietgneiss*. Bij deze groep sluiten zich in zekeren zin nog twee nummers van de collectie aan, n.l. 28 en 32 (min of meer), welke hoofdzakelijk uit biotiet met monaziet bleken te bestaan en welke dus als *Monaziethoudende biotietschist* kunnen worden gekarakteriseerd.
3. *Apliet-Pegmatiet* 18, 19, 20, 27, 31, 34. Op grond van het in deze gesteenten optredende mineraal dumortieriet kunnen ze gevoeglijk als *Dumortieriet-apliet* en *-pegmatiet* worden genoemd.
4. *Kalksilicaathoornrots* 21, 22, 23, 24, 25, welke naam aan deze gesteenten gegeven werd op grond van de aangetroffen mineraalcombinatie: veldspaath-diopsied-granaat.

*Gesteentebeschrijving*. 1. *De Granieten*. Macroscopisch vertoonen deze het volgende beeld: tamelijk licht gekleurde, in frisschen toestand iets rose tot licht vleeschkleurig getinte gesteenten, midden- tot grof-korrelig. Bij beginnende verweering treden geelbruine tinten op. Met het bloote oog of met de loupe ziet men kwarts, veldspaath (waaronder ook plagioklaas) en biotiet. In sommige nummers ook roode granaat en toermalijn, meest onregelmatig verspreid, soms echter duidelijk plaatselijk opgehoopt. Door-

dat de biotiet soms reeds een duidelijke rangschikking in slieren en lagen vertoont wordt in verschillende nummers een beginnende gneisstextuur ontwikkeld. In de porphyrisch ontwikkelde stukken treden vooral de veldspaten op den voorgrond (b.v. 6 en 9).

Het microscopische beeld vertoonde bij de verschillende nummers groote overeenkomst zoodat met de beschrijving van één gewone graniet volstaan kan worden. Gesteente N⁰. 1 vertoont het volgende beeld: hypidiomorph korrelig gesteente, hoofdzakelijk uit de combinatie kwarts-veldspaat bestaande. De veldspaat overweegt boven de kwarts, bij de veldspaten onderling overweegt de orthoklaas sterk boven de plagioklaas. Microclien is altijd aanwezig, zij het in tamelijk wisselende hoeveelheden. Als derde lichtgekleurd bestanddeel sluit zich hierbij, eveneens in tamelijk sterk wisselende hoeveelheden, cordieriet aan.

De *kwarts* komt voor zoowel in volkomen heldere als in tamelijk troebele individuen. Eigen vorm ontbreekt steeds. Soms zijn de zeer fijne insluitsels geheel in het binnenste van het kristal opgehoopt, soms in groepen, welke door geheel heldere zônen (a.h.w. als kanalen) van elkaar gescheiden zijn. Unduleuze uitdoving der heldere kwartsen is een veelvuldig optredend verschijnsel. Zeer veel kwarts wordt aangetroffen als insluitsel in andere mineralen; opvallend b.v. zijn de vrij groote, bijna ronde kwartskorrels, welke in groote veldspaatkristallen optreden. Ook in glimmer, toermalijn en granaat komen vrij groote insluitsels van kwarts voor. Daarnaast worden zeer veelvuldig micropegmatitische, poikilitische en myrmekitische vergroeiingen van kwarts en veldspaat (en ook wel van andere mineralen) waargenomen. In het algemeen kan men zeggen dat in deze gesteenten een uitgesproken neiging tot het ontwikkelen van zeefstructuren aanwezig is.

De *orthoklaas* en de *plagioklazen*, inclusief de *microclien* komen in het algemeen slechts betrekkelijk zelden als heldere kristallen voor. Meestal heeft er min of meer vèrgaande omzetting plaats gevonden, waarbij sericietvorming het meest gewone verschijnsel is. Een beginnende sausuritiseering werd enkele malen waargenomen, calcietvorming bleek echter zeer zelden voor te komen. Tamelijk vaak vertoonen de veldspaten een beeld, dat op het eerste gezicht (bij gebruik van x-nicols) doet denken aan dat van geserpentiniseerde olivijn. Een zeer onregelmatig netwerk van kanalen treedt op, welke met een niet dubbelbrekende substantie (opaal?) gevuld zijn. In enkele gevallen, bij duidelijk vertweelingde plagioklazen, lijkt dit verschijnsel uit te gaan van de grenzen der lamellen. Microclien geeft geen aanleiding tot nadere bespreking, de plagioklazen bleken tamelijk zuur te zijn (op grond van de waargenomen uitdovingen t.o.z. van de tweelings lamellen). Hoofdzakelijk schijnt oligoklaas voor te komen, daarnaast iets labrador. De weinige, groote, heldere veldspaten vertoonen dikwijls unduleuze uitdoving.

*Cordieriet* treedt op in onregelmatig begrensde partijen; doorgaans is het mineraal alleen maar met zekerheid te herkennen, wanneer pinitiseering

aanwezig is. Is zulks niet het geval, dan wordt de determinatie zeer bemoeilijkt door het eveneens voorkomen van duidelijk twee-assige kwarts.

*Biotiet* komt voor in grootere en kleinere partijen, in lappen, slieren, vezels en als schubvormige insluitsels in andere mineralen. Steeds is er zeer sterk pleochroisme aanwezig van lichtgeel of zeer licht roodbruin tot zeer donker bruin of geheel ondoorzichtig. In practisch alle grootere biotieten worden talrijke pleochroitische hofjes aangetroffen, gedeeltelijk om kleine zirkonen, gedeeltelijk om monazietkristallen. Vooral om grootere monazieten is immer een duidelijke, zeer donker gekleurde zoom aanwezig. Plaatselijk is de biotiet omgezet, hetzij dat vèrgaande ontkleuring optreedt, hetzij dat overgang in *chloriet* plaats vindt. In het laatste geval blijven in de biotiet aanwezige hofjes in de nieuw gevormde chloriet bewaard. Naast de biotiet komt sporadisch iets primaire *muscoviet* voor en eveneens wat *groene glimmer*. Deze laatste is doorgaans tevens gekarakteriseerd door typisch sagenitische vergroeiing met *rutiel*. Als insluitsels in biotiet komen nog voor: kwarts, apatiet, sillimmanniet en erts.

*Amfibool* is zeldzaam tot zeer zeldzaam. Wanneer het mineraal aanwezig is, vertoont het zeer licht groene tinten, met een pleochroisme van licht geelgroen naar licht groenbruin. De kristallen bezitten slechts weinig eigen vorm. Overgang in chloriet is vrijwel immer aanwezig. Ook in de amfibool komen hofjes om de reeds genoemde mineralen voor.

*Zirkoon* is steeds aanwezig, zij het ook in de preparaten betrekkelijk zeldzaam. Door de gelijktijdige aanwezigheid van monaziet ondervindt juiste schatting van de hoeveelheid in de doorsneden moeilijkheden, vooral t.o.z. van zeer kleine korrels. Uit de verpoederings-analyse blijkt evenwel, dat het mineraal in tamelijke hoeveelheden optreedt.

*Granaat* is in vrijwel alle nummers aanwezig, hoewel in sterk wisselende hoeveelheden. Ook de afmeting der individuen is aan groote schommelingen onderhevig. In enkele handstukken is de granaat met het bloote oog goed waarneembaar, in N⁰. 33 treden meer dan centimeter-groote korrels op. De grootere kristallen zijn rood in verschillende nuancen. Zij bleken te behooren tot *almandien*. Over het algemeen bevat de granaat zeer veel insluitsels, waaronder in de eerste plaats kwarts. Daarnaast echter ook sillimmanniet, terwijl langs barsten een isotrope substantie naar binnen dringt, welke waarschijnlijk limoniet is.

*Toermalijn* komt in de granieten in twee variëteiten voor: de gewone bruine en de zeer fraaie blauwgekleurde *indigoliet*. Beide variëteiten vertoonen zeer sterk pleochroisme, de eerste van lichtgeel tot practisch ondoorzichtig, de andere van bijna kleurloos of zeer licht groen-blauw tot donker marineblauw of indigo. Een enkele maal werden tweekleurige exemplaren aangetroffen: een blauwe zoom om een bruine kern, blauwe aderen in een, overigens bruin kristal en vergroeiingen van een blauw met een bruin individu. De meeste toermalijnkristallen zijn zeer onregelmatig ontwikkeld en doorgaans doorzeefd met kwartskristallen. Ook glimmer en granaat komen als insluitsel voor.

Veel zeldzamer dan de toermalijn is de *topaas* in deze gesteenten. Deze component is slechts zelden idiomorph ontwikkeld, doorgaans treft men onregelmatige kristalaggregaten aan, waarbij zoo nu en dan de typische insluitsels als beschreven door MÜGGE (3). De aanwezigheid van dit mineraal werd overigens ook geverifieerd bij het onderzoek der vermalen gesteenten.

Aan *apatiet* zijn de granitische gesteenten betrekkelijk arm, meestal beperkt het voorkomen van dit bestanddeel zich tot kleine kristallen als insluitsels in andere mineralen (speciaal in biotiet). Enkele nummers maken hierop echter een uitzondering, zoo b.v. N⁰. 9, waarin zeer groote apatieten voorkomen, de meeste ook hier ingesloten in de glimmer.

Een component, welke in alle granieten voorkomt, is *monaziet*. De monaziet treedt op zoowel in behoorlijk idiomorphe kristallen alswel in kleine, zeer slecht begrensde korrels. In de preparaten is hij steeds kleurloos en vertoont zeer veel overeenkomst met zirkoon. De iets grootere, min of meer idiomorph ontwikkelde kristallen bezitten echter meestal een duidelijke splijtbaarheid, wat een onderscheid met zirkoon oplevert. De breking is bovendien duidelijk lager. De geïsoleerde monazieten laten zich zonder de minste moeilijkheid van zirkoon onderkennen, zoowel door hun gedaante: min of meer plaatvormig ontwikkelde kristallen, als door hun kleur, welke voor de grootere individuen duidelijk groengeel is. De monaziet komt zeer veel voor als insluitsel in de biotiet en is dan steeds omgeven door een uitgesproken zwarten zoom. In enkele gevallen bleek de monaziet volgens kristallographische lijnen in de biotiet gerangschikt te zijn. De differentiaal-diagnose t.o.z. van zirkoon werd tenslotte gesteld door het optisch onderzoek van speciaal georiënteerde korrels en bevestigd door microchemisch onderzoek.

De gesteenten blijken opvallend arm aan *erts* te zijn.

Voor N⁰. 3 moet nog een bijzonder bestanddeel vermeld worden n.l. *dumortieriet*, welke daarin in enkele kleine kristallen werd aangetroffen. Dit mineraal zal nader ter sprake komen bij de beschrijving der pegmatieten.

In verschillende preparaten werd een fraaie vergroeiing van biotiet met *sillimmanniet* aangetroffen; daar deze echter buitengewoon karakteristiek ontwikkeld is in de groep der gneissen, zal ze daar nader worden gememoreerd.

2. *De Gneissen*. Macroscopisch zijn het gesteenten, welke uit afwisselende banden glimmer met kwarts en veldspaat bestaan. Er kan een scheiding gemaakt worden tusschen gneissen „sensu stricto", welke uit alterneerende laagjes biotiet met kwarts-veldspaat bestaan en geen plooiingsverschijnselen vertoonen en „adergneissen" welke weliswaar dezelfde mineraalassociatie bezitten, doch welke duidelijk geplooid en gevouwen zijn. Bovendien treden bij de laatste categorie duidelijke verschillen in korrelgrootte op. Met het bloote oog of de loupe laten zich behalve kwartsveldspaat en groote massa's biotiet ook granaat en sillimmanniet vaststellen.

Microscopisch vertoonen deze gesteenten het gewone beeld van een typische gneiss, n.l. in de eerste plaats het ontbreken van elke kristallisatievolgorde. De textuur is bovendien duidelijk gelaagd, en unduleuze uitdoving is regel.

*Kwarts* en *veldspaat* geven na het te berde gebrachte in de vorige groep geen aanleiding tot nadere bespreking; doordringingsstructuren zijn talrijk, insluitsels zeer talrijk, heldere kristallen zeldzaam. *Microclien* is matig aanwezig. Het voornaamste donkere bestanddeel is de *biotiet*, welke doorgaans duidelijk in lagen gerangschikt is. Het mineraal is ook in deze gesteenten rijk aan pleochroitische hofjes; het is sterk pleochroitisch. Het vertoont verder dezelfde omzettingsverschijnselen, n.l. ontkleuring en overgang in *chloriet*. In de „adergneissen" treedt vaak typisch verbuiging van de biotietblaadjes op. Het meest opvallende in deze gesteenten is de buitengewoon fraaie vergroeiing van biotiet met *sillimmanniet*. In het algemeen liggen de sillimmannietkristallen met hun lengterichting parallel met de splijtrichting van de glimmer. Er komen evenwel talrijke uitzonderingen op dezen regel voor. Verder vindt men ook veel kleine sillimmannietkristallen volkomen willekeurig in de glimmer en andere mineralen ingesloten. Uit de waargenomen overgangen laat zich afleiden, dat de s. zich hier vormt tenkoste van de biotiet. Echter komt het mineraal ook geheel onafhankelijk van de biotiet voor in lange slieren en aders door het gesteente, meestal duidelijk verbogen. Verder vormt het insluitsels in vrijwel elk ander aanwezig bestanddeel. Zoo werd het waargenomen in kwarts, in veldspaat, in granaat en in toermalijn. Een enkele maal werd een kelyphytische structuur van s. op de grens van veldspaat en glimmer gevonden. De doorsneden van de s. volgens (001) zijn gekarakteriseerd door zeer lage polarisatiekleuren en duidelijke splijting volgens (010), dikwijls zijn ze bijna quadratisch. Als accesoria komen voor: weinig primaire *muscoviet*, wisselende hoeveelheden *cordieriet*, zeer weinig *apatiet*, veel roode *granaat*, welke onveranderlijk rijk aan insluitsels, hoofdzakelijk van kwarts en sillimmanniet is en *toermalijn*. Dit laatste mineraal echter betrekkelijk weinig. Merkwaardig is de vergroeiing van toermalijn met sillimmanniet, terwijl in één geval de granaat geheel omsloten werd door een zeer groot toermalijnkristal. In N⁰. 28 zijn de granaten gerangschikt volgens de gelaagdheid van het gesteente. Lichtgroene *Amfibool* is zeldzaam, *Zirkoon* speelt een zeer ondergeschikte rol. *Monaziet* daarentegen is in alle gneissen en verwante gesteenten aanwezig.

Bij deze groep sluiten zich nauw aan de eigenlijke *Schisten* (N⁰'s 28, 32) welke vrijwel uitsluitend uit Biotiet met een weinig kwarts-veldspaat zijn opgebouwd. Deze gesteenten onderscheiden zich evenwel ook nog door hun opvallenden rijkdom aan monaziet; dit betrekkelijk zeldzame mineraal is hoofdzakelijk aan de schisten gebonden.

3. *De Aplieten en Pegmatieten.* Deze gesteenten zijn in hun voorkomen beperkt tot min of meer dikke gangen en aders in de eigenlijke

adergneissen. Macroscopisch zijn het zeer licht gekleurde gesteenten, waarin doorgaans alleen kwarts en veldspaat met het bloote oog te herkennen zijn. Soms sluit zich daarbij muscoviet aan; een enkele maal treden ophoopingen van toermalijn en/of roode granaat op. N⁰. 20 is een zuivere apliet, 18 en 19 zijn overgangstypen naar pegmatiet, 27 en 34 bezitten meer pegmatiet-karakter. Microscopisch vertoonen zij het gewone beeld dezer gesteenten: veel *kwarts* en zure *veldspaat*, talrijke schriftgranitische, doch daarnaast ook poikilitische en myrmekitische vergroeiingen. Verder unduleuze uitdoving der kwarts en veldspaat. Wat betreft de insluitsels en dergelijke kan gevoegelijk worden verwezen naar de beschrijving van de granieten. Donkere mineralen ontbreken vrijwel geheel.

*Muscoviet* speelt hier en daar een rol van eenige beteekenis; in de preparaten komt het meestal voor in aggregaten, soms ook in fijne gangen. *Zirkoon* weinig, in het verpoederde gesteente wordt evenwel nog al wat zirkoon aangetroffen, die dan meestal een geelgrauwe kleur vertoont, zoodat een oogenblik de mogelijkheid van cassiteriet werd overwogen. Nader onderzoek der geïsoleerde korrels kon dit echter niet bevestigen. *Toermalijn* is zeer onregelmatig verdeeld, de bruine variëteit overweegt sterk boven de blauwe. *Granaat* komt eveneens in twee variëteiten voor: een typisch licht roode: almandien en een geheel waterheldere, kleurlooze. Doorgaans vertoonen de granaten anomale dubbelbreking; „Felderteilung" werd niet waargenomen. *Apatiet* komt zeer weinig voor, *groene glimmer* daarentegen werd nog al eens aangetroffen en bleek ook onder de losse componenten tamelijk veel voor te komen.

Het merkwaardigste mineraal van deze gesteenten is de *dumortieriet*, die in fijne naalden en stengels, soms tot bundels vereenigd, optreedt. Het mineraal vertoont veel uiterlijke overeenkomst met toermalijn, het onderscheidt zich daarvan evenwel door de opvallende kleuren, waarbij een typisch fel roodviolet en fel cobaltblauw op den voorgrond treden. De geïsoleerde korrels zijn doorgaans onbestemd grauw-violet van kleur. Dumortieriet van P. Berhala is buitengewoon sterk pleochroitisch, variëerende van geheel kleurloos tot blauw of rood violet. Het absorptieschema staat loodrecht op dat van toermalijn, zoodat verwarring daarmede practisch uitgesloten is.

In het verpoederde gesteente werd verder nog de aanwezigheid van niet onaanzienlijke hoeveelheden *andalusiet* vastgesteld, welk bestanddeel in geen der preparaten werd aangetroffen.

4. *De Kalksilicaathoornrotsen.* Macroscopisch vertoonen zij het volgende beeld: donker grijsgroene, op de versche breuk zijde-achtig glanzende gesteenten, eenigszins den indruk van kwartsieten makend. Zij zijn buitengewoon hard, geven een hoogen klank bij aanslaan en bezitten een splinterige breuk. In enkele gevallen is nog een aanduiding van vroegere textuur waar te nemen, doorgaans valt door de dichtheid van de gesteenten daarvan echter niet veel meer te herkennen. Met het bloote oog

of loupe zijn slechts wat kwarts-veldspaat en rose granaat te herkennen. Microscopisch vertoonen zij het volgende beeld: panidiomorph korrelige gesteenten, hier en daar met duidelijk „verzahnte" structuur. Voornaamste lichte bestanddeel is de *veldspaat*, vrijwel uitsluitend plagioklaas. Deze is intermediair tot vrij basisch, hoofdzakelijk andesien; bytowniet werd echter ook opgemerkt. Doorgaans zeer fijne tweelingslamellen. Herhaaldelijk treden zeefstructuren op. Over het algemeen is de veldspaat frisch, omzettingsverschijnselen zijn tamelijk zeldzaam. De ondergeschikte *kwarts* eischt geen nadere bespreking. Onder de donkere mineralen treedt pyroxeen sterk op den voorgrond. Deze is licht grauw-groen gekleurd, vertoont geen pleochroisme en bezit verder de optische karakteristica van *diopsied*. Zelfs in de geïsoleerde, dikkere korrels kon geen spoor van pleocroisme worden waargenomen. Naast de diopsied treft men soms vrij talrijk, soms zeldzaam, een licht groene *amfibool* aan, die in veel gevallen met de diopsied vergroeid is. De kleuren der beide mineralen lijken zeer veel op elkaar, de amfibool onderscheidt zich evenwel door duidelijk pleochroisme en voorts, behalve door de gewone verschillen in uitdovingshoeken en splijtrichtingen, ook door het feit, dat in dit mineraal zeer veelvuldig doordringingsverschijnselen optreden, in de diopsied echter nooit. Deze zeefstructuren zijn vooral in gesteente N⁰. 21 goed waarneembaar. Verder blijken de gesteenten bijzonder rijk aan *granaat* en *titaniet* te zijn. Eerstgenoemde komt, zoowel in beige korrels als in geheel kleurlooze individuen voor, waarbij zich het merkwaardige verschil voordoet, dat de eerstgenoemde veel minder sterk anomale dubbelbreking vertoonen dan de laatste. In het algemeen vertoonen de beige gekleurde granaten een opvallende uiterlijke overeenkomst met soortgelijke exemplaren, door DRUIF (4) aangetroffen in de sommige Deli tuffen. Titaniet is in vrij aanzienlijke mate aanwezig. Het mineraal komt zoowel idiomorph als in min of meer onregelmatig begrensde grootere stukken en kleinere korrels voor. De meeste exemplaren zijn vrijwel kleurloos; slechts de isiomorphe kristallen zijn licht bruinachtig en vertoonen zwak pleochroisme van licht rose-geel naar bruin-geel. Splijting onduidelijk en onregelmatig; tweelingen niet waargenomen. De kleurlooze exemplaren lijken veel op monaziet, met welk mineraal verwarring mogelijk is wanneer idiomorphie en anomale interferentiekleuren ontbreken. Accessorisch werden nog waargenomen: zeer weinig *orthiet* (pleochroitisch van bruin naar groen), *apatiet* (in kleine kristallen, hoofdzakelijk als insluitsels), zeer weinig *zirkoon* (uitsluitend als insluitsel) en over het algemeen weinig *erts*. Gesteente N⁰. 22 moet nog apart vermeld worden wegens het sterk toenemen van het gehalte aan groene amfibool, waarmede een sterke toename van het erts gepaard gaat. De amfibool overheerscht hier duidelijk boven de diopsied, terwijl er eveneens veel meer kwarts aanwezig blijkt te zijn. Plaatselijk komt wat biotiet voor. In dit gesteente is de titaniet zeer talrijk, bijna steeds idiomorph en over het algemeen ook steeds zwak pleochroitisch in tinten welke aan de variëteit *grothiet* doen denken. In de amfibool hier en daar

wat *epidoot* en in enkele gevallen hofjes om titaniet. Het gesteente is iets gelaagd. De verschillende doordringingsstructuren, die in 21 zoo sterk op den voorgrond treden, zijn hier veel minder geprononceerd. Ook gesteente N⁰. 25 verdient apart de aandacht, aangezien daarin het contact van de graniet met het vreemde insluitsel optreedt. Het eigenaardige in dit gesteente is, dat de meest basische plagioklaas optreedt in de grenszône met de graniet; hoe verder daar vandaan, des te meer loopt de basiciteit terug. In dit geval is naast de titaniet ook monaziet en iets orthiet aanwezig.

Ter aanvulling en contrôle van het gesteente-onderzoek werden een aantal monsters van strandzanden en verweeringsgronden mineralogisch geanalyseerd, speciaal wat betreft de zware bestanddeelen.

Daarbij bleek in de eerste plaats dat in de strandzanden de mineralen: monaziet, dumortieriet en topaas tamelijk sterk geconcentreerd zijn. Bovendien werden enkele componenten opgemerkt, die niet in de gesteenten waren aangetroffen, n.l. *cassiteriet, fluoriet* en *spinel*. Cassiteriet kwam voor in den vorm van tamelijk donker bruine prismatische kristallen, duidelijk pleochroitisch van rood-achtig bruin naar groenig brons; fluoriet in de gedaante van fraaie groene octaeders, steeds voorzien van natuurlijke etsfiguren, terwijl de spinel zeer bleekblauw, waterhelder en volkomen idiomorph was. Dat de zanden uit den aard der zaak zeer rijk bleken aan toermalijn, granaat, sillimmanniet en monaziet, behoeft geen verwondering te baren, dat daarin echter ook buitengewoon fraaie *anataas*, grootere splijtstukken van *brookiet* en volkomen idiomorphe kristallen van *xenotiem* zouden worden aangetroffen, kon uit het voorgaand onderzoek niet worden afgeleid. Uit het onderzoek der verweeringsgronden bleek verder nog, dat de gesteenten van den „staart" buitengewoon rijk aan dumortieriet moeten zijn, daar dit mineraal in groote hoeveelheden voorkomt in de zware fractie der daar verzamelde rossige verweerings leem. De geelbruine verweerings leem van het hoofdeiland is bijzonder rijk aan zeer groote, geheel idiomorphe anataaskristallen, ontwikkeld als typische bipyramiden. Daarnaast treedt in niet onaanzienlijke mate daar brookiet op. Beide leemen bleken verder zeer rijk aan monaziet zoowel als aan xenotiem. Dit laatste mineraal komt in fraai idiomorphe kristallen voor, welke de combinatie van (111) met ondergeschikt (001) en soms (110) vertoonden. De hoofdpyramide bleek steeds tamelijk stomp te zijn. Zeer zeldzaam werden echter ook kristallen aangetroffen welke een grootere vlakkenrijkdom bezaten. Zoo werd ook in combinatie met (111) de andere pyramide (101) waargenomen en zeer uitzonderlijk eveneens een onmiskenbare ditetragonale bipyramide. De habitus van de kristallen is echter een geheel andere dan die van de er mede isomorphe zirkoon. Daarbij toch overheerscht immer het verticale prisma; hier overheerscht absoluut de pyramide. De xenotiem bleek rijk aan insluitsels, waarbij zirkoon de hoofdrol speelt. Het mineraal is betrekkelijk gemakkelijk te herkennen, als het idiomorph is, aangezien alsdan de typisch quadratische doorsnede direct de aandacht trekt. De weliswaar

hooge, doch t.o.z. van zirkoon sterk terugblijvende breking gepaard aan de zeer hooge dubbelbreking en de gemakkelijk waarneembare assenfiguur (dank zij de aanwezigheid van (001) in veel gevallen), en tenslotte het positieve karakter, heffen allen twijfel aangaande de identiteit op. Overigens is het oplosbaar gebleken in heet, geconcentreerd zwavelzuur, waardoor het eveneens gemakkelijk toegankelijk voor microchemisch onderzoek werd. In het onderhavige geval werd volstaan met het aantoonen van *P*.

Het onderzoek der verweeringsgronden loste de questie der al of niet aanwezigheid van Deli-tuffen op dit eiland op. Weliswaar vertoonen deze roodbruine en roodachtig gele leemen groote overeenkomst met de verweeringsgronden der liparietttuffen etc., maar de mineralogische samenstelling der beide categorieën is dermate uiteenloopend, dat er van de aanwezigheid van Deli-tuf op P. Berhala geen sprake kan zijn.

Uit het voorgaande moge blijken dat P. Berhala weliswaar grootendeels uit graniet is opgebouwd, dat echter deze graniet zeker niet „normaal" te noemen is. Er bestaat een zekere overeenkomst met de granieten van Ceram, door DE JONG (5) beschreven.

Bij het naar boven dringen heeft dit granitische magma deelen van oudere gesteenten in zich opgenomen, waardoor magmatische differentiatie is ontstaan. Verder hebben mineralisatoren voor pneumatolytische metamorphose zorggedragen, waaraan de aanwezigheid van toermalijn, fluoriet, cassiteriet monaziet, xenotiem en topaas kan worden toegeschreven. Tenslotte is het geheel dan nogmaals aan een verdere metamorphose onderworpen geweest, die van geheel anderen aard was, n.l. een gevolg van tektonische gebeurtenissen. De sterk geplooide gneissen en schisten met hun typische associatie granaat-sillimmanniet-biotiet etc. leggen daarvan getuigenis af.

Wat eindelijk de ouderdom dezer gesteenten betreft, zoo valt op het moment bij het ontbreken van andere criteria alleen de aandacht te vestigen op het feit, dat alle glimmers rijk aan zeer goed ontwikkelde hofjes zijn, waaruit met zekerheid een pré-tertiaire, waarschijnlijk een paleozoische ouderdom valt af te leiden.

Tenslotte moet de aandacht gevestigd worden op het merkwaardige feit, dat zoowel deze gesteenten als de ongetwijfeld veel jongere vulkanische tuffen van Deli beide rijk zijn aan zeldzame aarden: op P. Berhala monaziet-xenotiem, op Deli in de lipariet tuffen: orthiet! Dit zou wellicht een motief kunnen vormen beide op het zelfde stammagma terug te voeren.

Tot besluit is het mij een aangename plicht Prof. RUTTEN dank te zeggen voor de gastvrijheid mij op zijn laboratorium verleend voor de nadere bestudeering dezer gesteenten.

LITERATUUR.

1. J. H. DRUIF: Over de genese der Limburgsche Löss in verband met haar mineralogische samenstelling. Acad. Proefschrift, 1927.

2. H. B. MILLNER: Textbook of sedementary petrology.
3. O. MÜGGE: in Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine (E. A WÜLFING und O. MÜGGE).
4. J. H. DRUIF: De Bodem van Deli LL: Mineralogische onderzoekingen van den bodem van Deli, Bull. Deliproefstation 32, 1934.
5. H. DE JONG: Over gesteenten van Ceram, Acad. proefschrift, Utrecht, 1923.

*Zusammenfassung.*

Von der kleinen Insel Poeloe Berhala, 90 km. Ost von Belawan Deli (Sumatra) werden beschrieben: 1. Monazitführende Granite, 2. Monazitführende Biotitgneisse, 3. Monazit-Biotit-Schiefer, 4. Dumortierit-Aplite und -Pegmatite, 5. Kalksilikathornfelse (Feldspath-Diopsid-Granatgesteine), welche als Einschlüsse im Granit vorkommen.

Die Strandsande der Insel enthalten Zinnstein, Fluorit und Spinell, Anatas, Brookit und Xenotim; der Verwitterungslehm der Insel ist reich an Dumortierit und Anatas.

---

**Botany.** — *Nährstoff-aufnahme und Transport durch die Blätter von Drosera capensis L.* Von J. OUDMAN. (Communicated by Prof. J. C. SCHOUTE).

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

Obgleich schon viel früher die Vermutung geäuszert worden war, dasz die Insektivoren aus den von ihnen gefangenen Insekten Stoffe aufnähmen, die in den Prozesz des Stoffwechsels aufgenommen würden und so das Wachstum der Pflanzen förderten, war CH. DARWIN (1875) der erste, der dies durch Experimente nachzuweisen versuchte. Er gelangte zu dem Schlusz, dasz es tatsächlich eine Insektivorie gebe auf Grund der Erscheinungen, die nach Insektenfang auftreten (Tentakelkrümmung, Aggregation, Absonderung eines eiweiszspaltenden Enzyms).

Durch vergleichende Kulturversuche haben Forscher wie C. DE CANDOLLE (1876), FR. DARWIN (1878), CH. KELLERMANN und E. VON RAUMER (1878), M. BÜSGEN (1883) und später auch J. OOSTERHUIS (1927) die Bedeutung des Insektenfanges für das Wachstum der Insektivoren festgestellt.

Über die Natur der aus den Insekten aufgenommenen Stoffe weichen die Ansichten ziemlich weit voneinander ab. DARWIN und seine Zeitgenossen denken namentlich an N-haltige Verbindungen. E. STAHL (1900), H. WEYLAND (1912), G. SCHMID (1912), G. RUSCHMANN (1914) denken auszerdem an mineralische Nährstoffe. OOSTERHUIS schlieszlich hält Aufnahme von Mineralstoffen für wahrscheinlich, glaubt aber, dasz Eiweiszspaltungsprodukte die wichtigste Rolle spielen.

Die von mir angestellten Versuche beziehen sich ausschlieszlich auf das N-Problem. Erstens wurden Untersuchungen über die Ernährung mit N-Verbindungen auf die Blätter und die damit verbundene Entwicklung der Pflanzen angestellt. Zweitens wurde untersucht, welche Organe bei der Aufnahme der Stoffe eine Rolle spielen, wobei ich mich etwas eingehender mit der Stoffaufnahme durch die Tentakel befaszt habe. Schlieszlich wurde versucht festzustellen, was mit dem aufgenommenen N in den Blättern geschieht.

§ 1. *Vergleichende Kulturversuche.*

Die Versuche wurden mit Drosera capensis angestellt. Der Vorzug dieser Art ist, dasz die Blätter gröszer als die der einheimischen Arten sind, und sich dadurch besser zu verschiedenen Untersuchungen eignen. Es wurde immer von Keimpflanzen ausgegangen, die in verglasten Schüsseln auf Torfmull gezogen wurden, das während 3 oder 4 Tage mit Leitungswasser ausgespült, und danach mit destilliertem Wasser nachgespült worden war. Für nur-quantitative Versuche ist Torfmull kein idealer Kulturboden, für die hier angestellten vergleichenden Kulturversuche erwies es sich aber als genügend geeignet.

Um Insektenfang zu verhindern, wurden die Schüsseln in mit Wasser gefüllte Zinkbehälter gestellt, um laufende Insekten fernzuhalten. Über die Schüsseln wurden Gazekappen aufgestellt gegen fliegende Insekten. Unter jede Gazekappe konnten 12 Schüsseln mit je 12 Pflanzen gestellt werden. Alles war in einem Warmhaus angeordnet, wo die Temperatur zwischen 20 und 32 ° C. variierte.

Bei diesen vergleichenden Kulturversuchen wurde destilliertes Wasser oder eine N-freie Nährlösung (vgl. OOSTERHUIS, S. 22) oder eine *Knop*sche Lösung in den Boden gebracht. Zusammen mit dieser Bodenernährung wurden folgende Gegenstände und Stoffe auf die Blätter gebracht: Insekten, Asparagin, Pepton, Gelatine, und als Kontrolle diente eine Reihe, die nicht auf den Blättern ernährt wurde. Weiter wurde bei einer der Kulturen *Knop*sche Lösung auf die Blätter, und destilliertes Wasser in den Boden gebracht, und schlieszlich erhielt eine der Kulturen mit einer *Knop*schen Lösung vermischte Gelatine auf die Blätter und destilliertes Wasser in den Boden.

Das Asparagin und Pepton wurde in einer 1.5 % Lösung auf die Blätter gebracht. Jedes Blatt erhielt jedesmal einen Tropfen. Gelatine wurde in einer 2 %-Lösung in kleinen Stückchen verabfolgt. Bei den Kulturen, welche mit Insekten gefüttert wurden, wurden bei jeder Fütterung 4 oder 5 Blattläuse auf jedes Blatt gebracht. Jede 10 Tage wurden die Pflanzen auf den Blättern gefüttert.

Als Vergleichskonstante des Wachstums diente die Zahl der frischen Blätter, die einige Male während der Vegetationsperiode gezählt wurden. Am Ende des Versuches wurde das Trockengewicht festgestellt. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse dieses Versuches wiedergegeben.

TABELLE 1. Die bei den Kulturversuchen mit Drosera capensis erzielten Ergebnisse.

| Kultur N | Verabfolgte Stoffe | | Durchschnittliche Blätterzahl jeder Pflanze | | | | | Durchschn. Gesamtzahl der Blätter jeder Pflanze | Durchschn. Trockengew. jeder Pflanze |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Blatt | Boden | 20 Juli | 22 Aug. | 15 Sept. | 11 Okt. | 4 Nov. | | |
| 1 | Nichts | Dest. Wasser | 7 | 7 | 6.25 | 6.82 | 6 | 15.33 | 66 |
| 2 | „ | N-freie Lösung | 6.92 | 7.25 | 6.83 | 6.17 | 6.42 | 15.75 | 87 |
| 3 | „ | Knopsche Lösung | 7.08 | 11.33 | 11.75 | 11.50 | 11.58 | 23.50 | 261 |
| 4 | Asparagin 1.5 % | Dest. Wasser | 7 | 9.18 | 7.91 | 6.10 | 6.09 | 19.37 | 116 |
| 5 | „ | N-freie Lösung | 6.83 | 10.58 | 11.33 | 12.42 | 14.25 | 24.07 | 330 |
| 6 | „ | Knopsche Lösung | 6.83 | 8.66 | 10.67 | 13.42 | 14.33 | 22.42 | 298 |
| 7 | Pepton 1.5 % | Dest. Wasser | 7 | 7 | 6.75 | 5.85 | 6.33 | 16.42 | 98 |
| 8 | „ | N-freie Lösung | 7.18 | 8.75 | 10.25 | 11.58 | 12.75 | 22.42 | 311 |
| 9 | „ | Knopsche Lösung | 6.92 | 9.50 | 11.42 | 14.25 | 15.08 | 23.17 | 294 |
| 10 | Gelatine 2 % | Dest. Wasser | 7.08 | 8.08 | 7.08 | (6.50) | (6.33) | | |
| 11 | „ | N-freie Lösung | 6.83 | 8.42 | 9.33 | (9.68) | (9.75) | | |
| 12 | „ | Knopsche Lösung | 7 | 8.58 | 10.33 | (10.67) | (11.58) | | |
| 13 | Gelatine + Kn. Lösung | Dest. Wasser | 6.83 | 8.83 | 8 | (7.75) | (7.75) | | |
| 14 | Knopsche Lösung | „ „ | 7.08 | 6.42 | 6.17 | 6.58 | 6.92 | 15.50 | |
| 15 | Insekten | „ „ | 7.08 | 6.70 | 8.30 | 10.40 | 11.60 | 21.30 | 223 |
| 16 | „ | N-freie Lösung | 6.92 | 6.58 | 7.09 | 8.18 | 10 | 18.91 | 239 |
| 17 | „ | Knopsche Lösung | 6.83 | 9.08 | 10 | 11.42 | 13.67 | 23.50 | 244 |

Aus den Kulturen 1, 2 und 3, welche also keine Stoffe durch die Blätter aufnehmen konnten und wobei destilliertes Wasser, bzw. N-freie Lösung und *Knop*sche Lösung in den Boden gebracht worden war, ergibt sich, dasz bei der Verwendung von destilliertem Wasser und einer N-freien Lösung die Pflanzen auf dem benutzten Kulturboden wenig oder gar nicht wuchsen. Bei einer *Knop*schen Nährlösung dagegen trat ein gutes Wachstum ein.

*Wenn der Nährboden genügend Nährsalze enthält, so ist Drosera capensis auch ohne Insektenfang imstande, sich gehörig zu entwickeln.*

Betrachten wir weiter die Kulturen, welche im Boden nur destilliertes Wasser und weiter Nährstoffe auf die Blätter bekamen, so zeigt sich, dasz die Kulturen 4, 7 und 14, welche Asparagin, bezw. Pepton und *Knop*sche Lösung auf die Blätter erhielten, wenig oder kein Wachstum zeigten. Allerdings ist das Trockengewicht der zwei ersten höher als das der Kultur 1.

Kultur 15, die Insekten auf die Blätter erhielt, gedieh hingegen ausgezeichnet. Dies deutet also darauf hin, dasz aus den Insekten neben N noch andere Stoffe aufgenommen werden. In dieser Vermutung werden wir noch bestärkt, wenn wir die Kulturen betrachten, die in dem Boden eine N-freie Lösung erhielten. Das Wachstum der Pflanzen wurde hier sehr bedeutend befördert durch Hinzufügung von N in Form von Asparagin und Pepton (Kultur 5 und 8), sogar besser als bei Insektenfütterung. (Kultur 16).

*Drosera capensis ist imstande, bei N-Mangel im Boden dieses Element durch die Blätter aufzunehmen, wenn dazu geeignete Stoffe oder Insekten verabfolgt werden. Auf salzarmem Boden weist Drosera capensis ein gutes Wachstum auf, wenn auf die Blätter Insekten gebracht werden.*

Merkwürdig ist der Einflusz von *Gelatine*-ernährung auf die Pflanze. Die damit ernährten Pflanzen gediehen anfangs gut. Auf der Stelle, wo gefüttert wurde, zeigten die Pflanzen bald rotbraune Flecke. Merkwürdig sind die Erscheinungen, die die neuen Blätter aufweisen, welche nach der Ernährung entstehen. Dabei tritt eine *Degeneration der Tentakel* ein. Die ersten Blätter zeigen diese Erscheinung in der Mitte, etwas nach der Spitze hin, wo eine Anzahl Tentakel fehlen. Die später entstandenen Blätter weisen das Phänomen in stets höherem Masze auf, wobei auch die Blätter selbst kleiner werden. Schlieszlich sind nur noch Randtentakel übrig, die jedoch auch nicht mehr normal sind. Das Drüsenköpfchen ist zusammengeschrumpft oder gar nicht mehr vorhanden. Das Spiralgefäsz, das in normalen Tentakeln vorhanden ist, verschwindet.

Schlieszlich können auch die Randtentakel wegbleiben. Die Blätter sind dann sehr klein und kaum breiter als der Stiel. Wird die Ernährung noch weiter fortgesetzt, so stirbt die Pflanze ab. Hört man aber mit der Ernährung auf, so entwickelt die Pflanze nach einigen Wochen wieder neue Blätter, die normal sind.

Gelatine ruft dieses Phänomen hervor in Konzentrationen von 0,5 bis 10 %. Bei absichtlich dazu angestellten Versuchen mit mehreren Stoffen ergab sich, dasz nur der der Gelatine nahe verwandte Stoff Glutin diese Erscheinung gleichfalls hervorrief.

§ 2. *Die Aufnahmeorgane.*

Über das Problem, welche Organe bei der Aufnahme der aus dem Insektenkörper herrührenden Stoffe eine Rolle spielen, gibt es wenig Feststehendes. Als Aufnahmeorgane könnten in Betracht kommen: die Tentakel, die auf dem Blatte sich befindenden Papillen, und schlieszlich die Epidermis.

Aus den Erscheinungen, die nach Ernährung in den Tentakeln von Drosera auftreten, nämlich Aggregation oder Granulation, schlieszen u.a. CH. DARWIN, W. PFEFFER (1877), W. M. COELINGH (1929), dasz Stoffe durch die Tentakel aufgenommen werden. PFEFFER weist dabei aber auf die Möglichkeit hin, dasz die Stoffe nur eine auslösende Wirkung hätten, sodasz sich daraus nicht eine bedeutende Aufnahme folgern läszt.

Eine andere Erscheinung, die auf Stoffaufnahme durch die Tentakel hinweisen könnte, ist das Auftreten von Veränderungen in der Kernstruktur in den Tentakelzellen nach Ernährung. LILY HUIE (1897, 1899), O. ROSENBERG (1899), K. KONOPKA und H. ZIEGENSPECK (1929) sind der Meinung, dasz dies auf Stoffaufnahme durch die Tentakel hinweist. Eine direktere Andeutung hierfür findet man bei G. SCHMID, die mikrochemisch nachwies, dasz nach Insektenfütterung P und K in den Tentakeln vorhanden war, was in nicht gefütterten Tentakeln nicht der Fall war.

Was die Möglichkeit einer Stoffaufnahme durch die Papillen anbelangt, dafür findet man in der Literatur dieselben Anweisungen wie für die Tentakel, auszer den mikrochemischen Untersuchungen.

Über die Aufnahme durch die Epidermis ist nichts bekannt.

Alle diese Untersuchungen sind qualitativ; quantitative Versuche sind, soweit mir bekannt, nie angestellt worden. Der Zweck der hier folgenden Untersuchung ist, in diesen Problemen mehr Sicherheit zu schaffen.

Es wurden ausgewachsene Blätter von Drosera capensis verwendet, die auf Torfmull gezogen worden waren. Um feststellen zu können, wieviel N aufgenommen worden war, muszte der N-Gehalt vor und nach dem Experimente bestimmt werden. (Mikro-Kjeldahlmethode — FRITZ PREGL 1923). Der N-Gehalt wurde in ‰ des Frischgewichts ausgedrückt. Diese Bestimmungen lieszen sich nicht an demselben Blatte ausführen. Da also mit verschiedenen Blättern gearbeitet werden muszte, galt es mögliche Variabilität (verschiedene Pflanzen, junge und alte Blätter) auszuschalten. Zu diesem Zweck wurde folgendermaszen verfahren: Auf eine Anzahl Kulturschüsseln wurden je 6 Pflanzen gebracht, deren Blätter numeriert wurden. Das jüngste Blatt wurde als N. 1 bezeichnet, das zweite als N. 2 u.s.w. Diese Numerierung lief bis N. 6. Wenn nun eine Versuchsreihe angeordnet werden sollte, so wurde die erste Blattreihe von Blatt 1 der ersten Pflanze, Blatt 2 der zweiten Pflanze u.s.w. gebildet. Die zweite Reihe bildete Blatt 1 der zweiten Pflanze, Blatt 2 der dritten Pflanze u.s.w. bis Blatt 6 der ersten Pflanze. In dieser Weise war die Variabilität nahezu völlig ausgeschaltet, wie Tabelle 2 zeigt, wo die Ergebnisse eines Versuches von 6 Reihen von 6 Blättern wiedergegeben sind.

TABELLE 2. Variabilität im N-Gehalt der Blätter.

| Material | Gesamt-N-Gehalt in ‰ des Frischgewichtes | Unlösl.-N in ‰ des Frischgewichtes | Lösl.-N in ‰ des Frischgewichtes |
|---|---|---|---|
| 6 Blattlaminae | 2.67 | 2.40 | 0.27 |
| ,, | 2.60 | 2.36 | 0.24 |
| ,, | 2.60 | 2.41 | 0.19 |
| ,, | 2.62 | 2.40 | 0.22 |
| ,, | 2.63 | 2.36 | 0.27 |
| ,, | 2.63 | 2.37 | 0.26 |

Um feststellen zu können, ob die Tentakel Stoffe aufnehmen oder ob auch andere Organe dabei eine Rolle spielen, wurde von einer Reihe abgeschnittener Blätter jedes Blatt mit der Rückseite auf ein Objektglas gelegt und mit zwei Plastizinstückchen angeheftet. Auf die Drüsenköpfchen der Randtentakel wurde ein Gemisch von Agar und einem N-haltigen Stoffe, i.c. Asparagin gespritzt. Auf diese Weise sind nur die Tentakel in der Lage, Asparagin aufzunehmen. Eine zweite Blätterreihe erhielt dieselbe Agar-Asparaginmischung auf der Rückseite des Blattes, wo sich keine Tentakel, wohl aber Papillen befinden. Eine dritte Reihe wurde nicht behandelt und diente als Kontrolle. Die Tabelle 3 gibt die Ergebnisse eines solchen Versuches, der 24 Stunden dauerte, im Dunkelzimmer bei 25° C. wieder.

TABELLE 3. N-Aufnahme durch Tentakel und Rückseite des Blattes bei 25° C im Dunkeln.

| Behandlung der Blätter | N in ‰ des Frischgewichts | Zunahme in 24 Stunden |
|---|---|---|
| Nichtbehandelt. . . . . | 2.07 | — |
| 2 % Agar + 1.5 % Asparagin auf den Randtentakeln . . . . . | 3.54 | 1.47 |
| 2 % Agar + 1.5 % Asparagin auf der Rückseite des Blattes . . . . . | 3.31 | 1.24 |

*Es ergibt sich also, dasz sowohl durch die Tentakel als durch die Rückseite des Blattes Asparagin aufgenommen worden ist.*

§ 3. *Der Einflusz verschiedener Faktoren auf die Aufnahme durch die Tentakel.*

Anzeichen dafür, dasz das Eindringen einiger Stoffe sehr schnell vor sich gehen kann, findet man z.B. bei DARWIN (1875), HUIE (1899). Besonders bei den Versuchen DARWIN's gewinnt man den Eindruck, dasz namentlich die Natur des Stoffes die Geschwindigkeit beeinfluszt, mit welcher aufgenommen wird.

a. *Einflusz der Temperatur.*

Um den Einflusz der Temperatur festzustellen, wurden Reihen von fünf Blättern, deren Tentakel in die Agar-Asparaginmischung gebracht worden waren, Temperaturen von 5°, 16°, 25° und 35° C. ausgesetzt. Tabelle 4 gibt von zwei Versuchen die Zunahme wieder, welche bei den eben erwähnten Temperaturen in 24 Stunden erfolgte.

Hieraus folgt, dasz die Temperatur einen bedeutenden Einflusz auf die Aufnahme ausübt.

TABELLE 4. Aufnahme in 24 Stunden im Dunkeln bei verschiedenen Temperaturen.

| Behandlung der Blätter | Temperatur | Zunahme des N-Gehalts in ‰ des Frischgewichts | |
|---|---|---|---|
| 2 % Agar + 1.5 % Asparagin auf den Randtentakeln | 5° C. | 0.36 | 0.39 |
| | 16° C. | 0.74 | 0.80 |
| | 25° C. | 1.47 | 1.44 |
| | 35° C. | 2.03 | 2.13 |

b. *Einflusz der Konzentration der hinzugefügten N-Verbindung.*

Um diesen Einflusz festzustellen, wurden 6 Reihen von 6 Blättern in einen dunklen Raum von 25° C. gebracht, nachdem auf die Randtentakel 2 v. H. Agar appliziert worden war, das bei jeder Reihe eine andere Asparaginkonzentration enthielt. Dieser Stoff wurde in dieser Weise in Konzentrationen von 1.5, 0.75, 0.375, 0.1875 und 0.09375 % verabfolgt.

Dieser Versuch, der 40 Stunden dauerte, ergab die Resultate der Tabelle 5.

TABELLE 5. Aufnahme bei verschiedenen Konzentrationen im Dunkeln. 40 Stunden bei 25° C.

| Behandlung der Tentakel | N in ‰ des Frischgewichts | Zunahme des N-Gehalts in ‰ des Frischgewichts |
|---|---|---|
| Nichtbehandelt . . . . . | 1.50 | — |
| 2 % Agar + 0.09375 % Asparagin | 2.14 | 0.64 |
| 2 „ „ + 0.1875 „ „ | 2.56 | 1.06 |
| 2 „ „ + 0.375 „ „ | 2.66 | 1.16 |
| 2 „ „ + 0.75 „ „ | 2.72 | 1.22 |
| 2 „ „ + 1.50 „ „ | 2.82 | 1.32 |

Es stellt sich heraus, dasz die Asparaginaufnahme bei höherer Konzentration gröszer ist, jedoch nicht proportional der Konzentration. Bei einer 16 mal höheren Konzentration war die Aufnahme nur 2 mal so grosz.

c. *Der Verlauf der Aufnahme in der Zeit.*

Der Zweck dieser Versuche war, den Verlauf der Aufnahme in der Zeit näher zu analysieren. Von 5 Reihen von je 5 Blättern wurden von vier die Randtentakel behandelt mit dem Agar-Asparagingemisch, während eine Reihe nicht behandelt wurde und zur Kontrolle diente. Tabelle 6 gibt einen Eindruck von den erzielten Ergebnissen. Bei zwei der hier erwähnten Versuche wurde alle 6 Stunden eine der Reihen aufgehoben und der N-Gehalt bestimmt; bei den zwei anderen geschah dies alle 3 Stunden.

TABELLE 6. Aufnahme durch die Tentakel bei 25° C. im Dunkeln bei abgeschnittenen Blättern.

| Behandlung der Blätter | Zeit | Zunahme des N-Gehalts in ‰ des Frischgewichts | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 % Agar + 1.5 % Asparagin auf den Randtentakeln | 0—3 Stunder | 0.08 | 0.10 | 0.25 | 0.24 |
| | 3—6 „ | 0.22 | 0.21 | | |
| | 6—9 „ | 0.44 | 0.57 | 0.64 | 0.76 |
| | 9—12 „ | 0.15 | 0.07 | | |
| | 12—18 „ | | | 0.15 | 0.13 |
| | 18—24 „ | | | 0.11 | 0.11 |

Augenfällig ist hier die schöne Übereinstimmung zwischen den Zahlen dieser 4 Versuche, die auf eine grosze Uniformität in den hier vor sich gehenden Prozessen hinweist. Merkwürdig ist, dasz in den ersten Stunden die Aufnahme viel geringer ist als in der darauf folgenden Zeit. Nach 9 Stunden ist die Aufnahme nur noch sehr gering. Dies weist auf das Auftreten eines Gleichgewichtszustandes hin. Wenn dies der Fall ist, läszt sich erwarten, dasz bei niedriger Temperatur und einer geringeren Konzentration die Aufnahme in dieser Zeit länger auf einem höheren Niveau bleibt. Dasz dies wirklich der Fall ist, geht aus Tabelle 7 hervor.

TABELLE 7. N-Aufnahme bei 15° C. und bei 0.375 % Asparagin im Dunkeln in 24 Stunden.

| Behandlung der Blätter | Zeit | Zunahme des N-Gehalts in ‰ des Frischgewichts | |
|---|---|---|---|
| 2 % Agar + 1.5 % Asparagin auf den Randtentakeln. Temp. 15° C. | 0—6 Stunden | 0.20 | 0.17 |
| | 6—12 „ | 0.18 | 0.23 |
| | 12—18 „ | 0.20 | 0.20 |
| | 18—24 „ | 0.18 | 0.18 |
| 2 % Agar + 0.375 % Asparagin auf den Randtentakeln. Temp. 25° C. | 0—6 Stunden | 0.20 | 0.17 |
| | 6—12 „ | 0.28 | 0.24 |
| | 12—18 „ | 0.19 | 0.21 |
| | 18—24 „ | 0.17 | 0.16 |

Die hier erwähnten Versuche geben nur einen orientierenden Eindruck vom Aufnahmeprozesz. Interessant ist namentlich, dasz die aufgenommenen

Mengen in den ersten 6 Stunden nahezu gleich grosz sind, unabhängig von Temperatur und Konzentration, während in den zweiten 6 Stunden sowohl die Konzentration als die Temperatur eine beträchtliche Aufnahmesteigerung zur Folge haben.

*Der Mechanismus dieses Prozesses weicht von allen mir bekannten Transport- und Aufnahmeprozessen ab.*

d. *Der Einflusz der Natur des Stoffes auf die Aufnahme.*

Auszer mit Asparagin wurden einige Experimente mit Kaffeïn angestellt, dem Stoffe womit ALI KOK den Stofftransport in den Tentakeln von Drosera capensis untersuchte. Die Aufnahme dieses Stoffes wurde mit derjenigen von Asparagin verglichen. Die in Tabelle 8 erwähnten Versuche wurden bei 25° C. im Dunkeln angestellt. Sowohl vom Asparagin als vom Kaffeïn wurde eine 0.05 mol. Lösung benutzt.

TABELLE 8. Aufnahme von Asparagin und Kaffeïn in 24 Stunden.

| Behandlung der Blätter | N-Zunahme in ‰ des Frischgewichts | | Asparagin-zunahme in mg auf 1000 mg Blatt | | Kaffeïnzunahme in mg auf 1000 mg Blatt | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 % Agar + 0.05 mol. Asparagin auf den Randtentakeln . . . . . | 1.13 | 1.10 | 5.32 | 5.30 | — | — |
| 2 % Agar + 0.05 mol. Kaffeïn auf den Randtentakeln . . . . . | 2.34 | 2.31 | — | — | 8.09 | 8.12 |

Was in die Augen fällt, ist die viel schnellere Aufnahme von Kaffeïn, im Vergleich zu Asparagin, trotz des viel gröszeren Moleküls von Kaffeïn. Nicht unmöglich ist es, dasz der höhere Permeabilitätsgrad von Kaffeïn hier eine Rolle spielt.

e. *Der Einflusz des Drüsenköpfchens auf die Aufnahme von Asparagin und Kaffeïn.*

Um den Einflusz des Drüsenköpfchens auf die Aufnahme zu bestimmen, wurden bei einer Anzahl Blättern die Drüsenköpfchen von den äuszersten Randtentakeln entfernt. Die Aufnahme geschah hier also durch eine geringere Anzahl Tentakel als bei den eben behandelten Versuchen. Diese wurden danach in die Agar-Asparaginmischung bezw. Agar-Kaffeïnmischung gebracht. Zur Vergleichung wurden ähnliche Blattreihen angeordnet, deren Köpfchen nicht entfernt worden waren. Zur Kontrolle unterblieb schlieszlich bei einer Reihe jede Behandlung. Asparagin und Kaffeïn wurden verabreicht in 0.05 mol. Lösung. Die Versuche wurden im Dunkeln bei 25° C. angestellt und dauerten 24 Stunden. Tabelle 9 gibt einen Eindruck von der Zunahme des N-Gehalts.

TABELLE 9. Asparagin- und Kaffeïnaufnahme durch Tentakel mit Drüsenköpfchen und ohne dieselben im Dunkeln. 25° C.

| Behandlung der Blätter | N-Zunahme in ‰ des Frischgewichts | |
|---|---|---|
| 2 % Agar + 0.05 mol. Asparagin auf den Randtentakeln; Köpfchen vorhanden . . . . . | 0.83 | 0.77 |
| 2 % Agar + 0.05 mol. Asparagin auf den Randtentakeln; ohne Köpfchen . . . . . | 0.58 | 0.59 |
| 2 % Agar + 0.05 mol. Kaffeïn auf den Randtentakeln; Köpfchen vorhanden . . . . . | 2.00 | 1.74 |
| 2 % Agar + 0.05 mol. Kaffeïn auf den Randtentakeln; ohne Köpfchen . . . . . | 1.45 | 1.49 |

Es folgt hieraus also, dasz die Tentakel, deren Köpfchen nicht entfernt worden sind, sowohl das Asparagin als das Kaffeïn schneller aufnehmen als Tentakel, deren Köpfchen entfernt worden sind. Diese schnellere Aufnahme erklärt sich wohl daraus, dasz die Tentakel mit den Köpfchen eine gröszere Aufnahmeoberfläche haben. Die Versuche verschaffen aber nicht den Eindruck, dasz die Drüsenköpfchen bei dem Aufnahmeprozesz eine überwiegende Rolle spielen.

*Aus obengenannten Versuchen hat sich als feststehend ergeben, dasz die Temperatur, die Konzentration des verabfolgten Stoffes, und die Natur des Stoffes, Einflusz auf die Aufnahme durch die Tentakel von Drosera capensis ausüben.*

§ 4. *Verwandlung und Wanderung der aufgenommenen N-Verbindungen im Blatte.*

Zunächst könnte es sein, dasz die aufgenommenen Stoffe sich als solche im Blatte anhäuften. Zweitens besteht die Möglichkeit, dasz dieselben in den Stoffwechsel bezogen werden, sodasz z.B. Eiweisz gebildet werden könnte. Weiter könnten die Stoffe nach anderen Teilen der Pflanze befördert werden. Schlieszlich könnten beide Prozesse nebeneinander hergehen.

Über dieses Problem wurde eine Anzahl quantitativer Versuche angestellt. Als Material für diese Versuche wurden Blätter von Pflanzen benützt, die in ausgewachsenem Zustande ungefähr einen Monat auf N-armem Torfmull zugebracht hatten. Die Blattreihen wurden in der obenbesprochenen Weise gewählt. Auf die Blätter wurden danach die N-haltigen Stoffe (meistens in Wasser gelöstes Asparagin) gebracht. Der N-Gehalt wurde 24, 48, 72 und 96 Stunden, nachdem diese Stoffe auf die Blätter gebracht worden waren, bestimmt. Um festzustellen, ob das aufgenommene N. eventuell zu Eiweisz verarbeitet wurde, ward neben dem Gesamt-N auch das unlösliche N bestimmt. Dies wurde dadurch erreicht, dasz die Blätter, nachdem sie Asparagin hatten aufnehmen können, der Länge nach mittendurch geschnitten wurden.

Von der ersten Hälfte wurde das Gesamt-N bestimmt. Die andere Hälfte wurde in einem Mörser zerrieben, wobei als Eiweiszfällungsmittel eine heisze 4 %-ige Tanninlösung hinzugefügt wurde. Von dem Niederschlage wurde der N-Gehalt bestimmt. Bevor ich zur Besprechung einiger dieser Versuche übergehe, musz erst erwähnt werden, wie der Verlauf des N-Gehalts abgeschnittener Blätter ohne Hinzufügung irgendeiner N-Verbindung ist. Tabelle 10 gibt einen Eindruck hiervon.

Das Gesamt-N bleibt also fast völlig gleich oder geht vielleicht etwas zurück. Das unlösliche N geht ziemlich stark zurück und wird, ebenso wie MOTHES (1926) es bei Vicia faba konstatierte, in lösliche N-Verbindungen verwandelt.

Mit einer Spritze wurden einige Tropfen einer 1.5 % Asparaginlösung auf die Blätter gebracht. Die Pflanzen wurden ins Dunkle bei 25° C.

TABELLE 10. N-Gehalt abgeschnittener nichtbehandelter Blätter im Dunkeln bei 25° C.

| Zeit | Gesamt-N in ‰ des Frischgewichts | Unlösl.-N in ‰ des Frischgewichts | Lösl.-N in ‰ des Frischgewichts |
|---|---|---|---|
| — | 2.65 | 2.39 | 0.26 |
| 24 Stunden | 2.65 | 2.36 | 0.29 |
| 48 „ | 2.66 | 2.30 | 0.36 |
| 72 „ | 2.58 | 2.21 | 0.37 |
| 96 „ | 2.55 | 2.04 | 0.51 |
| 120 „ | 2.53 | 1.75 | 0.78 |

gestellt. Tabelle 11 gibt die Ergebnisse eines Versuches wieder, wobei die Blätter an den Pflanzen belassen wurden.

TABELLE 11. Asparaginaufnahme bei Blättern an der Pflanze im Dunkeln bei 25° C.

| Zeit | Gesamt-N in ‰ des Frischgewichts | Unlösl.-N in ‰ des Frischgewichts | Lösl.-N in ‰ des Frischgewichts |
|---|---|---|---|
| — | 1.21 | 0.98 | 0.23 |
| 24 Stunden | 2.13 | 1.04 | 1.09 |
| 48 „ | 1.84 | 1.05 | 0.79 |
| 72 „ | 1.29 | 0.94 | 0.35 |
| 96 „ | 1.28 | 0.88 | 0.40 |

Es ergibt sich also, dasz sich anfangs eine N-Zunahme konstatieren läszt. Dieses N wird aber offenbar nicht zur Eiweiszsynthese verwendet, da es beim löslichen-N doch völlig wiedergefunden wird. Die unlösliche Fraktion nimmt eher etwas ab. Nach 48 Stunden beginnt der N-Gehalt abzunehmen. Der Verlauf des N-Gehaltes weist darauf hin, dasz das aufgenommene Asparagin völlig nach anderen Teilen der Pflanze abgeführt wird.

Fig. 1. Iris reticulata in bloei komend op 18 Maart 1935.

Das dem so ist, stellt sich heraus, wenn man einen ähnlichen Versuch mit abgeschnittenen Blättern wiederholt. Die Ergebnisse eines solchen Experimentes sind in Tabelle 12 wiedergegeben.

Hier läszt sich also eine starke N-Aufnahme feststellen, ohne dasz von Eiweiszbildung die Rede ist.

Versuche bei Licht ergaben vollkommen analoge Resultate. Auch wenn Glukose dem Asparagin hinzugefügt wurde, wie dies u.a. von MOTHES (1926) bei Vicia-faba und von HANSTEEN (1899) bei Lemna mit Erfolg geschah, liesz sich im Dunkeln bei 25° C. keine Eiweiszbildung wahrnehmen.

TABELLE 12. Asparaginaufnahme bei abgeschnittenen Blättern im Dunkeln bei 25° C.

| Zeit | Gesamt-N in ‰ des Frischgewichts | Unlosl.-N in ‰ des Frischgewichts | Lösl.-N in ‰ des Frischgewichts |
|---|---|---|---|
| — | 1.38 | 1.17 | 0.21 |
| 24 Stunden | 2.98 | 1.15 | 1.83 |
| 48 „ | 3.74 | 1.09 | 2.65 |
| 72 „ | 3.68 | 1.12 | 2.56 |
| 96 „ | 3.33 | 1.08 | 2.25 |

Ausgewachsene Blätter von Drosera capensis bilden aus verabfolgtem Asparagin kein Eiweisz, sondern befördern diesen Stoff nach anderen Teilen der Pflanze.

Auszer mit Asparagin wurden Versuche mit Gelatine und Kaffeïn angestellt. Es zeigte sich, dasz die Spaltungsprodukte von Gelatine gut aufgenommen wurden. Eiweiszbildung hieraus im Blatt liesz sich nicht feststellen, wohl aber fand völlige Auswanderung statt.

Kaffeïn verhält sich ebenso wie Asparagin und wird in hohem Masze aufgenommen, ohne in N-Stoffwechsel zu treten. Dieser Stoff wird in 96 Stunden nicht völlig aus den Blättern abgeführt. Dieser unvollständige Abtransport wird vielleicht mit einer chemischen Bindung von Kaffeïn in der Vakuole zusammenhängen (Granulation).

Ebensowenig liesz sich bei Insektenfütterung Eiweiszbildung konstatieren. Je Blatt wurden 8 Blattläuse verabfolgt. Jeden zweiten Tag wurde der N-Gehalt einer Blätterreihe bestimmt. Einen Eindruck von den Resultaten gibt Tabelle 13.

TABELLE 13. N-Aufnahme aus Insekten bei 25° C. im Dunkeln durch abgeschnittene Blätter.

| Zeit | Gesamt-N in ‰ des Frischgewichts | Unlösl.-N in ‰ des Frischgewichts | Lösl.-N in ‰ des Frischgewichts |
|---|---|---|---|
| — | 2.19 | 1.80 | 0.39 |
| 48 Stunden. . | 3.73 | 1.77 | 0.96 |
| 96 „ . . | 3.97 | 1.64 | 1.33 |

Hieraus folgt also, dasz N aus Insekten in löslicher Form nach den Blättern kommt, ohne unter den genannten Verhältnissen Eiweisz zu bilden.

*Im allgemeinen kann also gesagt werden, dasz ausgewachsene Blätter von Drosera capensis sich nicht oder nur sehr schwer zur Eiweiszbildung bringen lassen. Die aufgenommenen N-Verbindungen werden nach anderen Teilen der Pflanze befördert.*

*Laboratorium für Pflanzenphysiologie, Groningen.*

## LITERATUR.

BÜSGEN, M.: Die Bedeutung des Insektenfanges für Drosera rotundifolia L. Bot. Zeit. Bd. **41** — 1883.

——— Über die Art und Bedeutung des Thierfangs bei Utricularia vulgaris L. Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. VI — 1883.

CANDOLLE, C. DE: Sur la structure et les mouvements des feuilles du Dionaea muscipula. Arch. d. sc. phys. et nat. T. LV — 1876.

COELINGH, W. M.: Over stoffen die invloed uitoefenen op de aggregatie van Drosera. Diss. Utrecht. 1929.

DARWIN, CH.: Insectivorous plants. 1875.

DARWIN, FR.: Experiments on the nutrition of Drosera rotundifolia. Journ. of the Linn. soc. Botany. Vol. XVII — 1878.

HANSTEEN, B.: Über Eiweiszsynthese in grünen Phanerogamen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. **33** — 1899.

HUIE, LILY H.: Changes in the cell-organs of Drosera rotundifolia produced by feeding with egg-albumen. Quart. journ. of microsc. sci. Vol. XXXIX — 1897.

——— Further study of cytological changes produced in Drosera. Quart. journ. of microsc. sci. XLII — 1899.

KOK, ALI C. A.: Über den Transport körperfremder Stoffe durch parenchymatisches Gewebe. Diss. Groningen 1932.

KELLERMANN, CH. und RAUMER, E. VON: Vegetationsversuche an Drosera rotundifolia mit und ohne Fleischfütterung. Bot. Zeit. Bd. **36**, 1878.

KONOPKA, K. und ZIEGENSPECK, H.: Die Kerne des Drosera-Tentakels und die Fermentbildung. Protoplasma Bd. VII — 1929.

MOTHES, K.: Ein Beitrag zur Kenntnis des N. Stoffwechsels höherer Pflanzen. Planta Bd. **1** — 1926.

OOSTERHUIS, J.: Over de invloed van insectenvoeding op Drosera. Diss. Groningen — 1927.

PFEFFER, W.: Über fleischfressende Pflanzen und über die Ernährung durch Aufnahme organischer Stoffe überhaupt. Landw. Jahrb. Bd. **6** — 1877.

PREGL, FR.: Die quantitative organische Microanalyse 2e Aufl. 1923.

ROSENBERG, O.: Physiologisch-cytologische Untersuchungen über Drosera rotundifolia. Diss. Bonn, 1899.

RUSCHMANN, G.: Zur Ökologie von Pinguicula und Drosera. Diss. Jena — 1914.

STAHL, E.: Der Sinn der Mycorhizenbildung. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. **31** — 1900.

SCHMID, G.: Beiträge zur Oekologie der insektivoren Pflanzen Flora Bd. **104** — 1912.

WEYLAND, H.: Zur Ernährungsphysiologie mykotropher Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. **51** — 1912.

**Plantkunde.** — *De periodieke ontwikkeling van Iris reticulata* (with summary). Door IDA LUYTEN. (Meded. N⁰. 44 van het Laboratorium voor Plantenphysiologisch Onderzoek te Wageningen.) (Communicated by Prof. A. H. BLAAUW).

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

Deze kleine bol-iris is betrekkelijk weinig bekend in ons land. Door haar kleur (donkerviolet-blauw met gevlekte schitterend oranje streep op de buitenste bloemdekbladen), haar sterke viooltjesgeur en den vroegen bloei (half Februari—eind Maart) verdient zij alleszins haar plaats naast de Crocussen. Ze is geschikt om vroeg in bloei te worden getrokken en om per post te worden verzonden (ARMITAGE 1903 geeft aanwijzingen hoe dit het beste gebeurt). Fig. 1 geeft een indruk van een bedje van deze iris, bloeiend op 18 Maart 1935.

De *Iris reticulata* V. B. werd door den Russischen staatsraad en kruidkundige VON BIEBERSTEIN (1808) in het begin van de 19de eeuw voor het eerst uit Iberia (Georgië, Kaukasus) naar meer noordelijke regionen van Rusland gebracht. In het wild komt deze soort verder ook in Cachetia en Palestina voor. Ze groeien hoog in de bergen; in Armenia zelfs op 1800 M, terwijl ze dan bloeien naast de sneeuw, wanneer deze in Mei smelt (BAKER, 1876). Ze behooren tot de *Reticulata*-groep, waarvan ook *Iris Bakeriana, Iris histrio, Iris histrioides* en *Iris Vartani* deel uitmaken. De vegetatieve groei en de tijd van bloemaanleg wijken bij deze groep sterk af van de Hollandsche irissen (BLAAUW 1933, 1935). Om dit te kunnen aantoonen, zullen we eerst den bouw van den bol bespreken, om vervolgens de ontwikkeling in den loop der maanden te vervolgen, waarna een vergelijking is te trekken.

Nemen we een bol in Maart uit den grond (Fig. 2), juist als hij bloeit, dan vinden we buiten om den bol den drogen gesloten rok ($R^I$ 1 Fig. 3) liggen, aan welks netvormig uiterlijk (Fig. 13 geeft een stukje van den drogen rok vergroot weer) de *Reticulata*-groep haar naam dankt. Wij pellen dezen rok af en ook de 2 volgende vleezige rokken (Fig. 4 en 5); waarvan $R^I$ 2 voor een gedeelte nog gesloten is, terwijl $R^I$ 3 open is en niet meer rond loopt. Beide rokken zijn al grootendeels uitgezogen. In den binnensten rok ontwikkelt zich soms een knop (van de 60 bollen hadden 19 stuks zoo'n knopje), die echter steeds bij de daarop volgende zijknoppen in ontwikkeling ten achter is. In Fig. 2 zien we zoo'n knopje liggen, waarbij $[SB]^{II}$ 1' het eerste afgesplitste scheedeblad is. We zien nu reeds, dat deze zijknop veel kleiner is dan de daarop volgende. Na de rokken vinden we 4 scheedebladen: $SB^I$ 1, dat afgepeld is (Fig. 6), $SB^I$ 2, $SB^I$ 3 en $SB^I$ 4. De toppen van het $2^{de}$—$4^{de}$ scheedeblad zijn zoover als ze boven den

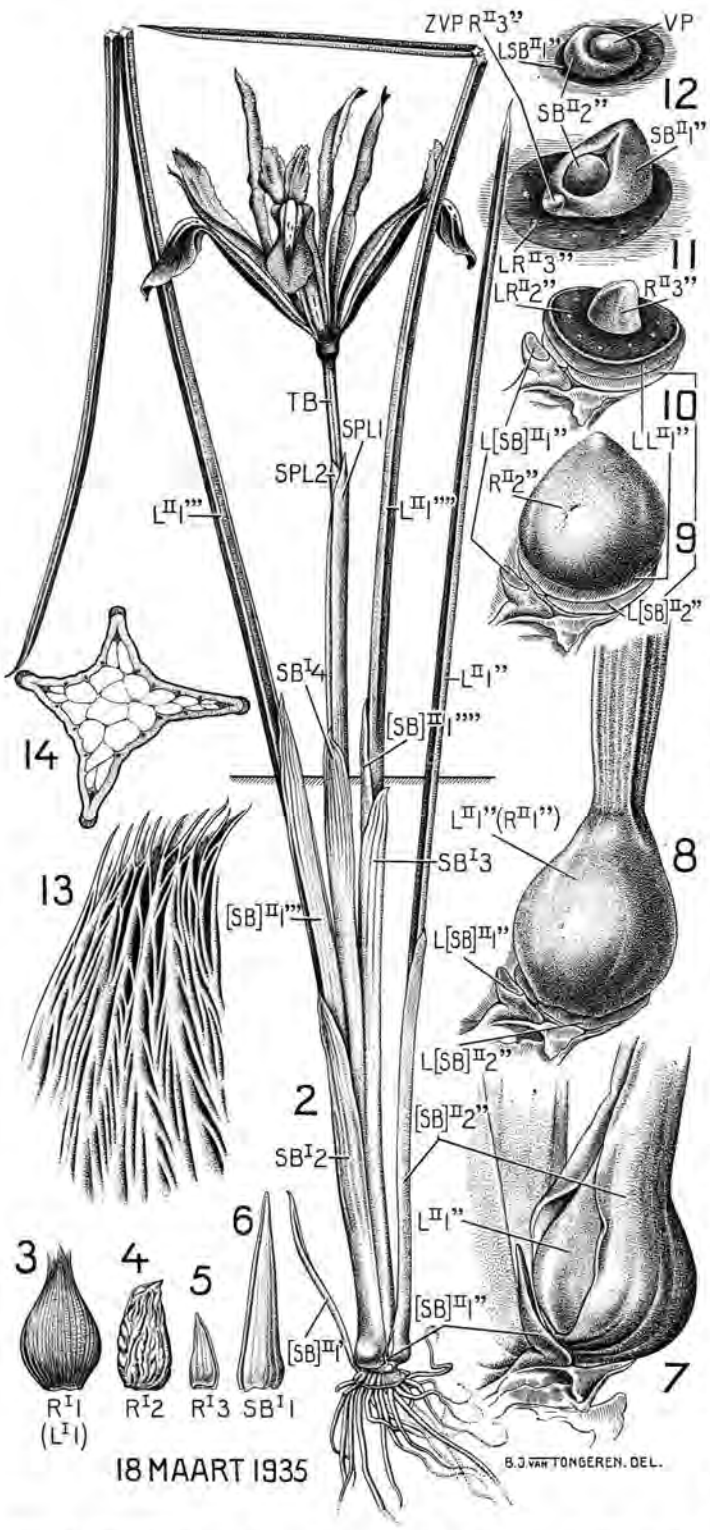



Fig. 2—14 Iris reticulata. Fig. 2—16 ½ ×; Fig. 7—10 en 13 4½ ×; Fig. 11—12 40 ×; Fig. 14 6½ ×.

grond komen, groen gekleurd; al is het dan weinig samenhangend met hun vliezig karakter. De horizontale streep, door Fig. 2 geeft aan welk gedeelte van de irisplant boven den grond groeide. In den oksel van de 3 eerste scheedebladen ligt altijd een knop, in het 4de is dit niet altijd het geval (26 keer bij 50 bollen). De uitgeloopen zijknop uit het 1ste scheedeblad is vergroot in Fig. 7—12 afgebeeld, terwijl er telkens een afsplitsing meer afgepeld is. Op deze wijze kunnen we dus ook den bouw van deze zijknoppen zien. In Fig. 7 zien we den zijknop vergroot, zooals hij in den oksel van het 1ste scheedeblad lag. We merken op, dat deze knop in $SB^I 1$ vóór het loofblad ($L^{II} 1''$) eerst 2 scheedebladen $[SB]^{II} 1''$ en 2" heeft, terwijl de andere knoppen altijd maar 1 scheedeblad $[SB]^{II} 1'''$ en $[SB]^{II} 1''''$ dragen. Deze scheedebladen aan de zijknoppen, die het loofblad *voorafgaan*, zijn aangegeven [ ] omdat ze als „benedenbladen" een andere plaats innemen dan de scheedebladen, die na het loofblad worden gevormd als „bovenbladen". Fig. 8 laat duidelijk het verschil zien tusschen het scheedeachtige gedeelte van het loofblad dat als rok ($R^{II} 1''$) zal gaan dienst doen, en het bladschijfachtige gedeelte. In Fig. 9 zien we, dat de 2de rok ($R^{II} 2''$) reeds dik en gezwollen is, dat de bolvorming dus al op gang is; ook de breedte van het litteeken ($LR^{II} 2''$) wijst er op in Fig. 10. Fig. 11 en 12 geven

dan de afsplitsingen aan, die nu reeds binnen de rokken gevormd zijn ($SB^{II}$ 1'' en $SB^{II}$ 2'') met het eindelingsche groeipunt van dezen zijknop (VP). Ten slotte merken we nog op, dat het loofblad vierkant is, waarbij opvalt, dat de ribben niet op gelijke afstanden van elkaar liggen (zie de doorsnede: Fig. 14), terwijl het loofblad in een vrij scherpe punt eindigt. De basis van het loofblad is geheel gesloten (zie Fig. 8). Zooals de teekening laat zien, zijn de loofbladen op het oogenblik van den bloei bijna even land als de bloem. Later in Mei, als ze haar volle lengte bereikt hebben, zijn ze ongeveer 30—50 cm.

Na het 4de scheedeblad ($SB^{I}$ 4) volgen aan de as van den moederbol de 2 groen gekleurde spathabladen (SPL 1 en SPL 2, Fig. 2), die nog tot voor kort de bloem omsloten hielden. Bij volle ontplooiing steekt de tubus (TB) vrij ver boven de spatha uit. Deze tubus is hier zeer lang, ongeveer 8 cm, een groot verschil met de *Xiphium*-sectie, waar de tubus ten hoogste 3—4½ cm is (bijv. *Iris tingitana*) en met de Spaansche en de meeste Hollandsche Irissen, waar hij geheel ontbreekt. Hieronder vinden we een 4—5 cm lang vruchtbeginsel, terwijl dit geheel met de spathabladen op een vrij langen bloemsteel (12 cm) staat. Wanneer we begin Juli, na afsterving van de loofbladen de bollen rooien, dan blijkt dat de rokken van den ouden bol uitgezogen zijn en dat iedere bol 3 of 4 flinke bollen draagt. Dit laatste is een kenmerk voor een paar soorten van deze groep: *Iris histrioides*, *Iris histrio* en *Iris Vartani* geven daarentegen volgens DYKES (1913) een groot aantal (15—25) zeer kleine bolletjes.

De bollen voor dit onderzoek kwamen op 7 Augustus '33 bij ons aan, omtrek 6.25—7.25 cm. Er werden 8 gelijke groepen van 10 stuks afgewogen (10 stuks = 53,5 gr), om op achtereenvolgende data (zie tabel) te kunnen worden gefixeerd. Eén groep werd direct op 7 Aug. op alcohol gezet, terwijl de andere groepen bij 23° C kwamen, op 25 Sept. naar 17° C werden overgebracht, om op 23 Oct. te worden geplant. Op *7 Aug.* is het 1ste scheedeblad 3.2 mm lang en omsluit nog alle afsplitsingen, die daar binnen liggen. Uit de tabel blijkt, dat het eindvegetatiepunt nog in de bladafsplitsende periode, d.i. Stadium I, verkeert. Na de 4 scheedebladen is het 1ste spathablad (SPL 1) wel reeds afgesplitst, maar het is nog te klein om gemeten te worden; het 2de spathablad (SPL 2) is in 9 gefixeerde bollen vaag te zien en in de 10de bijna afgesplitst. Verder merken we op, dat de *zijknoppen* een verschillend aantal afsplitsingen hebben; in den 1sten en den 2den zijknop 3 en in den 3den 1 of 2. Het loofblad is nog onmeetbaar en ook nog niet als loofblad te herkennen.

Op *1 Sept.*, dus 3½ week later, is in de zijknoppen niet zoo heel veel verschil waar te nemen. We maken er opmerkzaam op, dat we van den 1sten zijknop de lengte van het 2de scheedeblad opgeven. De 1ste zijknop heeft immers in afwijking met de andere knoppen steeds 2 scheedebladen. Het 1ste scheedeblad blijkt echter later zeer afwijkend in lengte te zijn, de eene keer blijft het kort; zie Fig. 2 en 7, $[SB]^{II}$ 1'', de andere keer

groeit het uit. Het 2de scheedeblad gedraagt zich meer als en is beter vergelijkbaar met de 1ste scheedebladen uit de andere knoppen.

De 2 spathabladen zijn ook in grootte toegenomen, terwijl het eindvegetatiepunt is *overgegaan tot bloemvorming*. Zooals de tabel laat zien,

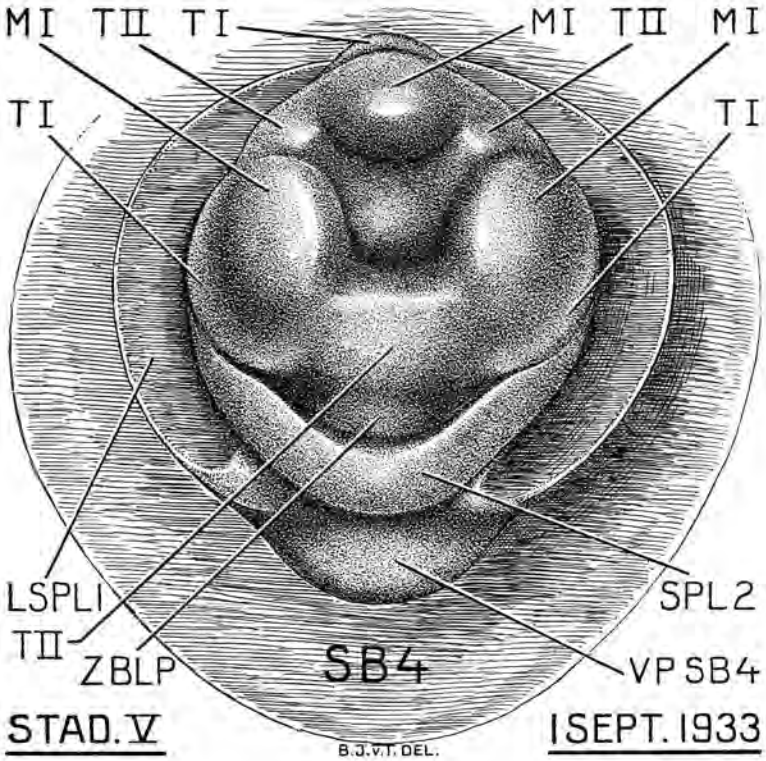



Fig. 15 150 ×. VPSB 4 = vegetatiepunt in 4de scheedeblad; LSPL 1 = litteeken van het 1ste spathablad; SPL 2 = 2de spathablad; ZBLP = zijbloem primordium; T I en T II = 1ste en 2de krans bloemdekbladen; M I = 1ste krans meeldraden.

is de bloemvorming al een heel eind in gang, 8 van de 10 stuks zijn reeds in Stadium V (Fig. 15) of bijna V (zie voor stadia-beschrijving bij Iris BLAAUW 1935), d.i. de 2de krans tepalen (Fig. 15 TII) is aangelegd. Op 1 Oct. zien wij, dat de bloempjes Stadium VI reeds ver voorbij zijn, (alle bloemdeelen zijn al gevormd) zoodat het uitgroeien en strekken alleen nog maar behoeft plaats te hebben. Wij bemerken dus, dat de *bloemaanleg in een vrij snel tempo verloopt en* (in 1933) *dus ± tusschen 15 Aug. en 15 Sept. valt*, d.i. *in den tijd dat de bolletjes nog niet geplant zijn en droog liggen*. Dit is dus heel anders dan bij de Hollandsche en Spaansche Irissen, waar BLAAUW (1933) zag, dat o.a. de varieteit Imperator de bloem in Maart en begin April aanlegt (1933), dus 5 maanden na het planten. Kort na den bloemaanleg komt Imperator dan in bloei (1ste helft van

## ONTWIKKELINGSGANG VAN IRIS RETICULATA.

| Data | Droge + dikke rokken | Neus-lengte in mm | Lengte 1ste scheedeblad (SB[I] 1) in mm | Lengte 2de scheedeblad (SB[I] 2) in mm | Lengte 3de scheedeblad (SB[I] 3) in mm | Lengte 4de seheedebl. SB[I] 4 in mm | Lengte top SPL 1 tot schijf in mm | Lengte SPL 1 in mm | Lengte SPL 2 in mm | Lengte top bloem tot schijf in mm | Stadium |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 Aug. '33 | 1 + 2 | 3.2 | 3.2 | 1.9 | 1.5 | 1.0 | + | + | vaag | | I |
| 1 Sept. | 1 + 2 | 3.8 | 3.8 | 2.9 | 1.7 | 1.2 | 0.7 | 0.7 | + | + | 1 × III<br>1 × III–IV<br>2 × V–<br>3 × V |
| 1 Oct. | 1 + 2 | 6.8 | 6.8 | 4.5 | 4.0 | 3.9 | 2.7 | 2.7 | 1.6 | 2.0 | Verder dan VI |
| 1 Nov. | 1 + 2 | 20.3 | 19.7 | 18.8 | 18.1 | 17.6 | 16.3 | 11.4 | 10.0 | 11.6 | ,, ,, ,, |
| 1 Dec. | 1 + 2 | 50.5 | 41.5 | 48.2 | 46.6 | 46.4 | 38.8 | 34.8 | 24.9 | 23.1 | ,, ,, ,, |
| 2 Jan. '34 | 1 + 2 | 70.7 | 41.2 | 68.1 | 68 5 | 68.0 | 60.2 | 52.3 | 37.1 | 34.7 | ,, ,, ,, |
| 6 April | 1 + 2 | uitgegr. | 39.5 | 88.4 | 140.1 | 167.3 | 223.6 | 141.0 | 136.7 | | uitgebloeid |
| Column | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |

| Knop in 1ste scheedeblad | | | Knop in 2de scheedeblad | | | Knop in 3de scheedeblad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lengte [SB] II 2'' in mm | Lengte loofblad in mm | Totaal aantal afsplit-singen | Lengte [SB] II 1''' in mm | Lengte loofblad in mm | Totaal aantal afsplit-singen | Lengte [SB] II 1'''' in mm | Lengte loofblad in mm | Totaal aantal afsplit-singen |
| + | + | 3.0 | 0.9 | + | 3.0 | 0.5 | + | 1.7 |
| 0.8 | + | 3.0 | 0.9 | + | 3.0 | 0.7 | + | 2.1 |
| 1.5 | 1.2 | 4.0 | 1.9 | 1.2 | 3.0 | 1.4 | 0.8 | 3.4 |
| 9.1 | 5.4 | 5.0 | 6.4 | 4.4 | 4.0 | 3.6 | 2.5 | 3.4 |
| 30.5 | 20.1 | 5.0 | 23.4 | 16.5 | 4.0 | 13.5 | 9.6 | 4 |
| 39.2 | 33.3 | 5.4 | 39.7 | 30.5 | 4.4 | 23.7 | 18.0 | 4 |
| 175.9 | 422.7 | 7.8 | 162.3 | 508.4 | 6 8 | 160.3 | 483.9 | 6.4 |
| Column 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

Juni). De *temperatuur* waarbij deze twee Irissoorten *hun bloem aanleggen, is* dus zeer *verschillend*: *reticulata bij 23° C, Imperator bij gem. 6° C.* Het tempo waarmee deze aanleg plaats vindt, is ongeveer gelijk. Belangwekkend is het om de optimale temperaturen van den bloemaanleg bij deze 2 verschillende Irissoorten te zoeken. Nadere gegevens zullen hierover gepubliceerd worden. De tijd van bloemaanleg van *Iris reticulata* komt meer overeen met dien van de Darwintulp (MULDER en LUYTEN, 1928) en de hyacinth (BLAAUW 1920), die hun bloem bij gunstige temperatuur in Juli-Aug. aanleggen. DYKES (1913) geeft aan dat de *Reticulata*-groep o.a. gekarakteriseerd is door haar stengel met één bloem. We zien dan ook steeds bij den bloei de geplante bol met één bloem op zijn hoofdas bloeien. Bij het bekijken van den bloemaanleg op 1 September blijkt echter, dat de tweede bloem, die we bij de andere bol-irissoorten aantreffen, hier wel aangelegd wordt (zie Fig. 15, ZBLP). We vinden in elk preparaat een 2de bloemprimordium; het ontwikkelt zich echter niet verder, want in het latere gefixeerde materiaal vinden wij nooit een zijbloemprimorium, zelfs geen rest er van, terug. Ook HAECKEL (1930) wijst op het voorkomen van een primordium van zoo'n 2de bloem bij andere armbloemige Irissoorten (I. *pumila, florentina L, caespitosa* Borb). Zij wijt dit niet uitgroeien van de 2de bloem aan een opgebruiken van het vegetatiepunt door de eindbloem, waardoor voor de 2de bloem niet genoeg over bleef. Er kunnen echter geheel andere oorzaken mogelijk zijn. Zoo hebben wij aanwijzingen bij *Iris* Imperator, dat de temperatuur op het ontstaan en uitgroeien van zijbloemen invloed kan uitoefenen. Bij het onderzoek over den invloed van de temperaturen op den tijd van bloemaanleg zal ook aan den aanleg en de ontwikkeling van de 2de bloem aandacht moeten geschonken worden.

Wel zien we bij den bloei een enkele maal meerdere bloemen uit 1 bol komen. Dit komt doordat het mogelijk is, dat een zijknop in plaats van een loofblad en verdere afsplitsingen aan te leggen een bloem vormt. In zoo'n geval zien we, dat de afsplitsing, die in normale knoppen een loofblad wordt nu tot scheedeblad uitgroeit, dan volgen 2 spathabladen en de bloem. Zoo'n zijknop heeft dan zijn eindvegetatiepunt, voor het vormen van de bloem opgebruikt, kan dus geen bol vormen. Toch merken we op, dat het ook kan voorkomen, dat uit zoo'n zijknop naast de bloem, een loofblad steekt. In zoo'n geval heeft het vegetatiepunt in het 1ste scheedeblad van den knop, dat anders niet verder komt dan een korrelgrooten bol (kraal) de taak van den grooten zijknop overgenomen; het heeft na een scheedeblad een loofblad en daarbinnen weer rokken en scheedebladen gevormd. Het loofblad zorgt er voor, dat de bol flink in dikte toeneemt. Dit vegetatiepunt is dus een jaar eerder tot flinken bol geworden dan gewoonlijk.

Ook in nog niet uitgegroeiden toestand hebben we een bloem in een zijknop aangetroffen. Op 2 Jan. vonden we n.l. in den zijknop van het 1ste scheedeblad 3 scheedebladen, 2 spathabladen en een bloem, die grooter was dan de eindbloem. De spathabladen waren ieder ± 1 cm

langer dan die van de eindbloem. Het is heel goed mogelijk, dat ook de invloed van verschillende temperaturen merkbaar zal zijn op de bloemvorming van deze zijknoppen.

Aan de hand van de tabel kunnen we den groei en de ontwikkeling van de verschillende scheedebladen, spatha, bloem en zijknoppen in den loop der maanden vervolgen. We zien, dat op 1 Nov. het 1ste scheedeblad ($SB^{I}$ 1 ; 19.7 mm) den eindknop (20.3 mm) niet meer omhult: de afsplitsingen van den eindknop gaan van nu af aan uit elkander schuiven (vergelijk de reeksen neuslengte en 1ste scheedeblad). Op 1 Dec. heeft het 1ste scheedeblad zijn vollen wasdom reeds bereikt: op 1 Jan. en op 6 April blijken zij n.l. niet meer in lengte te zijn toegenomen. De 3 overige scheedebladen (1ste orde) worden veel langer: hoe verder deze naar binnen liggen, des te grootere lengte bereiken ze; het is waarschijnlijk, dat ze op 6 April nog niet volgroeid zijn.

De spatha-bladen, die zoodra ze boven den grond komen groen gekleurd zijn en blijven, worden ten slotte even lang. Even vóór den bloei dus in 1933 ± 23 Maart strekt de bloemsteel sterk, zoodat de spathabladen (Fig. 2 SPL 1 en 2) met den bloemknop boven den grond gebracht worden. In zéér korten tijd zien we dan de bloem uit de spathabladen omhoog groeien. Van deze snelle strekking geven we hieronder een overzichtje aan eenige bloemen. Wanneer „topje" staat ingevuld, zoo wil dat zeggen, dat een heel klein stukje van den bloemknop uit de spathabladen steekt; „half" en „geheel" wil zeggen: de halve of heele bloemknop; 1 cm, dat behalve de bloemknop ook van den tubus reeds 1 cm boven de spathabladen zichtbaar is. Neemt men nu in aanmerking, dat de bloemknop 5.5 cm lang is, dan merkt men op, dat de strekking in een zeer snel tempo plaats vindt.

| | 23/III | | | 24/III | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10.15 | 13.30 | 16.0 | 9.30 | 12.0 | 17.0 |
| 1 | topje | top | half | drie kwart | net open | open |
| 2 | half | half | bijna geheel | geheel | open | open |
| 3 | bijna geheel | geheel | geheel | 1 cm | open | open |
| 4 | top | half | bijna geheel | geheel | open | open |
| 5 | niets | topje | top | drie kwart | geheel | open |
| 6 | niets | niets | topje | half | bijna geheel | open |
| 7 | niets | niets | niets | top | half | open |

Vervolgen wij nu nog de knoppen in den oksel van de scheedebladen. De knoppen, die in den 2den rok en in het 4de scheedeblad wel eens gevormd worden, zijn in de tabel niet opgenomen, doordat ze ongeregeld voorkomen; ze zijn minder ver ontwikkeld dan de andere. De overige knoppen laten een onderling vrij gelijkmatige ontwikkeling zien.

Het loofblad is van 1 Oct. af als loofblad te herkennen, al heeft het zijn vierkanten vorm pas op 1 Nov. Het groeit en strekt zich steeds meer, assimileert en voert stoffen naar den bol. Sterft het loofblad af, dan wordt

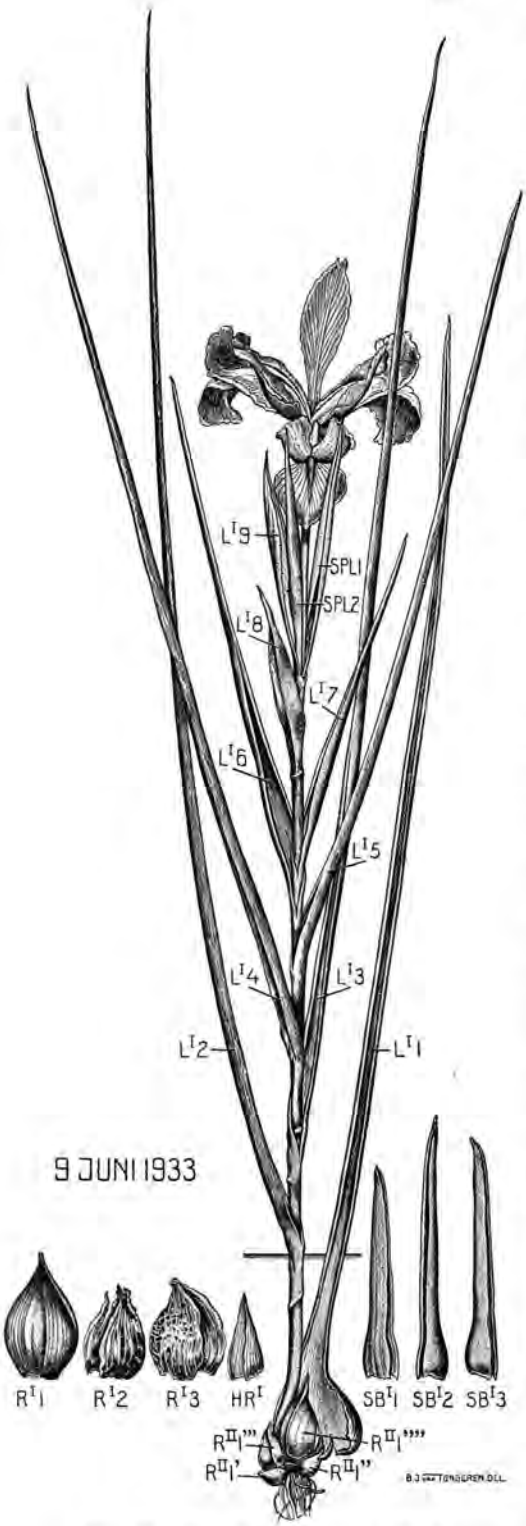



Fig. 16. Iris Imperator 1/3 ×.

de gesloten basis van dit loofblad tot drogen gesloten rok (Fig. 3, $R^I 1$). De netvormige structuur (Fig. 13) is dus het skelet van de basis van het loofblad, die door voortgezetten groei zoo wijd geworden is. Het steeds in dikte toenemende bolletje kan zoo steeds omhuld blijven. Het loofblad vormt dus den overgang: het is de afsluiting van de oude groeiperiode in 1934 en doet weer dienst als omhullende droge rok bij de nieuwe jaarcyclus. De afsplitsingen, die nà het loofblad in de knoppen gevormd worden, zullen dus deel uitmaken van den bol, die het volgend jaar bloeien zal. Zooals we reeds zagen, bevat deze bol in Aug. de volgende afsplitsingen: 2 vleezige rokken, 4 scheedebladen en de spathabladen. Op 1 Oct. is in den knop van het 1ste scheedeblad de 4de afsplitsing juist gevormd; dit is de 1ste vleezige rok voor het volgende jaar (zie boven en Fig. 7—9). In den 2den zijknop is reeds de 2de rok, en in den 3den zijknop de 1ste of 2de rok gevormd. Op 6 April zijn in den 1sten scheedeblad-zijknop, behalve de 2 scheedebladen en het loofblad 4 of 5 afsplitsingen aanwezig (zie fig. 7—12). Daarmee is dus het 2de of 3de scheedeblad afgesplitst. In den 2den en 3den knop zien we, dat het vegetatie-

punt ook bezig is om deze afsplitsingen te vormen. Daar begin Augustus in alle bollen het 2de spathablad gevormd wordt, zijn er dus van April tot Augustus 3 of 4 afsplitsingen bij gekomen. Om het verloop der afsplitsingen van April tot Augustus eenigszins te kunnen volgen, geven we hier nog aan hoe de stand op 18 Juni '35 bij een partij *Iris reticulata* was, die wij direct na het rooien ontvingen. Op dien datum bleken alle bollen het 1ste spathablad (lengte ± 0.3 mm) te hebben afgesplitst (behalve de droge rok 7 phyllomen). Men kan dus aannemen, dat van begin April tot half Juni 2 of 3 afsplitsingen worden gevormd.

Wanneer zijn deze zijvegetatiepunten aangelegd in den oksel der scheedebladen? Op 6 April '34 vinden we in den oksel van het 1ste der hoogere scheedebladen een vegetatiepunt met 1 afsplitsing, terwijl in het 2de scheedeblad alleen een naakt vegetatiepunt ligt. In den oksel van de scheedebladen van de zijknoppen van de andere bollen was op 6 April niets te vinden. Begin Aug. zal dit vegetatiepunt 2 of 3 afsplitsingen hebben. Van April tot Augustus worden dus 2 of 3 afsplitsingen gevormd. De levenscyclus van zoo'n knopje in SB 1 is nu in onderstaand schema samengevat.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ± Maart | '34 | VP | | | | | | | | | | | | |
| April | '34 | [SB 1] | [SB 2] | L | | | | | | | | | | |
| Aug. | '34 | [SB 1] | [SB 2] | L | | | | | | | | | | |
| April | '35 | [SB 1] | [SB 2] | L | assimileert | r 2 | r 3 | sb 1 | sb 1 | sb 3 | | | | |
| Juni | '35 | [SB 1] | [SB 2] | L | | r 2 | r 3 | sb 1 | sb 2 | sb 3 | sb 4 | spl 1 | | |
| Aug. | '35 | — | — | (R 1) | | R 2 | R 3 | SB 1 | SB 2 | SB 3 | SB 4 | SPL 1 | SPL 2 | bloem- |
| Sept. | '35 | | | | | | | idem | | | | | | aanleg. |
| Maart | '36 | | | | | | | idem | | | | | | bloei |
| ± Juni | '36 | | | | | | | idem | | | | | | rijp worden van vruchtbeginsel |

Het vegetatiepunt, dat in Maart 1934 aangelegd werd, vindt dus bij het rijp worden van het vruchtbeginsel ongeveer in Juni '36 zijn einde. De cyclus duurt dus ruim 2 jaar.

In April vonden we behalve deze vegetatiepuntjes in de oksels der scheedebladen ook reeds vegetatiepunten in de oksels der rokken (zelfs reeds in Mrt Fig. 11 ZVP $R^{II}$ 3). En in Jan. daar aan voorafgaand ook in den oksel van het scheedeblad, dat buiten het loofblad ligt. Deze laatste vegetatiepuntjes ontwikkelen zich tot kleine kraaltjes, die we bij het rooien tegen den buitenkant van den drogen rok (basis van het loofblad) aantreffen. Ze gaan bij het rooien of verzenden meestal te loor; we lieten ze buiten beschouwing, daar het aanwezige aantal te gering was om de juiste ontwikkeling te kunnen vaststellen.

Nu wij de geheele ontwikkeling van deze *Iris reticulata* besproken hebben, is het duidelijk, dat deze zich zeer onderscheidt van die van de Hollandsche Iris (BLAAUW 1935). Immers bij de Hollandsche iris heeft men een bebladerden bloemstengel (Fig. 16). Deze loofbladen ($L^{I}$ 1, etc.) voeren voedsel toe aan de knoppen, die in de oksels van de diverse afsplitsingen liggen. De knoppen in den 2den en 3den rok ($R^{I}$ 2 en $R^{I}$ 3), in den

halven rok ($HR^I$), in het $1^{ste}$, $2^{de}$ en $3^{de}$ scheedeblad ($SB^I$ 1, I 2 en I 3) en in het $1^{ste}$ loofblad $L^I$ 1 groeien tot bollen uit waarbij de knop in het $1^{ste}$ loofblad (grondstandig) de grootste is en tot een flinken bloeibaren bol wordt. Zoolang de bollen in den oksel van de afsplitsingen van den moederbol liggen, loopen ze niet uit. Dit gebeurt eerst nadat ze afgerijpt, gerooid en opnieuw geplant zijn. (Vergelijk de habitus van de beide bloeiende irissen, Fig. 2 en Fig. 16). Deze eenigszins afgeplatte zijbollen worden in Juli gerooid: de bloeibare geven het volgend jaar (planting in October) een bloemstengel met loofbladen. De niet bloeibare (voor zoover ze niet te loor gingen) laten het volgend jaar alleen 1—3 of 4 loofbladen uitloopen en vormen daarbinnen een dikkeren en afgeronden bol, die het daarop volgend jaar kan bloeien. Bij *Iris reticulata* (Fig. 2) doet iedere zijknop in den oksel van de scheedebladen direct in het zelfde jaar van aanleg zijn eenige loofblad uitloopen. Dit loofblad voedt dien zijknop (gevormd uit afsplitsingen van het zelfde vegetatiepunt, dat het loofblad gaf en die dus direct na het loofblad gevormd worden) doet hem dikker worden en uitgroeien tot flinken zijbol, die daarop het volgende voorjaar met een onbebladerden bloemstengel bloeit. We treffen dus bij *Iris reticulata* een *vooruitgeschoven* ontwikkeling aan. Hier is feitelijk de ontwikkeling van den zijknop onafhankelijk van de hoofdspruit, wat de assimilatie betreft. De zijknop van *Iris reticulata* ontplooit dus reeds in het eerste jaar zijn ééne loofblad en draagt het volgend jaar een bloem. Op de beide figuren 2 en 16 zijn de afsplitsingen van hoofd- en zijvegetatiepunt, met het eigen ordeteeken aangegeven, waardoor men dus de verschillende takgeneraties bij deze beide bol-irissen kan uiteen houden. De afsplitsingen der opeenvolgende zijknoppen van gelijke orde zijn met accenten aangegeven.

*Wageningen*, Maart 1935.

## LITERATUUR.


ARMITAGE EA 1930. Irises for the rock garden and the waterside. Journ. of the royal hort. Soc. 1903—1904.

BAKER, J. G. 1876. Synopsis of the known species of Iris III. Gardener's Chron. 1876. V.

BIEBERSTEIN, L. B. F. VON, 1808. Flora taurico-caucasica. I.

BLAAUW, A. H. 1920. Over de periodiciteit van Hyacinthus orientalis. Med. Landbouwh. Dl. XVIII (Med. Lab. v. Plantenph. Onderzoek Wageningen N⁰. 3).

——— 1933. Temperatuur en tijd van den bloemaanleg bij bol-irissen. Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. A'dam. Vol. **36**. 1933. (Med. Lab. v. Plant. Onderz. Wag. N⁰. 39).

——— 1935. De periodieke ontwikkeling van een Iris-bol. Verhand. Kon. Akad. v. Wet. Dl. **34**, No. 3. (Med. Lab. v. Plantenph. Onderz. N⁰. 43).

DYKES, W. R. 1913. The genus Iris. Cambridge 1913.

HAECKEL, INGEBORG. 1930. Ueber Iridaceeën. Flora oder Allgem. Zeit. Neu Folge Bnd. **25**.

MULDER, R. en IDA LUYTEN. 1928. De periodieke ontwikkeling van de Darwintulp. Verh. Kon. Akad. v. Wet. A'dam. Afd. Nat. 2de S. Dl. **26**. (Med. Lab. v. Plant. Onderz. Wag. N⁰. 16).

## THE PERIODICAL DEVELOPMENT OF IRIS RETICULATA.

When in bloom, in the month of March (Fig. 1), the bulbs are wrapped up in a dried-up scale (Fig. 2, $R^{I}$ 1), the network appearance of which (Fig. 14) has suggested the name for this section. Inside this scale we find 1 completely closed, fleshy scale (Fig. 3 $R^{I}$ 2) and 1 open fleshy scale ($R^{I}$ 3). Then follow 4 sheathing-leaves ($SB^{I}$ 1, 2, 3 and 4). In the axil of the first 3 sheathing-leaves a bud can always be found, but not as a rule in $SB^{I}$ 4 and $R^{I}$ 2. These lateral buds each bear one foliage-leaf $L^{II}$ 1, etc. (square shaped, with ribs at unequal distances. See for section Fig. 14). After the fourth sheathing-leaf we find at the apex 2 spathe-leaves (SPL 1 and SPL 2) and 1 flower. In July, after the foliage has perished, each bulb has given birth to three or four good-sized bulbs. The bulbs arrived at our laboratory on Aug. 7th and they were immediately divided into equal groups for the purpose of consecutive fixation (10 bulbs = 53,5 gr). The bulbs were then kept at a temperature of 23°C until Sept. 25th, then at 17°C until they were planted outside on Oct. 23rd. On Aug. 7th the terminal vegetation point is still in a leaf-producing stage (Stage I). On Sept. 1st the formation of the flower is already well advanced (see last column of the table, for description of stages see BLAAUW 1935). Nearly all flowers are at stage V or nearly so, i.e. the second whorl of petals has been formed. On Oct. 1st the bulbs have already past stage VI. The *flower development* is thus found to have occurred in 1933 *between Aug. 15th and Sept. 15th, i.e. at a time when the bulbs are still kept dry.* This is highly different from the Dutch and Spanish *Iris* (BLAAUW 1933). It was found that the flower of Imperator was formed in March and the beginning of April, i.e. five months after being planted. It is evident, therefore, that the temperature at which these two species of Iris form their flower is very different in each case: the *reticulata* at 23°C and the Imperator at an average of 6°C. The length of the period of development is about the same in both cases. The date for the formation of the flower of *Iris reticulata* is not very different from that found for Darwin tulips (MULDER and LUYTEN 1928) and the Hyacinth (BLAAUW 1920). DYKES (1913) has drawn attention to the fact that the *reticulata*-section characteristically has only *one* flower. The second flower, however, has been formed (see Fig. 15 ZBLP) but does not come beyond this first stage. The growth of the nose (2nd column), the first sheathing-leaf (3rd column), second sheathing-leaf (4th column), third sheathing-leaf (5), fourth sheathing-leaf (6), first spathe-leaf (8), second spathe-leaf (9), and of the flower measured from the disk (10) can be studied from the table. A short time before blooming the stalk stretches vigorously, so that the spathed inflorescence reaches out of the soil. Very soon we see the flower grow out of the spathe and open up. The length of the sheathing-leaf, the length of the foliage-leaf, and the number of divisions of the lateral bud in the *first* sheathing-leaf are recorded in the 12th, 13th and 14th columns, those in the *second* sheathing-leaf in the 15th, 16th and 17th columns, and those in the *third* sheathing-leaf in the 18th, 19th and 20th columns of the table. The buds show a mutually corresponding development. The bud in the *first* sheathing-leaf, always begins with the forming of 2 sheathing-leaves, thereby contrasting with the other buds which only produce 1 sheathing-leaf, and consequently this bud splits off more divisions than the rest. However, since the divisions which are produced before the foliage-leaf do not adhere to the new bulb, each bulb starts off with the same number of divisions, after lifting from the soil. The foliage-leaf can be recognized as such from Oct. 1st onwards (its formation started in August). It grows and stretches more and more, assimilates and thus enables the lateral bud to grow thicker. When the foliage-leaf dies off, the completely closed base (which through a continued growth envelops the evergrowing bulblet) becomes the dried-up outer scale (Fig. 3 and 13 $R^{I}$ 1). The foliage-leaf must therefore be considered as the conclusion of the old period of development, whereas it will serve again as enveloping scale during the new year cycle. The divisions formed in the buds *after* the foliage-leaf was produced will therefore become part of the new bulb, which,

planted out in October, will flower again in March of the next year. The first formation of the lateral vegetation point in the axil of the sheathing-leaves must be looked for before April. In one bulb the first division was found on April 6th. In the beginning of August this vegetation point will have 2—3 divisions. The cycle of such a vegetation point, therefore has, a period lasting from at latest March 1934 until June 1936 (when the ovary perishes). Thus we find that the development of *Iris reticulata* is very different from that of the Dutch Iris (BLAAUW 1935). The latter grows a flower-stalk *with* foliage (Fig. 16), its lateral buds showing no outward changes (except for growing thicker) until a year later, when they produce foliage-leaves and, if they are big enough, bloom. *Iris reticulata*, on the other hand, has *no* foliage on its flower-stalk (Fig. 2). Here each lateral bud produces a foliage-leaf, which then will feed its own lateral bud, in the same year in which the bud was formed. Here, therefore, the development of the lateral bud is quite independent of the main shoot for its assimilation. The first formed divisions develop immediately (1 or 2 sheathing-leaves and a foliage-leaf). The successive divisions remain small until in the following year sheathing-leaves, spathes and a flower grow out of them.

---

**Comparative Physiology.** — *Die Atmungsregulierung von Lumbricus.* Von J. B. THOMAS. (Aus dem Institut für vergleichende Physiologie der Reichsuniversität Utrecht). (Communicated by Prof. H. J. JORDAN).

(Communicated at the meeting of May 25. 1935).

Es kommt häufig vor, dass bei niederen Tieren, welche in einer $O_2$-armen Umgebung leben, Hämoglobin angetroffen wird und es ist daher wahrscheinlich, dass dieser Farbstoff speciell beim Ausnützen der niederen Sauerstoffspannungen eine gewisse Rolle spielt.

BEA SCHWARZ [1]) und nachher DOLK und VAN DER PAAUW [2]) untersuchten beim Regenwurm in welchem Masse das Haemoglobin diese Rolle spielt. Sie brachten die Tiere in ein geschlossenes Atmungsgefäss (Frl. SCHWARZ gebrauchte hierzu eine Gaspipette, wie sie in unserm Institut zu gasanalytischen Zwecken verwendet wird, während DOLK und VAN DER PAAUW mit einem modifizierten Mikrorespirometer nach KROGH arbeiteten) und bestimmten die Atmungsgrösse bei $O_2$-Drucken von 20,9 % (Atmosphärischer Luft) bis 0 %. Teils wurden normale Tiere benutzt und teils solche, bei denen die Funktion des Hämoglobins mittels CO vernichtet worden war. Kurz zusammenfassend erhielten sie die folgenden Resultate:

1. Bei normalen Würmern bleibt die Atmung von 20,9 % bis ungefähr 3 % $O_2$ konstant (gleicher Sauerstoffverbrauch in der Zeiteinheit, unabhängig vom Sauerstoffdruck in der Umgebung);

2. bei CO-Tieren ist Konstanterhaltung von 20,9 % bis ungefähr 7 % Sauerstoff zu beobachten. Das heisst also, dass beim Ausschalten des

---

[1]) JORDAN, H. J. und B. SCHWARZ, Pflügers Arch. **185**, 311, (1920).

[2]) DOLK, H. E. und F. VAN DER PAAUW, Z. vergl. Physiol. **10**, 324, (1929).

Hämoglobins der $O_2$-Verbrauch schon bei einem höheren Drucke verringert wird, als im normalen Falle; die niederen Sauerstoffspannungen können weniger gut ausgenützt werden.

Bei der Wiederholung dieser Versuche gelangte ich aber zu anderen Resultaten, welche im Folgenden mitgeteilt werden.

Ich benutzte die Apparatur von DOLK und VAN DER PAAUW, änderte aber ihre Methodik in der Beziehung, dass ich nur zur Kontrolle unter KROGH's „Standardbedingungen", arbeitete. In diesen Fällen verwendete ich nur sehr schwache Alkoholnarkose (6 %). Narkotisiert man die Tiere nämlich so stark, wie es die genannten Untersucher getan haben, so treten, wenn überhaupt die Würmer am Leben bleiben, verschiedene Störungen der Atmung auf, während ohne Narkose nicht nur die Umstände normaler sind, sondern auch die Fehlergrenze nicht stark zunimmt, wenn man nur die Bewegungen der Objekte dadurch einschränkt, dass man sie in Tüll einnäht.

Ebenso wie DOLK und VAN DER PAAUW habe ich die Korrektur für die Gasabgabe durch die Würmer angebracht. Überdies habe ich versucht sie zu verringeren, indem ich die Tiere Fliesspapier fressen liess. Allerdings lässt sie sich nicht ganz unterdrücken.

Tabelle 1 und 2 zeigen die Resultate bei normalen und CO-vergifteten Tieren.

Aus Tabelle 1 ergibt sich, dass bei normalen Tieren die Atmung im Anfang stark abnimmt, bis ungefähr 25—30 % des vorhandenen Sauerstoffs verbraucht ist. (Das heisst also bis zu einem absoluten Partial-drucke von ungefähr 15 % einer Atmosphäre). Sinkt die Sauerstoffspannung weiter ab, so bleibt die Atmung konstant um sich erst wieder zu verringern, wenn die Grenze von ungefähr 3 % $O_2$ (absolut) überschritten wird.

Tabelle 2 zeigt, dass die Atmung bei CO-vergifteten Tieren sich mit Sicherheit nur dadurch von derjenigen normaler Tiere unterscheidet, dass bei jenen auch oberhalb einer $O_2$-Spannung von 15 % die Atmung unabhängig vom Sauerstoffdrucke ist und nicht mit diesem steigt; *also fehlt hier der Mehrverbrauch bei höheren Spannungen.* Aus dem Mehrverbrauche des normalen Tieres ergibt sich, dass die Konstanterhaltung des Verbrauches zwischen 3 und 15 % einer (unbekannten) Regulierung und nicht der Verbrauchsbegrenzung durch den Bedarf zuzuschreiben ist.

Ich möchte aus diesen Ergebnissen nicht den Schluss ziehen, dass die Bedeutung des Hämoglobins beim Ausnützen niederer Sauerstoffspannungen von einer so grosse Wichtigkeit ist, wie DOLK und VAN DER PAAUW es ihm zuschreiben. Auch aus ihren eigenen Tabellen tritt der Unterschied normaler und CO-Würmer m.E. in dieser Hinsicht nicht deutlich hervor.

Dass die genannten Autoren den Mehrverbrauch oberhalb 15 % $O_2$ nicht haben feststellen können, möchte ich durch die Anwendung von zu starken Narkotika erklären. Bei sehr schwacher Narkose (Tabelle 1, Wurm C) oder ohne solche, tritt er immer klar zutage.

Es wurde bei der Konstanterhaltung der Atmung zwischen 15—3 %

TABELLE 1.

I. Atmung *normaler Würmer* im Atmungsgefäss in cmm pro $^1/_2$ Stunde.
II. Sauerstoffverminderung im Gefäss während der betreffenden $^1/_2$ Stunde, in $^0/_0$ des zu Anfang der Periode vorhandenen Sauerstoffs.
III. $O_2$-*Verbrauch* pro $^1/_2$ Stunde in $^0/_0$ der Atmung in atmosphaerischer Luft.

| Halbe Stunde. | A Volumen 1.45 ccm; Gasabgabe 14 cmm; pro $^1/_2$ St. | | | B Volumen 1.40 ccm; Gasabgabe 9 cmm pro $^1/_2$ St. | | | C Narkotisiert Volumen 2.04 ccm; Gasabgabe 6 cmm pro $^1/_2$ St. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I $O_2$-verbr. in cmm | II $O_2$-verbr in $^0/_0$ | III Atmung in $^0/_0$ | I $O_2$ verbr. in cmm | II $O_2$-verbr. in $^0/_0$ | III Atmung in $^0/_0$ | I Verbr. in cmm. | II $O_2$-verbr. in $^0/_0$ | III Standard-atm. i. $^0/_0$ |
| $^1/_2$ | | | | 85 | 5 | 129*) | | | |
| 1 | 160 | 9 | 100 | 47 | 8 | 71*) | 145 | 8 | 100 |
| 2 | 99 | 15 | 62 | 37 | 10 | 56*) | 97 | 14 | 67 |
| 3 | 80 | 19 | 50 | — | — | — | — | — | — |
| 4 | 67 | 23 | 42 | 137 | 21 | 42*) | — | — | — |
| 5 | 71 | 27 | 45 | 31 | 22 | 47*) | 230 | 27 | 53*) |
| 6 | 56 | 30 | 35 | 55 | 25 | 42 | 73 | 31 | 50 |
| 7 | — | — | — | 53 | 29 | 41 | 68 | 35 | 47 |
| 8 | — | — | — | 64 | 33 | 49 | 60 | 39 | 41 |
| 9 | — | — | — | 51 | 36 | 38 | 58 | 42 | 40 |
| 10 | — | — | — | 49 | 39 | 36 | 53 | 45 | 37 |
| 11 | 235 | 43 | 29*) | 46 | 41 | 35 | 51 | 48 | 35 |
| 12 | 51 | 47 | 32 | 50 | 44 | 38 | 53 | 51 | 37 |
| 13 | — | — | — | 50 | 47 | 38 | — | — | — |
| 14 | 116 | 53 | 36*) | — | — | — | — | — | — |
| 15 | 54 | 56 | 34 | — | — | — | — | — | — |
| 16 | 49 | 59 | 31 | 120 | 55 | 30*) | 170 | 61 | 29*) |
| 17 | 56 | 62 | 35 | 40 | 57 | 30 | 41 | 63 | 28 |
| 18 | 56 | 65 | 35 | 37 | 59 | 28 | 42 | 66 | 29 |
| 19 | — | — | — | 46 | 62 | 35 | 42 | 68 | 29 |
| 20 | — | — | — | — | — | — | 39 | 70 | 27 |
| 21 | — | — | — | 61 | 66 | 23*) | 41 | 73 | 28 |
| 22 | — | — | — | 43 | 68 | 32 | 39 | 75 | 27 |
| 23 | 256 | 79 | 32*) | 42 | 71 | 32 | 39 | 78 | 27 |
| 24 | 45 | 82 | 28 | 50 | 74 | 38 | — | — | — |
| 25 | 51 | 85 | 32 | 51 | 77 | 38 | 64 | 81 | 22*) |
| 26 | 47 | 87 | 30 | 54 | 80 | 41 | 36 | 83 | 24 |
| 27 | 49 | 90 | 31 | 45 | 83 | 34 | 40 | 85 | 28 |
| 28 | 28 | 92 | 17 | 45 | 85 | 34 | — | — | — |
| 29 | 24 | 93 | 15 | 43 | 88 | 32 | — | — | — |
| 30 | 24 | 94 | 15 | 35 | 90 | 26 | — | — | — |
| 31 | 22 | 96 | 13.5 | 37 | 92 | 28 | — | — | — |
| 32 | 23 | 97 | 14.5 | 34 | 94 | 26 | — | — | — |
| 33 | 22 | 98 | 13.5 | 33 | 96 | 25 | — | — | — |
| 34 | 16 | 99 | 9 | 22 | 97 | 17 | — | — | — |
| 35 | 14 | 100 | 0 | 19 | 98.5 | 16 | — | — | — |
| 36 | — | — | — | 12 | 99.5 | 9 | — | — | — |
| 37 | — | — | — | 9 | 100 | 7 | — | — | — |
| 38 | — | — | — | 0 | 100 | 0 | — | — | — |
| 39 | — | — | — | — | — | | — | — | — |
| 40 | — | — | — | — | — | | — | — | — |
| | | | | | | | Halbe Stund. | | |
| | | | | | | | 46 | 263 | 99 | 9*) |
| | | | | | | | 47 | 10 | 99.5 | 7 |
| | | | | | | | 48 | 6 | 99.9 | 4 |
| | | | | | | | 49 | 0 | 100 | 0 |

*) Umgerechnet auf den Verbrauch pro $^1/_2$ Stunde.

TABELLE 2.

I. Atmung *CO-Würmer* im Atmungsgefäss in cmm pro $^1/_2$ Stunde.
II. Sauerstoffverminderung im Gefäss während der betreffenden $^1/_2$ Stunde, in $^0/_0$ des zu Anfang der Periode vorhandenen Sauerstoffs.
III. $O_2$-*Verbrauch* pro $^1/_2$ Stunde in $^0/_0$ der Atmung in atmosphaerischer Luft.

| Halbe Stunden | 1 Vol. 1.41 ccm; Gasabgabe 5 cmm pro $^1/_2$ Stunde | | | 2 Vol. 1.05 ccm; Gasabgabe 6 cmm pro $^1/_2$ Stunde | | | 3 Vol. 1.31 ccm; Gasabgabe 6 cmm pro $^1/_2$ Stunde | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I $O_2$-verbr. in cmm | II $O_2$-verbr. in $^0/_0$ | III Atmung in $^0/_0$ | I $O_2$-verbr. in cmm | II $O_2$-verbr. in $^0/_0$ | III Atmung in $^0/_0$ | I $O_2$-verbr. in cmm | II $O_2$-verbr. in $^0/_0$ | III Atmung in $^0/_0$ |
| 1 | — | — | — | 63 | 3 | 149 | 51 | 3 | 116 |
| 2 | 62 | 3 | 91*) | 71 | 7 | 168 | 79 | 7 | 179 |
| 3 | 38 | 6 | 111 | — | — | — | 47 | 10 | 107 |
| 4 | — | — | — | — | — | — | 41 | 12 | 93 |
| 5 | 61 | 9 | 90*) | — | — | — | — | — | — |
| 6 | 43 | 11 | 126 | 120 | 13 | 71*) | — | — | — |
| 7 | 27 | 13 | 80 | 27 | 15 | 64 | — | — | — |
| 8 | 33 | 15 | 97 | 39 | 17 | 91 | — | — | — |
| 9 | 29 | 16 | 85 | 39 | 19 | 91 | 176 | 21 | 79*) |
| 10 | 33 | 18 | 97 | 34 | 21 | 80 | 38 | 23 | 86 |
| 11 | 32 | 20 | 94 | 25 | 22 | 59 | 31 | 25 | 70 |
| 12 | 40 | 22 | 117 | — | — | — | — | — | — |
| 13 | 44 | 24 | 129 | — | — | — | 78 | 29 | 89*) |
| 14 | — | — | — | 126 | 29 | 39*) | 44 | 32 | 100 |
| 15 | — | — | — | 34 | 31 | 80 | 31 | 33 | 70 |
| 16 | — | — | — | 43 | 33 | 101 | 36 | 35 | 82 |
| 17 | — | — | — | 44 | 35 | 104 | — | — | — |
| 20 | 166 | 34 | 70*) | — | — | — | — | — | — |
| 21 | 24 | 35 | 71 | — | — | — | — | — | — |
| 22 | 28 | 37 | 83 | — | — | — | — | — | — |
| 22$^1/_2$ | — | — | — | 193 | 45 | 86*) | — | — | — |
| 23 | 33 | 38 | 97*) | — | — | — | — | — | — |
| 24 | 35 | 40 | 103 | — | — | — | — | — | — |
| 38 | — | — | — | — | — | — | 511 | 63 | 52*) |
| 39 | — | — | — | — | — | — | 36 | 65 | 82 |
| 41 | — | — | — | — | — | — | 71 | 69 | 79 |
| 42 | — | — | — | — | — | — | 40 | 71 | 91 |
| 43 | — | — | — | 692 | 82 | 79*) | — | — | — |
| 44 | — | — | — | 42 | 84 | 99 | 70 | 74 | 79*) |
| 45 | — | — | — | 44 | 86 | 104 | 38 | 76 | 86 |
| 46 | — | — | — | 45 | 88 | 105 | — | — | — |
| 47 | 859 | 88 | 111*) | 18 | 90 | 43 | 70 | 80 | 79*) |
| 48 | 34 | 90 | 100 | 23 | 91 | 55 | 35 | 82 | 79 |
| 49 | 17 | 91 | 51 | 26 | 92 | 61 | 32 | 83 | 73 |
| 50 | 12 | 92 | 36 | 31 | 94 | 73 | 32 | 85 | 73 |
| 51 | 29 | 93 | 85 | — | — | — | 34 | 87 | 77 |
| 52 | — | — | — | 35 | 96 | 41*) | 33 | 89 | 75 |
| 53 | 58 | 97 | 85*) | — | — | — | — | — | — |
| 54 | — | — | — | 26 | 97 | 31*) | — | — | — |
| 55 | 38 | 98.5 | 28*) | 18 | 98 | 43 | — | — | — |
| 56 | 7 | 99 | 21 | 12 | 98.5 | 29 | — | — | — |
| 57 | 11 | 99.5 | 33 | 8 | 99 | 20 | — | — | — |
| 58 | 5 | 100 | 0 | 10 | 99.5 | 24 | 123 | 96 | 45*) |
| 59 | — | — | — | 12 | 100 | 0 | 17 | 96.5 | 39 |
| 60 | — | — | — | — | — | — | 18 | 97.5 | 41 |
| 61 | | | | | | | 15 | 98.5 | 34 |
| 62 | | | | | | | 12 | 100 | 27 |
| 63 | | | | | | | 0 | 100 | 0 |

*) Umgerechnet auf den $O_2$-verbrauch pro $^1/_2$ Stunde.

Sauerstoff an Kapillarreaktionen gedacht, aber Versuche, die in unserem Institut angestellt wurden um diese Meinung zu prüfen, waren bis jetzt ohne Erfolg.

Herrn Prof. Dr. H. J. JORDAN und Herrn Dr. H. J. VONK danke ich bestens für ihre freundliche Unterstützung bei der Ausführung dieser Arbeit.

---

**Medicine.** — *Über „chirurgische Katatonie".* Von H. DE JONG und A. GALLINEK (New York). Aus dem neurophysiologischen Laboratorium (Dr. H. DE JONG) der neurologischen Univ. Klinik Amsterdam (Prof. Dr. B. BROUWER). (Communicated by Prof. B. BROUWER.)

(Communicated at the meeting of May 25, 1935.)

Dem Symptomenkomplex der Bulbokapninkatatonie ähnliche Erscheinungen mittels chirurgischen Eingriffen am Zentral-Nervensystem wurden zuerst von RANSON und INGRAM [1]) bei Katzen nach Verletzung der Supramamillarregion beobachtet.

Dieselben Erscheinungen wurden auch zuerst von SAGER [2]) und nachher von VAN HARREVELD und KOK [3]) in einigen Fällen von Decorticationen bei Hund und Katze gesehen. Wenn man also nach den vorliegenden Ergebnissen versuchen wollte, Schlüsse auf die Lokalisation der „chirurgischen" Katatonie zu ziehen, so würde man auf Schwierigkeiten stossen angesichts der grossen Verschiedenheit der den Symptomenkomplex auslösenden Eingriffe. Dass sich derartigen lokalisatorischen Bemühungen tatsächlich grosse Schwierigkeiten entgegenstellen, ergibt sich auch aus unseren Untersuchungen. Wir teilen im folgenden die Beobachtungen an 7 Katzen mit, bei denen zum Teil sehr kleine, zum Teil grössere Verletzungen umschriebener Partieen der Grosshirnrinde und des Markes vorgenommen wurden. Und zwar teils einseitig, teils doppelseitig. Bei vier Katzen kam es zu „chirurgischer" Katatonie, bei drei kam es nicht dazu.

## TECHNIK.

Die Operationen erfolgten unter aseptischen Kautelen, die Narkose mit einem Aether-Luftgemisch. Die Hirnlaesionen wurden mit einem kleinen scharfen Löffel gesetzt, der natürlich nicht so scharf umschriebene Laesionen gestattet, wie das von RANSON und INGRAM benutzte Horsley- Clarke- Stereotaxie- Instrument.

---

[1]) S. W. RANSON and W. R. INGRAM: Catalepsy caused by Lesions between the Mamillary Bodies and third Nerve in the Cat. Am. J. Physiol., Vol. **690** (1932).

[2]) O. SAGER: „Exp. Untersuchungen über die Bulbocapninstarre", Zeitschr. f. die ges. exp. Medizin, Bd. **81**, Heft 5/6, 1932.

[3]) A. VAN HARREVELD en D. J. KOK: „Bulbocapnine-Katalepsie met betrekking tot de schors", Ned. T. v. G., jaargang **78**, blz. 3624, 1934.

## BEOBACHTUNGEN.

(Wir geben hier nur Auszüge aus den Protokollen, die sich ausschliesslich auf das Auftreten katatoner Erscheinungen nach Hirnlaesionen beziehen; andere an den Tieren vorgenommene Untersuchungen werden an dieser Stelle nicht besprochen.)

### KATZE 1.

6. VIII. 34. Entfernung von Rinde und Mark in geringer Ausdehnung aus der linken Hemisphaere, 1 Stunde nach der Operation sitzt die Katze mit nach links gedrehtem Kopf. Neigung des Körpers nach rechts umzusinken. Läuft nicht. 7 Stunden nach der Operation noch keine Veränderung.

7. VIII. 34. Eine im linken Gesichtsfeld exponierte Maus wird fixiert. Bei Exposition im rechten Gesichtsfeld wird nicht fixiert (Hemianopsie?). Die Katze kann stehen, es besteht eine leichte Parese des rechten Hinterbeines. Angetrieben läuft das Tier entsprechend der Kopfhaltung meist links im Kreis herum.

9. VIII. 34. Alle Erscheinungen sind schwächer ausgeprägt.

13. VIII. 34. *Heute, eine Woche nach der Operation, werden zum ersten Male deutliche Erscheinungen aus dem Gebiet der Katatonie beobachtet.* Es besteht deutlicher Negativismus; mit den Vorderbeinen an der Stuhllehne aufgehängt, bleibt das Tier 20 Sekunden hängen, lässt mit dem rechten Vorderbein zuerst los. Auf der Stuhlfläche bleibt das Tier sitzen, die motorische Initiative ist verzögert (doppelseitig).

16. VIII. 34. Unverändert, auch die „Hemianopsie" scheint unverändert.

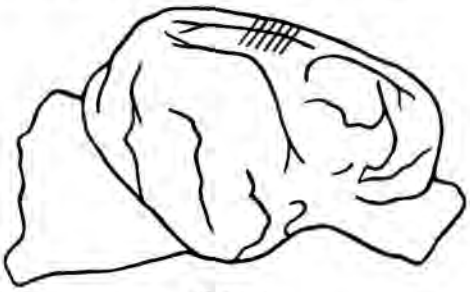
22. VIII. 34. *Es bestehen keine Katatonen Erscheinungen mehr.* Nur eine Verzögerung der motorischen Initiative und die „Hemianopsie" sind noch nachweisbar.

6. IX. 34. Das Tier wird getötet. *Sektionsbefund:* Die linksseitige Laesion ist ungefähr 1 qcm gross, befindet sich teilweise im gyrus suprasylvius anterior, ectosylvius anterior, ectosylvius medius und suprasylvius medius. Ein Durchschnitt durch die Mitte der Laesion zeigt, dass dieselbe sich bis in den Ventrikel erstreckt und auch das corpus striatum verletzt.

*Conclusion:* Eine Woche nach der Hirnschädigung entsteht spontan Katatonie, die etwas über eine Woche anhält.

### KATZE 8.

24. XI. 34. Entfernung von Rinde und Mark aus der rechten Hemisphaere. Unmittelbar nach der Operation linksseitige klonische Krämpfe. 30 Minuten nach der Operation versucht das Tier zu laufen, es besteht eine linksseitige Hemiparese, das Tier fällt ständig auf die linke Seite, läuft links im Kreis herum, Kopf nach links, versucht immer wieder zu laufen „übt", kann nach einer Stunde schon leidlich laufen. Es bestehen keine katatonen Symptome.



Katze 8.

26. XI. 34. Heute *am zweiten Tage nach der Operation treten zum ersten Male katatone Symptome auf*. Das Tier bleibt 30 Sekunden an der Stuhllehne hängen, lässt mit dem linken, paretischen, Vorderbein zuerst los. Deutlicher Negativismus, starke Herabsetzung der motorischen Initiative.

27. XI. 34. Status idem.

5. XII. 34. Heute, am 11. Tage nach der Operation und am 9. Tage nach dem Auftreten der katatonen Erscheinungen sind *die katatonen Erscheinungen geschwunden*, nur eine Verzögerung der motorischen Initiative besteht noch.

26. I. 35. Die Verminderung der motorischen Initiative besteht noch unverändert. Das Tier wird getötet.

*Sektion:* Die äusserlich geringfügige Laesion verläuft im rechten sulcus lateralis, von dessen Mitte ca 0.75 cm nach vorn, delle dabei angrenzenden Partieen des gyrus lateralis und suprasylvius ein. Rostbraune Verfärbung und Substanzdefekt im darunter liegenden Mark bis zur Ventrikelwand, ohne Verletzung derselben.

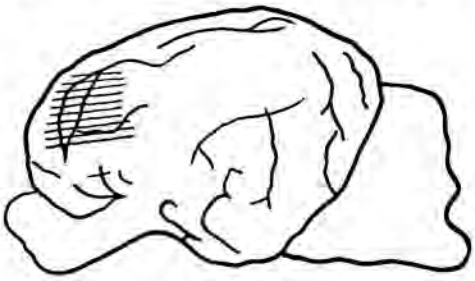
*Conclusion:* Es kommt am zweiten Tage nach der Operation zu einer 9 Tage anhaltenden spontanen Katatonie. Im Gegensatz zu dieser bleibt die Verzögerung der motorischen Initiative während der zweimonatlichen Beobachtung bestehen.

KATZE 9.

8. XII. 34. Beiderseits Zerstörung im Stirngebiet. *Bereits eine Stunde nach dem Aufwachen aus der Narkose sind alle kataleptischen Phaenomene und der Negativismus stark ausgeprägt.* Das Tier sitzt unbeweglich etwas nach rechts geneigt.

Katze 9 rechts.

10. XII. 34. Unverändert. An Korb und Stuhllehne aufgehängt, bleibt das Tier kataleptisch hängen, bis es herunter stürzt. Kreuzt man dem Tier die Vorderbeine, so bleibt es in dieser Stellung. Wie eine Gliederpuppe hält das Tier groteske Stellungen, die man ihm gibt, inne. Jeder Antrieb fehlt, das Tier frisst nicht, schluckt aber wenn Milch hinter die Zahnreihe gebracht wird.



Katze 9 links.

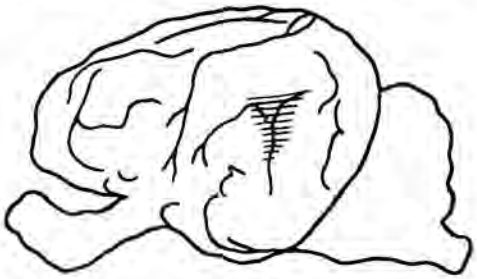
14. XII. 34. Katatone Erscheinungen unverändert, Pneumonie.

15. XII. 34. Exitus letalis. *Section:* Links: Ca 1½ qcm grosse Laesion im gyrus proreus, sulcus praesylvius, gyrus sigmoideus anterior, gyrus und sulcus coronalis, gyrus suprasylvius anterior und ectosylvius anterior. Die Laesion erreicht den Ventrikel. Rechts: Die ca 0.5 qcm grosse Laesion liegt im gyrus suprasylvius anterior und erreicht den rechten Ventrikel, der fast völlig mit Blut gefüllt ist.

*Conclusion:* Eine Stunde nach dem Erwachen aus der Narkose entsteht eine sehr stark ausgeprägte Katatonie, die bis zum Tode am siebenten Tage nach der Operation bestehen bleibt.

KATZE 10.

6. I. 35. Entfernung von Rinde und Mark aus den hinteren Teilen der linken Hemisphaere. Die Laesion wird wenig breit, aber tief gesetzt. Bei der Operation kommt es zu einer stärkeren Blutung. Unmittelbar nach der Operation führt das Tier auf der Seite liegend Laufbewegungen aus. Schon nach wenigen Minuten richtet es sich auf und läuft etwas ataktisch. Dabei stürzt es oft, ohne dass eine Parese wahrnehmbar wäre. Man hat den Eindruck eines



Katze 10.

systematischen Übens, das sich aus den Laufbewegungen des liegenden Tieres entwickelt hat. Nach 40 Minuten läuft das Tier bereits durch den Käfig, klettert sogar an den Wänden hoch. Keinerlei kataleptische Erscheinungen.

7. I. 35. *Deutliche kataleptische Erscheinungen:* Am Korbrand mit den Vorderbeinen aufgehängt, bleibt das Tier 6 Minuten(!) hängen. Gleitet dann mit dem rechten Vorderbein ab, bleibt aber mit dem linken noch weitere 2 Minuten(!) hängen. Auch bei der Probe zwischen 2 Stühlen erweist sich das Tier als hochgradig kataleptisch. Neben den kataleptischen Erscheinungen besteht auch Negativismus.

8. I. 35. Status idem.

9. I. 35. Plötzlicher exitus letalis. *Sektion:* 0.7 qcm grosse Laesion links im gyrus ectosylvius medius, die auch die obersten Teile des gyrus ectosylvius posterior und gyrus sylvius medius erfasst. Die Laesion erreicht den Ventrikel und fast das ganze Ventrikelsystem ist mit Blut gefüllt. (Vielleicht ist eine Nachblutung in den Ventrikel die Ursache des plötzlichen Todes.)

*Conclusion:* Einen Tag nach der Operation kommt es zu einer schweren Katatonie, die bis zum Tode (Ventrikelblutung?) am dritten Tage nach der Operation anhält.

Es folgen nun die Beobachtungen der Tiere, bei denen gleichartige oder ähnliche Operationen keine katatonen Erscheinungen auslösten.

KATZE 2.

9. VIII. 34. Entfernung von Mark und Rinde aus der rechten Hemisphaere, ziemlich starke Blutung aus Knochen und Meningealgefässen. Schon 40 Minuten nach der Operation bestehen keine pathologischen Erscheinungen mehr. Bis

Katze 2.

zur Tötung 4 Monate nach der Operation werden keine pathologischen, insbesondere *keine katatonen Erscheinungen* wahrgenommen. Die Sektion ergibt eine oberflächliche Laesion im gyrus ectosylvius anterior, gyrus sylvius anterior und gyrus ectosylvius medius.

*Conclusion:* Eine „chirurgische" Katatonie wird in diesem Falle nicht beobachtet.

KATZE 4.

Entfernung von Rinde und Mark aus der linken Hemisphaere am 3. IX. In der Folge werden keinerlei pathologische, auch nicht in das Gebiet der Katatonie fallende Erscheinungen an dem Tier beobachtet. Keine Sektion.

KATZE 5.

6. IX. 34. Entfernung von grossen Teilen Rinde und Mark aus den frontalen und centralen Partieen der linken Hemisphaere, Entfernung kleinerer Teile aus der rechten Frontalregion. Während die Katze vor der Operation ein normales Verhalten zeigte, ist sie nach der Operation „charakterologisch"

Katze 5 links.

verändert. Sie ist ganz ausserordentlich aggressiv, *Erscheinungen aus dem Gebiet der Katatonie werden spontan nicht beobachtet und treten auch während der 40-tägigen Beobachtung nicht auf.* In der Regel schiebt sich

die Katze in sitzender Stellung durch den Käfig, wenn man sie jedoch reizt, rast sie im Affekt unter regelrechtem Gebrauch aller Extremitäten durch den Käfig. Dieser regelrechte Gebrauch aller 4 Extremitäten tritt aber nur in höchstem Zornaffekt auf. Bei schwächerer affektiver Reizung läuft sie unter deutlicher Parese der beiden linken Beine. Nur bei stärkstem Zorn schwindet auch diese Parese. Bei der Sektion findet sich auf der linken Seite eine sehr ausgedehnte Laesion im gyrus sigmoideus anterior, gyrus

Katze 5 rechts.

und sulcus coronalis, sulcus cruciatus, gyrus sigmoidus posterior, Beginn des sulcus und gyrus lateralis, gyrus suprasylvius anterior, gyrus ectosylvius anterior, sulcus ectosylvius anterior und in den vorderen Partieen des gyrus und sulcus suprasylvius medius. Die Laesion erreicht und eröffnet in ihren mittleren Partieen den Ventrikel. Rechts sitzt die Laesion in geringer Ausdehnung und oberflächlich im gyrus sigmoideus posterior und den angrenzenden Partieen des gyrus lateralis.

*Conclusion :* Ausgedehnte Zerstörungen, die das Tier schwer geschädigt haben, haben jedoch keine katatonen Erscheinungen hervorgerufen.

## *Resultate und Commentar.*

Beträchtlich kleine und beträchtlich grosse, ein- und doppelseitige, frontal, central oder postcentral gelegene Laesionen haben also eine „chirurgische" Katatonie ausgelöst, während andrerseits in jeder Hinsicht sehr ähnliche Laesionen nicht dazu imstande waren. Weiterhin hat sich gezeigt, dass es für das Auftreten der „chirurgischen" Katatonie gleichgültig ist, ob Herderscheinungen wie Paresen vorliegen oder nicht. In den der Laesion kontralateralen Gliedmassen sahen wir bei der „chirurgischen" Katatonie ähnlich wie schon früher der eine von uns (d. J. mit KRAUSE) [1]) bei der Bulbokapninkatatonie hirnverletzter Tiere ein vorzeitiges Erschlaffen, ein vorzeitiges Erlöschen des aktiv kataleptischen Zustandes, aber hierin sehen wir jetzt im Gegensatz zu früher geäusserten Auffassungen lediglich eine Werkzeugstörung, die mit der Katatonie als solcher nichts zu tun hat. Es ist sehr naheliegend, dass in einer an sich paretischen Extremität die kataleptische Beharrung infolge der Parese geringer ist.

---

[1]) F. KRAUSE en H. DE JONG: „Über die Lokalisation einiger motorischen Erscheinungen bei der Bulbocapnin-Katatonie". Zeitschr. f. die ges. Neurol. u. Psychiat. Bd. **133**, Heft 5, 1931.

Die Stärke der „chirurgischen" Katalepsie kann sehr gross sein und sogar das gewöhnliche Mass der in der Bulbokapninkatatonie erreichten Katalepsie ähneln, so wenn eine anhaltende Überkreuzung der Beine (9) oder ein 8 Minuten dauerndes aktives Hängenbleiben (10) zu erzielen ist.

Der Zeitpunkt, an dem die „chirurgische" Katatonie auftritt, scheint sehr zu schwanken: von einer Stunde bis zu einer Woche nach der Operation.

Die längste beobachtete Dauer betrug 10 Tage, dagegen kann eine Verzögerung der motorischen Initiative ohne andere Symptome als Dauerzustand bestehen bleiben. (8)

Zu beachten ist, dass wenn wie bei Katze 9 die katatonen Symptome auch sehr schnell nach der Operation erscheinen können, diesem Auftreten der Symptome immer ein deutlich nicht katatoner Zustand vorangeht.

Die Deutung der chirurgischen Katatonie erscheint uns bis jetzt noch unklar. Es scheint, dasz hier von einer „Allgemein-Reaktion" gesprochen werden kann. Ob hierbei auch Faktoren als Gehirnschwellung eine Rolle mitspielen, wodurch das Ungleiche im Resultat verschiedener Laesionen zu erklären wäre, soll in näheren Experimenten untersucht werden.

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN
TE AMSTERDAM

# PROCEEDINGS

VOLUME XXXVIII

No. 7

President: J. VAN DER HOEVE
Secretary: B. BROUWER

## CONTENTS

C. U. ARIËNS KAPPERS: "Stability and variability of Central- and Paleo-Asiatic index peaks and some remarks on the Greenland Eskimo", p. 686. (With two tables).

G. VAN ITERSON Jr. and J. COUMOU: "A few remarks on the iodine-amylum reaction", p. 700.

J. A. SCHOUTEN und J. HAANTJES: "Über allgemeine konforme Geometrie in projektiver Behandlung", p. 706.

A. A. NIJLAND: "Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen. XXIV. R Lacertae", p. 709. (With one plate).

H. R. KRUYT and H. G. BUNGENBERG DE JONG: "Extension of the theory of complex coacervation to ionical disperse systems", p. 714.

ANNIE M. HARTSEMA en A. H. BLAAUW: "Verschuiving der Periodiciteit door hooge temperaturen. Aanpassing en export voor het Zuidelijk halfrond". II. (With summary), p. 722.

J. H. GISOLF: "A demonstration experiment concerning the use of a Lummer plate". (Communicated by Prof. P. ZEEMAN), p. 735. (With one plate).

A. ELLIOTT: "A Note on the $\beta$ Bands of Boron Monoxide". (Communicated by Prof. L. S. ORNSTEIN), p. 736.

V. HLAVATÝ: "Zur Konformgeometrie. II. Anwendungen, insbesondere auf das Problem der Affinnormale". (Communicated by Prof. J. A. SCHOUTEN), p. 738.

C. S. MEIJER: "Integraldarstellungen für LOMMELsche und STRUVEsche Funktionen". (Zweite Mitteilung). (Communicated by Prof. J. G. VAN DER CORPUT), p. 744.

J. W. A. VAN KOL: "Richtigstellung einiger Anzahlen von biquadratischen Raumkurven erster Art". (Communicated by Prof. HK. DE VRIES), p. 750.

F. W. WENT: "Coleoptile Growth as Affected by Auxin, Aging and Food", p. 752.

EUGEN FREY: "Experimentelle Untersuchungen über die basale optische Wurzel beim Meerschweinchen". (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS), p. 767.

EUGEN FREY: "Die basale optische Wurzel des Meerschweinchens". (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS), p. 775.

TOSHIYUKI KUROTSU: "Ueber den Nucleus magnocellularis periventricularis bei Reptilien und Vögeln". (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS), p. 784.

H. G. BUNGENBERG DE JONG and J. BONNER: "Phosphatide Auto-complex coacervates as Ionic Systems and their Relation to the Protoplasmic Membrane". (Communicated by Prof. H. R. KRUYT), p. 797.

**Anatomy** — *Stability and variability of Central- and Paleo-Asiatic index peaks and some remarks on the Greenland Eskimo.* By C. U. ARIËNS KAPPERS.

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

In a preceding paper [1]) I called the attention to the fact that in Central Asia and west of the Central-Asiatic mountain barrier the occurrence of the associated 83—86 cephalic (82—85 cranial) index peaks is very frequent and may be traced via Asia, Minor, Bosnia, Tirol, Switzerland, the ancient Alsace, and Auvergne to the English Round Barrow skulls [2]). Considering the data published in the studies of HERVÉ [3]) and SCHEIDT [4]) it seems that this race already occurred in Europe shortly after the upper paleolithic period [5]) in Azilian times, and was quite numerous in early neolithic times, when the post-glacial climate was followed by milder temperatures and new peoples may have migrated from Eastern countries to Western Europe.

In the same paper I mentioned that of the usually associated 83—86 index peaks either the 86 or, more frequently, the 83 peak may become so dominant that it is practically the only one. So with the Mesopotamian Yesidis, measured by the KRISCHNERS (l.c. infra), the 83 peak is practically the only outstanding one; with the Mongol Torgout skulls, measured by IWANOWSKY, the 85 cranial (86 cephalic) peak [6]).

Furthermore it was pointed out that sometimes in groups of the 83—86 index people an additional ultra-brachycephalic index peak occurs at

---

[1]) The Central-Asiatic Barrier and the distribution of associated index peaks in Asia and Europe. Proceed. of the Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, Vol. **37**, 1934, p. 602.

[2]) I may add to this that a curve of the cephalic indices measured by Dr. Argelliès of Basques from St. Jean de Luz, published by BROCA (Bull. Soc. d'Anthr. de Paris T. III, Série II, 1868, p. 13), shows the same peaks (contrary to MORANT's Spanish Bask skulls), and also the old Dutch Zeeland skulls measured by BOLK.

[3]) HERVÉ. Les Brachycéphales néolithiques. Revue d'Anthropologie, Tome **4**, 1894, p. 393 and Tome **5**, 1895, p. 18.

[4]) SCHEIDT. Die eiszeitlichen Schädelbefunde aus der grossen Ofnet-Höhle und vom Kaufertsberg bei Nördlingen. Lehmann, München, 1923.

[5]) Of the upper paleolithic skulls only skull II of Solutré has an index of 85, corresponding with a cephalic index of 86. See MORANT: Studies of paleolithic man N⁰. IV, A biometrical study of the upper paleolithic skulls of Europe. Annals of Eugenics, Vol. IV, 1930, and Table II, fig. 23.

[6]) With the Uzbeks, Lesghians and Turks the cephalic 86—7 index is by far prevailing over the 83 indices. See KAPPERS and PARR, An introduction to the Anthropology of the Near East in ancient and recent times. Noord Hollandsche uitgeversmaatschappij, Amsterdam, 1934, fig. 17.

89—90, that has to be considered as a mutation caused by special, probably environmental or endocrine circumstances. This ultra-brachycephalic peak more often occurs in such people in which the 86 peak prevails over the 83 peak.

In the above-mentioned paper I also pointed out that east of the Asiatic barrier the (78)79—81(82) peaks are very frequent and the 83—86 combination rarer. The Paleo-Asiatic (78)79—81(82) combination, however, is spread over the whole of Asia, including Western Asia and Europe.

The index combination of these peaks may also specialize in either of its components. So whereas the Dutch males measured by FRETS [1]) have a 79 and 81 peak, his Dutch females only show a 81 peak. On the other hand an isolated 79 peak is found with the Norvegians, Vlachian Bulgarians, and some other so-called Nordic races.

Naturally there are also groups or peoples containing both the Central- and the Paleo-Asiatic components. So index curves in which both the Paleo-Asiatic and the Central-Asiatic peaks occur are seen in the curves of the Chukchee, the Rjasan Russians of TSCHEPOURKOWSKY, and in some other curves published in my preceding paper.

An equally balanced occurrence of both sets of peaks is shown by the Jeminite Arabs [2]) (Table I, N⁰. 1). Comparison with curve N⁰. 2 shows that the Central-Asiatic peaks do not occur with my Palestinean Arabs, who only have the 79 and 81 peaks. Indeed, a more or less equally balanced occurrence of both sets of index peaks is so rare, in Asia as well as in Europe [3]), that one would not be inclined to believe that in the same race a transmutation of the Paleo-Asiatic index curve into the Central-Asiatic one or vice versa might occur.

Yet, it is a priori probable that these two large Eurasian stocks are related at their roots and that both the meso-subbrachycephalic (79—81) and the brachy-hyperbrachycephalic (83—86) Eurasian types at some time of evolution have arisen from a common stock. Furthermore it is most likely that the 83—86 index type is the later in development, the oldest races of humanity being meso- or dolichocephalic. Besides, OSBORN and GREGORY have shown that even in the animal series brachycephaly is a later evolutional feature (personal communication by Prof. GREGORY).

I may add to this that the index curves of other continents (and islands) give me the conviction that an immigration of the 83—86 peak people from outside Eurasia is absolutely excluded. The African, Indonesian, and Polynesian curves in which the 83—86

---

[1]) FRETS. Heredity an the Headform in Man. Genetica, Vol. III, 1921, p. 193. — and The same: Heredity and the cephalic index, Diss. Amsterdam, 1924.

[2]) This curve contains the same indices as fig. 23 of PARR's and my book, to which are added those recorded by CIPRIANI. Arch. per l'Antrop. e per l'Etnologia, Vol. **60—61**, 1930.

[3]) In Europe I found it indicated only with the Zürich girls, measured by GRÜTZNER (see my paper in these Proceed., Vol. **37**, 1934, Table III, N⁰. 9).

peaks occur have to be explained by Asiatic influences (for the American Indians see below).

Also the occasional occurrence of an ultra-brachycephalic 88—89 cranial or 90 cephalic peak with the 83—86 groups shows the variability of the index under certain circumstances. This makes it possible that the 83—86 peak-index people may arise from a 79—81 people.

Nevertheless, examples showing a partial mutation of the 79—81 peak group into an 83—86 peak group cannot be demonstrated with certainty in Asia.

It is remarkable, however, that a partial reversion of the 83—86 index curve to a 79—81 index curve may be demonstrated with such a high degree of certainty that this alone is sufficient to show the genetic relationship between the Paleo-Asiatic and Central-Asiatic index people or, at least, index curves.

This is the more surprising as such a reversion seems to be against DOLLO's law. However, I may quote here GREGORY's [1]) paper read at the London Congress of Anthropologists and Ethnologists, to show that I am not the only one in contesting such a strict interpretation of this law, not even meant by DOLLO himself.

That a partial reversion of the Central-Asiatic index curve to a Paleo-Asiatic may occur appears to from the data published by F. BOAS [2]), GUTHE [3]) and HIRSCH [4]) who showed that the average cephalic index of the American born children of foreign born Jews and Armenians is lower than the average index of their parents. That this lowering depends on a change of the parental Central Asiatic curve in a prevailing Paleo-Asiatic one with the children appears from the following facts:

Starting with BOAS' work on European (Russian) born Jews and their American born children, I give the frequency curves of these groups in Table I, N⁰. 3, each curve being on 1000 indices. From this figure it appears that the peak of BOAS' Russian born Jews is at 83, a typical Central Asiatic index peak. With their American born sons, however, the peak is at 81, a typical peak of the Paleo-Asiatic (78)79—81(82) group.

Comparing both curves we find that the change in shape of that of the sons is chiefly due to a decrease of the number of 84 and higher indices and an increase of the 82 and lower indices. It is remarkable that the percentage of 83 index people has remained about the same. I shall return

---

[1]) GREGORY. Man's place among Primates. Compte-rendu du Congrès international des Sciences Anthropologiques, Londres, 1934, p. 70.

[2]) F. BOAS. Abstract of the report on changes in bodily form of descendants of immigrants. Government printing offices Washington, 1911. *The same*, Kultur und Rasse. Leipzig, 1914.

[3]) GUTHE. Notes on the cephalic index of Russian Jews in Boston. Am. Journ. of Physical Anthropology, Vol. I, 1918.

[4]) HIRSCH. Researches on the cephalic index of American born children of three foreign groups. Am. Journ. of Phys. Anthropology, Vol. **10**, 1927.

later to the greater stability of the 83 index compared with the 86 and higher indices.

Still more convincing for my thesis is the result obtained by GUTHE with the Russian born Jews and their American born descendants of Boston, whose index curves are reproduced in Table I, figs 4, 5, 7 and 8.

Fig. 4 is a reproduction of GUTHE's cephalic index curve of Russian born male Jews living in Boston. The Central Asiatic character of this curve is still more evident than with BOAS' foreign born Jews, as both the 83 and 86 index occur in it. Yet, also with GUTHE's foreign born male Jews the number of 83 indices is by far the most outstanding.

Fig. 5 gives the index curve of the American born sons of the fathers registered in fig. 4. — In fig. 5 the two Paleo-Asiatic peaks 79 and 81 appear [1]). Here we see again the greater stability of the 83 index compared with the 84 and higher indices, especially the 86 index.

Whereas the 83 index people among GUTHE's American born Jews, show a reduction of 1,8 % only and in BOAS' curve the reduction of 83 indices is still smaller (0,2 %), in both cases, the reduction of the 84 and higher indices is very great, especially of the 86 index which in BOAS' curve shows a reduction of 62,5 %, in GUTHE's curve of 72 % even. In GUTHE's curve of foreign born Jews the 86 index shows a distinct peak, in his American born Jewish curve a valley.

Similarly as with BOAS' American born sons, the number of 81 indices shows a striking increase with GUTHE's American born Jews and so does the 79 index, that shows a valley in GUTHE's foreign born curve but a peak with his American born Jews [2]).

Consequently from BOAS as well as from GUTHE's data it appears that the lowering of the average cephalic index in the American born sons is due to a decrease of the Central-Asiatic indices while the Paleo-Asiatic indices increase with the American and West-European born Jews. This teaches us two things: 1. that the Central-Asiatic indices may partially revert to Paleo-Asiatic ones. 2. that of the Central-Asiatic peaks the 83 peak is the most stabile, more stabile than the 86 peak.

This again agrees with what we saw about the ultra-brachycephalic (90) Central-Asiatic peak, which may and may not occur in groups of the same people, thus showing its lability and its influencibility by environmental-endocrine circumstances. The greater stability of the 83 peak, however, confirms the dominant character of brachycephaly (cf. also FRETS), while hyper- and ultra-brachycephaly apparently are far less dominant in heredity, the latter even strongly recessive.

---

[1]) HIRSCH's American born male Jews show an intermediate peak, at 80.

[2]) Table I, N⁰. 6, shows that analogous peaks occur among the Askenasim Jews of Francfort a/M and Cologne, measured by WEISSENBERG (79), and among the Askenasim Jews my collaborators and I measured at Amsterdam (81). Cf. WEISSENBERG: Zur Anthropologie der Deutschen Juden (Zeitschr. f. Ethnologie, Bnd. **44**, 1912), and fig. 31 of our Introduction to the Anthropology of the Near East in ancient and recent times, Amsterdam 1934.

This also explains the fact resulting from Dr. and Mrs. KRISCHNER's [1]) work on Mesopotamia, viz. that the 86 index (together with the 83 index so typical for the Armeno-Chaldean-Assyrian population of Mesopotamia) disappears almost entirely with the Yesidis and Moslim Arabs of that country, while the 83 peak remains.

Having demonstrated the data concerning Jewish males by BOAS' and GUTHE's work, I shall discuss the data concerning the females given by GUTHE and HIRSCH. Table I, fig. 7 shows that with GUTHE's [2]) foreign born Jewish mothers the Central-Asiatic 85—6 and 88 peaks are the highest.

The indices of the American born Jewesses (arranged in Table I, fig. 8) show that HIRSCH' American born Jewesses only have a Paleo-Asiatic 82 peak (the female correlate of the malt Paleo-Asiatic 81 peak) occurring also in GUTHE's female American born Jewesses, who in addition have kept smaller Central-Asiatic peaks at 85—6 and 88. Consequently also with the Jewesses the decrease of the index takes place at the expense of the Central-Asiatic indices, especially at the expense of the higher index. Whereas the 85 peak in the foreign born is 14,5 % of the whole group and in the American born 12,5 %, this relation in the 88 peak is 14,5 to 8,5 %. The increase of the Paleo-Asiatic 82 index in the American born Jewesses is, however, from 10 % in the foreign born to 18,5 % in GUTHE's American born and in HIRSCH's material it was perhaps still higher [2]).

The same phenomenon as with the Jewish immigrants may be concluded from the BOAS' [3]) data concerning the Armenian immigrants. Since the amount of Armenian material examined by BOAS is only small, I made one curve of both sexes of his foreign born Armenians and one of both sexes of their American born children, expressing each set in percentages.

The dotted curve of fig. 9 gives the indices of 34 foreign born Armenian fathers and mothers, the continuous curve the indices of their 24 adult children, male and female, expressed in percentages.

Comparing the curves in fig. 9, we find that also with his American born Armenians there is a decrease of hyper-brachycephalic indices. The interesting ultra-brachycephalic 90 index, so conspicuous with his foreign born Armenians, even fails entirely among the American born.

On the other hand, the increase of the Paleo-Asiatic 82 and especially that of the Paleo-Asiatic 79 index is very evident with the adult American born Armenians.

I cannot leave this subject without analysing by this method also the American and foreign born Neapolitans.

---

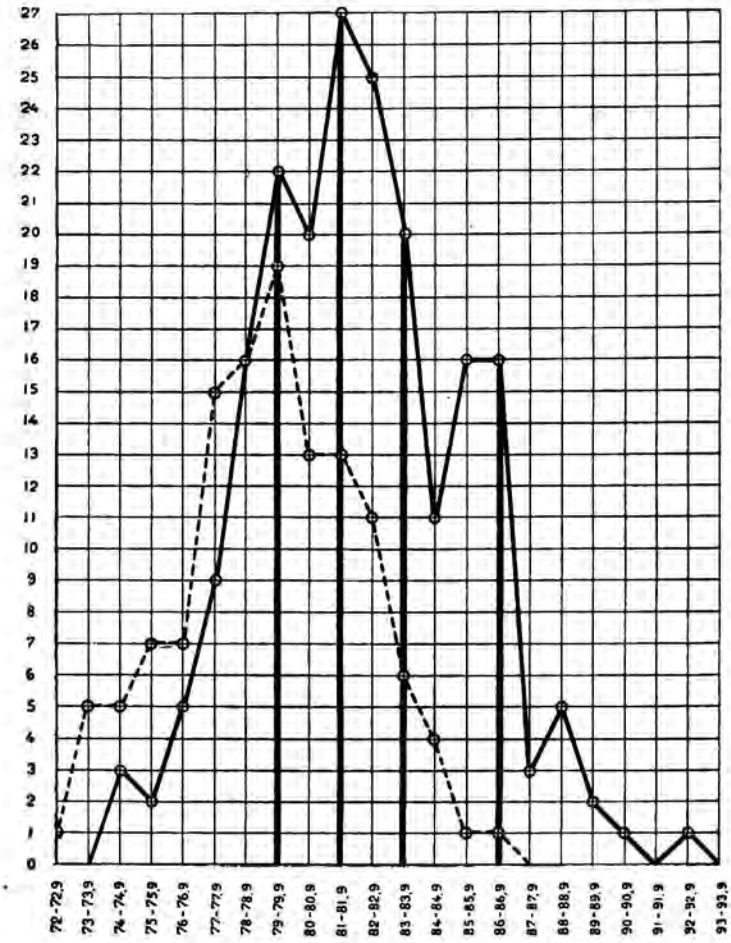
[1]) Dr. H. and Mrs. M. KRISCHNER. The Anthropology of Mesopotamia and Persia. A. Armenians, Chaldeans, Suriani (or Aissori), and Christian Arabs from Irak. B. Yesidis and (Moslim) Arabs from Irak with some remarks on Kurds and Jews. Proceed. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, Vol. **35**, 1932, p. 205.

[2]) Unfortunately HIRSCH does not give the individual data of the foreign born Jewish mothers, only those of the American born daughters.

[3]) F. BOAS. Bemerkungen zur Anthropometrie der Armenier. Zeitschr. f. Ethnologie. Jhrg. 1924, p. 74 (l.c. p. 78 and 79).

Unfortunately BOAS' individual data of his Neapolitans and Sicilians were not accessible to me, so that I can only say something concerning the results obtained by HIRSCH with American born Neapolitans.

In Table I fig. 10 his female American born Neapolitans are indicated by a coambed, his male American born Neapolitans by the thin continuous curve. The thick continuous curve gives the indices of LIVI's males born in the Campania (province of Napels), recorded by F. and H. BOAS[1]). Among the latter, in addition to the Paleo-Asiatic 79 and 82 peaks[2]),




---

1) F. and H. BOAS. The head form of the Italians as influenced by heredity and environment. Am. Anthrop., Vol. **15**, 1913. Contrary to the Neapolitans the Sicilians, according to BOAS, show a slight increase of the index, when born in America.

2) It is not strange that the present so-called Mediterranean people has a prevailing Asiatic index since already before the 10th century B.C. Eurasian "Nordics" started to flood the Northern shores of the Mediterranean, the population of which gradually became more influenced by the North than by Africa and the Mediterranean islands, as is especially conspicuous in the anthropological history of Greece.

there are a good many 84 and higher indices. There also is an 86 peak and even a small ultra-brachycephalic (89—89,9) peak in the Italian born curve.

In the American born Neapolitans the Paleo-Asiatic 78(79)—82 indices, however, are far more numerous than in LIVI's curve.

Before leaving the comparison of parental indices with those of their offspring I refer to the adjoining textfigure, made after the data recorded by FRETS (l.c. supra 1921, Table XII and XIII). The continuous line in this figure gives the indices of Dutch males, whose fathers and mothers had indices varying between 80 and 89. We see that — although with their sons the number of 83 and 86 (5) indices is still very considerable — the index peaks 79 and 81 are the highest. The dotted line in the same lurve shows the indices of Dutch males, whose fathers and mothers had indices varying between 80 and 66. In this group the stability of 79 index peak is very striking.

### *American Indians.*

In connection with the facts mentioned above the question arises: What about the most ancient immigrants of America, the Indians? That apart from other admixtures, in South America chiefly, the great majority of the ancestors of the North- and South American Indians have reached this continent from Asia is generally accepted nowadays.

Naturally these immigrants largely come from the North-Eastern part of Asia, where the Paleo-Asiatic races prevail even at the present time, as appears from the 78(79)—81(82) index peaks among the Chukchee, Koryaks, Yakughirs, and Kamschadales and even among the Chinese and Japanese (see my preceding paper in these Proceedings).

Only few groups, partly living in Western partly in Eastern Asia, especially the Buriates, have an outstanding Central-Asiatic index curve, while small admixtures of this index type to the Paleo-Asiatic type occur with the Chukchee and with the Kamschadales recorded by JOCHELSON-BRODSKY.

The relationship of the present American Indians, not only with the Eastern Asiatics in general but with definite Eastern-Asiatic groups-such as the Chukchee, Yakughirs, Koryaks, and Ainos, has been emphasized already by WISSLER[1]) and BOAS[2]), and others, also on ethnological and linguistic grounds.

In this paper I shall only discuss a few curves of American Indians, based on the data published by BOAS (l.c. infra), HRDLICKA (l.c. infra), and other

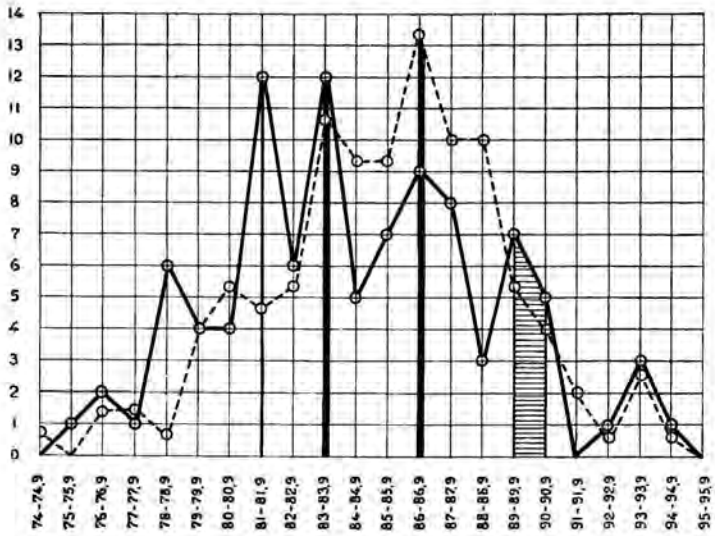
---

[1]) CL. WISSLER. The American Indian, sec. ed. Oxford University Press 1922.

[2]) F. BOAS. Relations between N.W. America and N.E. Asia in: The American Aborigines, their origin and antiquity, a collection of papers by ten authors assembled and published by DIAMAND JENNESS for the 5th Pacific Science Congress, Toronto Press 1933, p. 357. See also N. C. NELSON, The antiquity of man in America in the light of Archeology. Ibidem, p. 87.

authors, that confirm this point of view and show that in addition to Paleo-Asiatic also Central-Asiatic groups have migrated to America.

It seems that the brachy-hyperbrachycephalic (83—86 index) groups have migrated chiefly via the Aleutian Islands, and the meso-subbrachycephalic (79—81 index) groups via the Behring Islands, especially via St. Lawrence. This, of course, does not involve that also more southern ways of migration may have been followed by either of them, as appears from the curves of the Polynesians measured by NEUHAUSS [1]), TEN KATE [2]), REINECKE [3]) (continuous) and SHAPIRO (dotted line), and from SULLIVAN's work [4]).




To begin with the Central-Asiatic type among the American Indians, I registered in the continuous curve of fig. 11 the cephalic indices of the San Blas Indians measured by HARRIS [5]). In this curve the 83 and 86 index peaks are striking. In the same figure 71 Aleutian skulls are arranged (15 measured by DALL, and recorded by BESSELS [6]), 53 by HRDLICKA [7]) and

---

[1]) R. NEUHAUSS. Anthropologische Untersuchungen in Oceanien, namentlich in Hawai. Zeitschr. f. Ethnol., Bnd. **17**, 1885, Verh. der Berl. Ges. f. Anthr. etc., p. 27.

[2]) H. TEN KATE. Contribution à l'anthropologie de quelques peuples d'Océanie. l'Anthropologie, Tome **4**, 1893, p. 279.

[3]) F. REINECKE. Anthropologische Aufnahmen und Untersuchungen auf Samoa. Zeitschr. f. Ethnologie, Bnd. **48**, 1896, p. 101.

[4]) SHAPIRO. The physical characters of the Society islanders. Mem. of the B. P. Bishop Museum, Vol. XI, 1930. SULLIVAN, Ibidem, Vol. IX, 1923.

[5]) R. G. V. HARRIS. The San Blas Indians. Journ. of Phys. Anthrop. Vol. **9**, 1926.

[6]) See BESSELS: Einige Worte über die Inuit (Eskimo) des Smithsundes nebst Bemerkungen über Inuitschädel. Arch. f. Anthrop. Bnd. **8**, 1875, p. 107.

[7]) HRDLICKA. The Eskimo, Alaska and related Indians, North Eastern Asiatics. Catalogue of human crania in the U. S. National Museum Collection, Vol. **63**, 1924.

3 by MONTANDON [1])). The correspondence of the 82 and 85 cranial index peaks with the cephalic 83 and 86 peaks of the San Blas Indians is equally striking as the correspondence of the BUNAKS' Armenian skull indices with my Armenian cephalic indices in fig. 12, the difference between the skull and living-head indices being in both cases one point.

In Table II N⁰. 13 the cranial indices of the Salish, Sahaptin and Caddoan skulls registered by HRDLICKA [2]) are arranged together with the Buriate skulls recorded by HRDLICKA [3]), FRIDOLIN [4]) and REICHER [5]), and some Korean skulls measured by BOGDANOW, TARENETZKY, KOGANEI and WALDEYER.

Although the number of the former is considerably smaller than the number of the latter, there is a striking correspondence between these groups in the Paleo-Asiatic 78 and 80 cranial (= 79 and 81 cephalic) index peaks, as well as in the Central-Asiatic 82 and 84 cranial (= 83 and 85 cephalic) index peaks.

The hyper-brachycephalic indices, however, are relatively more numerous among the Asiatic Buriate than among the American Salish, Sahaptin and Caddoan skulls.

The cephalic indices of the Comanches recorded by GOLDSTEIN [6]) (fig. 14) show a combination of one Paleo-Asiatic (81) and two Central-Asiatic peaks (83, 86). In this curve we also find an ultra-brachycephalic mutation peak at 89, which is not strange, considering the fact that the hyper-brachycephalic indices (85 and 86 indices together) are twice as numerous as the 83 peak.

The same phenomenon is observed in BOAS' curve of Osago Indians [7]) (fig. 15). The cephalic 86 peak being more than twice as large as the cephalic 83 peak, the occurrence of a great many ultra-brachycephalics cannot astonish us [8]).

---

[1]) MONTANDON. Craniologie Paléo-Sibérienne. l'Anthropologie, Tome **36**, 1926, p. 209 and 447. One of M's skulls (not inserted in my curve) had an index of 71,87. MONTANDON himself does not consider this an Aleutian skull. In the interesting paper by W. JOCHELSON, Archeological investigations in the Aleutian Islands, N⁰. 367 of the Publications of the Carnegie Institution, Washington 1925, no individual indices are mentioned.

[2]) HRDLICKA. Catalogue of human crania in the U. S. National Museum Collections, Vol. **69**, 1927. The Algonkin and related Iroquois, Siouan, Caddoan, Salish and Sahaptin, Shoshonean and Californian Indians.

[3]) HRDLICKA. The Eskimo, Alaska and related Indians, North Eastern Asiatics. Catalogue of human crania in the U.S. National Museum Collection, Vol. **63**, 1924.

[4]) FRIDOLIN. Burjäten und Kalmücken Schädel. Arch. f. Anthrop. Bnd. **27**, 1902, p. 303.

[5]) REICHER. Untersuchungen über die Schädelform der alpenländischen und mongolischen Brachycephalen. Arch. f. Morph. und Anthrop. Bnd. **15** und **16**, 1913.

[6]) GOLDSTEIN. Anthropometry of the Comanches. Journ. of Physical Anthropology. Vol. **19**, 1934.

[7]) F. BOAS. Zur Anthropologie der Nord-Amerikanischen Indianer. Zeitschr. f. Ethnologie, Bnd. **27**, 1895 (Verh. der Berl. Gesellsch. f. Anthrop. etc. Jahrg. 1895, p. 366).

[8]) With the Apaches registered by BOAS, with whom an 83 peak even fails, the 87 peak being very high, the number of ultrabrachycephalics is still larger.

I shall not reproduce here all the Indian index curves made by BOAS or by myself from the data recorded by others, showing shapes that correspond more or less with Eastern Asiatic groups, but only add a few more figures in which this correspondence is specially striking. So the thick continuous line in fig. 16 is a reproduction of the cephalic index curve of the Mandan and Gross Ventre Indians, measured by BOAS. In the dotted curve I registered the Asiatic Eskimo indices recorded by Mrs. JOCHELSON-BRODSKY [1]). Evidently these curves show a great parallelism and in both of them the Paleo-Asiatic 79 and 81 indices give outstanding peaks.

That also only one of the Paleo-Asiatic peaks may occur with N. American Indians appears from fig. 17, where BOAS' Crow Indian indices are compared with the male and female Yakughir indices recorded by Mrs. JOCHELSON-BRODSKY, both having an 81 peak only. On the other hand BOAS' male Sioux show a 78, SALLER's [2]) a 79 cephalic peak only (cf. fig. 20).

That similar indicial relations are found in South America is shown by fig. 18, in which I compared RANKE's [3]) results concerning Brazilian Nahuqua, Auetö and Trumai tribes with JOCHELSON-BRODSKY's Chukchee.

In both curves the Paleo-Asiatic 79—81 peaks and the Central-Asiatic 83 peak occur, but the latter is more outstanding in the Asiatic Chukchee who in addition have also an outstanding 86 peak, failing in the Brazilian Indian curve. Among the female Quichas from Peru (fig. 19), measured by FERRIS [4]), only the Paleo-Asiatic 79 and 81—82 peaks occur [5]). Although with the Araucanas of S. America and the socalled Patagonians of the Chubut (in contrary to the Patagonians of the Rio Negro) Central-Asiatic peaks occur again, it seems that on the whole with the Indians of North and South America the meso-subbrachycephalic (Paleo-Asiatic) combination of indices is more frequent than the brachy-hyperbrachycephalic or Central-Asiatic type. As, however, the same already occurs in Eastern Asia, we cannot say that this is due to factors analogous to those influencing the descendants of the more recent American immigrants discussed before. At best we might say that these factors may favour the predominance of the Paleo-Asiatic index in America.

Naturally I do not intend to assume that all the precolumbian inhabitants of North and South America are derived from Eastern-Asiatic ancestors. Among the oldest Peruvian skulls (MacCurdy) as well as among the Fuegian and Patagonian skulls of the Rio Negro other features are found, but with those peoples and their index curves I shall deal later.

---

[1]) JOCHELSON-BRODSKY. Zur Topographie des weiblichen Körpers Nord-Ost Siberischer Völker. Arch. f. Anthrop. Bnd. **33**, 1906, p. 1.

[2]) SALLER. Zeitschr. f. Morph. und Anthrop. Bnd. **27**, 1930. According to HRDLICKA (Am. J. of phys. Anthr. Vol. XVI) the average of the males is 78.9, of the females 81.

[3]) K. E. RANKE. Anthropologische Beobachtungen aus Zentral-Brasilien Abh. Math. Phys. Klasse Kon. Bayr. Akad. der Wiss. Bnd. **24**, 1907.

[4]) FERRIS. Anthropological studies on the Quicha and Machiganga Indian. Transact. Conn. Acad. of Arts and Sciences. Vol. **25**, 1921.

[5]) With the male Quichas measured by this author the peaks are at 78 and 81.

*Eskimoes.*

I only want to add a few words concerning the Eskimoes.

It is well known that the Greenland Eskimo is different from the Alaska Eskimo. The latter, though not exactly the same as the Asiatic Eskimoes, has a Paleo-Asiatic cephalic index curve, as appears from fig. 20, in which the cephalic index curves of Alaska Eskimoes and Sioux are compared with the curve of an Asiatic group. In all of them the 78 peak is by far the most outstanding. Probably the same cephalic index is most prevailing with the male Eskimoes of St. Lawrence Island in Behring Street, since the male skulls from this island (continuous line fig. 21) recorded by HRDLICKA (l.c. 1924) have their peak at 77 (= the cephalic 78—79 peak).

For a comparison with Asiatic skulls I inserted in the same figure the curve of the Aino skulls already published in my preceding paper. The centre of the peak of both groups is at 77. Ethnological facts are also in favour of a relationship between the Alaska and St. Lawrence Eskimoes and the Asiatic Ainos.

This much is sure that the N.W. American Eskimo is closely related to Paleo-Asiatic groups.

On the other hand it is well known that the Greenland and Smithsound Eskimoes are very different. In fig. 22 I give the cranial index curves of the male and female adult Greenland Eskimo crania, examined by FÜRST and HANSEN [1]). The most outstanding peaks are the 70(71) and 73 ones.

In fig. 24 the male and female Greenland indices together are arranged in the continuous curve. In the same figure I inserted the male and female Huron and Algonkin skulls of the Atlantic coast of America, found in New England, especially in Maine, Massachussets, New Hampshire, Rhode Island, Connecticut, the most northern corner of New-York State, Long Island, Staten Island, and Manhattan, recorded by HRDLICKA (l.c. 1927). Their curve shows exactly the same peaks as the Greenland Eskimoes do. This confirms the assumption (chiefly made on the ground of cultural remains) that these N.W. Atlantic-coast Indians are related to the Greenland Eskimoes.

Similar indices as with the Greenland Eskimoes are found with the male Smithsound-Eskimo skulls measured by BESSELS [2]) (fig. 25), with the only difference that the Smithsound skulls have a tendency to a lowering of the index, as appears not only from the 70 and 72 peaks in BESSELS' curve instead of the 71 and 73 peaks in FÜRST and HANSEN's, but especially from the occurrence of a hyper-dolichocephalic peak at 67—68 in the curve of BESSELS' skulls. This mutation is not seldom observed with such groups

---

[1]) FÜRST and HANSEN. Crania Groenlandica, Höst, Copenhagen, 1915.

[2]) BESSELS. Einige Worte über die Inuit (Eskimo) des Smithsundes, nebst Bemerkungen über Inuitschädel. Arch. f. Anthr. Bnd. 8, 1875, p. 107.

of dolichocephalic races as, living under poorer circumstances, acquire a more asthenic leptosome habitus [1]).

How can we explain the (70)71 and (72)73 peaks of the Greenland and Smithsound Eskimoes and the Atlantic-coast Hurons and Algonkins, these peaks being evidently *non-Eastern-Asiatic*.

The Greenland Eskimoes and also the Algonkins most likely are an ancient import, not from Eastern Asia but from Europe. WISSLER's opinion that they descend from very ancient European races, confirmed by several authors, is also confirmed by curve comparison.

So THURNAM's English Long Barrow skulls [2]), whose indices are shown by the dotted line in fig. 25, show a striking parallelism with BESSELS' Smithsound skulls. On the continent of Europe pronounced 71 and 73—4 peaks occur with the eneolithic population of North-East and Middle Germany, whose indices (dotted line) are shown in fig. 26 together with the indices of BOAS' New-England skulls [3]).

Most probably these ancient European races are closely related to the upper-paleolithic population of Europe, whose cranial indices — recorded by MORANT [4]) — are indicated in fig. 23. The fact that also with these skulls the 71 and 73 indices are the most frequent pleads in favour of a relationship of the Greenland Eskimoes and allied American Indians with the upper paleolithic race, a group of which may have retreated north with the retreat of the glaciers and the reindeer.

MORANT himself emphasized that the average upper paleolithic skull does not differ more from the average Eskimo skull than any Eskimo skull does. The curve in fig. 23 confirms TESTUT's [5]) and SOLLAS' [6]) opinion, accepted also by VON EICKSTEDT [7]) and WEINERT [8]), that the Greenland Eskimo is an upper paleolithic derivative. They probably are descendants of that

---

[1]) For other examples of this see: An introduction to the Anthropology of the Near East, p. 173. The same is observed with the Chuhra Indo-Aryans, a Paria cast, in contrast with their Aral-Caspian ancestors.

[2]) PARSONS. On the Long Barrow Race and its relationship to the modern inhabitants of London. Journ. of the Anthropological Institute. Vol. **51**, 1921. This author also mentions several points of resemblance between the Long Barrow and Greenland Eskimo skull.

[3]) It is interesting to note that BOAS' New-England skulls have a distinct Paleo-Asiatic admixture (78 peak) and a small Central-Asiatic one (82 and 85 peaks), failing with the Greenland Eskimo and Long Barrow skulls.

[4]) MORANT. Studies of paleolithic man I: The Chancelade skull and its relation to the modern Eskimo skull. Annals of Eugenics Vol. I, 1926: IV. A biometrical study of the upper paleolithic skulls of Europe and of their relationships to earlier and later types. Ibidem Vol. V, 1930.

[5]) TESTUT. Recherches anthropologiques sur la squelette quarternaire de Chancelade. Bull. Soc. d'Anthrop. de Lyon, Tome **8**, 1890.

[6]) SOLLAS. The Chancelade skull. Journ. Anthrop. Institute. Vol. **52**, 1927.

[7]) VON EICKSTEDT. Rassenkunde und Rassengeschichte der Menschheit, Enke, Stuttgart, 1934.

[8]) WEINERT. Die Rassen der Menschheit, Teubner, Leipzig, 1935, p. 92.

upper paleolithic stock from which also the Proto-Aryans of the Eurasian steppes with their outstanding 71 peak and the African Hamites with their constant cranial 71—73 (cephalic 73—75) peaks [1]) may be derived.

The Aurignacian Combe-Capelle and the Magdalenian Chancelade skull — and perhaps the Solutrean Le Roc (MARTIN [2])) and Obercassel skulls — probably offer the nearest comparison for the Eskimo.

In the many millenia lapsed since the upper paleolithic period the above-mentioned branches of this ancient stock have naturally changed. Also the Greenland branch — though living partly still under the same conditions — has not remained the same. LE GROS CLARK [3]), although confirming the striking similarity between the Chancelade and the Greenland skull as far as concerns their general contour, scaphocephaly, parallel position of the lateral walls, anterior dolichocephaly, length and straightness of the bizygomatic arch, pointed to the differences between the orbital, palatal, humero-radial and humero-femoral indices (c.f. also KEITH [4])).

Yet, MORANT's researches as well as the frequency curves in fig. 23 and 24 clearly indicate the relationship between the upper paleolithic people and the Eastern Eskimo, whose utensils even still resemble Magdalenian implements (BOAS [5]), SOLLAS [6])). For the occurrence of other ancient transatlantic affinities, see also SCHARFF [7]).

As far as concerns the relationship of these Eskimoes with the Proto-Aryans of Eurasia, I may add that according to UHLENBECK [8]) the Eskimo languages, contrary to the American-Indian languages, have distinct Indo-European constituents, which he, however, explains by ancient contact and language-mixture on Siberian soil.

## EXPLANATION OF TABLES.

### Table I.

Fig. 1. Cephalic indices of male Southern Arabs from Jemen, Oman and Hadramaut after the data of LEYS and JOYCE, MOCHI, BERTRAM THOMAS, KROGMAN and KEITH, and CIPRIANI.

---

[1]) See my next paper. The similarity of some ancient Atlantic coast skulls from Rhode Island with African skulls apparently is so great in many respect that a painstaking worker as R. B. DIXON took them for oriental (Negroid) skulls.

[2]) MARTIN. l'Atelier solutréen du Roc. l'Anthropologie, Tome **38**, 28.

[3]) LE GROS CLARK. On a series of ancient Eskimo skulls from Greenland. Journ. of the Anthr. Inst. Vol. **50**, 1920. See also Man Vol. **26**, 1926.

[4]) KEITH. Was the Chancelade man akin to the Eskimo? Man, Dec. 1925.

[5]) BOAS. The Eskimoes of Baffin's Land and Hudson Bay. Bull. of the American Museum of Natural History, Vol. **15**, 1901.

[6]) SOLLAS. Ancient Hunters, fig. 177.

[7]) SCHARFF. On the evidence of a former landbridge between Northern Europe and North America. Proc. Roy. Irish Academy, Vol. **28**, 1909—'10.

[8]) UHLENBECK. Oer-Indogermaansch en Oer-Indogermanen. Mededeelingen der Kon. Akad. van Wetenschappen, Amsterdam. Afdeel. Letterkunde, Deel **77**, Serie A. N⁰. **4**, Amsterdam 1935.

Table I

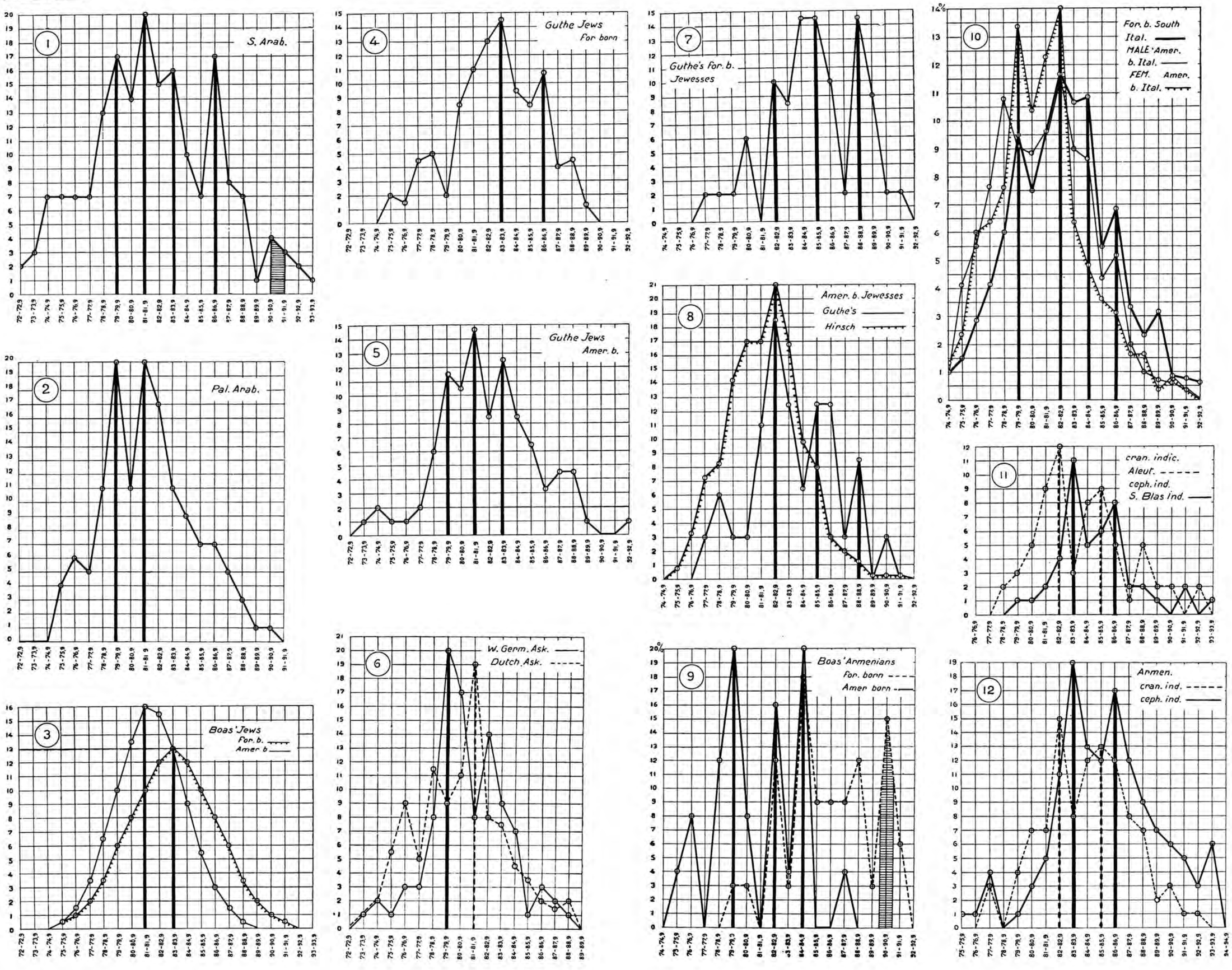

1
S. Arab.
2
Pal. Arab.
3
Boas' Jews
For. b.
Amer b
4
Guthe Jews
For born
5
Guthe Jews
Amer. b.
6
W. Germ. Ask.
Dutch Ask.
7
Guthe's For. b.
Jewesses
8
Amer. b. Jewesses
Guthe's
Hirsch
9
Boas' Armenians
For. born
Amer born
10
For. b. South
Ital.
MALE Amer.
b. Ital.
FEM. Amer.
b. Ital.
11
cran. indic.
Aleut.
ceph. ind.
S. Blas ind.
12
Armen.
cran. ind.
ceph. ind.

Table II

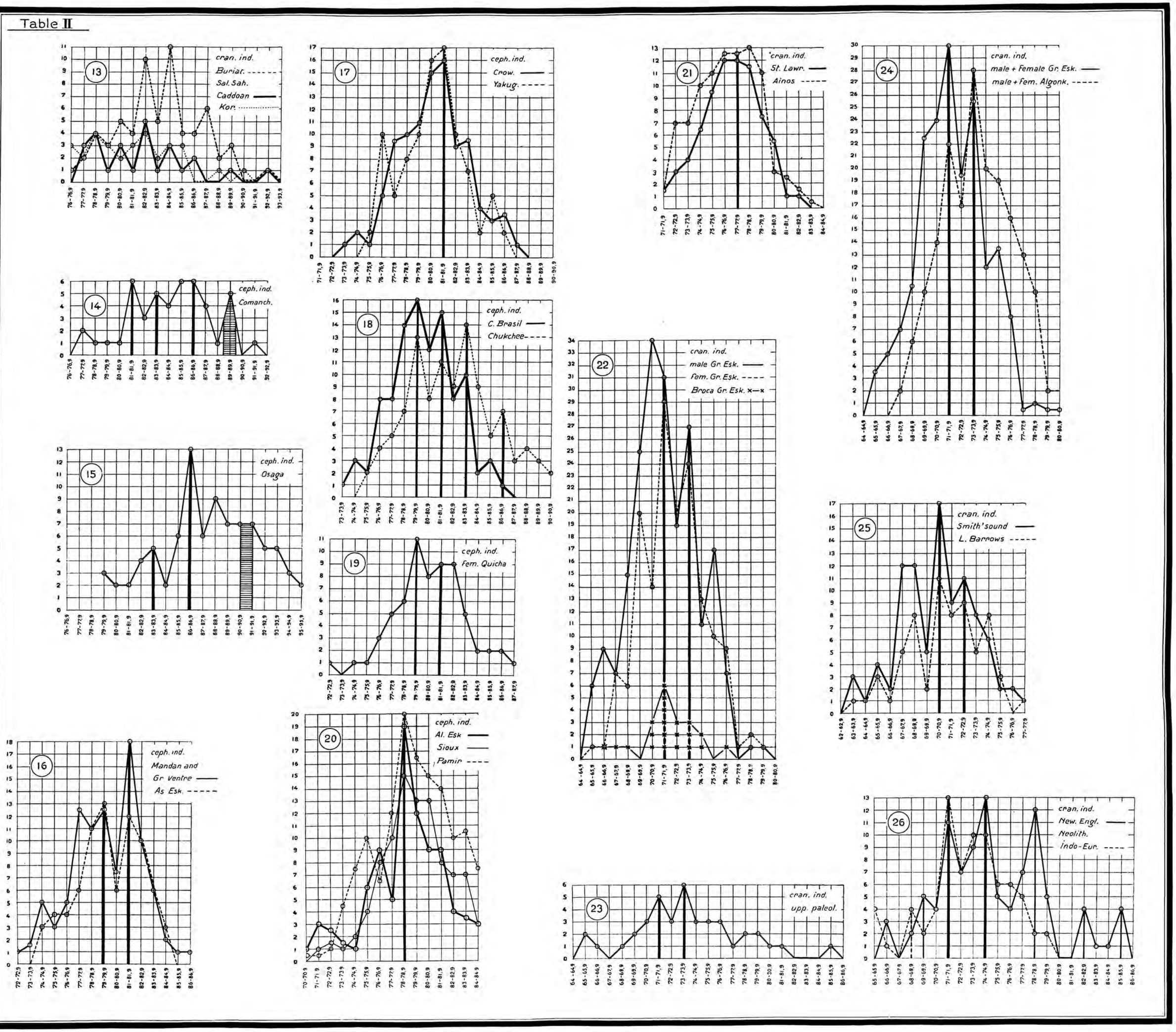

13
cran. ind.
Buriat.
Sal. Sah.
Caddoan
Kor.
14
ceph. ind.
Comanch.
15
ceph. ind.
Osaga
16
ceph. ind.
Mandan and
Gr. Ventre
As. Esk.
17
ceph. ind.
Crow.
Yakug.
18
ceph. ind.
C. Brasil
Chukchee
19
ceph. ind.
Fem. Quicha
20
ceph. ind.
Al. Esk
Sioux
Pamir
21
cran. ind.
St. Lawr.
Ainos
22
cran. ind.
male Gr. Esk.
Fem. Gr. Esk.
Broca Gr. Esk.
23
cran. ind.
upp. paleol.
24
cran. ind.
male + Female Gr. Esk.
male + Fem. Algonk.
25
cran. ind.
Smith'sound
L. Barrows
26
cran. ind.
New. Engl.
Neolith.
Indo-Eur.

Fig. 2. Cephalic indices of male Palestinian Arabs by KAPPERS.
Fig. 3. Cephalic indices of male Jews by BOAS (for b. = foreign born; Amer. b. = their American born sons).
Fig. 4. Cephalic indices of foreign born male Jews after GUTHE.
Fig. 5. Cephalic indices of their American born sons by GUTHE.
Fig. 6. Full line: Cephalic indices of male Askenasim Jews from Cologne and Francfort a/M by WEISSENBERG. Dotted line: Idem of male Askenasim Jews measured at Amsterdam by KLEIN and KAPPERS.
Fig. 7. Cephalic indices of foreign born female Jews by GUTHE.
Fig. 8. Full line: Cephalic indices of their American born daughters by GUTHE; Coambed curve cephalic indices of American born female Jews, after the data of HIRSCH.
Fig. 9. Cephalic indices of BOAS' foreign and American born Armenians males and females, expressed in percentages (see text).
Fig. 10. Thick line: cephalic indices of male foreign born Neapolitans, measured by LIVI. Thin line: idem of American born male Neapolitans, measured by HIRSCH. Coambed line: idem of American born female Neapolitans measured by the same.
Fig. 11. Continuous curve cephalic indices of male San Blas Indians, measured by HARRIS. Dotted curve: cranial indices of Aleutian skulls, registered by HRDLICKA.
Fig. 12. Continuous curve: cephalic indices of Armenians measured by KAPPERS. Dotted curve: cranial indices of Armenians measured by BUNAK.

Table II.

Fig. 13. Continuous curve: cranial indices of Salish, Sahaptim and Caddoan Indian skulls, measured by HRDLICKA. Broken curve: idem of Buriate skulls measured by the same. Dotted curve: idem of Korean skulls measured by KOGANEI TARENETSKY, BOGDANOFF and WALDEYER.
Fig. 14. Cephalic indices of male Comanches, measured by GOLDSTEIN (some by BOAS).
Fig. 15. Cephalic indices of male Osaga Indians, measured by BOAS.
Fig. 16. Continuous curve: cephalic indices of male Mandan and Gross Ventre Indians, by BOAS. Dotted curve: dito of female Asiatic Eskimoes, measured by Mrs JOCHELSOHN-BRODSKY.
Fig. 17. Continuous curve: cephalic indices of male Crow Indians, measured by BOAS. Dotted curve: dito of male (and female) Yakughirs, recorded by JOCHELSOHN-BRODSKY.
Fig. 18. Continuous curve: cephalic indices of male Nahuqua, Auetö and Trumai Indians of Central Brasil, measured by RANKE. Dotted curve: dito of male Chukchee, recorded by JOCHELSOHN-BRODSKY.
Fig. 19. Cephalic indices of female Quicha Indians measured by FERRIS.
Fig. 20. Thick continuous curve: cephalic indices of male Alaska Eskimoes measured by BOAS (1 = 2). Thin continuous curve: idem of 580 male Sioux by the same (1 = 2). Dotted curve: idem Pamirese recorded by Sir AUREL STEIN and recorded by JOYCE (1 = 2).
Fig. 21. Continuous curve: cranial indices of St. Lawrence Eskimoes, measured by HRDLICKA. Dotted curve: idem of Aino's recorded by KOGANEI, KOPERNICKI and others (1 = 2).
Fig. 22. Continuous curve: cranial indices of male Greenland Eskimo skulls, measured by FÜRST and HANSEN. Dotted curve: idem of female skulls, measured by the same; Crosses: Greenland skulls of BROCA.
Fig. 23. Cranial indices of upper paleolithic skulls, recorded by MORANT.
Fig. 24. Continuous curve indices of all the male and female Greenland Eskimo skulls measured by FÜRST and HANSEN. Dotted curve: the male and female Algonkin skulls from Maine, Vermont, New Hampshire, Rhode-Island N.E. New-York State, Long-Island, Staten- and Manhattan Island, measured by HRDLICKA.

Fig. 25. Continuous curve: cranial indices of Smith Sound Eskimoes, recorded by BESSELS. Dotted curve: indices of the Long Barrow skulls, measured by THURNAM and PARSONS.

Fig. 26. Continuous curve: cranial indices of the New-England skulls, measured by BOAS. Dotted curve: cranial indices of the neolithic skulls from North-East and Middle-Germany, recorded by SCHLIZ.

---

**Biochemistry.** — *A few remarks on the iodine-amylum reaction.* By G. v. ITERSON JR. and J. COUMOU.

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

1. F. MYLIUS (16) contended in 1887 that besides the presence of iodine the presence of iodides or of hydriodic acid is required to form the blue iodo-amylum. Results apparently in contradiction with this should be explained, according to MYLIUS, by the formation of potassium iodide or hydriodic acid, the glass being of special influence in this matter.

This idea has been contested among others by L. BERCZELLER (4) in 1917, who stated that the iodine reaction may take place without the presence of iodine ions, for example, by using pure iodine in boiled quartz glass-ware.

In point of fact the iodine reaction succeeds, if executed according to the method of C. NÄGELI (17), with a slight variation, a crystal of pure iodine in water on a quartz slide being used. If, however, it is considered that grains of starch contain exchangeable ash constituents, then neither BERCZELLER's observation nor the experiment indicated by us proves convincing. BERCZELLER's statement is besides impaired since he assumes that the presence of iodine ions intensifies the colour of iodo-amylum, omitting to state, however, why this should be the case.

Furthermore, the arguments against MYLIUS put forward by N. VON EULER and K. MYRBÄCK (8) in 1922 are weak, thus making MYLIUS' conception still maintainable.

2. In the course of time a great number of compounds have become known which produce a blue coloration with iodopotassium iodide, similar to the one produced with starch. In particular G. BARGER (1, 2 and 3) and cooperators have enlarged our knowledge in this respect. Only recently D. KRÜGER (14) added a new example.

From these data it appears that the occurrence of the blue reaction is connected with either the presence or formation of crystals, or with the colloidal state of the reacting product. In the real solutions no blue iodine reaction has been observed up to now. Assuming that "crystallites" are present in the colloidal state, we can reduce the condition necessary for the occurrence of the reaction to the requirement that the matter must be in crystalline state.

In this connection especially the agreement of the iodine reaction of narceine crystals and the iodo-amylum reaction indicated by W. STEIN (19) as early as 1869 is of importance. We call special attention to the "dichroism" of narceine crystals coloured blue with iodine and that of many periodides of alkaloids, of which herapathite forms the most interesting example. This dichroism, namely, makes it probable that the iodine has been fixed in the crystal lattice in very specific spots.

The presence of iodides or hydriodic acid besides that of iodine appeared to be required, or at any rate to act favourably, in many of the abovementioned reactions. Sometimes other ions also, especially polyvalent cations, were effective G. BARGER and E. FIELD (1) draw attention to the fact that double transpositions could have taken place here and that iodides could have been formed, but they prefer a colloid chemical explanation for this phenomenon (the iodine is considered to be colloidal in this case).

3. In 1915 G. BARGER and W. W. STARLING (2) concluded that "it is probable that the addition of iodine by the organic substance is a result of residual affinity". Although G. BARGER and F. D. EATON determined in 1924 that the physical nature of the material is also of essential importance for the occurring of the iodine reaction, the first mentioned conclusion had not to be withdrawn.

The observations of M. BERGMANN (5) and those of M. BERGMANN and M. GIERTH (6) in 1925 and 1926 on iodine reactions with compounds containing "etheroxygen" (where hydriodic acid or potassium iodide were also required) led BERGMANN to the supposition that "molecular compounds" are formed, in which the ether-oxygen atom should be active. BERGMANN supposes that something similar happens with the formation of iodo-amylum.

In this connection we refer to the investigation of W. v. KAUFMANN and A. LEWITE (13) who concluded in 1919 that the behaviour of starch to formaldehyde may best be explained by supposing that ether groups in the starch with formaldehyde may form a compound which decomposes in water.

With reference to P. PFEIFFER's Org. Molekülverbindungen 2. Aufl. 1927, and especially to the recent treatise of G. BRIEGLEB and W. LAUPPE (7) we emphasize that there are three possible structures of compounds of starch, iodine and potassium iodide or hydriodic acid. Firstly a "pseudosalt" may be formed in which oxygen is active with four valencies. Secondly a salt of "oniumform" may develop, where ions are bound together. Thirdly, a coordinative trivalent oxygen may play a role.

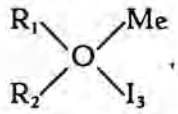
From the considerations of A. HANTZSCH (11) on the relation between the constitution and the colour the first mentioned type of structure would appear the most probable one for the blue iodo-amylum (according to

HANTZSCH, iodine, of all halogens, shows the greatest tendency to form "pseudosalts").

4. A. LOTTERMOSER and A. OTT (15) made it probable in 1930 that starch from an iodo-potassium iodide solution fixes the following ions or molecules:

$I_3$-ions, $I_2$-ions, $I$-ions, $KI_3$- and $KI$-molecules. The $I_3$-ions are fixed by preference, then come the $I_2$-ions, and so on.

If all these facts are combined, it becomes probable that, in dealing with the blue starch iodine reactions, inside the crystallites molecules of the following type are present:




where *Me* represents a monovalent metal atom or a hydrogen atom. We leave it undecided as to whether the etheroxygen, present in the hexagons of the starch molecule according to HAWORTH, plays a role here, or whether this is done by the etheroxygen supposed to be present as a connecting link between the hexagons.

The objection might be raised that F. L. GILBERT, R. R. GOLDSTEIN and T. M. LOWRY (10), when determining the absorption spectra of 7 aromatic polyhalides and of 8 caesiumpolyhalides, found absorptions characteristic of the "brown iodine solutions". However, it should be borne in mind that these spectra have been determined for "real" solutions and that the solid $CsI_3$ (as well as several solid polyiodides of alkaloids) is blue-black. We shall not enter further into discussions as to how the iodine in the group $I_3$, present in the crystallites, may be connected up, but will only indicate how it is possible that iodine occurs bound in such a way that during light absorption a process occurs of the nature proposed by J. FRANCK (9) which causes the violet colour of iodine vapours.

5. To confirm the above conception, we have asked ourselves whether it might not be possible to demonstrate the influence of iodine ions, while reacting with iodine for starch, more convincingly than is done according to the method of MYLIUS.

We took as our starting point the observation that a suspension of starch in $KI$ solution of 10 % concentration, saturated with iodine, could not be brought to "gelatinization" by boiling. This appeared to be particularly striking because of the observations of M. SAMEC (18) and of J. VAN DER HOEVE (12) who found that a potassium iodide solution of this strength without iodine lowered the gelatinization point of starch considerably.

It is known that iodo-amylum is a negative lyophobic colloid; the possibility exists, therefore, that the observed raising of the gelatinization point is due to the precipitation of the iodo-amylum by the $K$-ions, added in

great excess. The lyophobic properties of iodo-amylum, however, are not strong — vide BARGER and FIELD (1) — that is why it was considered of importance to investigate whether the raising of the gelatinization point could be observed also with low concentrations of iodo-potassium iodide. With these low concentrations the precipitating action of the *K*-ions may be considered improbable. In fact, this appeared to be the case.

L. BERCZELLER (4) described a few observations in 1917 on the gelatinization of iodo-amylum. He experimented with starch which had first been soaked with iodo-potassium iodide solution (e.g. a saturated solution of iodine in a normal solution of potassium iodide). Next, the supernatant liquid was decanted and replaced by distilled water. In the most favourable case he observed a raising of the gelatinization point of 1° C. We obtained definitely greater increases by our method.

6. For the determination of the gelatinization point we applied the method of M. SAMEC (18), with the one variation that the temperature of the water-bath was not allowed to rise during the experiment but kept at 74.0° C. The suspension of potato starch used contained 1 gram of air-dry starch in 800 $cm^3$ of liquid. Below we give a few of our observations. We note that the liquids of the concentrations indicated were poured onto the air-dry starch in the above-mentioned ratio. The solution, which contained iodine only, had been prepared by shaking pure iodine with distilled water; no special care was taken to obtain electrolyte-free solutions, it being sufficient for our purpose to obtain a comparison of the gelatinization temperatures.

| Liquid in which starch was suspended | Observed temp. of gelatinization in °C. | Raise with respect to starch in water |
|---|---|---|
| 1. Distilled water . . . . . | 64°.0 | — |
| | 64.1 | — |
| 2. 0.014 % I sol. . . . . | 65.2 | 1°.2 |
| | 65.4 | 1.4 |
| 3. 0.014 % I sol. + 1 % KI sol. . . | 70.4 | 6.4 |
| | 69.6 | 5.6 |
| 4. 1 % KI sol. . . . . | 63.8 | —0.4 |
| 5. 0.006 % I sol. + 1 % KI sol. . . | 68.0 | 4.0 |
| | 68.1 | 4.1 |
| 6. 0.014 % I sol. + 0.05 % KI sol. . | 69.6 | 5.9 |

After our remarks sub 1., it will not be considered surprising that an iodine solution without potassium iodide produces a slight raise of the temperature of gelatinization. We call special attention to the last observation, because it demonstrates clearly, in comparison with the results

of the experiments numbered 2 and 3, how large an influence is exerted on the point of gelatinization by the addition of a very low concentration of potassium iodide in the presence of free iodine.

7. Immediately the question arises whether in this experiment hydriodic acid may be substituted for the potassium iodide. As will be apparent from the following data, this happens to be the case. It may be noted that the solution of hydriodic acid was made iodine-free by means of hydrogen sulphide.

| Liquid in which starch was suspended | Observed temp. of gelatinization in °C. | Raise with respect to starch in water |
|---|---|---|
| 7. 0.01 % I sol. + 0.05 % HI sol. . | 68°.7 | 4°.7 |
| 8. 0.01 % I sol. + 1 % HI sol . . . | 71.3 | 7.3 |
| 9. 1 % HI sol. . . . . | 64.1 | 0 |

Thus in this case also the addition of *HI* in a concentration which of itself has no effect appears, in the presence of iodine, to have a definite influence on the gelatinization point.

8. If our theory is right, it is to be expected that iodine ions will show a specific action on the gelatinization point, compared with other anions, if present together with free iodine.

The results of experiments made to determine this point, to which a few

| Liquid in which starch was suspended | Observed temp. of gelatinization in °C. | Raise with respect to starch in water |
|---|---|---|
| 10. 0.01 % I sol. + 0.5 % $H_2SO_4$ sol.. . . | 65°.5 | 1°.4 |
| 11. 0.01 % I sol. + 0.06 % $H_2SO_4$ sol. . . | 65.1 | 1.0 |
| 12. 0.01 % I sol. + 0.07 % $KNO_3$ sol. . . | 65.7 | 1.6 |
| 13. 0.01 % I sol. + 1 % $KNO_3$ sol.. . . . | 68.4 | 4.3 |
| 14. 0.01 % I sol. + 0.01 % HCl sol. . . . | 64.3 | 0.3 |
| 15. 0.01 % I sol. + 0.035 % $Ca\,Cl_2$ sol. . . | 65.9 | 1.9 |
| 16. 0.01 % I sol. + 0.035 % $Ba\,Cl_2$ sol. . . | 65.5 | 1.5 |
| 17. 0.01 % I sol. + 0.075 % $Ba\,Cl_2$ sol. . . | 66.5 | 2.5 |
| 18. 0.015 % I sol. + 0.05 % $K_2SO_4$ sol.. . | 65.7 | 1.6 |
| 19. 0.01 % I sol. + 0.1 % $La(NO_3)_3$ sol.. . | 68.3<br>67.7 | 4.3<br>3.7 |
| 20. 0.015 % I sol. + 0.04 % $Al\,Cl_3$ sol. . . | 69.3 | 5.3 |
| 21. 0.015 % I sol. + 0.1 % $Ca\,I_2$ sol. . . . | >74.0 | >10.0 |
| 22. 0.1 % $CaI_2$ sol . . . . . | 64.3 | 0.3 |

observations on the influence of cations have been added, follow below.

Comparison of the data 7 and 11, 6 and 12, and also 7 and 14, supports our opinion that among the anions the iodine ions exert a specific action. The polyvalent cations produce a definitely higher increase than the monovalent ones. This is not surprising, however, if we consider the fact that iodo-amylum is a negatively charged colloid. The interesting effect of the combination of iodine and calcium iodide (vid. Nr. 21 and compare with Nr. 15 and Nr. 22) is in agreement with this explanation.

The result with 1 % $KNO_3$-solution bids us to be careful; the possibility exists however that potassium iodide is formed by double exchange.

9. The investigation of the possible influence of other free halogens on the gelatinization point of starch was next taken in hand. SAMEC's method being used, neither a bromine or a chlorine solution as such, nor with the addition of potassium chloride, showed an appreciable influence on the gelatinization point. At most, differences of a few tenths of a degree could be seen.

It appeared, however, that with some of the experiments with bromine no "complete" gelatinization of the starch grains occurred. As a matter of fact it could be observed macroscopically and without doubt that the presence of bromine and potassium bromide together had its effect on the gelatinization. A starch suspension in water saturated with bromine could be made to gelatinize completely by boiling, but the addition of potassium bromide prior to boiling produced only a swelling of the starch grains on boiling. The swelling resulted in a yellow mass, which settled as a gel on standing. A solution of soluble starch is changed neither by the addition of potassium bromide nor by the addition of bromine; however, a mixture of bromine and potassium bromide produces a gelatinous precipitate.

With chlorine, no similar results could be observed.

*Delft*, June 1935. *Laboratory for Technical Botany.*

LITERATURE CITED.


1. G. BARGER and E. FIELD. Blue Adsorption Compounds of Iodine, Part I. Starch, Saponarin, and Cholalic Acid, J. Chem. Soc. London, **101**, 1394—1408, 1912.
2. G. BARGER and W. W. STARLING. Blue Adsorption Compounds of Iodine, Part II and III. Derivatives of $\alpha$- and of $\gamma$-Pyrone, J. Chem. Soc., London, 108[1], 411—424, 1915.
3. G. BARGER and F. J. EATON. Blue Adsorption Compounds of Iodine, Part IV, J. Chem. Soc. **125**, 2405—2414, 1924.
4. L. BERCZELLER. Unters. üb. Adsorptionsverb. u. Adsorption. Biochem. Ztf. **84**, 106—117, 1917.
5. M. BERGMANN. Jodverbindungen einfacher 1, 2-Cyclo-acetale vom Typus der Jodstärke. Ber. d. D. chem. Ges. **57**[1], 753—757, 1924.
6. M. BERGMANN und M. GIERTH. Ueber isomere Alkylverbindungen des Cyclo-hexanol-2-on-1, Ann. d. Chem. **448**, 48—76, 1926.

7. G. BRIEGLEB und W. LAUPPE. Zur Frage der Affinitätsabsättigung des Sauerstoffes in Molekülverbindungen der Alkohole, Aether, Ketone und Aldehyde, Ztf. physik. Chem. B **28**, 154—166, 1935.
8. H. V. EULER und K. MYRBÄCK. Verbindungen von Iod mit Bestandteilen der Stärke, Ann. d. Chemie **428**, 1—25, 1922.
9. J. FRANCK. Elementarprozesse photochemischer Reaktionen. Bemerkungen über die homöopolare Bindung. Ztf. physik. Chem. **120**, 144—150, 1926.
10. F. L. GILBERT, R. R. GOLDSTEIN and T. M. LOWRY. Adsorption Spectra of Polyhalide Ions, J. Chem. Soc. London, 1931, 1092—1103.
11. A. HANTZSCH. Ueber Isomerie zwischen echten und Pseudo-Haloidsalzen, Ber. d. D. chem. Ges. 52[II], 1544—1572, 1919.
12. J. VAN DER HOEVE, Verstijfseling van aardappelmeel, Diss. Utrecht, 1930.
13. W. VON KAUFMANN und A. LEWITE. Ueb. die Natur der Lösungen von Stärke in Formalin und die quantitative Rückverwandlung von Formalin Stärke in Stärke, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis des Farbentons von Jodlösungen, Ber. d. D. chem. G. **52**, 616—627, 1919.
14. D. KRÜGER. Ueber die gefarbten Jodderivate eines Acridinderivates, Ber. d. D. chem. G. **65**, 13—18, 1932.
15. A. LOTTERMOSER and A. OTT. Unters. üb. die Konstitution der Jodstärke. Koll. Ztf. **52**, 138—159, 1930.
16. F. MYLIUS. Ueb. die blaue Jodstärke, Ber. d. D. chem. Ges. **20**, 688—695, 1887.
17. C. NÄGELI. Die Reaktion von Iod auf Stärkekörner und Zellmembranen, Sitz. ber. d. Kön. Bay. Akad. Wiss. München, 1862, 251—321 and 1863, 483—586.
18. M. SAMEC. Die Lösungsquellung der Stärke bei Gegenwart von Kristalloiden, Koll. chem. Beih. **3**, 122—160, 1912.
19. W. STEIN. Ueb. das Verhalten des Narceïns gegen Jod, Journ. f. prakt. Chem. **160**, 310—312, 1869.

---

## Mathematics. — *Über allgemeine konforme Geometrie in projektiver Behandlung.* Von J. A. SCHOUTEN und J. HAANTJES.

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

Wir kündigen hier ein Theorem an, dessen Beweis an anderer Stelle veröffentlicht werden soll.

In einer $X_n$ [1]) sei ein Fundamentaltensor bis auf einen beliebigen Zahlenfaktor gegeben. Entweder ist dann die konforme Geometrie in der $X_n$ *konformeuklidisch*, d. h. der Konformkrümmungsaffinor verschwindet, oder dieser Affinor verschwindet nicht. Im ersten Falle gilt bekanntlich der Satz:

*Die Geometrie der $X_n$ ist identisch mit der Geometrie einer quadratischen Hyperfläche in einer $P_{n+1}$* [2]),

der sich genauer folgendermassen formulieren lässt:

---

[1]) $X_n = n$-dimensionale Mannigfaltigkeit mit gewöhnlichen nicht homogenen Koordinaten.

[2]) $P_{n+1} = (n+1)$-dimensionale Mannigfaltigkeit einer gewöhnlichen projektiven Geometrie.

*Zu einer $X_n$ mit einer konformeuklidischen Geometrie, lässt sich eine $P_{n+1}$ konstruieren, derart dass*

1. *die $X_n$ sich eineindeutig abbildet auf eine quadratische Hyperfläche der $P_{n+1}$.*

2. *der Kegel der asymptotischen Richtungen (oder der Erzeugenden) der Hyperfläche in jedem Punkt korrespondiert mit dem Nullkegel des Fundamentaltensors.*

3. *Zwei in dieser Weise konstruierte $P_{n+1}$ „nicht wesentlich verschieden" sind* [1]).

Wir verallgemeineren diesen Satz für eine $X_n$ mit *beliebiger* konformer Geometrie für $n$ *ungerade* und $> 2$.

Statt einer $P_{n+1}$ konstruieren wir eine $H_{n+1}$ [2]) mit einer symmetrischen und speziellen Punktübertragung $\Pi^{\alpha}_{\gamma\beta}$ und einem symmetrischen Fundamentalprojektor $a_{\beta\alpha}$; $\alpha, \ldots, \iota = 0, 1, \ldots, n+1$. Die zugehörige Krümmungsgrösse sei $N_{\delta\gamma\beta}^{\cdot\cdot\cdot\alpha}$. Es gilt dann folgendes Theorem:

*Zu einer $X_n$ mit einer allgemeinen konformen Geometrie, lässt sich für $n$ ungerade und $> 2$ eine $H_{n+1}$ mit einer symmetrischen und speziellen Punktübertragung* [3]) *$\Pi^{\alpha}_{\gamma\beta}$ und Fundamentaltensor $a_{\beta\alpha}$ konstruieren, derart dass*

1. *In $H_{n+1}$ überall gilt*

$$\nabla_{\gamma} a_{\beta\alpha} = 0$$

$$N_{\alpha\gamma\beta}^{\cdot\cdot\cdot\alpha} = 0$$

2. *die $X_n$ sich ein-eindeutig abbildet auf die Hyperfläche $a_{\alpha\beta}\, x^{\alpha} x^{\beta} = 0$ der $H_{n+1}$.*

3. *der Kegel der asymptotischen Richtungen in jedem Punkte dieser Hyperfläche dem Nullkegel des Fundamentaltensors der $X_n$ entspricht.*

4. *zwei in dieser Weise konstruierte $H_{n+1}$ „nicht wesentlich verschieden" sind.*

Die konforme Geometrie in $X_n$ ist damit für $n$ ungerade und $> 2$ auf die (allgemeine) projektive Geometrie einer Hyperfläche in einer speziellen $H_{n+1}$ zurückgeführt. Verschwindet die Konformkrümmungsgrösse, so wird die $H_{n+1}$ eine $P_{n+1}$ und die Hyperfläche geht über in die durch $a_{\beta\alpha}$ festgelegte quadratische Hyperfläche.

---

[1]) „Nicht wesentlich verschieden" nennen wir zwei Mannigfaltigkeiten mit darin enthaltenen Gebilden und Grössen, wenn es möglich ist in jede ein Koordinatensystem zu legen, derart dass in bezug auf diese Koordinatensysteme alle Gebilde in beiden durch dieselben Gleichungen dargestellt werden und alle Grössen in Punkten mit gleichen Koordinaten dieselben Bestimmungszahlen haben.

[2]) $H_{n+1} = (n+1)$-dimensionale Mannigfaltigkeit mit homogenen (VAN DANTZIGschen) Koordinaten $x^{\alpha}$.

[3]) Vgl. unsere Arbeit: Zur allgemeinen projektiven Differential-Geometrie, Comp. Mat. 1935.

Als Korollar folgt der bekannte Satz:

*Jede $V_n$ (n ungerade) lässt sich einbetten in einer $V_{n+2}$ mit verschwindendem* RICCI-*Tensor* $K_{\alpha\gamma\beta}^{\cdot\cdot\alpha}$.

*Historisches.*

E. CARTAN ist schon 1922 [1]) auf den Gedanken gekommen eine konforme Geometrie mit Hilfe eines „Pseudoparallelismus" zu behandlen indem er jedem Punkte einen $(n+1)$-dimensionalen *Lokalraum* mit $n+2$ projektiven Koordinaten zuordnete und benachbarte Mannigfaltigkeiten unter Forderung der Invarianz einer lokalen kwadratischen Hyperfläche aufeinander abbildete. Bei dieser Behandlungsmethode stellen sich kovariante Differential-quotienten ein von der Art $\nabla_\mu v^\alpha$ wo $\alpha$ die Werte $0, 1, \ldots, n+1$ durchläuft, $\mu$ aber nur die Werte $1, \ldots, n$, da es sich ja stets um Differentiationen entlang der $X_n$ handelt.

Sodann ist es T. Y. THOMAS 1932 [2]) für ungerades $n > 2$ gelungen den Differentialquotienten $\nabla_\mu v^\alpha$ formal zu ergänzen zu einer invarianten Grösse $\nabla_\gamma v^\alpha$, wo jetzt auch $\gamma$ die Werte $0, 1, \ldots, n+1$ annehmen kann. Von einer Einbettung ist aber bei T. Y. THOMAS noch keine Rede.

Unsere Betrachtungen ergänzen diese Untersuchungen. Indem wir von einer Einbettung ausgehen gelang es gerade den wichtigsten Punkt, die Eindeutigkeit der Einbettung d. h. das „nicht wesentlich verschieden" sein der konstruierten $H_{n+1}$ zu beweisen.

Für gerades $n$ ist noch wenig bekannt. Es stellen sich besondere Bedingungen ein, von denen wir bis jetzt nur beweisen konnten dass sie für $n=2$ identisch erfüllt sind. Es bleiben insbesondere zwei Fragen: *a.* Sind die Bedingungen auch für $n > 2$ identisch erfüllt und *b.* Kann man im Falle des Erfülltseins der Bedingungen die Eindeutigkeit erzwingen durch irgendwelche invariante Bedingungen schärfer als $N_{\alpha\gamma\beta}^{\cdot\cdot\alpha} = 0$?

---

[1]) Sur les espaces conformes généralisés etc. C. B. **174** (1922) 857—860. Les espaces à connexion conforme, Ann. de la soc. polon. de math. (1923) 171—221.

[2]) Conformal tensors, Proc. Nat. Ac. **18** (1932) 103—112, 189—193.

**Astronomy.** — *Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen.* XXIV. *R Lacertae.* Von A. A. NIJLAND.

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

Instrumente *S* und *R*. Die Beobachtungen wurden alle auf *R* reduziert; die Reduktion *R*—*S* beträgt —$0^m.18$. Spektrum M5e (HA **79**, 193). Gesamtzahl der Beobachtungen 721 (von 2416847 bis 2427951). Es wurden wieder, wie in allen früheren Mitteilungen, die in zwei Instrumenten angestellten Schätzungen nur einmal gezählt.

Bei den vier eingeklämmerten Schätzungen (2417119, 7122, 2426721, 6727) liegt offenbar ein grober Irrtum vor[1]). Der Stern wurde 35-mal als unsichtbar notiert, und es mussten noch 72 in der *Figur 1* mit x angegebene Schätzungen als fraglich oder sogar verdächtig unberücksichtigt gelassen werden: es bleiben dann 610 Beobachtungen für die Reduktion übrig.

Das Minimum ist im Zehnzöller schwer beobachtbar. Viele Schätzungen wurden im Beobachtungsheft als zweifelhaft mit ? notiert; überdies wurde der Veränderliche bei den Minima 2417118, 2423408, 5205 und 6699 ein paar Mal unrichtig identifiziert. Der Fehler konnte nachher nicht immer ein wandfrei korrigiert werden, und so mussten die Minima 7118 und 6699 von der Reduktion ausgeschlossen werden. Dass, wie ich s.Z. glaubte (s. A. N. 4116), unweit 7136 ein sekundäres Maximum stattgefunden haben sollte, ist wohl durch die Verwechslung von *R* mit *x* vorgetäuscht. Es soll also a.a.O. (Spalte 185, Bem. 11) *R*—*x* statt *r*—*R* gelesen werden. Auch die Epoche 2427600 muss ausser Betracht bleiben, da hier zu wenig zuverlässige Beobachtungen vorliegen. Von der angeblichen Duplizität des Veränderlichen (s. J.B.A.A. **36**, 66) habe ich niemals etwas bemerken können. Leider wird a.a.O. nur der Abstand 5″.7 des Begleiters gegeben, nicht aber seine Helligkeit. Allerdings liesse sich vielleicht durch das Vorhandensein eines schwachen Begleiters die Tatsache erklären, dass das Minimum bei *R Lacertae* flächer zu sein scheint als wie es sich gewöhnlich bei den langperiodischen Veränderlichen gestaltet.

Karte: HAGEN, *Atlas Stell. var. Series III*; s. auch *Spec. Vat. XII*.

Die Tabelle I gibt eine Übersicht der benutzten Vergleichsterne. Stern *j* kam nur selten zur Verwendung. Für Stern *m* gibt MITCHELL als Mittel aus 6 Bestimmungen in *Mem. Am. Ac.* (XIV N⁰. IV, p. 294) die Grösse $12^m.39$. Die Sterne *h*, *j* und *k* wurden 2-mal (2417174 und 7256) an die Grenze des Suchers *S* angeschlossen; für *h* ergibt sich hieraus die Grösse $10^m.97$. Stern *x* wurde fast bei jedem Minimum an die Grenze von *R* angeschlossen: das Mittel aus 86 Schätzungen ist $13^m.75$. Für Stern *c*

[1]) Die Schätzung 2417197, $R = 12^m.24$ wurde in der Figur irrtümlicherweise eingeklämmert.

TABELLE I. Vergleichsterne.

| * | HAGEN | BD | St. | HA 29 | HA 74 | Grenze | *H* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *b* | 5 | + 41°.4582 | 57.0 | 8m.50 | 8m.43 | — | 8m.52 |
| *c* | 9 | + 41.4593 | 49.6 | 9.29 | 9.08? | — | 9.21 |
| *d* | 12 | + 41.4585 | 47.1 | — | — | — | 9.44 |
| *e* | 15 | + 41.4591 | 43.0 | 10.05 | 9.69 | — | 9.83 |
| *f* | 23 | + 41.4587 | 38.6 | 10.68 | 10.00 | — | 10.24 |
| *g* | 26 | + 41.4592 | 36.8 | 10.70 | 10.40 | — | 10.41 |
| *h* | 30 | — | 32.1 | — | 10.75 | 10m.97 | 10.85 |
| *j* | 35 | — | 27.8 | — | — | — | 11.25 |
| *k* | 39 | — | 25.2 | — | — | — | 11.50 |
| *l* | 46 | — | 19.9 | — | — | — | 11.99 |
| *m* | 56 | — | 15.5 | — | 12.40 | — | 12.40 |
| *n* | 64 | — | 11.7 | — | — | — | 12.76 |
| *q* | 74 | — | 5.9 | — | — | — | 13.30 |
| *x* | 78 | — | 0.0 | — | — | 13.75 | 13.86 |

(HAGEN Nr. 9) gibt die Karte der *Series III* $\Delta\delta = -0'.1$, die Karte in den *Aggiunte* aber richtig $\Delta\delta = -1'.0$ (s. auch die der *Series III* beigegebene Tabelle). Für die Deklination des Sterns ist HA **74**. 245 50′ statt 48′ zu lesen, in Übereinstimmung mit HA **57**. 272, wo der Stern mit *d* bezeichnet wird. Die Stufenskala bezieht sich auf die Grösse $11^m.0$; der Stufenwert ist $0^m.094$.

Es liegen 41 Schätzungen der Farbe vor, welche für fünf Sechstel aus den Jahren 1905 bis 1916 stammen. Möglicherweise hat sich (Tabelle IIa) die Farbe allmählig ein wenig vertieft. Eine Korrelation mit der Helligkeit ist nicht nachweisbar (Tabelle II*b*). Das allgemeine Mittel ist $2^c.39$.

TABELLE IIa und II*b*. Farbenschätzungen.

| Zeitraum | *n* | Farbe | Grösse | *n* | Farbe |
|---|---|---|---|---|---|
| 241 6998—8173 | 18 | 2c.25 | 8m.98 | 14 | 2c.43 |
| 242 8417—1734 | 17 | 2.44 | 9.32 | 14 | 2.01 |
| 4125—7118 | 6 | 2.67 | 9.74 | 13 | 2.65 |
| | 41 | | | 41 | |

A. A. NIJLAND: MITTLERE LICHTKURVEN VON LANGPERIODISCHEN VERÄNDERLICHEN. XXIV. R LACERTAE.

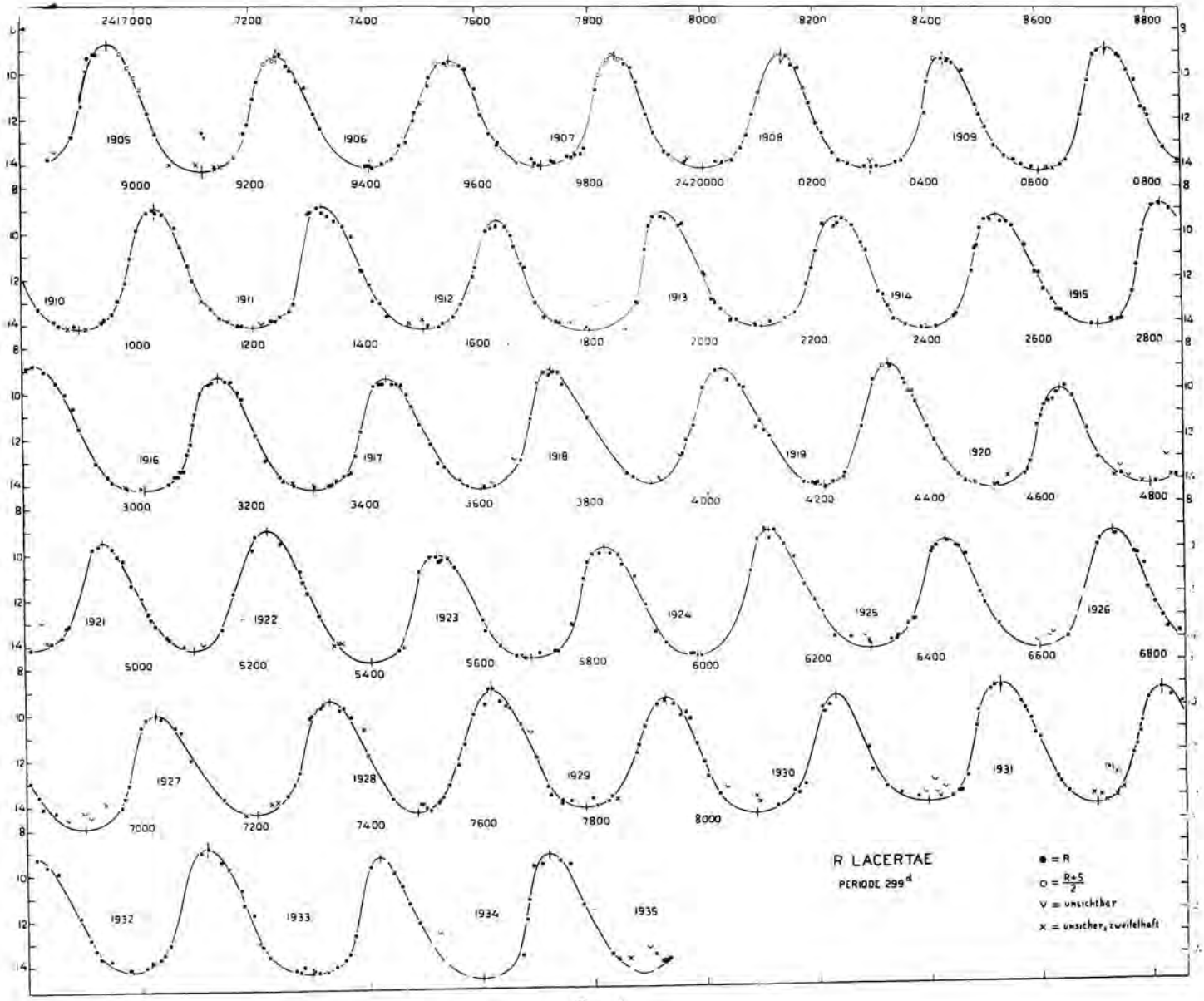



Fig. 1.

Die *Figur 1* enthält die Beobachtungen, alle auf $R$ reduziert. Die Reihe der Abweichungen (Beobachtung minus Kurve) zeigt 198 Plus-, 222 Minuszeichen, 190 Nullwerte, 215 Zeichenfolgen, 204 Zeichenwechsel. Das Mittel der absoluten Werte der Abweichungen ist $0^m.109$.

Ein Einfluss des Mondscheines auf die Helligkeitsschätzung ist kaum nachweisbar. Es verteilen sich auf 105 bei Mondschein angestellte Beobachtungen die Abweichungen wie folgt: 33 Plus-, 47 Minuszeichen, 25 Nullwerte.

Die Tabelle III enthält die aus der Kurve abgelesenen Epochen der Minima $m$ und der Maxima $M$. Die Spalte $R$ wurde mit den Elementen

$$2422201^d + 299^d E \text{ (für die Minima)}$$

und

$$2422331 + 299\ E \text{ (für die Minima)}$$

gerechnet.

Die übrigbleibenden $B—R$ sind nicht sehr gross, sogar bei den flachen und daher unsicher bestimmten Minima, aber ein Zuviel an Zeichenfolgen stört, namentlich bei den soviel genauer festgelegten Maxima. Da es offenbar nicht gelingen wird, hier mit einfachen Mitteln viel zu verbessern, habe ich mich mit der einfachen Formel $R$ zufriedengestellt.

Für $\frac{M-m}{P}$ findet man 0.435.

Nach der *G und L* (II. 372) hätte sich die Periode $299^d.8$, welche bis d. J. 1908 die beobachteten Maxima sehr gut darstellt, später sprungweise auf $299^d.2$ verringert. „Die Bestimmung des monatelang dauernden Minimums ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft."

PRAGER's Katalog für 1935 gibt den Periodenwert $299^d.3$, und das aus sämtlichen von mir seit d. J. 1905 in den *Astr. Nachr.* mitgeteilten Epochen der Minima und Maxima abgeleitete allgemeine Mittel ist $299^d$.

Die extremen Werte des Lichtwechsels sind:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Minimum: } 14^m.33 \pm 0^m.035 \\ \text{Maximum: } 9\ .26 \pm 0\ .054\end{array}\right\} \text{(m.F.)}.$$

Die Amplitude beträgt somit $5^m.07$. Beim Maximum scheinen die Abweichungen vom Mittelwert regellos aufzutreten; beim Minimum hingegen überwiegen anfangs die kleineren Werte so stark, dass man fast an eine plötzliche Erniedrigung des kleinsten Lichtes (um etwa $0^m.3$) bei 2423408 ($E = +4$) hätte glauben können. Ich halte aber angesichts der vielen Schwierigkeiten, mit denen auch bei mir die Bestimmung des Minimums verknüpft ist, die Realität dieser Vertiefung keineswegs für verbürgt.

Es wurde in der bekannten Weise die Bestimmung der mittleren Kurve vorgenommen. Die beiden Teilkurven schliessen wieder genau an einander an (*Figur 2*), und liefern eine vollkommen glatt verlaufende Lichtkurve (Tabelle IV).

TABELLE III.

| E | Minima m | | | | Maxima M | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B | v | R | B−R | B | v | R | B−R |
| − 18 | — | — | — | — | 241 6952 | m 8.7 | 6949 | + 3 |
| − 17 | 241 [7118] | m [14.3] | 7118 | [0] | 7250 | 9.3 | 7248 | + 2 |
| − 16 | 7410 | 14.1 | 7417 | − 7 | 7554 | 9.4 | 7547 | + 7 |
| − 15 | 7717 | 14.1 | 7716 | + 1 | 7848 | 9.2 | 7846 | + 2 |
| − 14 | 8004 | 14.2 | 8015 | −11 | 8144 | 9.1 | 8145 | − 1 |
| − 13 | 8302 | 14.2 | 8314 | −12 | 8434 | 9.2 | 8444 | −10 |
| − 12 | 8604 | 14.3 | 8613 | − 9 | 8726 | 8.8 | 8743 | −17 |
| − 11 | 8900 | 14.2 | 8912 | −12 | 9033 | 8.9 | 9042 | − 9 |
| − 10 | 9205 | 14.1 | 9211 | − 6 | 9327 | 8.8 | 9341 | −14 |
| − 9 | 9505 | 14.2 | 9510 | − 5 | 9636 | 9.4 | 9640 | − 4 |
| − 8 | 9800? | 14.3? | 9809 | − 9? | 9930 | 9.1 | 9939 | − 9 |
| − 7 | 242 0105 | 14.2 | 0108 | − 3 | 242 0240 | 9.3 | 0238 | + 2 |
| − 6 | 0400 | 14.3 | 0407 | − 7 | 0526 | 9.3 | 0537 | −11 |
| − 5 | 0708 | 14.2 | 0706 | + 2 | 0823 | 8.8 | 0836 | −13 |
| − 4 | 1013 | 14.2 | 1005 | + 8 | 1142 | 9.3 | 1135 | + 7 |
| − 3 | 1308 | 14.3 | 1304 | + 4 | 1438 | 9.4 | 1434 | + 4 |
| − 2 | 1605 | 14.3 | 1603 | + 2 | 1728 | 9.0 | 1733 | − 5 |
| − 1 | 1906 | 14.1 | 1902 | + 4 | 2032 | 9.1 | 2032 | 0 |
| 0 | 2214 | 14.2 | 2201 | +13 | 2330 | 8.9 | 2331 | − 1 |
| + 1 | 2518: | 14.3 | 2500 | +18: | 2638 | 10.0 | 2630 | + 8 |
| + 2 | 2800 | 14.2 | 2799 | + 1 | 2938 | 9.5 | 2929 | + 9 |
| + 3 | 3096 | 14.2 | 3098 | − 2 | 3226 | 9.0 | 3228 | − 2 |
| + 4 | 3408: | 14.8? | 3397 | +11: | 3526 | 10.2 | 3527 | − 1 |
| + 5 | 3690 | 14.7 | 3696 | − 6 | 3821 | 9.8 | 3826 | − 5 |
| + 6 | 3985: | 14.6 | 3995 | −10: | 4114 | 9.1 | 4125 | −11 |
| + 7 | 4294: | 14.4: | 4294 | 0: | 4429 | 9.6 | 4424 | + 5 |
| + 8 | 4598? | [14.4] | 4593 | + 5? | 4731 | 9.3 | 4723 | + 8 |
| + 9 | 4904? | 14.9? | 4892 | + 2? | 5027 | 10.0 | 5022 | + 5 |
| + 10 | 5205? | 14.4? | 5191 | +14? | 5333 | 9.5 | 5321 | +12 |
| + 11 | 5488 | 14.4 | 5490 | − 2 | 5618 | 9.1 | 5620 | − 2 |
| + 12 | 5785 | 14.3 | 5789 | − 4 | 5928 | 9.5 | 5919 | + 9 |
| + 13 | 6090 | 14.6 | 6088 | + 2 | 6230 | 9.4 | 6218 | +12 |
| + 14 | 6396 | 14.2: | 6387 | + 9 | 6526 | 9.0 | 6517 | + 9 |
| + 15 | [6699] | [14.4] | 6686 | [+13] | 6817 | 9.2 | 6816 | + 1 |
| + 16 | 6982 | 14.3 | 6985 | − 3 | 7116 | 8.9 | 7115 | + 1 |
| + 17 | 7298 | 14.4 | 7284 | +14 | 7420 | 9 3 | 7414 | + 6 |
| + 18 | [7600] | 14.7? | 7583 | [+17] | 7718 | 9.3 | 7713 | + 5 |
| | | 14.33 | | ± 6 | | 9.26 | | ± 6 |

TABELLE IV. Die mittlere Lichtkurve.

| Phase | v | Phase | v | Phase | v | Phase | v | Phase | v |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $-100^d$ | $12.09^m$ | $-30^d$ | $14.18^m$ | $+40^d$ | $13.99^m$ | $+100^d$ | $10.23^m$ | $+160^d$ | $9.95^m$ |
| − 90 | 12.56 | − 20 | 14.27 | + 50 | 13.76 | +110 | 9.60 | 170 | 10.45 |
| − 80 | 13.00 | − 10 | 14.33 | + 60 | 13.45 | +120 | 9.35 | 180 | 10.98 |
| − 70 | 13.36 | 0 | 14.33 | + 70 | 12.91 | +130 | 9.26 | 190 | 11.51 |
| − 60 | 13.65 | + 10 | 14.33 | + 80 | 12.15 | +140 | 9.36 | 200 | 12.04 |
| − 50 | 13.88 | + 20 | 14.25 | + 90 | 11.20 | +150 | 9.58 | 210 | 12.51 |
| − 40 | 14.06 | + 30 | 14.15 | | | | | | |

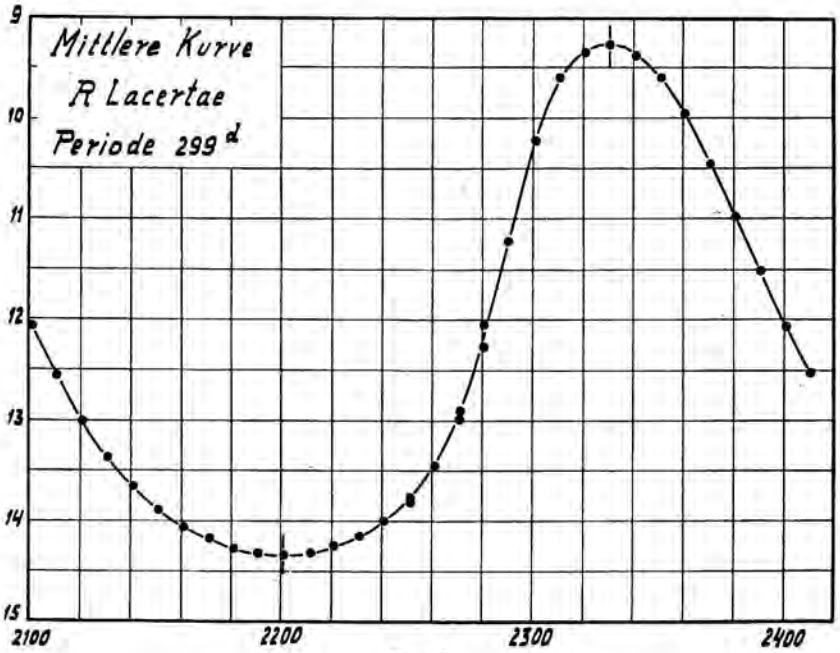



Fig. 2.

Die Streuung in der Nähe von $50^d$ erreicht die Werte:

| | *m* | *M* | *Mittel* |
|---|---|---|---|
| im aufsteigenden Aste: | $0^m.173$ | $0^m.392$ | $0^m.282$ |
| im absteigenden Aste : | 0 .108 | 0 .216 | 0 .162 |
| Mittel: | 0 .141 | 0 .304 | |

Die Streuung ist wieder grösser beim Maximum, und grösser im aufsteigenden Aste. Das Verhältnis der Streuungen 0.282 und 0.162 ist 1.74, das Verhältnis der durchschnittlichen Geschwindigkeiten des Lichtwechsels bei Auf- und Abstieg ist 1.30.

*Utrecht*, Juni 1935.

**Chemistry.** — *Extension of the theory of complex coacervation to ionical disperse systems.* By H. R. KRUYT and H. G. BUNGENBERG DE JONG.

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

When some years ago we started the discussion of the phenomena of partial miscibility in colloid systems [1]), we chose the name coacervation on the ground of the mechanical picture which in our opinion we had to introduce for the phenomenon and in contradistinction to a phenomenologically corresponding phenomenon in systems with purely true solubility.

A long series of papers have been published [2]) since, dealing in particular with complex coacervation, i.e. the separation of a liquid phase from a mixture of two oppositely charged hydrophilic colloid sols, as well as with the essentially connected auto-complex coacervation. All results obtained in case of complex coacervation are intelligible from the following point of view. The relative viscosity of colloid mixtures with identical polarity is an additive magnitude; in case of opposite polarity a curve occurs with a minimum, while at the same time coacervation phenomena arise (utramicro-, micro-, macro-coacervation); the position of the minimum is determined by compensation of the opposition in polarity, the intensity of the dehydration in the minimum by the density of the charge on the surface of the colloids (weak and strong coacervators).

The mechanical picture, suggested by these experiences, is the following (see fig. 1): owing to their opposite polarity the particles attract each

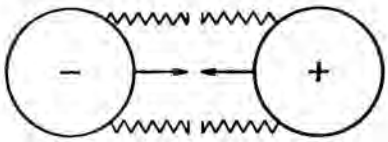



Fig. 1

other, owing to their hydration they are kept apart [3]): an equilibrium is formed between an attracting and a repelling factor.

Meanwhile, what is this hydration and why does it decrease by opposite polarity? Hydration is the orientation of the water-dipoles in the electric field on the surface of the colloids. This hydration gradually decreases with the distance from the surface (fig. 2); the whole atmosphere of the

---

[1]) H. G. BUNGENBERG DE JONG and H. R. KRUYT, Proc. **32**, 849 (1929).

[2]) H. G. BUNGENBERG DE JONG and collaborators. Bioch. Z. **212**, 318 (1929); **221**, 182, 392, 403 (1930); **232**, 338, **234**, 367, **235**, 185 (1931); **248**, 115, 131, 309, 336, **254**, 15, 35 (1932); **257**, 62, **259**, 436, 442; **260**, 161; **262**, 161, 390, **263**, 33 (1933). These articles will further be cited in Roman figures.

[3]) In fig. 1 the arrows represent the attraction, while the springs indicate repulsive buffers.

oriented dipoles contributes to the viscosity. In case of a mixture of

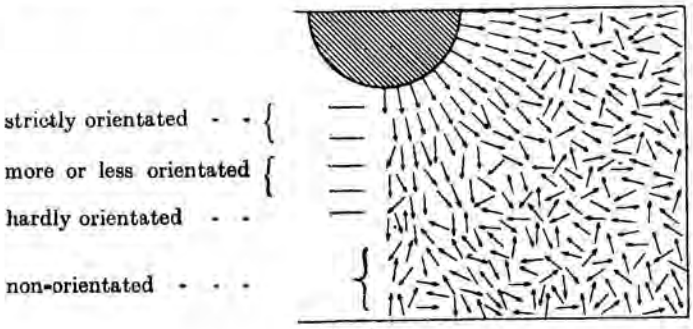



Fig. 2.

oppositely charged colloids a condition sets in which is represented by fig. 3.

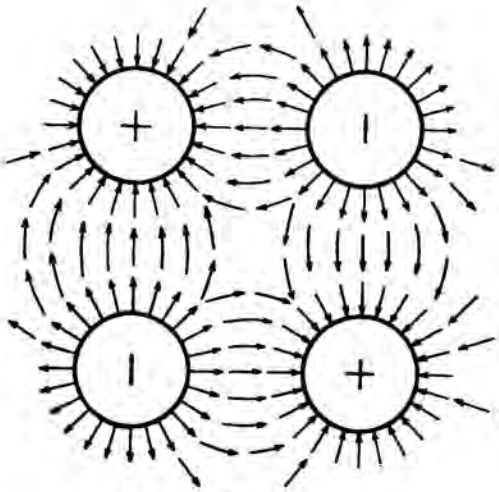



Fig 3.

The dipoles are sucked into the lines of electric force, since this means a decrease of the free energy of the system.

If (as is commonly done) *dilute* solutions of the colloids are put together, a system as represented in fig. 3 will give rise to the separation of a phase rich in colloids. In equilibrium with this phase rich in colloids there is then a phase rich in water, the so-called "equilibrium liquid" [1]).

The opposition in polarity disappears if, e.g. by means of neutral salts, the ζ potential of one of the components is annihilated. Since this is dominated for negative colloids by the valency of the cations, for positive ones by the valency of the anions (rule of SCHULZE-HARDY), the prevention of coacervation by neutral salts (and the compensation of an

[1]) H. G. BUNGENBERG DE JONG, L. W. J. HOLLEMAN and B. S. TJ. MODDERMAN, Koll. Beih. **39**, 334 (1934).

already present coacervation respectively) takes place according to two rules of valency, viz. 1—1, 1—2, 1—3, etc. and 1—1, 2—1, 3—1, etc.

The conception of complex coacervation briefly stated here is founded on the above-cited researches: the viscosimetrical experiences are found in the treatises I, II, III, those on the constitution[1]) of the coacervate drops in IV and V (electrical disintrigation), VI and XI (amount of water in the coacervate drops), those on the influence of neutral salts in I, II, III, VI, and XX.

The form of the coacervate will depend on various factors. In the first place the amount of water will decide whether the coacervate is drop-liquid or rigidly solid (cf. VI) and the amount of water, we only just mentioned it, is a function of the mutual attraction. It is also possible that the micelles are arranged according to an ordered pattern, which however in case of colloids occurs so rarely that GRAHAM felt justified to regard the ideas colloid and crystalloid as complete contrasts.

On closer consideration of the view that opposition of potential decreases the hydration but does not annihilate it completely, because the sucking in of the oriented water-dipoles may yet bring about a stabler condition than that of the separated components, it is clear that no specifically colloid-chemical datum is discussed here, but it is suspected that in *every* system with oppositely charged particles, dispersed in water, the same phenomena will be possible and under wellchosen conditions even probable. Immediately, therefore, the question rises whether complex coacervation (or — if desired — unmixing) consequently must generally occur in *electrolyte*-solutions, for in the solution of a strong electrolyte in water the very same conditions are found: oppositely charged ions, surrounded by oriented water-dipoles.

In this direction already points the existence of the so-called *auto-complex coacervation* (e.g. gum arabic + Hexol nitrate), where the formed coacervate possesses all typical properties of the complex coacervates, in spite of the fact that only one colloid component is present here and the other is replaced by an oppositely charged crystalloid ion (cf. VII—XX). The representation used thus far, viz. that the crystalloid ion is adsorbed to the colloid particle, which causes a mosaic of charge to be formed on the surface of the colloid particles, may have been a fertile work hypothesis for the exploration of this type of coacervation, but after all it only represents the condition of the particles before their union to the coacervate and it only has reason of existence for the description of the coacervation mechanism.

The fact, however, that the disintegration phenomena also are completely identical to those of the complex coacervates rather indicates that in the formed coacervate itself the oppositely charged crystalloid ion may not be considered more bound to one special colloid particle than to the surrounding particles. This signifies, therefore, that in auto-complex coacervates the crystalloid ions are in a position perfectly equivalent to that of the "colloid ions".

Owing to this fact it may also be expected that these colloid ions likewise may be

[1]) More elaborate analyses will be published later in the Kolloid Beihefte.

replaced by well-chosen crystalloid ions, with the preservation of the "coacervation phenomenon", while the unmixed electrolyte-containing liquid will display the same characteristic properties of the "complex coacervates".

The fact that unmixing is not known in salt solutions seems to refute this view. However, it should be considered *where* there is a chance to meet with this phenomenon.

1. The condition of unmixing is regulated by the dipoles passing in and out the electric field. The higher the kinetic energy of the dipoles, the more unfavourable is the chance to realize a phenomenon of unmixing of the type discussed above. It is necessary to remain below a certain critical consolute temperature and consequently to make researches at a *low* temperature.

2. Moreover, we should not investigate the concentrations below those of the "equilibrium liquids"; the higher the salt concentration, the greater is the chance of getting within the heterogeneous area.

Consequently 1 and 2 lead the investigation to a *high* salt concentration and *low* temperature.

3. It has been stated above that the condition of coacervation may be one of less free energy than that of homogeneity. It should, however, be considered that a condition of *still* lower energy is possible, viz. that where the electrolyte separates out in the form of solid crystals (with or without water of crystallization). The rivalry between lattice energy and hydration energy dominate this problem. The condition of unmixing may consequently be an energetic intermediate stage between homogeneous distribution and saturated solution with Bodenkörper. At a low temperature and high concentration, however, the limit of solubility is generally far surpassed. The preceding considerations consequently lead the investigation to the *supersaturated* solutions.

These now may be attained by causing the electrolyte, which has to lead to "complex coacervation", to be formed in homogeneous solution, i.e. by e.g. double decomposition.

If we wish to obtain AB in supersaturated solution, we mix the solutions of the soluble combinations AC and DB; but then generally DC is formed as a neutral electrolyte with its detrimental consequences for the complex coacervation which have been described above.

Considering all these difficulties, it is not surprising that these phenomena have "never" been found accidentally. A purposeful investigation, however, has indeed demonstrated the existence of the phenomena of unmixing in salt solutions.

A number of examined cases follow below.

### UNMIXING IN MIXTURES OF TWO AQUEOUS SALT SOLUTIONS.

*Luteo-cobalt chloride — Antimonyl potassium tartrate* [1]).

We start from a 0.1 N solution of luteo-cobalt chloride and a 0.1 mol.

[1]) These first two examples of unmixing were already found in 1932 in collaboration with F. A. MENALDA.

solution of antimonyl potassium tartrate, further indicated below by L and A. At room-temperature the mixtures 10 L + 90 A, 14 L + 86 A and 80 L + 20 A remain clear. In the intermediate range of mixture proportions a strong turbidity sets in, which has altogether the character of unmixing, viz. in a system with an upper consolute temperature: When slightly heated, the strongly turbid mixtures become clear and once more show turbidity on cooling, while retardation phenomena (such as may play a part in crystallization) are out of the question. Microscopically very small globules are observed.

After a shorter or longer time, however, the turbidity does not disappear any more on heating; microscopically it is seen that the original merely present very small globules have been replaced by crystals. The crystals, therefore, have a smaller solubility than the globules and this can be beautifully observed in the microscopic preparation: In the original field full of small droplets crystals originate somewhere radially from one single point. These crystal-rosettes now are always surrounded by a clear space, i.e. the globules are dissolved and the luteo-antimonyl tartrate is crystallized.

The unmixing, however, disappears at room temperature, on shaking with a little solid KCl or $K_2SO_4$. It is observed here that $K_2SO_4$ has a stronger action in this respect than NaCl.

However, these clear mixtures are also supersaturated with regard to the crystalline Luteo-cobalt antimonyl tartrate: Frequently it is crystallized soon after it has become clear by means of a neutral salt.

The phenomenon of unmixing described above soon does not appear any longer in more dilute solutions: The limit is found at about 0.04 N L and 0.04 mol. A.

*Hexol nitrate — Antimonyl potassium tartrate.*

In principle the same unmixing-phenomenon is found here as has been described above (remixing by neutral salts, crystallization). However, the turbidity in 0.1 N Hexol nitrate and 0.1 mol. antimonyl potassium tartrate does not clear up altogether on heating. The main mass of the sediment sticks to the glass as a viscous lump. Since this unmixing salt, which arises by double transmutation, has a hexavalent cation (to a trivalent cation above) it may be understood that the effective attraction is more powerful, which becomes manifest in the greater viscosity, the higher consolute temperature, and at room-temperature the lower limit of concentration at which unmixing still takes place. The latter lies below 0.01 N and 0.01 mol. respectively.

*Hexol nitrate — $K_3Co(CN)_6$.*

Here also the unmixing is still found in fairly low concentrations, e.g. still in 2 m. equiv. solution. This system was elaborately investigated by K. C. WINKLER, who found a complete analogy with the complex coacervation. For example, the separating droplets electrophoretically have

a positive and negative charge respectively, according as the one component or the other is present in excess.

Further the unmixing is removed according to the two rules of valency: 3—1 > 2—1 > 1—1 and 1—3 > 1—2 > 1—1 respectively.

*Hexol nitrate — Sodium amyl sulphate* (iso).

In this combination also unmixing occurs, but the required concentrations are considerably higher.

The unmixing-phenomena mentioned above are by no means exclusively bound to the complex Luteo or Hexol cations. They are, for example, also met with in the following combinations, containing salts in which bivalent cations of the principal or secondary series of the periodical system are present.

$Cd(NO_3)_2$ — Sodium tartrate
$Cd(NO_3)_2$ — Sodium benzoate
$Pb(NO_3)_2$ — Sodium succinate

Here we may with advantage proceed as follows:

We put 2 drops of the two fairly concentrated salt solutions (e.g. of 1—2 N) by the side of each other on an object-glass (without their touching each other) and cover this with a cover-glass. By diffusion, automatically obtained, all sorts of mixing-proportions are formed closely around the line of contact, and the unmixing into droplets may now be observed. With respect to the Cd tartrate it should be remarked that it may with advantage be slightly heated, the "coavervate" at room-temperature being very poor in water. It is at the same time favourably distinguished by the fact that here the spontaneous crystallization does not easily set in.

All phenomena of unmixing occurring here disappear again if a sufficient amount of neutral salt is added.

*$BaCl_2$ — Ammonium molybdate*
*$SrCl_2$ — Ammonium molybdate*

Here again concentrated solutions are used and now the formation of truly liquid drops may be observed under the cover-glass.

Particularly the combination with $SrCl_2$ is very well suited for demonstration, as at room-temperature it yields a very slightly viscous "coacervate", which soon separates out in the test-tube as a completely clear, mobile macro-liquid layer.

As in all cases of unmixing described above, the mixing-proportion here also plays an important part. Compare the following table, where the effect is stated of increasing addition of a solution (prepared in the cold) of 25 gr. Ammonium molybdate in 85 gr. water (solution A) to a $SrCl_2$ solution 2 N.

| | | |
|---|---|---|
| 5 cc $SrCl_2$ 2 N + | 1 cc A | no unmixing |
| " | 2 " | |
| " | 3 " | |
| " | 4 " | |
| " | 5 " | |
| " | 6 " | small unmixed layer |
| " | 7 " | larger unmixed layer |
| " | 8 " | still larger layer |
| " | 10 " | max. large layer |
| " | 15 " | layer smaller than with 8 cc A |
| " | 20 " | no unmixing. |

The A solution being about 1 N (the Ammonium molybdate regarded as $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ 4 aq.), the maximal unmixing takes place at about the equivalent proportion.

After a short while the unmixed layer is crystallized, which is accompanied by the rising of liquid bubbles (= upper layer) originating from the surface of the crystals. Although in the tubes with A = 5 and A = 20 no unmixing occurred, soon crystals are formed here also.

*Unmixing in the binary system salt-water.*

In the examples of unmixing described above we still have to do with 4 kinds of ions. It was remarked before that the salt DC, formed by double decomposition, should not be ascribed an active part in the formation of the ionical unmixing in the system AB-water. It should rather be considered as detrimental.

From this we may draw the conclusion:

a) It must be possible also to realize the unmixing directly in the binary system: salt AB-water.

b) Cases may be found where we do not observe unmixing, if we try to obtain it by the usual method of double decomposition, whereas it may be found in the binary system AB-water itself.

ad a) After a while the Sr molybdate mentioned above is crystallized and now it may be sucked off, washed and then made into a saturated solution. If a drop of this solution is observed microscopically *without cover-glass*, the phenomenon of unmixing is soon perceived on the periphery of the solution, for here the evaporation of the water brings about relatively the largest rise in concentration. After a shorter or longer time here also crystallization sets in. Beautiful pictures are likewise obtained with crystals of Luteo-cobalt antimonyl tartrate. Owing to the easy formation of germs it is advisable first to filter the saturated solution and then slightly heat it.

ad b) In mixtures of Luteo-cobalt chloride and Sodium thiosulphate we did not observe unmixing at room-temperature. From concentrated solutions the *Luteo-cobalt thiosulphate* soon separates out in crystalline form. However, the saturated solution of these crystals by the method described above does indeed show the phenomenon of unmixing on the periphery of

the liquid. The neutralizing action of the NaCl, formed by double transmutation, consequently prevents us to observe the existence of an area of unmixing in the system Luteo-cobalt chloride + Sodium thiosulphate + $H_2O$ [1]).

*Discussion.*

Unmixing in supersaturated solutions of electrolytes is consequently a frequently occurring phenomenon, exactly as our premises led us to expect. That yet in many cases it cannot be demonstrated may certainly be partly ascribed to the fact that research at really low temperatures is excluded, owing to the nature of the solvent water. There is besides another consideration which makes it understood that in many cases the realization of the intermediate state of unmixing is exceedingly hard to attain. We need only ask: why does in the above-mentioned cases the coacervation (accumulation) of ions take place, but not the arrangement to a solid crystalline phase? That is the well-known question, raised by HABER in 1921, about Häufungs- and Ordnungsgeschwindigkeit. On the ground of his researches he concludes that for dipoles the Ordnungsgeschwindigkeit is great with regard to the Häufungsgeschwindigkeit, for multipoles however small; in the first case, namely, the correct state of order is highly probable, in the latter case it is far less so. In anhydrous 1—1 valent electrolytes the observation of the Häufung, of the "coacervation", will be mostly impossible, because it is immediately covered by Ordnung (in the crystal lattice). It is, therefore, not accidental that the above-described cases always contain at least one multivalent ion.

We do not want to omit remarking that VAN LAAR [2]) already 30 years ago discussed the existence of hidden areas of unmixing in systems with "abnormal" components.

The results described here show the unusual fact that a phenomenon was sooner discovered and understood in the field of the hydrosols than in that of the largely examined electrolyte solutions in water. This is due to the fact that in this special case the conditions in the hydrosols are much more favourable than in the true solutions. In the colloids the density of charge is smaller than with ions, consequently the effective attraction less strong, the permanent dipole orientation of the water greater, the tendency to lattice formation smaller. The separation into two stable liquid phases is consequently much more easily obtained, but this does not affect the fundamental similarity of the two kinds of systems.

*Utrecht,* / *Leiden,* } June 1935.

---

[1]) It is to be expected that, if the double decomposition is led in such a way that CD also is insoluble, the unmixing of AB may yet take place, although it fails to occur when the ions C and D are chosen in such a manner that the salt CD remains in dissolved condition. Cf. the observation mentioned in Abegg Vol. II, 2 p. 481: Durch Umsatz von $CdSO_4$ mit $Ba_2S_2O_3$ oder $SrS_2O_3$ in konzentrierter Lösung erhält man ein dickes Öl, das kristallinisch zu $CdS_2O_3 . 2H_2O$ erstarrt.

[2]) J. J. VAN LAAR, These Proc. 1905, p. 517.

**Plantkunde.** — *Verschuiving der Periodiciteit door hooge temperaturen. Aanpassing en export voor het Zuidelijk halfrond.* II. (With summary.) Door ANNIE M. HARTSEMA en A. H. BLAAUW. (Mededeeling N⁰. 45 van het Laboratorium voor Plantenphysiologisch Onderzoek te Wageningen.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

In een vorige publicatie (Mededl. 28, 1930) hebben we aangetoond dat men de ontwikkeling van *tulpen* en *hyacinthen* het best kan remmen, wanneer deze nog in het bladafsplitsend stadium verkeeren. De bollen werden daarom direct na het rooien, voordat er van eenigen bloemaanleg sprake is, in een lage temperatuur gebracht, waarbij een stilstand in de ontwikkeling intrad, zonder dat daarbij schade werd veroorzaakt. Nadat de periodieke ontwikkeling van de *narcis* was nagegaan (Mededl. N⁰. 38, 1933) bleek, dat het niet mogelijk zou zijn de *narcis* op dezelfde wijze te remmen. Immers hier is bij het rooien de bloem reeds geheel gevormd. In de publicatie over den invloed van verschillende temperaturen op de strekking (Mededl. N⁰. 35, 1932) wezen wij daar ook reeds op.

Eind Juli 1931 begonnen wij het onderzoek naar den invloed van verschillende hooge en lage temperaturen bij de *narcis*, waarvoor ook ditmaal de variëteit King Alfred werd gebruikt. Een deel van de bollen (groep I en II) werd op 31 Juli 1931 onmiddellijk na het rooien naar 8 verschillende temperaturen, nl. 4 lage en 4 hooge temperaturen gebracht. Om de 4 weken werden uit iedere temperatuur 15 bollen gefixeerd en tenslotte werd na 28 weken de rest van deze bollen nog gedurende 10 weken bij 17° gelegd, waarna ze op 28 April 1932 geplant werden.

Een ander gedeelte (groep III en IV) werd eerst gedurende 10 weken bij 17° gelegd en daarna werden de bollen over dezelfde 8 temperaturen verdeeld. Het was de bedoeling na te gaan, of de jonge bloemaanleg deze hooge en lage temperaturen direct na het rooien kon verdragen, of dat dit beter ging, wanneer de bloem door 10 weken 17° eerst wat verder gegroeid was. Uit zuinigheidsnoodzaak moesten deze laatste proeven 4 weken vroeger worden afgebroken en daardoor moesten deze bollen reeds op 31 Maart 1932 geplant worden.

We zullen nu eerst groep I en II verder bespreken. In tabel 1 en 2 vindt men de gemiddelde lengten van de verschillende organen, resp. na 16 en na 28 weken, vergeleken met die bij het begin der proeven (31 Juli).

Reeds na 16 weken bleken de bollen uit —1½° binnenin geheel verdroogd te zijn, terwijl uit 34° de helft der bollen bedorven was. Na 28 weken waren van de 15 bollen uit 34° nog maar 2 over.

TABEL 1.

| fixeer-datum | behandeling | lengte 1e scheedebl. in cm | lengte 1e loofbl. in cm | lengte bloem-geheel in cm | lengte bloem in cm | lengte Z.V.P. in cm | aantal afsplit-singen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 Juli | begin | 4.78 | 1.52 | 0.96 | 0.53 | 0.17 | 3.2 |
| 20 Nov. groep I | 16 w.—1½° | 4.50 | 1.40 | verdroogd | verdroogd | verdroogd | verdroogd |
| | 16 w.— ½° | 4.66 | 1.63 | 0.94 | 0.58 | 0.16 | 2.98 |
| | 16 w.+ ½° | 4.34 | 2.12 | 1.17 | 0.76 | 0.14 | 3.13 |
| | 16 w.+ 5° | 4.82 | 4.09 | 2.49 | 1.51 | 0.21 | 3.62 |
| 20 Nov. groep II | 16 w. 25½° | 5.04 | 2.16 | 1.42 | 0.79 | 0.57 | 4.70 |
| | 16 w. 28° | 4.95 | 1.77 | 1.18 | 0.68 | 0.29 | 3.75 |
| | 16 w. 31° | 4.76 | 1.67 | 1.09 | 0.66 | 0.22 | 3.41 |
| | 16 w. 34° | 4.34 | 1.57 | 0.99 | 0.62 | 0.18 | 3.09 |

Beide tabellen vertoonen veel overeenkomst: het eerste scheedeblad is alleen in 25½° en 28° nog iets langer geworden, het 1e loofblad en de bloeiwijze (bloem-geheel) zijn echter duidelijk langer geworden, vooral in + ½°, 5°, 25½° en 28°, het meest in 5°. Het zijvegetatiepunt (Z.V.P.) is

TABEL 2.

| fixeer-datum | behandeling | lengte 1e scheedebl. in cm | lengte 1e loofbl. in cm | lengte bloem-geheel in cm | lengte bloem in cm | lengte Z.V.P. in cm | aantal afsplit-singen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 Juli 1931 | begin | 4.78 | 1.52 | 0.96 | 0.53 | 0.17 | 3.2 |
| 12Febr.'32 groep I | 28 w.—1½° | 4.49 | 1.36 | verdroogd | verdroogd | verdroogd | verdroogd |
| | 28 w.— ½° | 4.35 | 1.60 | 0.96 | 0.61 | 0.18 | 3.22 |
| | 28 w.+ ½° | 4.61 | 2.67 | 1.37 | 0.89 | 0.17 | 3.12 |
| | 28 w.+ 5° | 4.75 | 4.89 | 3.40 | 1.71 | 0.23 | 3.67 |
| 12Febr.'32 groep II | 28 w. 25½° | 5.31 | 3.61 | 2.44 | 1.43 | 0.93 | 5.23 |
| | 28 w. 28° | 5.01 | 2.61 | 1.75 | 0.99 | 0.49 | 3.87 |
| | 28 w. 31° | 4.89 | 2.00 | 1.29 | 0.75 | 0.25 | 3.48 |
| | 28 w. 34° | [5.51] | [1.60] | [1.09] | [0.65] | [0.19] | [2.5] |

echter juist in 25½° het grootst geworden, terwijl het aantal afsplitsingen in die temperatuur het meest is toegenomen.

Uit deze tabellen is af te leiden, dat van de lage temperaturen —½° volkomen stilstand van de strekking geeft en (evenals + ½°) tevens stilstand in de vorming der organen (afsplitsingen van het zijvegetatiepunt) zonder dat er, althans na 28 weken, eenige beschadiging valt waar te nemen, zooals —1½° bijv. heel sterk geeft.

Van de hooge temperaturen (groep II) vertoonen zoowel 28° als 31° nog eenigen groei van de organen, terwijl 34° schadelijk blijkt te zijn.

Na 28 weken werden beide groepen, zooals reeds beschreven is, nog gedurende 10 weken bij 17° gelegd en daarna pas geplant. Het effect van deze 10 weken 17° kan men uit de volgende tabel zien.

TABEL 3.

| fixeer-datum | voor-behandeling | lengte 1e scheedebl. in cm | lengte 1e loofbl. in cm | lengte bloem-geheel in cm | lengte bloem in cm | lengte Z.V.P. in cm | aantal afsplit-singen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22April'32 groep I | —1½° | — | verdroogd | verdroogd | verdroogd | verdroogd | verdroogd |
| | — ½° | — | 3.84 | 1.58 | verdroogd | 0.93 | 5.53 |
| | + ½° | — | 4.35 | 2.19 | verdroogd | 0.95 | 5.51<br>5.0 + bloem! |
| | + 5° | — | a/d top verdroogd | 4.48 | verdroogd | 0.99 | 6.0<br>4.8 + bloem! |
| 22April'32 groep II | 25½° | — | 6.13 | 4.0 | 2.38 | 2.47 | 6.62 |
| | 28° | — | 6.10 | 3.71 | 2.21 | 2.17 | 6.08 |
| | 31° | — | 5.91 | 3.41 | 1.98 | 0.96 | 5.6 |
| | 34° | — | [4.73] | [2.4] | verdroogd | [2.28] | [5.81] |

Alle organen blijken vrij sterk gestrekt te zijn, zoodat in vele gevallen de „neuzen" buiten de bollen zichtbaar waren geworden; door indroging van de topeinden kon de lengte van het 1e scheedeblad niet nauwkeurig gemeten worden. Van groep I waren de bollen uit —1½° totaal verdroogd, terwijl bij de andere temperaturen van deze groep alle bloemen verdroogd bleken te zijn. Van de met + 5° voor-behandelde bollen was 5 maal een nieuwe bloem gevormd in het zijvegetatiepunt, van de met + ½° voor-behandelde was dit 1 maal het geval. Deze nieuwe bloemen moeten tijdens het bewaren bij 17° ontstaan zijn, ze waren dan ook nog niet volkomen klaar. Van groep II waren uit 34° nog slechts 4 bollen overgebleven. De andere voorbehandelingen van deze groep vertoonen alleen een duidelijke strekking.

Op 28 April 1932 werden uit iedere temperatuur (behalve uit —1½° en 34°) 24 bollen in 4 kistjes geplant en in een kelder van het laboratorium bij 11° geplaatst, totdat de gemiddelde neuslengte buiten den bol ± 3 cm bedroeg. Uit tabel 4 is te zien, dat deze lengte het eerst bereikt werd bij de bollen van groep II uit 25½° en 31°, nl. op 24 Mei. Deze kistjes werden op 24 Mei overgebracht naar een kas van 17°; omdat het echter niet goed mogelijk was in dezen tijd 17° in een kas te handhaven, werden op 28 Mei deze kistjes (en daarna ook andere kistjes zoodra de neuslengte ± 3 cm bedroeg) buiten ingegraven en tegen directe zon beschermd, waarbij de temperatuur van den grond, die geregeld waargenomen werd, nooit boven 20° C. kwam.

TABEL 4.

| groep | voor-behandeling | geplant (1932) | neus-lengte ± 3 cm | aantal dagen na het planten | 1e bloem geopend | aantal dagen na het planten | totaal aantal bloem. | geen bloem. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | —1½° | niet | — | — | — | — | — | — | niet geplant |
| | — ½° | 28 Apr. | 22 Juli | 85 | 23 Oct. | 178 | 3 | 20 | |
| | + ½° | 28 Apr. | 22 Juli | 85 | 11 Nov. | 197 | 2 | 22 | |
| | + 5° | 28 Apr. | 22 Juli | 85 | 9 Oct. | 164 | 6 | 15 | |
| II | 25½° | 28 Apr. | 24 Mei | 26 | 13 Juli | 76 | 23 | 0 | |
| | 28° | 28 Apr. | 26 Mei | 28 | 13 Juli | 76 | 21 | 0 | |
| | 31° | 28 Apr. | 24 Mei | 26 | 13 Juli | 76 | 23 | 1 | |
| | 34° | 28 Apr. | — | — | — | — | — | — | 5 geplant niet opgekomen. |

Op 13 Juli openden de eerste bloemen zich in de kistjes van groep II en zeer snel daarna ontplooiden zich ook de andere bloemen uit deze kistjes. Van de bollen van groep I werd pas veel later de neuslengte van ± 3 cm bereikt; de temperatuur in den kelder steeg gedurende deze weken langzaam en geleidelijk totdat op 22 Juli juist 13° bereikt was. Nu werden ook deze kistjes buiten op de beschaduwde plek ingegraven, tot 1 October, toen ze weer naar binnen gebracht werden in een koele kas. Op 9 October opende zich de eerste bloem van deze groep; dit moet een nieuw-gevormde bloem zijn, daar de oorspronkelijke bloemen van deze groep immers alle verdroogd waren. Zeer waarschijnlijk zijn het ook de loofblaadjes van de zijvegetatiepunten die op 22 Juli ± 3 cm bereikten. We vinden — na alle drie voor-behandelingen — bij een klein gedeelte der bollen een bloem, hoewel we bij de fixatie van 22 April in de bollen uit —½° geen nieuwe bloem hadden gevonden. In tegenstelling met groep II waar bijna

alle bollen een goede bloem gaven, is het resultaat van groep I dus veel minder goed.

Gaan we nu de resultaten na van groep III en IV. Allereerst geeft tabel 5 ons weer een overzicht van de gemiddelde lengten der verschillende organen na 10 weken 17° (dus vóór de inwerking der 8 verschillende temperaturen) en 24 weken later, nà die inwerking, terwijl ter vergelijking nog eens de lengte op 31 Juli 1931 is aangegeven.

TABEL 5.

| fixeer-datum | behandeling | lengte 1e scheedebl. in cm | lengte 1e loofbl. in cm | lengte bloem-geheel in cm | lengte bloem in cm | lengte Z.V.P. in cm | aantal afsplit-singen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 Juli '31 | begin | 4.78 | 1.52 | 0.96 | 0.53 | 0.17 | 3.2 |
| 9 Oct. '31 | 10 weken 17° | 4.82 | 3.28 | 2.36 | 1.66 | 0.24 | 4.57 |
| 24 Mrt. '32 groep III | +24w.—1½° | — | 3.39 | 2.36 | verdroogd | 0.24 | 4.37 |
| | +24w.— ½° | — | 4.43 | 3.36 | 2.15 | 0.29 | 4.93 |
| | +24w.+ ½° | — | 4.89 | 3.54 | 2.21 | 0.28 | 4.98 |
| | +24w.+ 5° | — | 6.28 | 4.73 | 2.38 | 0.37 | 5.07 |
| 24 Mrt. '32 groep IV | +24w. 25½° | — | 4.53 | 3.42 | verdroogd | 1.04 | 6.22 |
| | +24w. 28° | — | 4.14 | 3.34 | „ | 0.69 | 5.54 |
| | +24w. 31° | — | 3.82 | geplooid | „ | 0.46 | 5.0 |
| | +24w. 34° | — | [3.84] | [3.03] | „ | [0.30] | [4.67] |

Na 10 weken 17° zijn de verschillende organen al duidelijk verder uitgegroeid. Van groep III vinden we dat alleen —1½° volkomen stilstand van den groei geeft, de bloem is hier echter reeds verdroogd; —½° en + ½° geven slechts weinig groei en ook bijna geen nieuwe afsplitsingen van het zijvegetatiepunt, 5° daarentegen veroorzaakt den sterksten groei, evenals bij tabel 1 en 2 was opgemerkt.

Van groep IV geeft 25½° den sterksten groei van het zijvegetatiepunt met de meeste afsplitsingen, wat weer overeenkomt met de resultaten van deze temperatuur in groep II (tabel 1 en 2). Alle bloemen van groep IV waren echter op 24 Maart al verdroogd binnen de uiterlijk nog goede spatha; alleen in 31° was de spatha sterk geplooid, zoodat deze niet meer te meten was. In 34° waren maar 6 bollen overgebleven, alle andere waren totaal verdroogd. Het is nu al duidelijk dat we van groep IV niet de goede resultaten te verwachten hebben, die groep II ons gaf. Uit tabel 6 blijkt dit dan

ook. Op 31 Maart werden uit iedere temperatuur (behalve uit 34°) 30 bollen in 4 kistjes geplant evenals voor groep I en II beschreven werd op blz. 725. De kistjes van groep III werden niet bij een gemiddelde neuslengte van ± 3 cm naar de kas gebracht, omdat deze bollen zoo ongelijkmatig uitgroeiden. Korten tijd later ontplooiden de eerste bloemen zich reeds.

TABEL 6.

| | voorbehandeling | geplant (1932) | neuslengte ± 3 cm | aantal dagen na 't plant. | 1e bloem geopend | aantal dagen na 't plant. | totaal aantal bloem. | geen bloemen | opmerkingen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| III | 17° + 24 w. — 1½° | 31 Mrt. | 2 Mei | 32 | 30 Mei | 60 | 1 | 29 | 15 niet uitgeloopen |
| | 17° + 24 w. — ½° | 31 Mrt. | 20 April [6 cm] | 20 | 27 Apr. | 27 | 19 | 11 | 11 als knop verdroogd |
| | 17° + 24 w. + ½° | 31 Mrt. | 20 April [5.27 cm] | 20 | 27 Apr. | 27 | 7 | 22 | 1 niet opgekomen<br>21 als knop verdroogd |
| | 17° + 24 w. 5° | 31 Mrt | 2 Mei [4 à 5 cm] | 32 | — | — | 0 | 30 | verdroogden onder 't uitloopen. |
| IV | 17° + 24 w. 25½° | 31 Mrt. | 9 Mei | 39 | — | — | 0 | 30 | later alles mislukt |
| | 17° + 24 w. 28° | 31 Mrt. | 9 Mei | 39 | 13 Juli | 104 | 1 | 29 | 7 als knop verdroogd |
| | 17° + 24 w. 31° | 31 Mrt. | 6 Mei | 36 | 27 Juli | 118 | 2 | 28 | |
| | 17° + 24 w. 34° | 31 Mrt. | 12 Mei | 49 | — | — | — | 24 | 8 bij planten weggedaan<br>8 niet uitgeloopen |

Vergelijken we deze resultaten met die van groep I en II (tabel 4) dan valt het op, dat na 10 weken 17° de koude-behandeling met —½° C (III) beter is dan de warmte-behandeling (IV), maar dat bij deze koude-behandeling toch slechts een deel der bollen een goede bloem geeft. Daarentegen is — direct na het rooien toegepast — de warmtebehandeling (II), veel beter dan koude-behandeling (I). Deze groep II geeft een zeer goeden bloei, beter dan groep III met —½°. Bovendien bloeit groep III veel te vroeg, er is bijna geen verschuiving door de behandeling gedurende 24 weken te bespeuren.

Wij kunnen hieruit dus de conclusie trekken, dat men de periodiciteit van *Narcis* King Alfred alléén goed kan verschuiven door de bollen *direct* na het rooien bij een temperatuur van 25½°—31° C te leggen. Wacht men na het rooien nog 10 weken en houdt men de bollen in dien tijd bij een gematigde temperatuur van 17°, dan kunnen de bollen geen der door ons toegepaste temperaturen meer doorstaan. Het is ons bekend, dat men in de praktijk in het najaar nog *narcissen* naar het Zuidelijk halfrond verzendt; uit onze proeven blijkt wel, hoe weinig kans men dan heeft op 100 % bloei ginds. De bollen moeten dan immers òf droog bewaard worden bij de

daar heerschende zomer-temperaturen òf geplant eveneens de vaak hooge temperaturen in den bodem verdragen.

Het goede resultaat van groep II was voor ons aanleiding deze proeven voort te zetten en de uitkomsten toe te passen. Een nieuwe partij van 135 *narcissen* King Alfred werd op 28 Juli 1932 bij 28° gelegd met de bedoeling deze in het volgende voorjaar naar Zuid-Afrika te verzenden. Op 6 Febr. 1933 werden 120 bollen ingepakt en in een niet-gekoeld ruim naar Kaapstad verscheept; slechts 4 bollen bleken verdroogd te zijn; 11 werden gefixeerd en geopend om den inwendigen toestand te kunnen beoordeelen en te vergelijken met dien op 28 Juli. De gemiddelde lengten van de verschillende organen vindt men in tabel 7 aangegeven, waarbij blijkt dat ook ditmaal een duidelijke maar geringe strekking kon worden waargenomen (in 6 maanden!).

TABEL 7.

| fixeerdatum | lengte 1e loofbl. in cm (binnen den bol) | lengte bloemgeheel in cm | lengte Z.V.P. in cm | aantal afsplitsingen |
|---|---|---|---|---|
| 28 Juli 1932 | 1.54 | 0.90 | 0.16 | 3 |
| 6 Febr. 1933 | 2.97 | 1.96 | 0.62 | 4.9 |

De bollen kwamen 11 Maart te Waverdale aan en werden er op 13 Maart uitgeplant. Eind Mei kwamen de eerste neuzen reeds boven den grond; van de 120 stuks die toegezonden werden, konden 118 geplant worden en kwamen 114 bollen op. De bloei begon op 28 Augustus, in het geheel gaven 102 bollen een flinken bloemstengel met een mooie bloem. Misses DE MOLE en KISCH van de kweekerij: Waverdale seeds and bulbs bij P. Maritzburg hebben ook deze proeven voor ons zorgvuldig uitgeplant en gecontroleerd. We hebben het resultaat van deze proef met dat van de volgende zending in tabel 9 weergegeven.

Het volgende jaar werd de proef herhaald met dezelfde variëteit King Alfred en tevens met de variëteit Bicolor Victoria: 75 bollen van elk werden op 22 Juli 1933 naar 28° gebracht en bij die temperatuur bewaard tot 23 Febr. 1934. Bij tusschentijdsche contrôle was ons gebleken dat van de variëteit Bicolor Victoria verschillende bollen geheel vergaan waren, vermoedelijk tengevolge van een aantasting door mijten. Tenslotte hielden wij van de 75 bollen 68 King Alfred en 38 Bic. Victoria over. Zoowel bij het begin van de proef als vlak vóór het verzenden werden 5 bollen van iedere variëteit gefixeerd en geopend; de gemiddelde lengten van de organen bedroegen:

TABEL 8.

| | King Alfred | | | | Bicolor Victoria | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| fixeer-datum | lengte 1e loofbl. in cm | lengte bloem-geheel in cm | lengte Z.V.P. in cm | aantal afsplit-singen | lengte 1e loofbl. in cm | lengte bloem-geheel in cm | lengte Z.V.P. in cm | Aantal afsplit-singen |
| 22 Juli '33 | 1.58 | 0.95 | 0.14 | 3 | 0.92 | 0.67 | 0.14 | 3 |
| 20Febr.'34 | 2.86 | 1.88 | 0.55 | 4.2 | 1.94 | 1.48 | 0.74 | 5.2 |

Op 27 Febr. 1934[1]) werden de bollen (40 King Alfred en 30 Bicolor Victoria verscheept naar Kaapstad, 31 Maart kwamen ze in Waverdale aan en ze werden op 2 April geplant. Van King Alfred bleven nog 23 stuks over, die op 16 April op ons terrein uitgeplant werden, zie tabel 9. Een overzicht van de resultaten in Z.-Afrika van deze en van de vorige zending volgt in Tab. 9 met als vergelijking de bij planting in Nederland in 1932 en 1934 verkregen resultaten.

TABEL 9.

| | aantal geplante bollen | plant-datum | datum v. op-komen v. d. 1e bol | aantal dagen na 't plant. | totaal opge-komen | datum 1e bloem open | aantal dagen na 't plant. | totaal aantal bloeiende bollen | opmerkingen van DE MOLE en KISCH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K.A. 1933 | 118 | 13 Mrt. | 29 Mei | 77 | 114 | 28 Aug. | 168 | 102 | flowers very good |
| K.A. 1934 | 40 | 2 Apr. | 22 Mei | 50 | 39 | 16 Aug. | 136 | 39 | flowers good but not as big as last year |
| B.V. 1934 | 30 | 2 Apr. | 31 Juli | 120 | 24 | 28 Aug. | 148 | 23 | very poor stunted plants and flowers |
| K.A. 1932 (Nederl.) | 21 | 28 Apr. | 26 Mei | 28 | 21 | 13 Juli | 76 | 21 | |
| K.A. 1934 (Nederl.) | 23 | 16 Apr. | 21 Juni | 66 | 22 | 21 Juli | 96 | 22 | |

Men ziet uit bovenstaande tabel duidelijk, dat ook in Waverdale de resultaten in het eene jaar beter zijn dan in het andere, maar afgezien van Bicolor Victoria zijn de resultaten met King Alfred toch in alle gevallen zeer bevredigend. Evenals bij de verschuiving van de periodiciteit van *hyacinthen* (Mededl. N⁰. 28, figuur 10) zien we, dat bij *narcissen* die in een zelfde jaar behandeld zijn (K.A. 1934) de bloei in Zuid-Afrika veel later valt dan in ons land. Daarom is het voor de beoordeeling van de mate van verschuiving, die men met een bepaalde behandeling bereikt heeft,

[1]) Zie nadere bijzonderheden betreffende de verscheping op blz. 731.

steeds noodig, dat de behandelde bollen in het Zuidelijk halfrond worden uitgeplant.

Dat de proef met Bicolor Victoria geen goede resultaten gaf, achten wij eerder toe te schrijven aan de aantasting door mijten, dan aan mindere geschiktheid van deze variëteit.

De resultaten met King Alfred zijn zoo gunstig, dat wij de hier gevolgde methode met gerustheid voor toepassing in de praktijk durven aanbevelen. De behandeling is dus:

de bollen van *narcissen* worden na het rooien direct bij 28° C gebracht (vochtigheid ± 70%) en daarbij bewaard tot men ze in het volgende voorjaar, bijv. eind Februari, verzenden gaat. Voor de verzending gebruikten wij geperforeerde kistjes en als verpakkingsmateriaal stof-droog turfstrooisel. Aan boord worden de kisten zoo geplaatst, dat de temperatuur niet te hoog kan worden: in het ruim van het voorschip onder de waterlijn. Bij aankomst worden de bollen het best direct geplant en ze bloeien dan 138—168 dagen (ruim 5 maanden) na het planten.

De goede resultaten met het bewaren van *narcissen* bij hooge temperatuur voor de verzending naar het Zuidelijk halfrond, waren voor ons aanleiding nog eens de mogelijkheid van het bewaren van *tulpen* en *hyacinthen* bij hooge temperaturen te onderzoeken. Wij konden vroeger reeds vaststellen (Mededl. 28, 1930) dat men voor het remmen van de ontwikkeling in plaats van lage temperaturen ook een hooge temperatuur bijv. 34° C kan gebruiken, al bleek het achteraf dat de met 34° behandelde bollen eerder in bloei kwamen dan de met koude geremde bollen. Dit was dan ook een van de redenen waarom wij aan de remming met lage temperaturen de voorkeur gaven.

Bij deze remming door koude heeft men te doen met bollen die nog volkomen in het bladafsplitsend stadium verkeeren, terwijl we voor de hier beschreven proeven *narcissen*-bollen met reeds geheel gevormde bloemen gebruiken moesten. Voor een goede vergelijking lieten wij thans bij *tulpen* en *hyacinthen* na het rooien eerst de bloem zich vormen. Den eersten keer gebruikten wij een gedeelte van onze voorraad-bollen, die bij ons ieder jaar na het rooien tot begin September bij 25½° C en daarna bij 17° C liggen. Op 29 Sept. 1932 brachten wij 2 kleine partijtjes *hyacinthen* (l'Innocence) en 5 partijtjes van verschillende tulpensoorten naar 31° C, terwijl van iedere soort een 5-tal bollen gefixeerd werd om het stadium van de ontwikkeling te kunnen vaststellen. Begin Januari 1933 werden van iedere soort enkele bollen opengemaakt en daarbij bleken alle *tulpen*, die uiterlijk nog prachtig waren, binnenin totaal verdroogd te zijn. *De tulpen kunnen dus in dezen tijd* (eind September—begin Januari) *een temperatuur van 31° C niet verdragen.* De *hyacinthen* hadden deze hooge temperatuur beter doorstaan: hoewel de oorspronkelijke tros geheel of gedeeltelijk verdroogd was, bevatten alle bollen een gezonden 2en tros. Toch besloten wij deze bollen niet te verzenden naar Zuid-Afrika, maar ze

hier uit te planten. Op 5 Januari werden daarom de bollen naar 25½° C overgebracht om den 2en tros gelegenheid te geven tot verdere ontwikkeling.

| Op 5 April werden uitgeplant: | | hiervan bloeiden goed: | terwijl niet of slecht bloeiden: |
|---|---|---|---|
| l'Inn. gehold 1925 | 38 stuks | 32 stuks | 6 stuks |
| l'Inn. gehold 1926 | 36 stuks | 23 stuks | 13 stuks |

De bollen werden aanvankelijk met rietmatten en later, toen de neuzen zichtbaar werden (begin Juni), met latwerk tegen te sterke bestraling beschermd. Op 16 Juni begon de bloei, begin Juli werd een foto gemaakt omdat de bloei zoo opvallend mooi was, terwijl de loofbladen buitengewoon breed (tot 6 à 7½ cm!) geworden waren.

Natuurlijk werden deze proeven in het volgende seizoen herhaald en nu met speciaal daarvoor uitgezocht materiaal, waarbij ter vergelijking nog eens de bekende koude-behandeling werd toegepast. Ook ditmaal gaf de warmte-behandeling bij de *tulpen* geen goed resultaat; wij zullen daarom hier alleen de proeven met *hyacinthen* bespreken. Wij kozen de volgende variëteiten: L'Innocence, Grand Maître en Duke of Westminster. Wij ontvingen alle bollen op 30 Juni 1933 en brachten ze volgens onze gewoonte met de voor verzending naar Indië of het Zuidelijk halfrond bestemde bollen eerst gedurende 5 dagen naar een warme kamer van 32°—34° C (aanvulling van Mededl. N°. 28, blz. 78 vermeld in de korte mededeeling in het Weekblad voor Bloembollencultuur van 16 Juni 1933). Op 30 Juni werden verder van iedere soort 10 bollen gefixeerd en geopend, waarbij geconstateerd kon worden, dat alle bollen nog in het bladafsplitsend stadium verkeerden (zie tab. 10). Na het drogen bij 32°—34° gedurende 5 dagen werden de voor de koude-behandeling bestemde bollen in een koelhuis bij 3 à 4° C bewaard. Op 20 December werden de in het koelhuis bewaarde bollen naar het laboratorium teruggebracht en voor bloemvorming bij 25½° C gelegd. Voor de warmte-behandeling werd ditmaal gekozen 28° C tot 1 October. De bloemaanleg heeft daarbij dan in een nog gunstige temperatuur in een *langzaam tempo* plaats. Daarna werd evenals in het vorige jaar 31° C gegeven om den groei nog meer te remmen. Op 15 Febr. 1934 werden zoowel van de met kou geremde als van de met warmte vertraagde bollen 5 stuks gefixeerd en geopend. Uit tabel 10 ziet men den inwendigen toestand van deze bollen vergeleken met dien bij het begin der proeven.

Van iedere behandeling werden nu 3 × 80 en 3 × 40 bollen ingepakt en op 27 Febr. 1934 per ss. Nieuwkerk naar Zuid-Afrika verzonden. De bollen werden geplaatst in een voorruim van het schip onder de waterlijn. Uit de ons toegezonden lijst van de bij het krat met de bollen opgenomen temperaturen bleek, dat gedurende de reis de temperatuur geleidelijk steeg

tot 17 Maart, om daarna weer te dalen. Als hoogste temperatuur werd waargenomen 29° C. 25 Maart kwamen de bollen te Kaapstad aan, van-

TABEL 10.

| | fixeerdatum | behandeling | lengte v. h. 1e loofbl. in cm | aantal loofbl. | stadium of lengte v.d. tros in cm | Z. V. P. | lengte Z.V.P. in cm | Z. V. P. II |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| l'Innocence | 30 Juni '33 | begin | 0.47 | 7.0 | I | | | |
| Grand Maître | „ | „ | 0.47 | 6.9 | I | | | |
| Duke of Westm. | „ | „ | 0.42 | 6.8 | I | | | |
| l'Innocence | 15 Febr. '34 | koude 3 à 4° tot 20 Dec. '33 daarna 25½° | 1.54 | 9.8 | 0.46 | 1 afspl. + tros | 0.17 | 1 afspl. |
| Grand Maître | „ | | 1.04 | 8 | 0.38 | 1 afspl. + trosje | 0.14 | 0 afspl. |
| Duke of Westm. | „ | | 0.99 | 8.2 | 0.36 | 1 afspl. + tros | 0.24 | 2 afspl. |
| l'Innocence | 15 Febr. '34 | warmte 28° tot 1 Oct. '33 daarna 31° | 2.03 | 6.8 | 0.95 | 1 afspl. + tros | 0.45 | 3 afspl. + tros + ZVPIII met 1 afspl. |
| Grand Maître | „ | | 1.77 | 6.71 | 1.06 | 1 afspl. + tros | 0.60 | 3 afspl. + tros + ZVPIII met 2 afspl. |
| Duke of Westm. | „ | | 1.57 | 7.0 | 0.87 | 1 afspl. + tros | 0.48 | 3 afspl. + tros (of 5 afspl. zonder tros) |

waar ze onmiddellijk doorgezonden werden naar Waverdale, waar ze 31 Maart ontvangen en 2 April geplant werden. Een overzicht van het opkomen en bloeien geeft tabel 11.

TABEL 11.

| Koude-behandeling | plant-datum | aantal geplante bollen | datum v. h. opkomen d. eerste bollen | aantal dagen na 't plant. | totaal opgekomen | datum 1e bloem open | aantal dagen na 't plant. | totaal aantal bloeiende bollen | opmerkingen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| l'Innocence | 2 Apr. | 80 | 12 Juni | 71 | 80 | 15 Aug. | 135 | 80 | vele met 3 trossen |
| Grand Maître | 2 Apr. | 80 | 18 Juli | 107 | 79 | 28 Aug. | 148 | 73 | meeste m. 2 trossen |
| Duke of Westm. | 2 Apr. | 80 | 2 Aug. | 122 | 78 | 28 Aug. | 148 | 78 | zeer mooi |
| Warmte-behandeling | | | | | | | | | |
| l'Innocence | 2 Apr. | 40 | 24 Mei | 52 | 38 | 19 Juni | 78 | 38 | vele met 2 trossen |
| Grand Maître | 2 Apr. | 40 | 5 Juli | 94 | 38 | 8 Aug. | 128 | 38 | vele met 2 trossen |
| Duke of Westm. | 2 Apr. | 40 | 13 Juni | 72 | 40 | 1 Aug. | 121 | 40 | 3 minder goed |

Hoewel de warm-behandelde bollen vroeger blijken te zijn dan de koud-behandelde, dus minder goed geremd, is de bloei van beide groepen zeer goed. Uit de tabel blijkt dat l'Innocence warm-behandeld het eerst bloeide, de beide andere variëteiten bloeiden na dezelfde behandeling pas in Augustus, hoewel Duke of Westminster ook vrij vroeg reeds opgekomen was. Er werd ons echter bij meegedeeld, dat het in Juli nog een tijd lang koud en vorstig was, waardoor de bloei teruggehouden werd. Dit kan ook den bloei van de koud-behandelde l'Innocence vertraagd hebben, deze bollen kwamen reeds 12 Juni op en bloeiden pas 15 Augustus.

Uit tabel 11 zal het verder opvallen, dat er bijna geen uitval is. Alleen van Grand-Maître koud-behandeld bloeiden 6 exemplaren niet, deze waren ook reeds slecht opgekomen. Van deze partijen werden na behandeling door ons in 't geheel geen bollen weggedaan. De bollen die na de verzending en de fixaties nog overbleven, werden op ons terrein uitgeplant en gaven met uitzondering van enkele bollen van Duke of Westminster allen goede bloemtrossen.

Evenals bij *narcissen* kunnen we dus ook bij *hyacinthen* de periodiciteit verschuiven door behandeling met een hooge temperatuur. Het voorschrift is:

de bollen van *hyacinthen* worden na het rooien eerst bij 28° C gebracht; ± 1 October worden ze overgebracht naar 31° C en bij die temperatuur bewaard tot ze in het volgende voorjaar verzonden worden. Voor verzending en verpakking gelden dezelfde voorschriften als op blz. 730 reeds voor *narcissen* vermeld werden.

Daarnaast blijft het voor de praktijk ook zeer geschikt de periodiciteit van *hyacinthen* te verschuiven door middel van lage temperaturen (Mededl. 28, 1930).

Voor *tulpen* is tot nu toe alleen verschuiving van de periodiciteit door middel van lage temperaturen mogelijk gebleken.

Voor *narcissen* konden wij uitsluitend door toepassing van hooge temperaturen met gunstig gevolg een verschuiving van de periodiciteit bereiken.

Voor *bolirissen* is ons eveneens de exportmogelijkheid door een bewaren der bollen bij hooge temperaturen gebleken.

*Wageningen*, Juni 1935.

LITERATUUR.

BLAAUW, A. H., LUYTEN, I. en HARTSEMA, A. M. 1930, Verschuiving der Periodiciteit. (Aanpassing en Export voor het Zuidelijk halfrond) Meded. N°. 28 v. h. Labor. v. Plantenphysiol. Onderz. Verh. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, Afd. Natuurk. 2e Sect. Dl. 26, N°. 7.

BLAAUW, A. H., HARTSEMA, A. M. en HUISMAN, E. 1932, Temperatuur en strekkingsperiode van de Narcis. I. Meded. N°. 35 v. h. Labor. v. Plantenphysiol. Onderz. Proc. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam, Vol. 35, N°. 6.

HUISMAN, E. en HARTSEMA, A. M. 1933, De periodieke ontwikkeling van Narcissus Pseudonarcissus L. Meded. N°. 38 v. h. Labor. v. Plantenphys. Onderz. Meded. Landbouwhoogeschool Dl. 37.

## SUMMARY:

### THE SHIFTING OF PERIODICITY BY MEANS OF HIGH TEMPERATURES. ADAPTATION AND EXPORT TO THE SOUTHERN HEMISPHERE II.

For the purpose of checking the development of *Daffodils* it has not been found possible to use the same treatment as has been used for *Tulips* and *Hyacinths*, described in Mededeelingen N⁰. 28, 1930, the reason being that in the case of the Daffodil the flower is already completely formed inside the bulb at the time of lifting from the soil.

These investigations now have shown that temperatures of —1½° C. and 34° C. sooner or later have a detrimental effect (see tables 1 and 2. The impairing tendency can be seen after 16 weeks and becomes more pronounced after 28 weeks). A noticeable stretching of the organs was recorded at all the temperatures investigated, with the exception only of the temperature of —½° C., which caused all growth to come to a dead stop for a period of 28 weeks.

After the preliminary treatment of 28 weeks, the bulbs were kept for a further period of 10 weeks at 17° C. During this latter period all bulbs which had been pretreated at *cold* temperatures withered, although some bulbs developed a new flower in the lateral vegetation point (see table 3); this new flower even came to full bloom after the bulb had been planted out. Those bulbs, however, which had been kept at 25½° C., 28° C. and 31° C. (warm treatment) gave far better results (see table 4). When the bulbs had been previously kept during 10 weeks at 17° C. ,in order to make the flower grow before the treatment, the effect of high and low temperatures was less favourable (see tables 5 and 6).

In 1932 the bulbs were kept at 28° C. and sent to South Africa during the following spring, where they flowered towards the end of August.

Up to this time the bulbs used for these experiments were exclusively those of *Narcissus pseudonarcissus var. King Alfred*. In 1933 a trial was made — next to this variety — with *Bicolor Victoria*; this latter variety, also pretreated at 28° C., gave somewhat less favourable results, probably due to an attack by mites (see table 9). In general, however, the method described here may be recommended for all practical purposes in the case of *Daffodils*. Briefly this method consists of keeping the bulbs immediately after lifting at a constant temperature of 28° C. (humidity ± 70 %) until the next spring (end of February), at which time they are sent to the Southern Hemisphere.

For Hyacinths a similar method was found and the results compared with the cold treatment. These results will be found in tables 10 and 11. The treatment used for *Hyacinths* was 28° C. until October 1st and 31° C. (humidity ± 70 %) after that until shipping time. This warm treatment may be tried in practice next to the cold treatment.

Until now it has not been possible to find a suitable high temperature for the checking of *Tulips*. In this case, therefore, we are still reduced to the necessity of using the cold treatment.

J. H. GISOLF: A DEMONSTRATION EXPERIMENT CONCERNING THE USE OF A LUMMER PLATE.

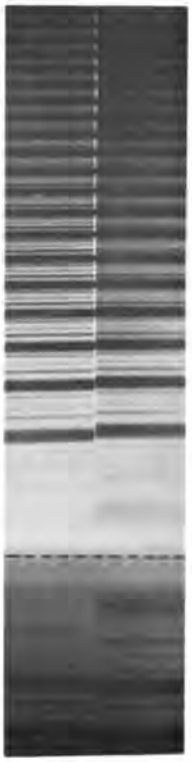


Fig. 1.

**Physics.** — *A demonstration experiment concerning the use of a Lummer plate.* By J. H. GISOLF. (Communicated by Prof. P. ZEEMAN.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

The annexed photograph exhibits the influence of the polarization of light on the sharpness of the interference fringes of a LUMMER plate. First we shall describe the manner in which it is obtained.

The light of a water-cooled mercury arc is projected on a vertical slit which is placed in the focal plane of a collimating lens. The LUMMER plate, a quartz plate 4.75 mm thick and 150 mm long, stands in the parallel beam. Between the slit and the lens is placed a calcspar rhomb, with the principal directions horizontal and vertical. The interference fringes are observed in the focal plane of an 55 cm objective. In the same plane are formed two images of the slit. The width of the slit is chosen in such a manner that the images just touch one another. The reproduction is about 2½ times enlarged.

According to RAYLEIGH's criterion the resolving power of a diffraction grating is given by the product of the number of interfering beams and the phase difference between these successive beams.

In the photograph the place of grazing emergence is indicated by a dotted line. The first interference order in the two slit images is fairly equally sharp. In the following orders a striking difference appears.

RAYLEIGH's criterion always holds when the interfering beams are of equal intensity. For the LUMMER plate this is only the case at grazing emergence, where the intensities of all the beams tend to zero. In general the amplitudes of the interfering beams form a finite decreasing geometrical series, the ratio of two successive terms being $R$, if $R$ is the reflection coefficient.

HANSEN has evaluated the resolving power for nongrazing emergence [1]). He chose a new criterion in closest correspondence to that of RAYLEIGH. Two lines of equal intensity at a distant $2\,\delta\lambda$ will just be separated when the intensity midway the maxima amounts to 0.8 of the maximum intensity. HANSEN calculated the intensity distribution in an interference fringe as a function of the reflection coefficient of the plate. The above criterion then gives the resolving power $\lambda/\delta\lambda$ as a function of $R$. The reflection coefficient can be calculated with the FRESNEL formulae.

In the left slit image the light is polarized with the electric vector parallel

[1]) G. HANSEN: Handbuch der physikalischen Optik, Band II, p. 199, Leipzig 1928. W. E. WILLIAMS: Applications of interferometry, p. 99, London 1928.

to the plane of the LUMMER plate and in the right image perpendicular to the plate. For grazing emergence $R=1$ for either polarization. The maximum resolving power then amounts to 390000 for $\lambda$ 5461. The smallest distant that can be resolved is $\delta\lambda=0.014$ Å. The smallest distant that is seen in the photograph amounts to 0.027 Å and is clearly resolved. In the first order $R_{//}=0.96$ and $R_{\perp}=0.92$ and the resolving power remains practically equal. As is seen in the photograph, the sharpness of the following orders in the left image does not diminish very much. For the sixth order $R_{//}=0.91$, which gives a resolving power of 380000. The $R_{\perp}$ on the contrary decreases very rapidly with increasing grazing angle. For the sixth order in the right image $R_{\perp}=0.71$, which gives a resolving power that is only 190000, i.e. half the former value. This explains the striking difference in sharpness.

It is evident, therefore, that a LUMMER plate has to be used in light with the electric vector parallel to the plate. For a quartz plate this is required for a second reason. The difference of refractive index for the ordinary and the extra-ordinary ray in quartz gives rise to a displacement of the interference maxima, which is visible in the photograph. When using quartz apparature care must be taken that the collimating lens does not alter the polarization of the light. A berifringent lens can be used with the principal directions horizontal and vertical. For the near ultra violet a lens of silica can be used.

---

**Physics.** — *A Note on the $\beta$ Bands of Boron Monoxide.* By A. ELLIOTT. Physics Department. The University of Sheffield. (Communicated by Prof. L. S. ORNSTEIN.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

In a recent paper on the $\beta$ bands of boron monoxide, FUNKE and SIMONS (1) have reported that they were unable to observe the spin doubling which was found by the author some years ago (2). In view of the fact that FUNKE and SIMONS used a dispersion which was 30 % greater, this is somewhat surprising. It seems desirable, therefore, to publish some measurements of the doublet separations which have been made; these are given in the accompanying table. For lines whose $K$ value is less than 53, the resolution of the spectrograph was insufficient for the doublet width to be measured satisfactorily. Fine-grained photographic plates were used in order to obtain the greatest resolution possible.

From the work of SCHEIB (3) and also of JENKINS and MCKELLAR (4) it appears that the spin doubling in the lower $^2\Sigma$ level of the $a$ bands (which is also the lower level of the $\beta$ bands) is negligible even for high

Wave-numbers and doublet separations of lines in the bands of Boron Monoxide.
Vibrational Transition 0—1.

| $K$ | $R_1$ branch | $R_2$ branch | $R_1-R_2$ | $P_1$ branch | $P_2$ branch | $P_1-P_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 53 | 40433.9 cm.$^{-1}$ | 40432.6 cm.$^{-1}$ | 1.3 cm.$^{-1}$ | 40121.9 cm.$^{-1}$ | 40120.9 cm.$^{-1}$ | 1.0 cm.$^{-1}$ |
| 54 | 408.0 | 406.7 | 1.3 | 090.8 | 089.6 | 1.2 |
| 55 | 382.1 | 380.9 | 1.2 | 058.8 | 057.7 | 1.1 |
| 56 | 355.0 | 353.7 | 1.3 | * | * | |
| 57 | 327.8 | 326.5 | 1.3 | 39994.2 | 39993.2 | 1.0 |
| 58 | 299.7 | 298.4 | 1.3 | 960.9 | 959.6 | 1.3 |
| 59 | 270.8 | 269.3 | 1.5 | 926.5 | 925.4 | 1.2 |
| 60 | * | * | | 892.1 | 890.8 | 1.3 |
| 61 | 212.0 | 211.2 | 0.8 | 857.3 | 856.1 | 1.2 |
| 62 | | | | 821.4 | 820.1 | 1.3 |
| 63 | 150.2 | 148.8 | 1.4 | 785.1 | 783.8 | 1.3 |
| 64 | 118.7 | 117.2 | 1.5 | 748.0 | 746.8 | 1.2 |
| 65 | 086.3 | 084.7 | 1.6 | 710.3 | 709.1 | 1.2 |
| 66 | * | * | | 672.4 | 671.1 | 1.3 |
| 67 | * | * | | 633.6 | 632.3 | 1.3 |
| 68 | 985.4 | 984.0 | 1.4 | 594.4 | 593.1 | 1.3 |
| 69 | 950.6 | 949.4 | 1.2 | * | * | |
| 70 | 915.0 | 913.6 | 1.4 | 514.1 | 512.7 | 1.4 |
| 71 | * | * | | 472.6 | 471.3 | 1.3 |
| 72 | 842.0 | 840.6 | 1.4 | 430.9 | 429.4 | 1.5 |
| 73 | 803.6 | 803.1 | 1.5 | 388.5 | 387.2 | 1.3 |

Vibrational Transition 0—2.

| $K$ | $R_1$ branch | $R_2$ branch | $R_1-R_2$ | $P_1$ branch | $P_2$ branch | $P_1-P_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 56 | 38570.0 cm.$^{-1}$ | 38568.6 cm.$^{-1}$ | 1.4 cm$^{-1}$ | 38241.5 cm.$^{-1}$ | 38240.5 cm.$^{-1}$ | 1.0 cm.$^{-1}$ |
| 57 | 545.2 | 543.5 | 1.7 | 210.5 | 209.2 | 1.3 |
| 58 | 518.1 | 516.4 | 1.7 | 178.9 | 177.7 | 1.2 |
| 59 | 491.2 | 490.0 | 1.2 | 147.3 | 146.2 | 1.1 |
| 60 | 463.8 | 462.4 | 1.4 | 114.4 | 113.3 | 1.1 |
| 61 | 436.2 | 435.0 | 1.2 | 081.1 | 080.2 | 0.9 |
| 62 | 407.3 | 406.2 | 1.1 | 047.7 | 046.6 | 1.1 |
| 63 | 378.6 | 377.4 | 1.2 | 013.4 | 012.2 | 1.2 |
| 64 | * | * | | 37983.7 | 37982.2 | 1.5 |
| 65 | 318.9 | 317.5 | 1.4 | 943.1 | 941.8 | 1.3 |
| 66 | 288.1 | 287.1 | 1.0 | 907.5 | 906.0 | 1.5 |
| 67 | 256.7 | 255.5 | 1.2 | 871.1 | 869.7 | 1.4 |
| 68 | 224.8 | 223.3 | 1.5 | 833.6 | 832.3 | 1.3 |
| 69 | * | * | | 796.1 | 794.7 | 1.4 |
| 70 | 159.2 | 158.1 | 1.1 | 757.8 | 756.3 | 1.5 |
| 71 | 125.4 | 123.6 | 1.8 | 719.0 | 717.7 | 1.3 |
| 72 | 090.8 | 089.3 | 1.5 | 679.6 | 678.4 | 1.2 |
| 73 | 056.1 | 054.6 | 1.5 | 639.5 | 638.2 | 1.3 |

* Overlaid by other lines.

$K$ values, and hence the observed separations in the $\beta$ bands must be chiefly due to doubling of the upper $^2\Sigma$ level. If the doublet separation in this level is given by the usual expression (5)

$$F_1 (K + \tfrac{1}{2}) - F_2 (K - \tfrac{1}{2}) = \gamma (K + \tfrac{1}{2})$$

then the value of $\gamma$, calculated from the results here given, is less (but probably not much less) than 0.02 $cm^{-1}$.

The author wishes to express his thanks to Professor L. S. ORNSTEIN, in whose laboratory at Utrecht the results here given were obtained.

REFERENCES.

1. J. FUNKE & C. F. E. SIMONS, Proc. Amst., **38**, 142, 1935.
2. A. ELLIOTT, Proc. Amst., **33**, 644, 1930, & Dissertation Utrecht, 1930.
3. W. SCHEIB, Zeits. f. Physik, **60**, 74, 1930.
4. F. A. JENKINS & A. MCKELLAR, Phys. Rev., **42**, 464, 1932.
5. W. JEVONS, Report on the Spectra of Diatomic Molecules, p. 122.

---

**Mathematics.** — *Zur Konformgeometrie.* II. *Anwendungen, insbesondere auf das Problem der Affinnormale.* Von V. HLAVATÝ. (Communicated by Prof. J. A. SCHOUTEN).

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

In der vorgehenden Arbeit [1]) haben wir eine eichinvariante Konnexion ausfindig gemacht, die eine $K_n$ zur $\overset{\circ}{W}_n$ stempelt. Hier wollen wir Anwendungen dieser Theorie in Betracht ziehen. Erstens werden wir eine $X_m (m \geqq 2)$ in $K_n$ konforminvariant behandeln, zweitens benutzen wir diese Gelegenheit, um die Lösung des Problems der Affinnormale einer $X_n^{(n-1)}$ in $L_n$ tiefer zu untersuchen.

1. In einer $K_n$ denkt man sich eine $X_m (m \geqq 2)$ gegeben. Man soll diese $X_m$ auf ihre Eichinvarianten untersuchen. Prinzipiell lässt sich diese Frage sofort lösen: Durch das in K I geschilderte Verfahren wird $K_n$ zu einer $\overset{\circ}{W}_n$ gestempelt. Dann lässt sich natürlich in der $X_m$ die induzierte Konnexion aufsuchen, die diese $X_m$ zu einer $\overset{\circ}{W}_m$ macht. Diese induzierte Konnexion wird in üblicher Weise mittels des Projektionsverfahrens konstruirt. Die Behandlung der $\overset{\circ}{W}_m$ in $\overset{\circ}{W}_n$ gibt uns dann die gesuchten

[1]) Zur Konformgeometrie I: Eichinvariante Konnexion. (Proc. Vol. **38**, p. 281). Diese Arbeit, von der wir auch alle hier benützten Begriffe übernehmen, soll weiter als K I zitiert werden.

Eichinvarianten, oder anders gesagt, diese Behandlung kann eichinvariant gefasst werden. Da wir diese Behandlung als bekannt voraussetzen können, werden wir sie hier nicht in extenso anführen und wollen nur zwei Bemerkungen betonen: Erstens lässt sich die $X_m$ immer zu einer eichinvarianten $\overset{\circ}{W}_m$ machen. Darunter verstehen wir folgendes: Durch das Projektionsverfahren bekommt man in $X_m$ einen Fundamentaltensor, der bei der Umeichung (vergl. K I Gl. $(U)$) mit dem (längs $X_m$ genommenen) Faktor $\sigma$ multipliziert wird. Wenn nun die in K I formulierten Bedingungen $(a)$, $(b)$, für $m$ (statt für $n$) auch nicht erfüllt werden, wenn also die $X_m$ keine $K_m$ ist, so gibt uns das Projektionsverfahren immer ein Mittel, aus der $X_m$ in $\overset{\circ}{W}_n$ eine $\overset{\circ}{W}_m$ zu machen. Zweitens gibt es auch in dieser $\overset{\circ}{W}_m$ der Begriff der Klasse (vergl. K I), der in derselben Weise definiert wird, wie in $\overset{\circ}{W}_n$ (nur muss $\sigma$ längs $X_m$ genommen werden). Diesen Tatbestand können wir dazu benutzen, um auch in der $\overset{\circ}{W}_m$ ein kovariantes Ableitungsverfahren anzugeben, in bezug auf welches die Projektion $g_{ab}$ $(a, b, c = 1, \ldots, m)$ von $g_{\lambda\mu}$ kovariant konstant ist. Man bekommt es in der üblichen Weise durch das Projektionsverfahren. Wenn man den symbolischen Vektor dieses kovarianten Ableitungsverfahren in $\overset{\circ}{W}_m$ mit $\Delta'_a$ bezeichnet, so ist dann in der Tat

$$\Delta'_a g_{bc} = \nabla'_a g_{bc} + Q_a g_{bc} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1,1)$$

Hier bedeutet $\nabla'_a$ den symbolischen Vektor der kovarianten Ableitung in $\overset{\circ}{W}_m$ und $Q_a$ die Projektion von $Q_\lambda$ auf $X_m$.

Diese Gleichung mit der Gleichung (4,5) von K I ermöglicht uns dann die Behandlung der $\overset{\circ}{W}_m$ in $\overset{\circ}{W}_n$ ganz analog dem Falle einer $V_m$ in $V_n$ verlaufen zu lassen.

*Bemerkung:* Das hier geschilderte Verfahren kann auch in dem Falle benutzt werden, dass die $m$-dimensionale Mannigfaltigkeit nicht holonom ist. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die $\overset{\circ}{W}_n$ in einer solchen Mannigfaltigkeit eine richtige WEYL'sche Konnexion induziert (während wir im holonomen Falle immer nur mit $\overset{\circ}{W}_m$ zu tun gehabt haben).

2. Das Problem der Affinnormale hängt mit dem untersuchten Stoff durch den Begriff der Umeichung einiger wichtigen Grössen zusammen. Aus diesem Grunde werden wir es hier auch behandeln. In einer $L_n$ denken wir uns eine $(n-1)$-dimensionale Mannigfaltigkeit, welche auch nicht holonom sein kann. Diese bezeichnen wir mit $X_n^{(n-1)}$. Sei $t_\lambda$ ihr Tangentialvektor. Offenbar ist dann auch

$$\bar{t}_\lambda = \sigma t_\lambda \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,1)$$

ihr Tangentialvektor, wenn $\sigma$ eine, längs $X_n^{(n-1)}$ nichtverschwindende,

Ortsfunktion ist. Nur ausgehend von den gegebenen Daten des Problems, habe ich in einer früheren Arbeit [2]) nicht nur eine Konnexion in $X_n^{(n-1)}$ angegeben (sogenannte „eingeborene" Konnexion), sondern auch den entsprechenden affinnormalen Vektor ausfindig gemacht, der diese Konnexion induziert. Es ist mir aber nicht gelungen, beide Begriffe unabhängig von der Umeichung (2,1) zu bestimmen: Zu jeder vorgegebenen Funktion $\sigma$ gehört eine andere eingeborene Konnexion, und eine dazugehörige Richtung des affinnormalen Vektors. Hier will ich — wiederum nur von den Daten des Problems ausgehend — analoge Begriffe so bestimmen, dass sie invariant in bezug auf (2,1) ausfallen. Zu diesem Zwecke müssen wir folgendes aus I—E vorausschicken: Zu jedem gegebenen Vektorfelde $n^\nu$, das nicht in $X_n^{(n-1)}$ liegt, lässt sich in $X_n^{(n-1)}$ eine von ihm induzierte Konnexion mit den Koeffizienten $\Gamma^c_{ba}$ aufsuchen, und umgekehrt zu jeder vorgegebenen Konnexion $\Gamma^c_{ba}$ in $X_n^{(n-1)}$ lässt sich ein nicht in $X_n^{(n-1)}$ enthaltenes Vektorfeld $n^\nu$ angeben, das diese Konnexion induziert:

$$\Gamma^c_{ba} = h^{de} B^{\lambda}_d (D_\omega t_\lambda) (h_{ab} n^\lambda + B^\mu_a D_\mu \underset{b}{B^\lambda}), \text{ [3])} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,2)$$

$$n^\nu = \frac{h^{ab}}{n-1} (\Gamma^c_{ba} B^\nu_c - B^\mu_a D_\mu \underset{b}{B^\nu}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,3)$$

Hier ist $B^\nu_a$ die gemischte Komponente des Einheitsaffinors der $X_n^{(n-1)}$, $D_\mu$ der symbolische Vektor der kovarianten Ableitung in $L_n$, $h_{ab} = B^\mu_a B^\lambda_b D_\mu t_\lambda$ hat nach Voraussetzung den Rang $n-1$ und $h^{ab}$ berechnet sich aus $h_{ab} h^{ac} = \delta^c_b$. Bei der Umeichung (2,1) gehen die Affinoren $h_{ab}$, $h^{ab}$ in

$$\bar{h}^{ab} = \sigma h_{ab} \quad , \quad \bar{h}^{ab} = \sigma^{-1} h^{ab} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,4)$$

über, während der Vektor $n^\nu$ in

$$\bar{n}^\nu = \sigma^{-1} n^\nu \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,5)$$

übergeht, so dass immer

$$n^\nu t_\nu = \bar{n}^\nu \bar{t}_\nu = 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,6)$$

Die mittels (2,2) definierte Konnexion ist eichinvariant (d. i. invariant

---

[2]) V. Hlavatý, „Induzierte und eingeborene Konnexion in den (nicht) holonomen Räumen". (Math. Ztsch. **38**, 1934, 283—300). Diese Arbeit wird weiter als I—E zitiert.

[3]) Die lateinischen Indizes durchlaufen die Symbole $\dot{1}, \dot{2}, \ldots, \dot{n-1}$. Wenn die untersuchte Mannigfaltigkeit holonom ist, und die $y^a$ ihre Parameter sind, so ist $B^\nu_a = \partial x^\nu / \partial y^a$. Andernfalls kann man die $B^\nu_a$ als $n-1$ kontravariante Vektoren der $L_n$ betrachten, die die nichtholonome Mannigfaltigkeit bestimmen und einer linearen Transformation unterworfen sind. Die Schreibweise $\underset{a}{B^\nu}$ für $B^\nu_a$ betont, dass wir diese Grössen als Vektoren der $L_n$ auffassen.

gegenüber (2,1) und das selbe gilt auch für die Richtung des mittels (2,3) definierten Vektors. (Vergl. Bem. 2 im § 4). Unter allen Konnexionen gibt es eine, die man *nur* aus den gegebenen Daten konstruiren kann

$$\overset{\circ}{\Gamma}{}^{e}_{ba} = h^{de} B^{\omega}_{d} B^{\mu}_{a} (D_{\omega} t_{\lambda}) D_{\mu} \underset{b}{B^{\lambda}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,7)$$

Bei der Umeichung (2,1) geht diese „eingeborene" Konnexion in eine andere über

$$\overline{\overset{\circ}{\Gamma}}{}^{c}_{ba} = \overset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{ba} - h_{ab} h^{dc} \partial_d \log \sigma \qquad \left(\partial_d = B^{\lambda}_{d} \frac{\partial}{\partial x^{\lambda}}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (2,8)$$

Eliminiert man aus (2,8) die Funktion $\sigma$, so ergibt sich, dass die Koeffizienten

$$\Lambda^{c}_{ba} = \overset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{ba} - h_{ab} h^{de} \overset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{cd} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,9)$$

eichinvariant sind. Dagegen bestimmen sie allgemein keine Konnexion, weil sie sich anders als Konnexionskoeffizienten transformieren.

3. Aus den Koeffizienten $\overset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{ba}$ werden wir aber eine Konnexion aufbauen, die zugleich eichinvariant ist. Zu diesem Zwecke bemerken wir, dass die Determinante $\mathfrak{h}$ von $h_{ab}$ eine skalare Dichte der $X_n^{(n-1)}$ vom Gewicht 2 ist, die bei der Umeichung in

$$\overline{\mathfrak{h}} = \mathfrak{h}\, \sigma^{n-1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3,1)$$

übergeht. Bezeichnet man mit $\overset{\circ}{\nabla}_a$ den symbolischen Vektor der zu $\overset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{ba}$ gehörigen kovarianten Ableitung, so ist also nach (2,8)

$$\frac{\overline{\overset{\circ}{\nabla}_a \overline{\mathfrak{h}}}}{\overline{\mathfrak{h}}} = \frac{\overset{\circ}{\nabla}_a \mathfrak{h}}{\mathfrak{h}} + (n+1)\, \partial_a \log \sigma. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3,2)$$

Die Elimination von $\partial_a \log \sigma$ aus (2,8) und (3,2) zeigt uns, dass die Koeffizienten

$$\boxed{\underset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{ba} = \overset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{ba} + \frac{\overset{\circ}{\nabla}_d \mathfrak{h}}{(n+1)\,\mathfrak{h}} h_{ab} h^{dc}}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3,3)$$

deren Inbegriff eine Konnexion bildet, zugleich eichinvariant sind.

Das affinnormale Vektorfeld, welches diese Konnexion induziert ist

dann mittels der Formel (2,3) gegeben. Nach (2,7) und (3,3) formt sich diese Gleichung um zu

$$\boxed{\underset{\circ}{n}^{\nu} = \frac{h^{ab}}{n-1} \left\{ B_a^{\mu} \left[ B_c^{\nu} B_d^{\varrho} h^{dc} (D_{\varrho} t_{\lambda}) D_{\mu} \underset{b}{B}^{\lambda} - D_{\mu} \underset{b}{B}^{\nu} \right] + \frac{n-1}{n+1} B_b^{\nu} h_a \right\}.} \quad (3,4)$$

wo $h_a = \frac{\nabla_a \mathfrak{h}}{\mathfrak{h}}$ gesetzt wurde. Bezeichnet man mit $\overset{\circ}{n}^{\nu}$ das Vektorfeld, welches die eingeborene Konnexion $\overset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{ba}$ induziert, so kann man (3,3) auch

$$\underset{\circ}{n}^{\nu} = \overset{\circ}{n}^{\nu} + \frac{h^{ab}}{n+1} B_b^{\nu} h_a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3,5)$$

schreiben. Die Richtung von $\underset{\circ}{n}^{\nu}$ ist selbstverständlich eichinvariant, während der Vektor selbst bei der Umeichung mit $\sigma^{-1}$ multipliziert wird. Trotzdem bleibt aber die Gleichung

$$\underset{\circ}{n}^{\nu} t_{\nu} = 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3,6)$$

eichinvariant. Eine leichte Rechnung zeigt dass

$$\boxed{B_a^{\lambda} (D_{\lambda} t_{\mu}) \underset{\circ}{n}^{\mu} = \frac{h_a}{n+1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3,7)$$

Die sogenannte zweite Normierungsbedingung ist also für diesen Vektor nicht erfüllt, wenn $h_a \neq 0$ ist. Die eichinvariante Gleichungen (3,6), (3,7) [4]) bestimmen eindeutig die Richtung von $\underset{\circ}{n}^{\nu}$: In der Tat, soll neben $\underset{\circ}{n}^{\nu}$ noch ein Vektor

$$'\underset{\circ}{n}^{\nu} = \underset{\circ}{n}^{\nu} + B_c^{\nu} s^c$$

der zu (3,7) analogen Gleichung

$$B_a^{\lambda} (D_{\lambda} t_{\mu}) '\underset{\circ}{n}^{\mu} = \frac{h_a}{n+1}$$

genügen, so ergibt sich laut (3,7)

$$B_a^{\lambda} B_c^{\mu} s^c D_{\lambda} t_{\mu} = h_{ac} s^c = 0, \quad \text{also} \quad s^c = 0.$$

4. Zusammenfassend können wir also folgenden Satz aussprechen:

Die Angabe einer $X_n^{(n-1)}$ in $L_n$ genügt schon, um folgende

[4]) Die Gleichung (3,7) ist zwar auch für $h_a = 0$ eichinvariant, die Gleichung $B_a^{\lambda} (D_{\lambda} t_{\mu}) n^{\mu} = 0$ dagegen nicht.

Begriffe ausfindig zu machen: 1. Eine Konnexion in $X_n^{(n-1)}$, die in bezug auf die Umeichung (2,1) invariant ist. 2. Eine ausserhalb $X_n^{(n-1)}$ liegende Richtung, die ebenfalls in bezug auf (2,1) invariant ist und deren Vektor die unter (1) angeführte Konnexion induziert. Die Konnexion ist mittels (2,7) und (3,3) explizit gegeben, der Vektor $\overset{\circ}{n}{}^{\nu}$ ist mittels (3,4) explizit bestimmt, kann aber auch als die einzige Lösung der Gleichungen (3,6) und (3,7) gegeben werden.

*Bemerkung 1:* Der Affinor $h_{ab}$ ist von der Ordnung 1 in bezug auf die Ableitung von $t_\lambda$ (und also im holonomen Falle von der Ordnung 2 in bezug auf die Ableitungen von $x$ nach den Parametern der $X_{n-1}$). Infolgedessen sind die Konnexion $\overset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{ba}$ und der Vektor $\overset{\circ}{n}{}^{\nu}$ von der Ordnung 2 in bezug auf $t_\lambda$ (und also von der Ordnung 3 in bezug auf $x$ im holonomen Falle).

*Bemerkung 2:* Geht man von einem vorgegebenen Vektor $n^\lambda$ aus, der der Gleichung $n^\lambda t_\lambda = 1$ genügt und dessen Richtung vom Anfang an als eichinvariant vorausgesetzt wird, so ist natürlich die mittels (2,2) bestimmte Konnexion eichinvariant. Eine analoge Bemerkung gilt auch für den Vektor $n^\nu$, der mittels einer vorgegebenen, eichinvariant vorausgesetzten Konnexion durch (2,3) bestimmt wird. Die in dem oben angeführten Theoreme betrachteten Begriffe sind aber schon durch die Angabe von $X_n^{(n-1)}$ mitbestimmt, ohne dass man neue Hilfsbegriffe benutzt.

5. Zum Schluss führen wir einen Spezialfall an, in welchem eine eichinvariante Konnexion und die diese Konnexion induzierende eichinvariante affinnormale Richtung der Ordnung 2 in bezug auf $x$ gefunden werden können. Liegt nämlich eine holonome $X_n^{(n-1)}$ mit der unsymetrischen eingeborenen Konnexion vor, ($\Gamma^{c}_{[ab]} = 0$), so ist der Fall denkbar, dass zu dem Bivektor $h_{[ab]} = k_{ab}$ sich der Bivektor $k^{ab}$ eindeutig so finden lässt, dass $k^{ab} k_{ab} = n-1$. Dann ist auch die Elimination von $h^{dc} \partial_d \log \sigma$ aus (2,8) möglich, und das Eliminationsresultat führt uns zu einer eichinvarianten Konnexion mit den Koeffizienten

$$\overset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{ba} - \frac{1}{n-1} k^{de} \overset{\circ}{\Gamma}{}^{c}_{[ed]} h_{ab}.$$

Diese Konnexion ist offenbar der Ordnung 2 in bezug auf $x$.

6. Neben der in (4) erwähnten Konnexion gibt es noch eine eichinvariante Konnexion derselben Ordnung in $X_n^{(n-1)}$, nämlich eine WEYL'sche mit dem Fundamental Tensor $h_{(ab)}$ und dem zugehörigen Vektor $-\frac{h_a}{n+1}$.

*Prag*, Oktober, 1934.

**Mathematics.** — *Integraldarstellungen für* LOMMEL*sche und* STRUVE*sche Funktionen. (Zweite Mitteilung)* [12]. Von C. S. MEIJER. (Communicated by Prof. J. G. VAN DER CORPUT).

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

## § 4. Beweis von (12) und (13).

Ist $|\arg u| < \frac{1}{2}\pi$ und

$$Max\left(-\tfrac{1}{2}\pi, -\tfrac{1}{2}\pi + 2\arg u\right) < \tau < Min\left(\tfrac{1}{2}\pi, \tfrac{1}{2}\pi + 2\arg u\right),$$

so ist [13])

$$u^{-\nu} K_\nu(2u) = \tfrac{1}{2}\int_0^{\infty e^{i\tau}} v^{-\nu-1} e^{-v-\frac{u^2}{v}}\, dv \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (32)$$

Ferner hat man [14]), falls $|\arg \zeta| < \frac{3}{2}\pi$ und

$$Max\left(-\tfrac{1}{2}\pi, -\pi + \arg\zeta\right) < \sigma < Min\left(\tfrac{1}{2}\pi, \pi + \arg\zeta\right)$$

ist,

$$\zeta^{-k} e^{\frac{1}{2}\zeta} W_{k,m}(\zeta) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_0^{\infty e^{i\sigma}} t^{\alpha-1} e^{-t}\, {}_2F_1\left(\tfrac{1}{2}-k+m, \tfrac{1}{2}-k-m; \alpha; -\frac{t}{\zeta}\right) dt; \quad (33)$$

hierin ist $\alpha$ eine beliebige Zahl mit $\Re(\alpha) > 0$.

Ich nehme jetzt an, dasz $|\arg z| < \pi$ und

$$Max\left(-\tfrac{1}{2}\pi, -\tfrac{3}{2}\pi + 2\arg z\right) < \tau < Min\left(\tfrac{1}{2}\pi, \tfrac{3}{2}\pi + 2\arg z\right), \quad (34)$$

also

$$-\pi < -\tfrac{1}{2}\pi + \tau < \pi + 2\arg z$$

und

$$-\pi + 2\arg z < \tfrac{1}{2}\pi + \tau < \pi$$

---

[12]) Erste Mitteilung: These Proceedings, Vol. **38** (1935), S. 628—634.

[13]) Siehe B. F., S. 183, Formel (15). Herr WATSON gibt Formel (32) nur für den Fall, dasz $|\arg u| < \pi/4$ ist, und nimmt dann $\tau = 0$. Ist $\Re(\nu) < 0$, so gilt Formel (32) auch für $u = 0$.

[14]) Man vergl.: C. S. MEIJER, Über die Integraldarstellungen der WHITTAKERschen Funktion $W_{k,m}(z)$ und der HANKELschen und BESSELschen Funktionen, Nieuw Archief voor Wiskunde (2e reeks), **18** (1934), S. 35—57 (besonders S. 36, Fusznote [3]).

ist. Es gibt daher eine reelle Zahl $\psi$ mit

$$-\pi + 2\,arg\,z < 2\psi < \pi + 2\,arg\,z, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35)$$

$$-\pi < -\tfrac{1}{2}\pi + \tau < 2\psi < \tfrac{1}{2}\pi + \tau < \pi. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36)$$

Aus (34) und (36) folgt nun

$$Max\,(-\tfrac{1}{2}\pi, -\tfrac{1}{2}\pi + 2\psi) < \tau < Min\,(\tfrac{1}{2}\pi, \tfrac{1}{2}\pi + 2\psi); \quad . \quad . \quad (37)$$

ebenso aus (35) und (36)

$$Max\,(-\tfrac{1}{2}\pi, -\tfrac{1}{2}\pi + arg\,z) < \psi < Min\,(\tfrac{1}{2}\pi, \tfrac{1}{2}\pi + arg\,z) \quad . \quad (38)$$

Nach Hilfssatz 2 gilt daher, falls $\Re(\alpha)$ und $\Re(\beta) > 0$ sind,

$$\left.\begin{aligned} S_{\mu,\nu}(z) = \frac{4\,z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha)\,\Gamma(\beta)} \int_0^{\infty e^{i\psi}} & u^{\alpha+\beta-1}\,K_{\alpha-\beta}(2\,u) \\ & \times {}_3F_2\left(1, \frac{1-\mu+\nu}{2}, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha, \beta; -\frac{4\,u^2}{z^2}\right) du. \end{aligned}\right\} \quad . \quad (39)$$

Hierin genügt $\psi = arg\,u$ der Bedingung (37). Mit Rücksicht auf (32) hat man also, falls $\Re(\alpha) < \Re(\beta)$ ist,

$$u^{\beta-\alpha}\,K_{\alpha-\beta}(2\,u) = \tfrac{1}{2}\int_0^{\infty e^{i\tau}} v^{-\alpha+\beta-1}\,e^{-v-\frac{u^2}{v}}\,dv. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (40)$$

Aus (39) und (40) geht jetzt hervor [15]), falls $0 < \Re(\alpha) < \Re(\beta)$ ist,

$$S_{\mu,\nu}(z) = \frac{2\,z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha)\,\Gamma(\beta)} \int_0^{\infty e^{i\tau}} v^{-\alpha+\beta-1}\,e^{-v}\,dv$$

$$\times \int_0^{\infty e^{i\psi}} u^{2\alpha-1}\,e^{-\frac{u^2}{v}}\,{}_3F_2\left(1, \frac{1-\mu+\nu}{2}, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha, \beta; -\frac{4\,u^2}{z^2}\right) du.$$

---

[15]) Die Vertauschung der Integrationsfolge ist erlaubt; man vergl. BROMWICH, Infinite Series, § 177.

Ersetzt man hierin $u$ durch $v^{\frac{1}{2}} t^{\frac{1}{2}}$, so findet man

$$S_{\mu,\nu}(z) = \frac{z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha)\,\Gamma(\beta)} \int_0^{\infty e^{i\tau}} v^{\beta-1} e^{-v}\, dv$$

$$\times \int_0^{\infty e^{i(2\psi-\tau)}} t^{\alpha-1} e^{-t}\, {}_3F_2\left(1, \frac{1-\mu+\nu}{2}, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha, \beta; -\frac{4vt}{z^2}\right) dt.$$

Diese Beziehung gilt (wegen der Theorie der analytischen Fortsetzung), falls $\Re(\alpha)$ und $\Re(\beta) > 0$ sind.

Nimmt man nun $\beta = 1$ bezw. $\beta = \frac{1}{2}(1-\mu+\nu)$, so erhält man

$$S_{\mu,\nu}(z) = \frac{z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\infty e^{i\tau}} e^{-v}\, dv \int_0^{\infty e^{i(2\psi-\tau)}} t^{\alpha-1} e^{-t}\, {}_2F_1\left(\frac{1-\mu+\nu}{2}, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha; -\frac{4vt}{z^2}\right) dt \quad (41)$$

bezw.

$$\left.\begin{aligned} S_{\mu,\nu}(z) = \frac{z^{\mu-1}}{\Gamma(\alpha)\,\Gamma(\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\mu+\frac{1}{2}\nu)} \int_0^{\infty e^{i\tau}} v^{-\frac{1}{2}(1+\mu-\nu)}\, e^{-v}\, dv \\ \times \int_0^{\infty e^{i(2\psi-\tau)}} t^{\alpha-1} e^{-t}\, {}_2F_1\left(1, \frac{1-\mu-\nu}{2}; \alpha; -\frac{4vt}{z^2}\right) dt \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (42)$$

(in (42) ist $\Re(\mu-\nu) < 1$). Aus (37) und (38) ergibt sich aber, da $arg\, v = \tau$ ist,

$$Max\left(-\tfrac{1}{2}\pi, -\pi + arg\left(\frac{z^2}{v}\right)\right) < 2\psi - \tau < Min\left(\tfrac{1}{2}\pi, \pi + arg\left(\frac{z^2}{v}\right)\right);$$

Formel (12) folgt nun aus (41) und (33) (mit $k = \frac{1}{2}\mu$, $m = \frac{1}{2}\nu$, $\zeta = \frac{z^2}{4v}$ und $\sigma = 2\psi - \tau$ angewendet); ebenso Formel (13) aus (42) und (33) (mit $k = \frac{1}{4}(\mu+\nu-1)$, $m = \frac{1}{4}(\mu+\nu+1)$, $\zeta = \frac{z^2}{4v}$ und $\sigma = 2\psi - \tau$ angewendet).

## § 5. Integraldarstellungen für die STRUVEsche Funktion.

Die STRUVEsche Funktion $\mathbf{H}_\nu(z)$ wird definiert durch [16])

$$\mathbf{H}_\nu(z) = (\tfrac{1}{2} z)^{\nu+1} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m z^{2m}}{2^{2m}\,\Gamma(\frac{3}{2}+m)\,\Gamma(\frac{3}{2}+\nu+m)} \quad . \quad . \quad . \quad (43)$$

---

16) Siehe B. F., S. 328.

Ferner setze ich, wie üblich,

$$\mathbf{L}_\nu(z) = (\tfrac{1}{2}z)^{\nu+1} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{z^{2m}}{2^{2m}\,\Gamma(\frac{3}{2}+m)\,\Gamma(\frac{3}{2}+\nu+m)} \quad . \quad . \quad . \quad (44)$$

Nun folgt aus (2), (1) und (43)

$$\mathbf{H}_\nu(z) - Y_\nu(z) = \frac{2^{1-\nu}}{\Gamma(\frac{1}{2}+\nu)\,\Gamma(\frac{1}{2})} S_{\nu,\nu}(z). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (45)$$

Wegen (5) gilt also

$$\mathbf{H}_\nu(z^2) - Y_\nu(z^2) = \frac{2^{1-\nu}\cos\nu\pi}{\pi^{\frac{1}{2}}}\,\Phi_{\nu,\nu}(z) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (46)$$

Weiter hat man [17])

$$2\,i\,J_\nu(\zeta)\cos\nu\pi = e^{\nu\pi i}\,Y_\nu(\zeta) - Y_\nu(\zeta e^{-\pi i}),$$

somit

$$\begin{aligned} 2\,i\,I_\nu(\zeta)\cos\nu\pi &= 2\,i\,e^{-\frac{1}{2}\nu\pi i}\,J_\nu(\zeta e^{\frac{1}{2}\pi i})\cos\nu\pi \\ &= e^{\frac{1}{2}\nu\pi i}\,Y_\nu(\zeta e^{\frac{1}{2}\pi i}) - e^{-\frac{1}{2}\nu\pi i}\,Y_\nu(\zeta e^{-\frac{1}{2}\pi i}). \end{aligned}$$

Aus (43) und (44) ergibt sich aber

$$2\,i\,\mathbf{L}_\nu(\zeta)\cos\nu\pi = e^{\frac{1}{2}\nu\pi i}\,\mathbf{H}_\nu(\zeta e^{\frac{1}{2}\pi i}) - e^{-\frac{1}{2}\nu\pi i}\,\mathbf{H}_\nu(\zeta e^{-\frac{1}{2}\pi i}).$$

Folglich gilt

$$\left.\begin{aligned} 2\,i\,\{I_\nu(\zeta) - \mathbf{L}_\nu(\zeta)\}\cos\nu\pi = e^{-\frac{1}{2}\nu\pi i}\{\mathbf{H}_\nu(\zeta e^{-\frac{1}{2}\pi i}) - Y_\nu(\zeta e^{-\frac{1}{2}\pi i})\} \\ - e^{\frac{1}{2}\nu\pi i}\{\mathbf{H}_\nu(\zeta e^{\frac{1}{2}\pi i}) - Y_\nu(\zeta e^{\frac{1}{2}\pi i})\}. \end{aligned}\right\} \quad (47)$$

Aus den Beziehungen (6) bis (13) (inkl.) kann man nun mit Hilfe von (45) und (46) Integraldarstellungen für $\mathbf{H}_\nu - Y_\nu$ ableiten; mittels (47) findet man dann Integrale für $I_\nu - \mathbf{L}_\nu$. Einige so gefundenen Beziehungen sind besonders erwähnenswert. Man hat nämlich wegen (3)

$$\varphi_{-\lambda-1,\lambda}(v) = \frac{v^{-2\lambda}}{2^{-3\lambda}} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m\,v^{4m}}{2^{4m}\,\Gamma(1+m)\,\Gamma(1-\lambda+m)} = 2^\lambda\,J_{-\lambda}(\tfrac{1}{2}v^2) \quad . \quad (48)$$

Aus (46), (6) und (48) folgt also, falls $|\arg z| < \frac{1}{2}\pi$ und $\Re(\nu) < \frac{1}{2}$ ist,

$$\mathbf{H}_\nu(z^2) - Y_\nu(z^2) = \frac{4\cos\nu\pi}{\pi} \int_0^\infty J_{-\nu}(\tfrac{1}{2}v^2)\,K_{2\nu}(2^{\frac{1}{2}}zv)\,v\,dv;$$

---

[17]) Siehe B. F., S. 75, Formel (3) mit $m = -1$.

ebenso aus (46), (7) und (48)

$$\mathbf{H}_\nu(z^2) - Y_\nu(z^2) = \frac{2^{3/2}\cos\nu\pi}{\pi z}\int_0^\infty J_{-\nu-1}(\tfrac{1}{2}v^2)\,K_{2\nu+1}(2^{\frac{1}{2}}zv)\,v^2\,dv$$

(wo $|\arg z| < \frac{1}{2}\pi$, $\Re(\nu) < 0$ ist) und schlieszlich aus (46), (10) und (48)

$$\left.\begin{aligned}&\mathbf{H}_\nu(z^2) - Y_\nu(z^2) = \\ &= \frac{2^{\nu+2}z^{2\nu}\cos\nu\pi}{\pi^{3/2}}\int_0^\infty J_{\nu-\frac{1}{2}}(\tfrac{1}{2}v^2)\,K_{2\nu}(zve^{\frac{1}{2}\pi i})\,K_{2\nu}(zve^{-\frac{1}{2}\pi i})\,v^{2-2\nu}\,dv\end{aligned}\right\} \quad (49)$$

(wo $|\arg z| < \frac{1}{2}\pi$, $|\Re(\nu)| < \frac{1}{2}$ ist).

Nun ist [18])

$$e^{-\frac{1}{2}\lambda\pi i}K_\lambda(we^{-\frac{1}{2}\pi i}) = \tfrac{1}{2}\pi i\,H_\lambda^{(1)}(w) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

und

$$e^{\frac{1}{2}\lambda\pi i}K_\lambda(we^{\frac{1}{2}\pi i}) = -\tfrac{1}{2}\pi i\,H_\lambda^{(2)}(w), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (51)$$

also

$$e^{-\frac{1}{2}\lambda\pi i}K_\lambda(we^{-\frac{1}{2}\pi i}) - e^{\frac{1}{2}\lambda\pi i}K_\lambda(we^{\frac{1}{2}\pi i}) = \pi i\,J_\lambda(w) \quad . \quad . \quad . \quad (52)$$

Aus (47) (mit $\zeta = z^2$), (49) und (52) (mit $\lambda = 2\nu$ und $w = zv$) ergibt sich somit, falls $|\arg z| < \frac{1}{4}\pi$ und $\Re(\nu) > -\frac{1}{2}$ ist [19]),

$$I_\nu(z^2) - \mathbf{L}_\nu(z^2) = \frac{2^{\nu+1}z^{2\nu}}{\pi^{\frac{1}{2}}}\int_0^\infty J_{\nu-\frac{1}{2}}(\tfrac{1}{2}v^2)\,K_{2\nu}(zv)\,J_{2\nu}(zv)\,v^{2-2\nu}\,dv\,. \quad (53)$$

Der Spezialfall mit $\nu = 0$ von (53) ist schon von S. C. MITRA [20]) gegeben worden.

---

[18]) Für (50) vergl. man **B. F.**, S. 78, Formel (8). Ferner gilt (siehe **B. F.**, S. 75, Formel (5) mit $m = 1$) $e^{\lambda\pi i}H_\lambda^{(1)}(we^{\pi i}) = -H_\lambda^{(2)}(w)$; hieraus und aus (50) folgt (51).

[19]) Formel (53) gilt wegen (47), (49) und (52) für $|\Re(\nu)| < 1/2$. Die rechte Seite von (53) ist aber konvergent für $\Re(\nu) > -1/2$. Aus der Theorie der analytischen Fortsetzung folgt also, dasz (53) gilt, falls $\Re(\nu) > -1/2$ ist.

[20]) Bulletin of the Calcutta Mathematical Society, **25** (1933), S. 85.

*Ich werde jetzt noch zeigen, dasz $I_\nu(z^2) - \mathbf{L}_\nu(z^2)$ die folgenden Integraldarstellungen besitzt:*

$$I_\nu(z^2) - \mathbf{L}_\nu(z^2) = \frac{4}{\pi} \int_0^\infty K_\nu(v^2) J_{2\nu}(2zv)\, v\, dv \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (54)$$

*und*

$$I_\nu(z^2) - \mathbf{L}_\nu(z^2) = \frac{4}{\pi z} \int_0^\infty K_{\nu+1}(v^2) J_{2\nu+1}(2zv)\, v^2\, dv \quad . \quad . \quad . \quad (55)$$

*In diesen Beziehungen sind $\nu$ und $\arg z$ beliebig.*

*Beweis von (54).* Ich setze in die rechte Seite von (54) für $J_{2\nu}(2zv)$ die Potenzreihe

$$(zv)^{2\nu} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n (zv)^{2n}}{\Gamma(1+n)\,\Gamma(1+2\nu+n)}$$

ein und integriere gliedweise [21]). Wegen [22])

$$\int_0^\infty K_\nu(v^2)\, v^{2\lambda+1}\, dv = 2^{\lambda-2}\, \Gamma(\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\lambda - \tfrac{1}{2}\nu)\, \Gamma(\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\lambda + \tfrac{1}{2}\nu)$$

erhalte ich dann

$$\frac{4}{\pi} \int_0^\infty K_\nu(v^2) J_{2\nu}(2zv)\, v\, dv = \frac{2^\nu z^{2\nu}}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-2)^n z^{2n}\, \Gamma(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}n)\, \Gamma(\frac{1}{2} + \nu + \frac{1}{2}n)}{\Gamma(1+n)\, \Gamma(1+2\nu+n)}$$

$$= (\tfrac{1}{2} z^2)^\nu \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n z^{2n}}{2^n\, \Gamma(1+\frac{1}{2}n)\, \Gamma(1+\nu+\frac{1}{2}n)}$$

$$= (\tfrac{1}{2} z^2)^\nu \sum_{m=0}^{\infty} \frac{z^{4m}}{2^{2m}\, \Gamma(1+m)\, \Gamma(1+\nu+m)} - (\tfrac{1}{2} z^2)^{\nu+1} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{z^{4m}}{2^{2m}\, \Gamma(\frac{3}{2}+m)\, \Gamma(\frac{3}{2}+\nu+m)}$$

$$= I_\nu(z^2) - \mathbf{L}_\nu(z^2).$$

Hiermit ist Formel (54) bewiesen.

Der Beweis von (55) geht auf analoge Weise.

---

21) Gliedweise zu integrieren ist erlaubt; siehe BROMWICH, Infinite Series, § 176.

22) Man vergl. B. F., S. 388, Formel (8).

**Mathematics.** — *Richtigstellung einiger Anzahlen von biquadratischen Raumkurven erster Art.* Von J. W. A. VAN KOL. (Communicated by Prof. HK. DE VRIES).

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

§ 1. Herr J. A. TODD [1]) hat die Bemerkung gemacht, dass einige vom Verfasser dieser Mitteilung bestimmten Anzahlen biquadratischer Raumkurven erster Art [2]) unrichtig sind. Er ist der Meinung, dass bei der Ableitung dieser Anzahlen vier Geraden, welche "improper quadric intersections" abbilden, ausser Betracht gelassen sind. Es wird sich zeigen, dass nicht nur vier Hauptgeraden, sondern auch acht singuläre Punkte dritten Ranges unberücksichtigt gelassen wurden. Wir werden nun unsere frühere Mitteilung, worauf oben hingewiesen ist, verbessern. In jedem der folgenden Paragraphen wird der Paragraph mit der gleichen Zahl richtiggestellt oder ergänzt.

§ 2. Das vierfach unendliche System der biquadratischen Raumkurven $k^4$ erster Art, welche durch vier gegebene Punkte $A_1, \ldots, A_4$ gehen, eine gegebene Gerade $a$ zweimal und zwei gegebene Geraden $a_1$ und $a_2$ je einmal treffen, enthält $\infty^3$ Ausartungen, welche aus einer kubischen Plankurve und einer Gerade bestehen, welche diese Kurve in einem Punkt trifft. Es gibt $\infty^3$ kubische Plankurven, welche durch $A_2, A_3$ und $A_4$ gehen und $a$, $a_1$ und $a_2$ treffen und jede dieser Kurven wird von zwei Geraden, welche sie und $a$ treffen und durch $A_1$ gehen, zu zwei ausgearteten Kurven $k^4$ ergänzt. Dieses System von $\infty^3$ ausgearteten Kurven $k^4$ bildet sich ab auf eine Hauptgerade $h'_1$, welche $\alpha_1$ und $\alpha_2$ trifft.

*Es gibt also ausser den vier Hauptgeraden $h_\mu$ noch vier Hauptgeraden $h'_\mu$, welche $\alpha_1$ und $\alpha_2$ treffen; jeder Punkt von $h'_\mu$ ist das Bild eines Systems von $\infty^2$ ausgearteten Kurven, das aus einer bestimmten Gerade und einem speziellen Netz von kubischen Plankurven, welche diese Gerade treffen, besteht.*

Es gibt weiter $\infty^3$ kubische Plankurven, welche durch $A_2, A_3$ und $A_4$ gehen und $a, a_1$ und die durch $A_1$ gehende Transversale von $a$ und $a_2$ treffen. Sie werden von dieser Transversale zu $\infty^3$ ausgearteten Kurven $k^4$ ergänzt. Das Bild dieses Systems ist ein singulärer Punkt dritten Ranges $S_{12}$.

*Es gibt also acht singuläre Punkte dritten Ranges $S_{\mu\nu}$ ($\mu = 1, \ldots, 4$; $\nu = 1, 2$); jeder dieser Punkte ist das Bild eines Systems von $\infty^3$ aus-*

[1]) Proc. Camb. Phil. Soc. **27** (1931), 538.

[2]) Diese Proceedings **32**, 495.

*gearteten Kurven $k^4$, das aus einer bestimmten Gerade und einem speziellen Gebüsch von kubischen Plankurven, welche diese Gerade treffen, besteht.*

§ 4. Die Geraden $h'_\mu$ haben mit der Fläche $O_P$ keinen Punkt gemein und die Punkte $S_{\mu\nu}$ liegen nicht auf $O_P$.

§ 5. Die Fläche $O_b$ hat mit $h'_\mu$ einen Punkt gemein, aber erhält $S_{\mu\nu}$ nicht.

§ 6. $h'_\mu$ sind einfache Geraden und $S_{\mu\nu}$ einfache Punkte im Raume $\Omega_1$.

§ 7. $h'_\mu$ sind einfache Geraden und $S_{\mu\nu}$ einfache Punkte auf der Fläche $O_{lm}$. Die Schnittkurve 48. Ordnung von $O_{lm}$ mit $a_i$ hat einfache Punkte in $a_i h'_\mu$.

§ 8. Das System der Kurven $k^4$, welche drei gegebene Geraden $l$, $m$ und $n$ treffen, wird abgebildet auf eine Kurve $k_{lmn}$ 252. Ordnung, welche mit $d$ 96, mit $a_i$ 204, mit $h_\mu$ 16 und mit $h'_\mu$ 5 Punkte gemein hat und einfache Punkte in $S_{\mu\nu}$ hat.

$K_{lmn}$ trifft $\Omega_0$ ausser singulären und Hauptpunkten in 540 Punkten.

*Es gibt also 540 Kurven $k^4$, welche vier gegebene Geraden $l$, $m$, $n$, und $o$ treffen.*

§ 9.

$$\begin{array}{lll}
P^4 B^2 \nu^4 = 92 & P^4 B \nu^6 = 540 & P^4 T \nu^5 = 312 \\
P^4 B^2 \nu^3 \varrho = 272 & P^4 B \nu^5 \varrho = 1592 & P^4 T \nu^4 \varrho = 928 \\
P^4 B^2 \nu^2 \varrho^2 = 800 & P^4 B \nu^4 \varrho^2 = 4672 & P^4 T \nu^3 \varrho^2 = 2752 \\
P^4 B^2 \nu \varrho^3 = 2336 & P^4 B \nu^3 \varrho^3 = 13632 & P^4 T \nu^2 \varrho^3 = 8128 \\
 & P^4 B \nu^2 \varrho^4 = 39488 &
\end{array}$$

Herr TODD gibt in seiner obengenannten Mitteilung ebenfalls die Anzahl 92; die übrigen Anzahlen bestimmt er nicht.

**Botany.** — *Coleoptile Growth as Affected by Auxin, Aging and Food.* By F. W. WENT. (WILLIAM G. KERCKHOFF Laboratories, California Institute of Technology, Pasadena).

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

1. *The original theory.*

The conception of growth in Avena originally advocated in my dissertation (WENT 1928) was that auxin is formed in the tip of the coleoptile, transported downwards, and while producing growth is being used up, so that an auxin deficiency in the basal regions causes their growth to drop and eventually to stop. The decrease in growth rate of the regions nearest the tip had to be explained in a different way, and a number of facts led me to draw the conclusion that this is due to limitation by another factor, which has to cooperate with auxin to cause growth, and which comes from the seeds or roots. This factor was called "Zellstreckungs Material", Z.S.M., and will be called in this paper "food factor". Eight years ago this seemed to be an adequate explanation of the facts known, but since then our knowledge of growth has considerably increased and a number of facts have been discovered not fitting into this scheme. The object of the present paper is to reconsider the problem, especially experimentally.

2. *Objections to the outlined theory.*

The maximum angle, that is the maximum curvature which can be obtained within 110 minutes by placing agarblocks with auxin unilaterally on coleoptile stumps, was considered to be due to limitation of the growth rate of the side supplied with auxin by the food factor (WENT 1928). However, DU BUY and NUERNBERGK (1930) proved that this maximum angle was caused by a sideways "leaking" of the auxin after a certain concentration was reached. Later, however, THIMANN and BONNER (1933) were able to show that in the case of the effect of auxin on straight growth the latter is limited in the same way as the auxin curvature so that beyond a certain amount of auxin no increase in growth can be obtained. Here the food factor, ruled out by DU BUY and NUERNBERGK, again becomes apparent.

WEBER (1931) in experiments with geotropic curvatures in which especially the reactions of the various zones are investigated also comes to the conclusion that growth cannot be explained by my two factor scheme.

In 1933 DU BUY published a number of experiments throwing more light on the interrelation of the factors determining growth in the coleoptile

of Avena. No new evidence in regard to the postulated food factor was obtained, but a new factor, the aging of the cells, was recognised. He was able to show that the growth rate, irrespective of the auxin concentration, will decrease when the cells become older. The old cells of the base of the coleoptile hardly respond at all to a given auxin supply, whereas the cells of the rapidly elongating region near the tip will do so. This aging can be produced experimentally by limiting the supply of auxin to the cells. It seems that the stopping of growth of the lower zones of coleoptiles is due to aging rather than to a depletion of the auxin; this aging, however, can be caused by a relative decrease in the concentration of the auxin in those lower zones. All these facts are fully discussed by DU BUY.

According to JOST (1935) the final disproval of my theory of the limitation of the growth of the lower zones by auxin was given by the determinations of THIMANN (1934), which show that the auxin concentration in the lower zones does not fall to zero, but that it is present there, even in not growing zones, in appreciable amounts. Still THIMANN and BONNER (1935), like previous authors, come to the conclusion that auxin is being used up during growth.

Finally, if we consider that in specially designed experiments (unpublished) neither DOLK nor myself could get any direct evidence for the existence of the food factor, it must seem that my growth theory as outlined above, even with the amendment of DU BUY, has failed completely. This negative state of affairs cannot be considered satisfactory, and therefore the present paper represents an attempt to bring as many facts as possible together and to reconsider the problem.

3. *Experimental procedure.*

All following experiments have been carried out in a darkroom kept at 25° C. and 85 % humidity, red or orange light being used for the observations. Avena seedlings, germinated and raised under standard conditions in the glass holders, are marked with tiny dots of india ink, the length of the marked zones depending on the type of experiment. As the growth of each zone has to be followed over a number of successive periods, and the growth rate is changing continuously, no importance was attached to marking zones of constant length. The growth rate has been marked on the graphs with the actual distance from the tip at the beginning of each growthperiod as abscissa. If the growth of two coleoptiles has to be compared, it is first recorded graphically and then the two graphs are compared. This can be done graphically by interpolation of the growth rates at distances 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 and 32 mm from the tip. In the graphs the growth rate is recorded as per cent increase in length per hour, as a point in the geometrical centre of the zone.

In all cases the length of the zones has been measured with a horizontal microscope with a magnification of 10 times linear and an accuracy of one

hundredth of a millimeter. The obtained accuracy is far above the one obtainable with a film camera (NUERNBERGK and DU BUY 1930).

Auxin was applied in all cases in the form of a paste of $\beta$-indolyl acetic acid (hetero-auxin). The original paste contained about 10 mg crystalline hetero-auxin per gram pure lanolin (paste 1) and a number of dilutions were made ($^1/_4$, $^1/_{16}$, $^1/_{64}$, $^1/_{256}$, $^1/_{1024}$), all being kept in the ice box without loss of activity. The diffusion out of lanolin is exceedingly slow, so that these enormous concentrations have to be used in order to obtain an excess of auxin inside the coleoptile. Dr. VAN OVERBEEK was kind enough to inform me, that an auxin paste $^1/_{64}$ increases the amount of auxin transported inside a plant about 4 times. The application always is by adding approx. 1 mg of paste to the extreme tip of the coleoptile. There is no reason to assume that the heteroauxin acts differently from the auxin a present in the coleoptile under normal conditions.

4. *Considerations about aging.*

First we will consider the aging factor as far as we can draw the facts from the literature.

The explanation of the aging is given by the experiments of HEYN (1931, 1933, 1934) and of BONNER (1934). HEYN proved that the final effect of auxin is on the cell wall, which is made more plastic by it. However, in addition the elasticity is somewhat lowered (HEYN and VAN OVERBEEK 1931). Nevertheless the main changes in elasticity after the action of auxin are considered to be the result of growth rather than the cause of it because it only occurs when cells are allowed to elongate under the influence of auxin. When cells are not growing their elasticity decreases, unless they are kept at 0° C. At that temperature auxin will cause an increased plasticity without changing the elasticity. Thus plasticity and elasticity are proved to be independent characteristics of the cell wall. The following mental picture explains the observed phenomena. Growth is a dual phenomenon: in the first place we find a continuous stretching of the cell wall due to sliding of the pre-existent cell wall particles along each other; this phenomenon is influenced by auxin, causing the cell walls to become thinner and weaker. At the same time new layers of cell wall are laid down inside the outer walls. Both processes go on at the same time inside the cell wall.

BONNER (1934) brought other experimental evidence that we have to distinguish between the two types of cell wall growth: 1 the growth in length and 2 the growth in weight. At 25° C. with adequate auxin supply the elongation and increase in weight of the cell walls of coleoptile sections are balanced, both going on at the same rate. If those sections are placed at 1° C. the elongation proceeds while the increase in weight is stopped. On the other hand it is possible to increase the weight beyond the rate of elongation. SÖDING (1934), basing himself on rather scant experimental evidence, comes to a completely different conclusion: growth in length of the cell wall is caused by active intussusception of new particles, and this

process is influenced by auxin. The very few experiments of SÖDING not in accordance with the theory outlined above, are not able to offset the interesting paradox: growth in weight (in dry matter) is opposed to growth in length. This completely explains aging: if cell wall formation and elongation keep each other in equilibrium, the growth rate will remain constant. If, due to lack of auxin, elongation is checked, cell wall formation will go on, making the cell wall stiffer and less reactive to auxin. Or in one word, the cells age.

5. *Why do the basal zones stop their growth?*

As we know that auxin is used up in growth (THIMANN and BONNER 1935) and that the auxin concentration really falls towards the base of a coleoptile (THIMANN 1934) it is clear that beyond a certain distance from the tip the aging of the cells must start. Only when the coleoptiles are very short, so that the decrease in auxin concentration towards the base is insignificant, the aging does not occur (curve *a*, figure 10 in WENT 1928), but starting from a given length aging of the lower cells will set in, and once it starts it goes on at an increased rate. In the zones where aging occurs the growth rate $x$ of a given zone in a given hour will depend on the growth $y$ of the same zone in the previous hour as follows

$$x = -0.50 + 0.96 . y \text{ (expt 25 V 35)}$$

if $x$ and $y$ are expressed in % elongation per hour.

The auxin concentration in the lower zones will drop still further towards the base, but the aging gets ahead and so the lower zones stop growing before the auxin concentration has become 0. What will happen if we increase the auxin concentration in those not growing zones? I published earlier an experiment (WENT 1928, page 69) in which auxin was applied to those not growing lower zones. They immediately resumed growth, though slowly. In view of the above mentioned criticisms the experiment has been repeated with more plants and longer periods of observation. Table I shows the result of the most striking experiment. The growth of a few basal zones of 3—6 mm is being followed over two periods of 8 hours, and one of 2 hours. After that period the growing upper parts are cut off (or left in a few controls) and auxin is applied to part of them. The resulting growth is measured in four consecutive periods of 12 hours each. In all cases there is a slight shortening of the measured zone during the 2-hour period, which always occurs at the end of the growth period of each cell (see WENT 1928, p. 88). The division of the plants into four groups is completely at random. Group I is left intact. Group II is decapitated just above the not growing zones and the primary leaf is pulled out. Group III is decapitated as group II, the primary leaf pulled out and auxin paste 1 is put on the cut surface. Group IV is the same as group III except for the fact that the primary leaf is not pulled out. The result is very convincing. Groups I and II are almost alike: no growth occurs once it has stopped. The shortening even goes on. This means that the stopping of growth

really means the end of the growth period in the normal or the decapitated plant. In group III growth is resumed due to the auxin application, proving that there exists auxin hunger in the not growing cells. Still more interesting is the fact that this growth does not drop off rapidly, but instead increases and remains constant for almost a day, and finally drops off again. If we

TABLE 1.

Expt 20 V 35. Growth rate in % per 10 hours of the zone which just has stopped its growth after the second period of observation. Auxin paste 1 applied to group III and IV at end of 2-hour period.

| Successive periods of | | 8 hrs | 8 hrs | 2 hrs | 12 hrs | 12 hrs | 12 hrs | 12 hrs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Treatment | | | | | | | |
| I | Control + leaves not decapitated | 27.4 | 3.9 | —0.25 | 0.05 | 0 | —0.3 | 0.05 |
| II | Control — leaves decapitated | 33.5 | 7.0 | —0.8 | 0.1 | —0.1 | —0.4 | 0 |
| III | No leaves, with auxin, decapitated | 29.7 | 7.2 | —0.1 | 0.54 | 1.30 | 1.1 | 0.33 |
| IV | With leaves, with auxin, decapitated | 37.2 | 9.6 | —0.5 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0.2 |

only consider the first 36 hours after decapitation (perhaps afterwards the auxin supply from the paste drops off), we can draw the conclusion, that no further aging takes place as long as the auxin supply is excessive. This gives further support to DU BUY's theory that aging is due to inadequate auxin supply, and that it is not primarily caused by the time factor itself. We even observe the opposite phenomenon, rejuvenation, for the growth rate is increasing during the action of the excess auxin for a period over 12 hours long. Nevertheless the growth rate of normal young cells is by no means reached. It is interesting to note that these cells have been growing two days longer than they would have done under normal conditions.

Group IV does show some growth, but very little compared with III. In this case the leaf is present and apparently inhibits the growth of the coleoptile. As we will see later this probably is due to a competition for food. The case seems comparable with the thickening of the coleoptile when decapitated, if the primary leaf is pulled out (DU BUY 1933). This also has been ascribed to better nutrition.

In the experiments on the growth of the basal zones it is clear that no other known factor will limit it except auxin and aging. As the growth is so exceedingly slow the food factor does not come into the picture, except where the leaf is present. How is this in the zones nearer the tip?

6. *Reaction of an intact plant to excess of auxin.*

As the condition of each cell in the coleoptile is different as far as aging, auxin and food factor is concerned, we must differentiate as far as possible, which makes the picture rather complicated. A three dimensional diagram is the nearest possible approximation.

A coleoptile is marked into zones of 3—4 mm length by means of india ink droplets. The elongation of each zone is followed by measuring its length every hour. In this way not only the distribution of the growth rate over the whole length of the coleoptile, but also its change with time is recorded. Thus the effect of application of excess auxin to the tip can be followed, as seen in figure 1. The curves in the plane of the paper

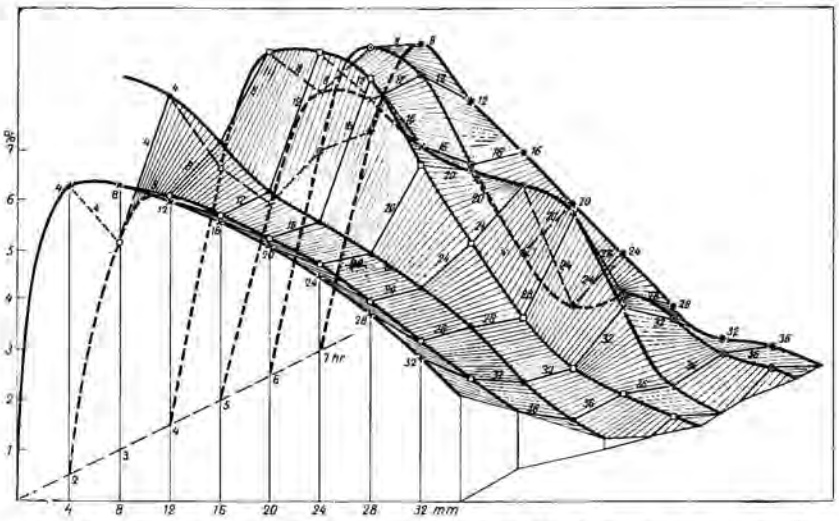



Fig. 1. Change of growth distribution in a coleoptile after application of auxin after 2nd hour. Ordinate: growth rate in % per hour. Abscissa: zones in mm from the tip. Third axis: time in hours.

represent the growth distribution in the coleoptile in a given hour. The ordinate shows the growth rate in % elongation per hour, the abscissa the zones at 4 mm distance each, the tip always at the zero point. The time factor is represented on the third axis perpendicular to the plane of the paper and the growth distribution curves for the consecutive hours are spaced along that axis. The points on these curves corresponding with the 4, 8, 12 etc. mm zones are connected by lines in the plane of the time axis and ordinate, representing the change in growth rate of each zone with time.

The first two hourly periods represent the normal growth, which is falling off equally in all zones during the second hour. At the end of the second period heteroauxin paste 1 is put on the tip of the intact plant. In the next hour the upper 10 mm of the coleoptile has considerably increased its growth rate, compared with the second hour, but the lower

zones are still growing at their normal rate. In the 4th hour the growth of the highest 5 mm drops again to normal, but all lower zones down to about 25 mm increase their growth rate. In the 5th hour the wave of increased growth moves further down. In the 6th hour the growth wave can still be distinguished at 25—40 mm from the tip, while in the 7th hour the growth distribution seems normal again, except for the fact that all zones are growing faster than in normal coleoptiles.

A similar reaction is obtained when an auxin paste of lower concentration ($^1/_4$, $^1/_{16}$) is applied. The growth wave moves downward at approximately the same rate. As the description takes much space and nothing materially new is encountered, we can draw conclusions from the described reaction without fear of considering an exceptional case.

The first conclusion to be drawn is: in the intact plant the auxin moves at almost exactly the same rate as VAN DER WEY (1932) calculates for the auxin transport in cut cylinders of coleoptiles.

Secondly it seems that under normal conditions the auxin concentration limits the growth rate over practically the whole length of the coleoptile, because all zones are responding to an excess of auxin with a growth increase. It seems moreover that the percentage growth increase is approximately the same for all zones, indicating that the other growth factors, in this case the food factor, is present everywhere in about the same excess. In this respect it is perhaps still more interesting that the growth increase, ranging from 30—70 %, is followed by a growth decrease before it reaches a more or less constant level. This is typical for a growth response. E.g. a light growth response in Avena is generally a growth decrease followed by an increase. According to some authors, e.g. VAN DILLEWYN (1927), the first growth decrease is due to the change darkness-light whereas the increase is caused by the transition light-darkness, so that the combination of growth decrease and increase is not organic, but each of them a definite reaction. In the case of the growth response to excess auxin, described above, we know that but one factor has been changed, and that the growth increase as well as the subsequent decrease both are due to the high auxin concentration. Thus my conclusion is, that a growth acceleration inevitably is followed by, because it causes, a growth retardation, acceleration and subsequent retardation being one single growth response.

For an explanation of this behavior I offer essentially the same as DOLK (1930) gave for the autotropism: the total available amount of the food factor is limited. The excess of auxin uses up all there is for the moment, leaving a shortage, which causes the growth to drop below the original level. To me it seems that this typical growth response is another proof of the existence of a second growth factor, not identical with aging, which never could explain a growth wave but only demonstrates itself as an increased growth resistance, and on which growth responses may be superimposed.

7. *Comparison of normal and "excess auxin" growth.*

In the preceding presentation the growth response to auxin has been considered in respect to the growth of the same plant previous to the administration of the paste. A completely different picture arises when we compare the growth of the treated plants with not treated ones during comparable periods. For this purpose we will compare figure 2 and 3. In each figure the growth distribution in consecutive periods of 2, 4 or 10 hours over the zones of one single plant are assembled. In the control plants (fig. 2) we observe a gradual drop of the growth rate of all zones, most rapid though in the lower ones, where the growth drops to zero. The upper 3 curves represent the growth during the first three consecutive periods of two hours each. The 4th and 5th curve are from four-hour periods, and consequently are further apart, whereas the last one is over a ten-hour period. Figure 3 gives the data about a plant of the same lot as figure 2; the only difference is that after the second two-hour period auxin paste $^1/_4$ has been applied. It represents an extreme case, but illustrates the effect of auxin application in a most effective way. The intermediate forms of response will be treated afterwards.

To begin with, the growth distribution is comparable with that in figure 2. In the first two periods the growth rate differs somewhat, but the mean of both exactly overlaps the mean of the same two of figure 2.

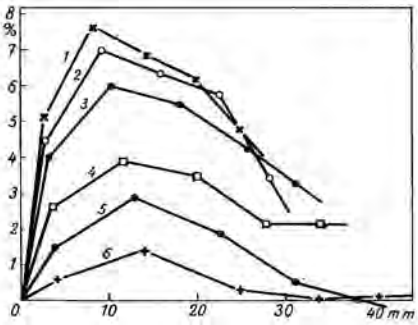



Fig. 2. Growth distribution in an untreated coleoptile in successive periods, 1, 2, and 3 each 2 hours, 4 and 5 each 4 hours, and 6 10 hours. Ordinate: growth rate in % per hour, Abscissa: zones in mm from the tip.

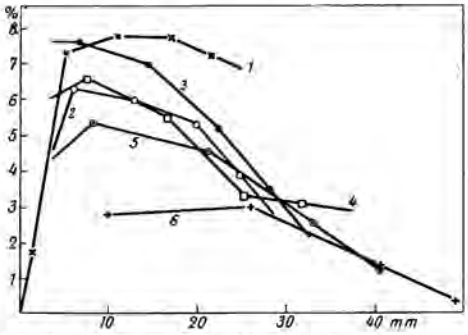



Fig. 3. Same as Fig. 2, only after the second period auxin paste $^1/_4$ is applied.

The third period shows the effect of auxin: there is a marked increase in the growth of the highest zones, whereas the lower ones keep their original rate. In the successive periods the growth rate of the higher zones (the upper 20 mm) drops off with time just as we will see in par. 8. But the growth rate of the lower zones remains constant. In all zones the supply of auxin is excessive (at least 20 times normal) and now we observe that *no aging* takes place in the lower zones, even not after 20 hours. It is clear

then that the drop in growth rate of the higher zones cannot be explained as a result of aging, but that food is becoming limiting. Most of the food factor is being used in the lower zones during its upward transport, and therefore less reaches the zones near the tip. In this case the relationship between auxin, aging and food factor is extremely simple: excess auxin completely prevents further aging, the cells go on growing at approximately the same rate, dependent on their state of aging before the administration of auxin. In those lower zones the food factor is not limiting, but higher up we only have to do with limitation of the growth rate by the food factor. An interesting point is that apparently the total amount of food factor available is greater in the plants with extra auxin than in the controls. In par. 11 this will be more closely considered.

Now in figure 4 an extreme case in the other direction is presented. The plant belongs to the same lot as figure 2 and 3, the periods of observation etc. are identical. Again the growth distribution of the first and second two hour period are the same as in figure 2. Then auxin paste $^1/_4$ is applied and just as in figure 3 we see for the 3rd and 4th period a growth increase near the tip, whereas growth remains almost constant in the lower zones. No aging becomes apparent. But suddenly in the 5th and 6th period growth drops almost to the level of the control plant. This must be ascribed to the food factor which has become exhausted, or rather whose supply has become limited. All intermediate stages between figure 3 and 4 are possible, depending on the moment that the food factor becomes limiting, and the degree of limitation.

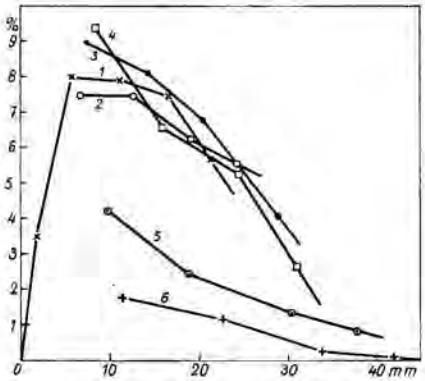


Fig. 4. Same as Fig. 2 and 3, after second period auxin paste ¼ applied.

Another set of experiments, which will not be presented here, confirms the view that the growth rate of te lower zones is limited only by the degree of aging at the moment of auxin application.

8. *Analysis of the food factor in young and old plants.*

It should be possible to analyse the food factor by increasing the auxin concentration and measuring the growth of the upper zones in which the aging has not yet occurred. Thus in the following descriptions the growth of only the most rapidly elongating zones is considered.

In the next experiment 7 groups of 6 plants each have been measured and the growth of the upper 10—15 mm is recorded. Two of the groups are kept as controls and are not supplied with extra hormone, only one of them (I) being represented in figure 5. Their growth shows something

like the aging effect, that is, it falls with time, first slowly, then more rapidly, and flattens out at last. To find out to what extent auxin, aging or the food factor are causing this drop auxin paste $^1/_4$ is applied to the tips of the plants of the remaining groups, in each group at a different moment, at two-hour intervals, so that the whole period of the rapid drop in growth rate is covered. The result is given in figure 5. The growth rate

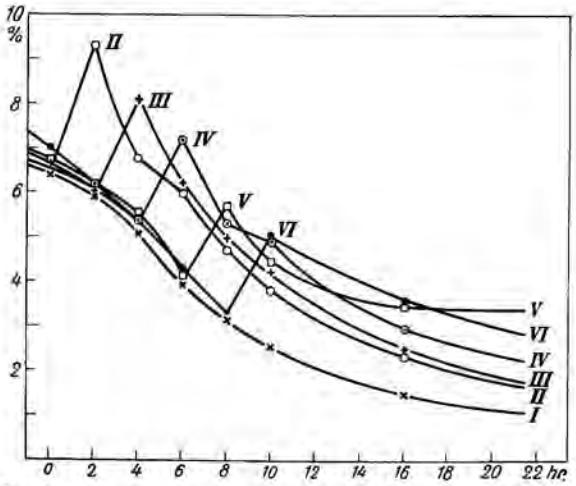



Fig. 5. Change in growth rate of highest zones after application of auxin paste ¼ to groups II—VI in successive 2-hour intervals. Ordinate: growth rate in % per hour. Abscissa: time in hours.

of each group before auxin is applied corresponds almost exactly with the controls, so that the material must be considered as very homogeneous. As soon as auxin is administered, the growth rate in the successive groups jumps up to: 143, 134, 134, 137 and 149 % of the value in the preceding period of two hours, and falls off again in the following periods. So it seems that the increase of the growth rate due to excess auxin is a more or less constant value.

Now does the food factor or the aging limit the growth rate of the treated plants after the first two hours of application of the auxin? Of course, considering the excess auxin, it is unlikely that aging plays a part in the subsequent growth decrease. The final length of the coleoptiles at the end of the experiment tells the story. In the two control groups it is 192 and 198 % of the original length, and in the five other groups: 248, 246, 253, 251 and 244 %. This means that it is immaterial whether the auxin application begins early or 8 hours later, — the final length is the same. In the first period the growth rate is just twice the rate in the 5th period, so the original growth rate at the moment of auxin application does not influence the final length at all; this means that aging has in fact nothing to do with it (auxin is in excess). The total amount of the food factor, however, is the same in all seeds. Normally only part of this is

used for growth of the coleoptile, but upon application of auxin paste the total amount of the food factor becomes available and will be used, whether in 12 or in 20 hours.

In all curves we also observe the phenomenon described in par. 6, viz. that after the growth acceleration by auxin in the first period the growth rate in the following one drops below its subsequent rate. If the growth rate of the experimental plants is expressed in percent of the growth rate of the controls in the same period, this effect is very pronounced.

9. *The food factor in artificially aged plants.*

Six groups of 6 plants each are marked 7 and 16 mm below the tip, the enclosed zone of most rapid growth being measured every 2 or 3 hours. The first group of plants is left intact; after the first 3 hour period the other groups are decapitated and the primary leaf pulled out, and those not supplied with auxin are re-decapitated every two hours to prevent the regeneration of auxin. On the second group is put auxin paste $^1/_4$ directly after decapitation, on the third the same is put after 2 hours, on the fourth after 4 and on the fifth after 6 hours, while the sixth does not recieve auxin at all. Figure 6 represents the results. The curve of group I, the controls, is typical and directly comparable with the similar curve of the controls in figure 5. The curve of group VI is typical too: after decapitation the growth falls rapidly and decreases still further in the next periods until growth almost completely stops due both to decreased auxin content and to aging. In group II we do not observe the typical increased growth rate in the first period after application of auxin, but in the second period the growth rate already exceeds that of the controls and remains slightly faster. In group III, IV and V we observe an increase in the growth rate immediately after auxin application; the most interesting fact, however, is that the maximal growth rate is not reached immediately, but only after 4 to 8 hours. The explanation follows from two facts: **1.** The available amount of food factor is great, as growth has been artificially kept down by decapitation. In this respect we can compare them with the plants of par. 5. **2.** The cells are artificially aged, because

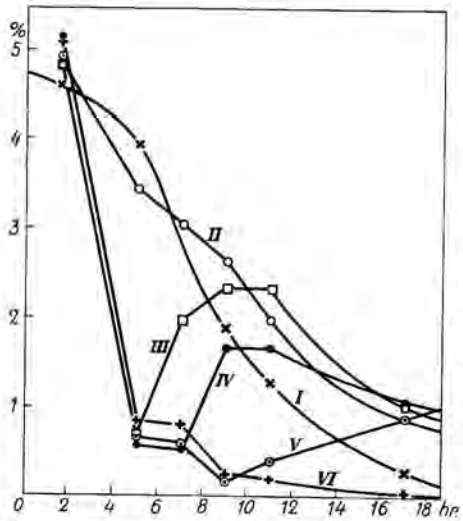



Fig. 6. Change in growth rate of most rapidly growing zones. After first 3 hours groups II—VI are decapitated and immediately or after 2, 4 or 6 hours auxin paste ¼ is applied to groups II—V. Ordinate: growth rate in % per hour. Abscissa: time in hours.

they have been prevented from growing, in this respect differing from those of par. 5. We have cells in different stages of aging, but all with the same slow growth at the moment of application of auxin.

As the food factor is far in excess, the application of auxin can induce rejuvenation. This is a slow process, and only becomes apparent when the growth rate is not limited by any growth factor except aging. Here, especially in the fifth group we have a perfect example of this rejuvenation.

10. *Deseeding experiments.*

As the food factor is considered to come from the seed, it is only natural to try to influence it by cutting the seed off and using deseeded plants. The decreased auxin formation in them (see SKOOG 1935) can be offset by addition of auxin paste. The food factor will be lowered in those plants, but at the same time we have to consider the probability that the cell wall formation, dependent on nutritive factors (see par. **4**), is decreased too.

The growth distribution in respect to zones and time has been followed in 16 deseeded plants. This is not enough to obtain a detailed quantitative picture of the whole phenomenon, but the results as far as they seem significant will be discussed.

What is the effect of deseeding on the growth rate? This immediately drops to 70 or 75 % of the rate of normal plants, and the same relationship between deseeded and normal plants holds for a long period afterwards (see groups I and II of figure 7). The growth distribution in the deseeded coleoptile changes relatively little compared with normal ones, only the growing zone is somewhat shorter.

In general the effect of excess of auxin is the same in deseeded as in normal plants. This may be concluded from figure 7 in which 5 groups

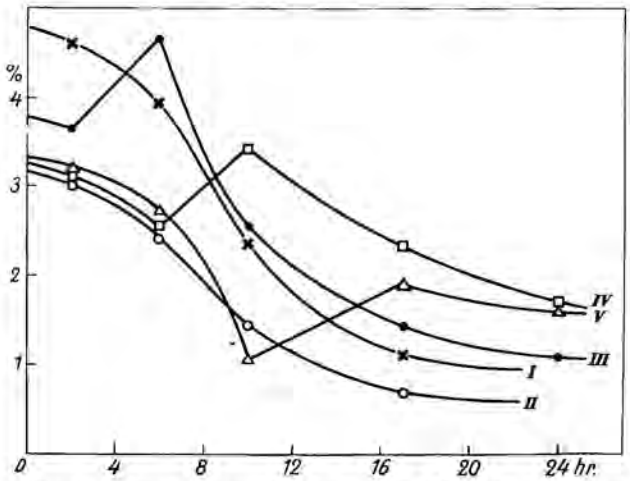



Fig. 7. Change in growth rate of highest zones of deseeded coleoptiles after application of auxin paste 1 to groups III—V. Group I not deseeded. Ordinate: growth rate in % per hour. Abscissa: time in hours.

(each the mean of 2 plants) are represented. The growth of their upper zones (10 mm) has been measured every 4 hours. The graph is directly comparable with figure 6, where the same thing is measured for normal plants over 2-hour periods. Group I is not deseeded; its growth rate drops exactly as in other experiments. The plants of group II are deseeded just before starting the measurements and are not treated with auxin. Their growth rate falls off just like that in the normal plants, only at a lower level; for the successive periods it is 66, 62, 62, 63 % of normal plants. In group III auxin paste 1 is applied at the end of the first 4-hour period, in group IV after 8 and in group V after 12 hours. In all three cases we get an increase of the growth rate, just as in normal plants. Thus we have to conclude that all three factors: auxin, aging and food drop in approximately the same ratio after deseeding.

By analysing the growth distribution after application of auxin in deseeded plants at different periods after deseeding we arrive at the same conclusion. Figure 8 shows the recalculation of the data at hand. We compare the relative growth increase upon auxin application as the growth distribution is the same in normal and deseeded plants. Curve I represents the growth increase caused by excess auxin in normal plants during the first 4 hours, curve II for the second 4-hour period. For still later periods the effect may be over 1000 %.

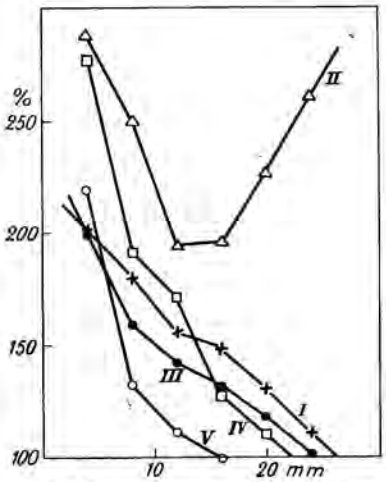



Fig. 8. Growth increase in the different zones due to application of auxin if compared with the growth of not treated plants, in the first period of 4 hours after application (curve II in second period of 4 hours). Curve III: plants deseeded 4 hours beforehand, curve IV: 8 hours deseeded, curve V: 22 hours deseeded. Ordinate: growth rate in % of normal growth. Abscissa: zones in mm from tip.

Now the excess auxin-growth of the deseeded plants in the first period of 4 hours (curve III) is essentially the same, only the effect does not reach down so far: the lowest zones, which also are affected most by aging, do not respond to auxin as in the normal plants, and the longer beforehand the deseeding takes place, the more the effect is localised in the upper zones (curves III, IV and V). But in those upper zones it is the same as in normal plants. However, the great difference between these and the normal plants is, that in the following periods there is no increased effect of auxin on the lower zones: the latter will go on growing at the same rate as they do without additional auxin. This means that the application of auxin does not increase the amount of food factor in the lower zones, while, as we have seen, it does so in normal plants (par. 7).

11. *Discussion.*

Now we are ready to reconsider the interrelations between growth rate, auxin and food factor. From all the preceding paragraphs we are led to the inevitable conclusion, that the growth of a coleoptile cannot be explained by the effects of auxin and aging alone, but that everywhere a third factor, which has been called the food factor, comes into the picture. This factor probably comes from the seed (see par. 12). It has not been possible to determine the concentration of the food factor in all zones of a coleoptile, as the only criterion for its presence is the growth rate, and in most cases this growth rate is primarily limited by the degree of aging of the cells. Only in exceptional cases does there seem to be a great excess of food factor (par. 5 and 9); in most other cases the amount of food factor available seems to bear a certain quantitative relationship to the growth rate, though it is not limiting growth. Thus it seems that the food factor and auxin are not independant. A relationship between these two may be imagined in different ways, e.g. as follows.

It is possible, that auxin, apart from its more or less direct effect on the cell wall, influences the transport of the food factor as well, so that a high auxin concentration would mean a good supply of the food factor. In view of the other processes influenced by auxin this explanation seems very reasonable; indeed the author hopes to be able to prove this viewpoint in another paper.

In some cases we have obtained rejuvenation by application of excess auxin (par. 5 and 9) but in others we have not. The most marked rejuvenation has been obtained when the growth rate is very low or zero. In par. 9 we actually observe an increasing effect the more the cells have aged. With the higher growth rates the rejuvenation, if present at all, will be so small to be undistinguishable.

12. *Food factor and leaf growth.*

A few further experiments throw some light on the food factor. In par. 5 it was found that the leaf limits the growth of the coleoptile by using the food factor. Also DU BUY (1933) describes how the growth of the coleoptile rather suddenly stops as soon as the primary leaf breaks through the coleoptile and starts to grow at a much increased speed. As the auxin formation goes on long after growth has stopped this must be caused by a lack of the food factor.

On the other hand rapid coleoptile growth inhibits leaf growth. In the plants treated with auxin paste the coleoptile grows faster and the leaf slower, as figure 9 shows. That this inhibition is due to the increased growth of the coleoptile and not to the auxin in itself, is proven by the next experiment. From a number of plants the growing zone of the coleoptile is cut off, and on the cut surface of half of the plants is put auxin paste I. The auxin is present but does not produce any appreciable growth in the basal cells of the coleoptile, and in this case auxin does not

inhibit leaf growth. The mean values are: leaf length in controls: 75 mm; when auxin paste 1 is added: 72 mm. All preceding facts are satisfactorily explained by assuming that for the growth of both leaf and coleoptile the same food factor is necessary. Its total supply by the seed is limited and allows for the normal growth of both, but as soon as the growth of one of them is increased beyond normal and uses more food factor, the growth of the other will decrease. This explanation is completely in line with the conclusion of par. 8, that the total supply of the food factor to the coleoptile is greater after auxin is applied. Moreover it explains the fact that in normal plants there exists a positive correlation between coleoptile and leaf growth. If the coleoptile is long, the leaf is too, or both are short. This is due to a variable available amount of food factor in the seed. Here we see that the distribution of the food factor between coleoptile and leaf is a finely regulated mechanism, which is upset by excessive auxin supply.

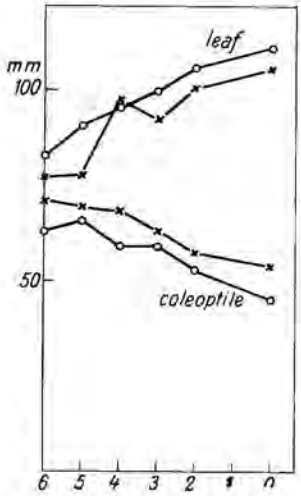



Fig. 9. Total length of coleoptile and primary leaf if treated with different auxin concentrations. Ordinate: length in mm. Abscissa: log. of auxin concentration.

Except in par. 7 no evidence has been obtained concerning my original hypothesis, that the growth of the highest zones, near the tip, is limited by the food factor. In the absence of any better explanation I provisionally maintain this view.

## 13. *Summary.*

By artificially increasing (10—50 times) the auxin concentration inside a coleoptile it can be shown, that in normal growth auxin limits the growth rate of practically all cells, either directly as a growth promoter or indirectly by preventing aging (par. 6). The aging is due to cell wall formation exceeding the rate of elongation, so that the cell walls become stiffer (par. 4). The reverse phenomenon, rejuvenation, has also been demonstrated (par. 5 and 9). This is a gradual increase in growth rate of old or aged cells after an excess of auxin has been applied (par. 11). Cells which have stopped growing by the combined effect of aging and auxin deficiency resume growth upon excessive auxin supply (par. 5).

A third factor limiting growth is recognised in the food factor, a nutrient stored in the seed and increasing both leaf and coleoptile growth (par. 12). Under normal conditions the food factor is in relative excess in the plant, but becomes limiting upon application of excess auxin (par. 8, 11), or after deseeding (par. 10).

LITERATURE CITED.

BONNER, J., 1934: Proc. Nat. Acad. Sci. **20**, 393.
BUY, H. G. DU, 1933: Rec. trav. bot. néerl. **30**, 798.
BUY, H. G. DU and E. NUERNBERGK, 1930: Proc. Kon. Akad. Wet. Amsterdam, **33**, 542.
DILLEWYN, C. VAN, 1927: Rec. trav. bot. néerl. **24**, 307.
DOLK, H. E., 1930: Diss. Utrecht.
HEYN, A. N. J., 1931: Rec. trav. bot. néerl. **28**, 113.
——— 1933: Protoplasma **19**, 78.
——— 1934: Jahrb. wiss. Bot. **79**, 753.
HEYN, A. N. J. and J. VAN OVERBEEK, 1931: Proc. Kon. Akad. Wet. Amsterdam **34**, 1190.
JOST, L., 1935: Zeits. f. Bot.
NUERNBERGK, E. and H. G. DU BUY, 1930: Rec. trav. bot. néerl. **27**, 417.
SKOOG, F., 1935: In press.
SÖDING, H., 1934: Jahrb. wiss. Bot. **79**, 231.
THIMANN, K. V., 1934: Journ. gen. physiol. **18**, 23.
THIMANN, K. V. and J. BONNER, 1933: Proc. Roy. Soc. London B. **113**, 126.
THIMANN, K. V. and J. BONNER, 1935: Journ. gen. physiol.
WEBER, U., 1931: Jahrb. wiss. Bot. **72**, 312.
WENT, F. W., 1928: Rec. trav. bot. néerl. **25**, 1.
WEY, H. G. VAN DER, 1932: Rec. trav. bot. néerl. **29**, 379.

---

**Anatomy.** — *Experimentelle Untersuchungen über die basale optische Wurzel beim Meerschweinchen.* Von EUGEN FREY (Zürich). (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

In meinen früheren Arbeiten (Proceedings Vol. XXXVI, N⁰. 2 und 3, 1933) habe ich den Versuch gemacht, die basale optische Wurzel der Reptilien und Vögel auf vergleichend-anatomischer Basis einer systematischen Untersuchung zu unterziehen, bei spezieller Berücksichtigung der Beziehungen dieser Wurzel zur Commissura transversa Gudden und deren Kern. Als weiteres Ziel nahm ich mir vor, den Aufbau des Systems der basalen optischen Wurzel und ihres Kernes bei einigen Säugetieren vom gleichen Standpunkte aus zu erforschen.

Der Nachweis der basalen Optikuswurzel und ihres Kernes bei verschiedenen Säugetieren wurde von MARBURG ('03) im Zusammenhang mit dem Tractus peduncularis transversus gebracht. Dieser Tractus wurde bereits von GALL und SPURZHEIM (1810) und von INANZI und LEMOIGNE ('61) gesehen, aber erst von GUDDEN ('70, '81) genau beschrieben und als Tractus peduncularis transversus betitelt. Nach GUDDEN degeneriert dieser Tractus nach einseitiger Enukleation des Augapfels auf der gekreuzten Seite. Seine charakteristischen Eigenschaften bei verschiedenen Tieren (Kaninchen, Hund, Schaf, Katze) sind: Verlauf vom vorderen Rand der vorderen Vierhügel am Rande des Mittelhirns zur Hirnbasis zur Austrittsstelle des Nervus oculomotorius, wo dann der Tractus peduncularis transversus im Winkel zwischen dem Corpus mammillare und dem Pedunkulusrand ins Mittelhirninnere eintritt, unter Formung eines kernartigen Gebildes. Weiterhin verläuft er dorsolateralwärts zwischen dem unteren Rand des Nucleus ruber und der Substantia nigra.

Nach GUDDEN sollen die Fasern dieses Tractus viel zarter und feiner myelinisiert sein, als die des Tractus opticus.

Viele Forscher, wie RETZIUS ('98), MARBURG ('03), KOSAKA und HIRAIWA ('15), CASTALDI ('23), TSAI ('25), LE GROS CLARK ('29), haben den Tractus peduncularis transversus bei verschiedenen Tieren beschrieben. Die amblyopen Tiere, wie Blindmaus (Spalax typhilus) (FRANKL—HOCHWART, '02), Maulwurf (TUMIANZEW, '98), GANSER, '82), zeigten ein völliges oder teilweises Fehlen des Tractus peduncularis transversus. Die von verschiedenen Autoren angewandten Degenerationsmethoden verhalfen zur allgemeinen Annahme, dass die Fasern des Tractus peduncularis transversus ihren Ursprung in der Retina der gekreuzten Seite haben. KOELLIKER ('96) nahm an, dass der Tractus peduncularis transversus seinen Kern oder seine Ursprungsstelle an der ventralen Seite des Gehirnes besitzt und im vorderen Vierhügel sein Ende findet. Die Beziehungen des Opticus zum Tractus peduncularis transversus seien aber dadurch nicht abgeklärt. SINGER und MÜNZER ('89) konnten die atrophierten Fasern bis zu den vorderen Vierhügeln verfolgen. MÜNZER und WIENER ('02) bestätigten die Ansichten von GUDDEN über die optische Natur und über den Verlauf des Tractus peduncularis transversus.

MARBURG ('03) widmete eine eingehende Studie der vergleichenden Anatomie des Tractus peduncularis transversus. Er wies die Existenz dieses Bündels bei einer ganzen Reihe von verschiedenen Säugetieren nach. Auch wurden von ihm mehrere Degenerationsversuche ausgeführt. MARBURG homologisiert den Tractus peduncularis transversus mit der basalen Optikuswurzel samt ihrem Kern (Ganglion ectomammillare Edingers).

WALLENBERG ('04) bestätigte auf Grund experimenteller Studien beim Meerschweinchen die Ansichten MARBURG's und wurde später auch von LOEPP ('12) unterstützt.

Meine erste Beschäftigung mit dieser Frage an Hand der Untersuchungen im Niederländischen Zentralinstitut für Hirnforschung von sehr guten, normalen Serien verschiedener Säugetierarten, wie Marsupialier, Chiropteren, Rodentier hat manche interessante Beziehungen zu Tage gebracht, gleichzeitig aber gezeigt, dass die Aufgabe nicht sehr leicht zu lösen ist. Dabei ist die Frage von besonderer Wichtigkeit: „Wo ist eigentlich die basale optische Wurzel bei diesen Tieren?" Um einen sicheren Ausgangspunkt für diese prinzipielle Entscheidung zu bekommen, habe ich vorerst versucht, bei einem bestimmten Tier durch eingehende Untersuchung Klarheit zu gewinnen. Als ein solches Untersuchungsobjekt wurde das Meerschweinchen (Cavia cobaja) gewählt.

Für die experimentellen Studien der basalen optischen Wurzel beim Meerschweinchen wurden eine frontale und eine horizontale Marchiserie nach der Enukleation eines Auges benutzt. Da ich in Analogie mit den Reptilien und Vögeln eine optimale Verbreiterung der basalen optischen Wurzel in den Horizontalebenen vermutet habe, wurde ein besonderer Wert auf die horizontale Serie gelegt.

Die erste Orientierung der allgemeinen Lageverhältnisse im Tractus in Bezug auf die basale Wurzel bekommt man besonders deutlich an Hand der Frontalmarchiserie (Abb. 5—6.).

Nach der vollzogenen Kreuzung der Sehnerven im Chiasma, die beim Meerschweinchen bekanntlich eine vollständige ist, kommt die Commissura transversa Gudden auf der degenerierten Seite sehr deutlich zum Vorschein. Sie liegt unterhalb und medial vom Tractus und ist lateral teilweise vom Tractus bedeckt. Sie ist im allgemeinen frei von Marchischollen,

ausgenommen vereinzelte isolierte Fasern, die den nachziehenden optischen Fasern zuzugehören scheinen. Ventral von der Commissura transversa sieht man eine bedeutende Ansammlung von Marchischollen, was auf das Bestehen eines optischen Bündels an dieser Stelle hinweist. Dieses Bündel stammt aus den Optikusfasern, die sich an der Basis des Chiasma gekreuzt haben. Dieser Befund bleibt beim Durchforschen von mehreren Schnitten kaudalwärts bestehen. (Abb. 5., tr. b. o.). Etwas weiter kaudalwärts in den Schnittebenen des hinteren Thalamusabschnittes sieht man einige aus diesem basal gelegenen Optikusbündel zur Basis und Mitte des Thalamus ziehende Fasern, die durch Marchischollen deutlich werden. Diese Fasern liegen ganz an der Oberfläche des Pedunculus cerebri. Da man die gleiche Strecke dieses Bündelchens an mehreren aufeinanderfolgenden Frontalschnitten auf der gleichen Höhe sieht und da die Degenerationsschollen sehr spärlich sind, bekommt man den Eindruck, dass dieses Bündel eher aus dünnen und sich flach an der Oberfläche des Pedunculus ausbreitenden Fasern besteht. Basal ziehen diese Fasern zum Winkel zwischen dem kaudalsten Teil des Corpus mammillare und dem medialsten Abschnitt des Pedunculus, von wo die Fäserchen, leicht aufsteigend, sich ausbreiten. Auch fangen die Marchischollen in diesem Winkel an, sich zu zerstreuen. Sie lassen dabei die Umrisse eines Kerns erkennen.

Weiter kaudalwärts, in den mittleren Ebenen des Corpus geniculatum laterale, wird die Verbindung aus dem basalen Bündel zur Medianlinie etwas bestimmter, gleichzeitig fängt dieses Bündel an, in seiner Intensität abzunehmen. Ausser dem Faserstreifen zur Basis sieht man am Frontalschnitt auch einige Schollen, die senkrecht durch den Pedunculus zum Thalamus ziehen. Diese Schollen können nur eine kurze Strecke weit verfolgt werden. In den Ebenen des Austrittes der Okulomotoriuswurzel und etwas frontaler davon erscheint oberhalb des durch die Marchischollenansammlung angedeutenen Endkernes ein ziemlich breites Band der degenerierten Fasern, die aus diesem Kern stammen und sich nach innen vom Pedunculus und dorso-kaudalwärts begeben. Sie erreichen den unteren Rand des unterhalb des roten Kernes sich befindenden Bündels der medialen Schleife. Dort breiten sie sich fächerförmig aus und ziehen dann dorso-lateralwärts in die Richtung des Randes der Substantia nigra.

In diesen Ebenen ist das Corpus geniculatum laterale fast verschwunden und das Corpus geniculatum mediale tritt in seinem vollen Umfang auf. Die Commissura transversa Gudden ist nicht mehr zu sehen, da sie sich mit dem Erscheinen des Geniculatum internum allmählich in diesem aufgesplittert hat. Das Bündel der degenerierten optischen Fasern ventral von der Commissura transversa Gudden hat sich bereits völlig erschöpft. Es ist aber auf den Schnitten immer noch die sehr spärliche superficiale Schicht der degenerierten Fasern am Rande des Pedunculus zu sehen, die bis zur Basis des Geniculatum internum verlaufen und dort scheinbar leicht nach innen einbiegen. Weiter kaudalwärts verliert dieses Bündelchen den Anschluss an den basalen optischen Kern und ist nur seitlich am Pedun-

kulusrand immer kürzer und kürzer, aber stets den Anschluss an die Basis des Corpus geniculatum behaltend, zu sehen. Schliesslich verlieren sich diese immer schmächtiger werdenden Fasern in dem Winkel zwischen dem obersten Rand des Pedunculus und der Basis des Corpus geniculatum internum. Dieses Verhalten des oben beschriebenen Bündels spricht dafür, dass dieser Faserzug nicht vom Corpus geniculatum internum basalwärts, sondern aus dem basalen Kern zum Corpus geniculatum internum verläuft. In den letzten Schnitten, wo dieses Bündelchen noch zu sehen ist, trifft man das Corpus geniculatum laterale nicht mehr, dagegen das Geniculatum internum in vollem Umfang. Diese Ebenen entsprechen auch den vorderen Ebenen des Ganglion interpedunculare (Abb. 6.).

Ein besonders typisches Bild in Bezug auf den Verlauf und die Verteilung der degenerierten Fasern des basalen optischen Bündels kommt an den Horizontalschnitten zur Darstellung. Die entsprechenden Serien wurden von unten nach oben geschnitten. In den basalsten Partien des Thalamus, oberhalb der stattgefundenen Kreuzung der n.n. optici, kann man am Traktusbündel sehr deutlich frontal die degenerierten Tractus optici, in der Mitte die Commissura transversa Gudden und kaudal davon, anschliessend an die Faserung der letzteren, die degenerierten Fasern des basalen Bündels, das in den Horizontalebenen einen grösseren Umfang aufweist, unterscheiden. (Abb. 1—4.).[1])

In den untersten Schnitten, wo der Pedunculus in seinem basalsten Abschnitt, wie eine isolierte Insel, noch ohne des Anschlusses an den Thalamus und an das Mittelhirn zur Darstellung kommt, sieht man mit voller Deutlichkeit, dass die degenerierten Fasern an der Oberfläche des Pedunculus in der Horizontalebene und vom vordersten äussern Rand kaudalwärts verlaufen, den untersten Pol des Pedunculus umfassen, um dann in einer ziemlich breiten aber lockeren Schicht am inneren Rand der Pedunkulusinsel wieder sich frontalwärts zu begeben. (Abb. 1. und 2.).

In den nachfolgenden, höher gelegenen Schichten der Thalamusbasis, wo diese Pedunkulusinsel bereits eine Verbindung mit dem Thalamus zeigt, sieht man sehr demonstrativ, dass die degenerierten optischen Fasern am äusseren Rand des Pedunculus einen Anschluss an das ventrale optische Bündel kaudal von der Commissura transversa Gudden finden, was beweist, dass der ganze, den basalen Pol des Pedunculus in oben beschriebener Weise umfassende Zug der degenerierten optischen Fasern eigentlich aus der ventralen optischen Wurzel entstammt. Interessant ist noch

---

[1]) Es kann vielleicht auffallen, dass der Tractus opticus, die Commissura transversa Gudden und die basale Optikuswurzel an den Frontal- und Horizontalschnitten die gleiche Figur bilden, nur um 90° gedreht. Das wird sofort verständlich, wenn man sich einen Sagittalschnitt durch den Tractus opticus vorstellt, in dem diese drei Gebilde ungefähr parallel zueinander dorso-kaudalwärts steigen. Ein senkrecht zur Sagittalebene geführter Frontalschnitt würde den Tractus opticus oben, die Commissura transversa in der Mitte und die ventrale Wurzel unten treffen. Ein zu dieser Sagittalebene geführter Horizontalschnitt trifft den Tractus opticus zuvorderst, die Commissura transversa in der Mitte und die ventrale Optikuswurzel kommt dann auf diesem Schnitt hinten zu liegen.

# Cavia cobaja

Marchi, Abb 1-4 horizontal, 5-6 frontal.

Abb 1

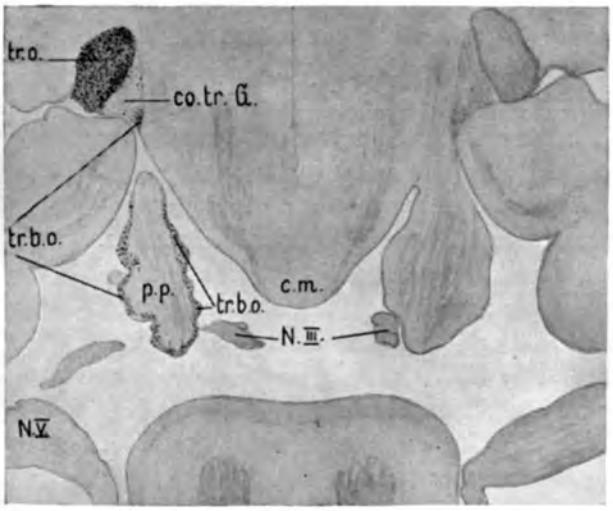



Abb 4.

Abb. 2

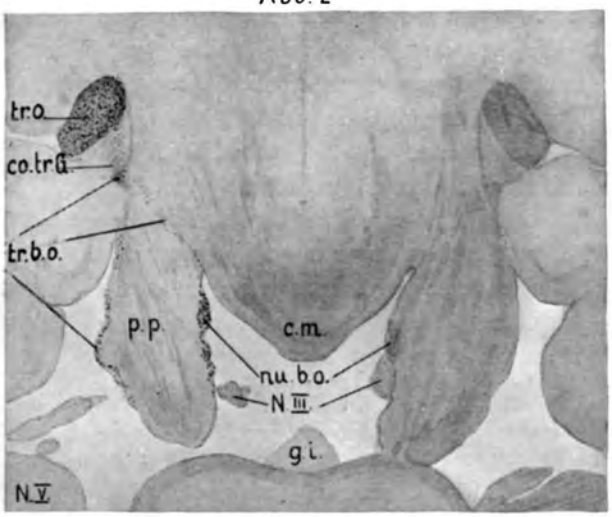



Abb 5

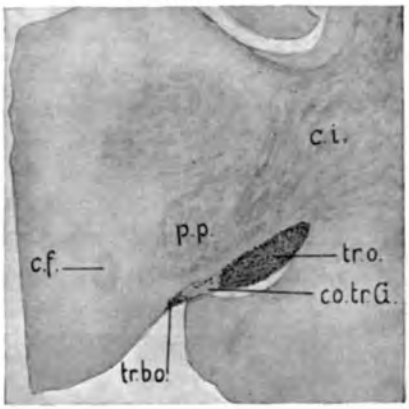



Abb 3

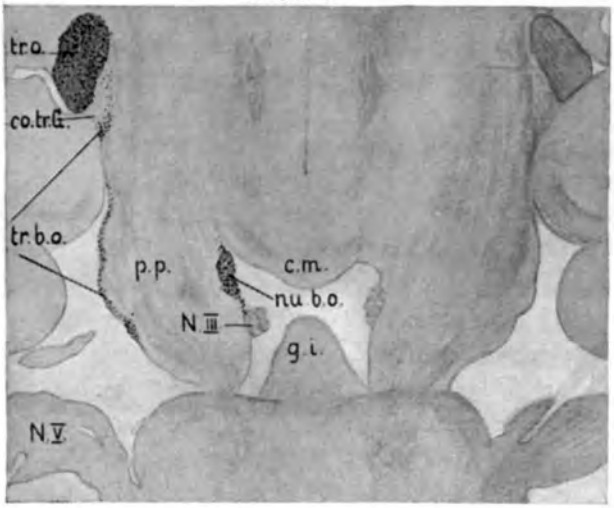
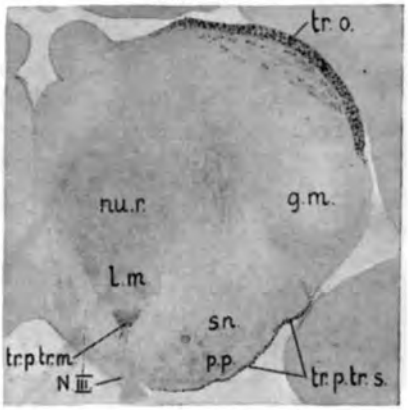



Abb 6



eine Einzelheit: in einigen Schnitten, wo der Peduncules in seinem Anschluss an den Thalamus bereits eine beträchtliche Dicke aufweist, sieht man ausser dem Bündel aus der basalen optischen Wurzel am äusseren Rande des Pedunculus auch einige degenerierten Fasern, die sich aus der basalen Wurzel im Tractus opticus durch die äussere Schicht des Pedunculus direkt zu seinem inneren frontalen Rand begeben. (Abb. 2.).

In weiteren oberen Partien des Untersuchungsobjektes erscheint allmählich ein kernartiges Gebilde am vorderen inneren Rand des Pedunculus, zu dem alle degenerierten Fasern ziehen. Dieser Kern hat eine etwas längliche Form und erstreckt sich von vorne nach hinten. Seine Lage ist auch an den Horizontalschnitten gekennzeichnet durch die Nachbarschaft der Okulomotoriuswurzel, die unmittelbar kaudal vom Kern an den Schnitten erscheint. Ein schmaler Streifen von Marchischollen verbindet diesen Kern mit der Okulomotoriuswurzel. (Abb. 3.). An den weiteren Schnitten aus den höheren Schichten des Pedunculus kann man die Okulomotoriuswurzel, in einigen Faserzügen verteilt, im Inneren des Mittelhirns sehen. In der nächsten Nähe und etwas frontal von dieser Wurzel sieht man das runde mit Marchischollen durchsetzte Bündel aus dem basalen optischen Kern. Diese Marchischollen sind sehr feinkörnig, was offenbar der besonders feinen Struktur der markhaltigen Fasern entspricht. Etwas höher erscheinen die horizontal verlaufenden Fasern der medialen Schleife. Sie ziehen teilweise durch den vertikal verlaufenden degenerierten Faserzug aus dem basalen optischen Kern, bleiben dabei medial von ihm liegen. In einer gewissen Höhe scheint es, dass die durchziehenden Fasern der medialen Schleife dieses Bündel spalten. Der kleinere, näher zur Medianlinie liegende, zellreiche Teil des degenerierten Bündels verschwindet allmählich, der andere ist noch eine Weile nach oben und lateralwärts zu verfolgen. Ausser der scheinbaren Feinheit der Fasern ist dieses optische Bündel noch durch das Vorhandensein von ziemlich zahlreichen Zellen im Verlaufe des ganzen Bündels, die sogar an den Marchischnitten sehr deutlich zu sehen sind, gekennzeichnet. Am oberen Ende des Bündels werden die Zellen zahlreicher, sodass man hier von einem kernartigen Gebilde sprechen kann. Die Marchiserie erlaubt, die Endigung dieses optischen Bündels genau zu lokalisieren. Der Endkern schliesst sich an den medialen Rand der Zellmassen der Substantia nigra in ihrem lateralen und dorsalsten Abschnitt an.

Zum Schlusse der Arbeit möchte ich noch einiges über die Marchibefunde bei unseren Untersuchungen erwähnen. Es fällt nämlich die eine Tatsache besonders auf, dass die Marchireaktion bei allen Verbindungen zu und aus dem basalen optischen Kern positiv ausgefallen ist. Das widerspricht in gewissem Sinn der Vorstellung über die Trennung der primären basalen Optikusverbindung vom Chiasma zum basalen Kern von den Verbindungen aus diesem Kern zu verschiedenen Zentren im Mittelhirn. Für die Erklärung der Wirkung der Degeneration auch im sekundären Neuron können wir zwei Möglichkeiten annehmen: die Unterbrechung

der Fasern der basalen optischen Wurzel in ihrem Kern ist keine vollständige, einige Fasern gelangen direkt in die sekundären Bahnen, oder es sind im basalen Kern die Verhältnisse so, dass die Ursprungszellen des zweiten Neurons keine selbstständigen Zellen sind, die durch die Kollateralen mit den Endzellen der primären Bahn verbunden sind, sondern die gleichen Zellen, die die Fasern des primären Neurons aufnehmen, den Ursprung des zweiten Neurons darstellen. In diesem Falle wäre es zu erwarten, dass bei einer Läsion des Opticus eine totale Degeneration des gekreuzten basalen optischen Kernes eintritt. Tatsächlich besitze ich eine Illustration dieser Möglichkeit. Beim Durchschauen einer Weigert-Palserie des Gehirnes eines Casuars aus Neuguinea (Sammlung des Niederländischen Zentralinstitutes für Hirnforschung), der am linken Auge blind war, fand ich den basalen optischen Kern der entsprechenden Seite total degeneriert. Die Abbildung 7. illustriert sehr anschaulich diese Verhältnisse.

Ich fühle mich aber trotzdem nicht berechtigt, die Frage durch diesen Nachweis als beantwortet zu betrachten und will diese vorläufig offen lassen, bis weitere Erfahrungen die letzte Annahme bestätigen oder eine andere Erklärung geben würden.

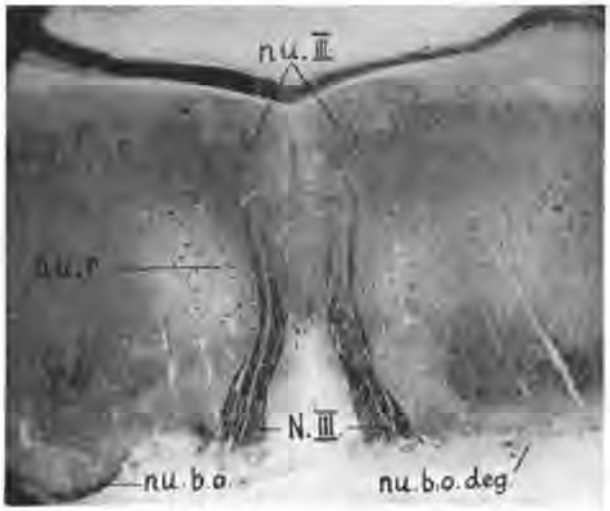



Abb. 7.
*Casuarius casuarius.* (Blindheit links). Frontal geschnitten; Markscheidenfärbung.

Die Diskussion der Ergebnisse der Marchiuntersuchungen wird in der nächstens folgenden Arbeit, die den Befunden am normalen Material gewidmet ist, geschehen.

ABKÜRZUNGEN:

nu. b. o. = Nucleus basalis opticus.
nu. b. o. deg. = Nucleus basalis opticus degeneriert.

| | |
|---|---|
| nu. III. | = Nucleus nervi oculomotorii. |
| nu. r. | = Nucleus ruber. |
| s. n. | = Substantia nigra. |
| c. m. | = Corpus mammillare. |
| g. i. | = Ganglion interpedunculare. |
| g. m. | = Geniculatum mediale. |
| tr. o. | = Tractus opticus. |
| tr. b. o. | = Tractus basalis opticus. |
| tr. p. tr. m. | = Tractus peduncularis transversus medialis. |
| tr. p. tr. s. | = Tractus peduncularis transversus superficialis. |
| p. p. | = Pes pedunculi. |
| l. m. | = Lemniscus medialis. |
| c. i. | = Capsula interna. |
| c. f. | = Columna fornicis. |
| co. tr. G. | = Commissura transversa Gudden. |
| N. III. | = Nervus oculomotorius. |
| N. V. | = Nervus trigeminus. |

## LITERATURVERZEICHNIS.


CASTALDI ,1923. Studi sulla struttura e sullo sviluppo del mesencefalo I. Arch. Ital. di Anat. e di Embryol. Vol. XX.

CLARK, W. E., LEGROS, 1929. The thalamus of Tupaia minor. Journal of Anat., Vol. **63**.

GALL, F. J. et SPURZHEIM, G., 1810. Anatomie et Physiologie du systeme nerveux. Paris.

GANSER, S., 1881. Vergleichend-anatom. Studien über das Gehirn des Maulwurfes. Morphol. Jahrb., Bd. VII.

FRANKL—HOCHWART, L. v., 1901. Zur Kenntnis der Anatomie des Gehirnes der Blindmaus (Spalax typhilus.) Arb. a. d. Neur. Inst., Wien, Bd. VIII.

GUDDEN, B. v., 1870. Ueber einen bisher nicht beschriebenen Nervenstrang im Gebiete des Gehirnes der Säugetiere und des Menschen. Arch. f. Psychiatrie, Bd. IV.

——————— 1881. Ueber den Tractus peduncularis transversus. Arch. f. Psychiatrie, Bd. XI.

INANZI, G. e LEMOIGNE, A., 1861. Sull' origine e sull' andamento di vari fasci nervosi del cervello. Parma, tip. Ferrari.

KOELLIKER, A., 1896. Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 6. Ed., Bd. II, Leipzig.

KOSAKA, K. und HIRAIWA, K., 1915. Zur Anatomie der Sehbahnen und ihrer Zentren. Folia Neuro-Biolog. Bd. IX.

LOEPP, W. H., 1912. Ueber die zentralen Optikusendigungen beim Kaninchen. Anat. Anzeig. Bd. XL.

MARBURG, O., 1903. Basale Optikuswurzel und Tractus peduncularis transversus. Arb. a. d. Neur. Inst. Wien, Bd. X.

MÜNZER, E. und WIENER, H., 1902. Das Zwischen- und Mittelhirn des Kaninchens und die Beziehungen dieser Teile zum übrigen Centralnervensystem. Monatsschr. f. Psych. und Neur., Bd. XII.

RETZIUS, G., 1898. Zur Kenntnis der lateralen Fläche des Mesencephalon und ihrer Umgebung. Biol. Untersuchg., Neue Folge, Bd. VIII.

SINGER und MÜNZER, 1889. Beitrag zur Kenntnis der Sehnervenkreuzung. Kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd. **55**.

TSAI, CHIAO, 1925. The optic tracts and centers of the opossum Didelphys virginiana. Jour. of Comp. Neur., Vol. **39**.

TUMIANZEW, N., 1898. Beiträge zur Erforschung des Sympathikuseinflusses auf die contralaterale Pupille. Pflügers Arch. f. Phys., Bd. **69**.

WALLENBERG, A., 1904. Notiz zur Anatomie des Tractus peduncularis transversus beim Meerschweinchen. Anat. Anzeiger, Bd. XXIV.

**Anatomy.** — *Die basale optische Wurzel des Meerschweinchens.* Von EUGEN FREY (Zürich). (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

Zur Fortsetzung meiner experimentellen Untersuchungen über die basale optische Wurzel beim Meerschweinchen (Proceedings Vol. XXXVIII, S. 767) möchte ich hier über Befunde am normalen Meerschweinchengehirn berichten.

Es standen mir folgende Schnittserien zur Verfügung: je eine horizontale BIELSCHOWSKY-, KATO- und CAJAL(gold)-serie; ferner frontale Markscheidenserien, je eine frontale und horizontale NISSL-serie und eine horizontale Serie mit alternierenden Markscheiden- und NISSL-präparaten.

Eine horizontale normale BIELSCHOWSKY-serie des Thalamus und des Mittelhirns bestätigt vollkommen die Befunde an den Marchiserien. Durch diese Methode kommt der basale optische Kern besonders schön zur Darstellung. Seine Lage in Bezug auf die austretende Okulomotoriuswurzel verdient besonders besprochen zu werden. Ausser der typischen nächsten Nachbarschaft zum Oculomotorius, was als allgemeines topographisches Merkmal bei allen bis jetzt untersuchten Tierklassen feststellbar war, fällt noch eine besonders intime Beziehung des Kernes zu den Okulomotoriusfasern auf. Ich konnte ein kleines, vom gesamten Wurzelstamm abgesondertes Bündelchen finden, das bis zur Randpartie des basalen Kernes heruntersteigt, hier von allen Seiten geflechtartig durch einzelne Kollateralen aus dem optischen Kern umgeben wird, um dann diesen Kern zu verlassen und sich bei der Austrittsstelle des Hauptnervenstammes zu diesem zu gesellen (Abb. 3. = Uebersichtsbild; Abb. 4. = starke Vergrösserung). Ausserdem fällt noch ein ziemlich kompakter Faserzug auf, der sich aus dem basalen optischen Kern kaudalwärts in die Richtung der Okulomotoriusfaserzüge begibt, um dann zwischen den einzelnen Faserbündeln des dritten Nerven dorsalwärts zu verschwinden (Abb. 2, ad N. III. !). Ergänzend dazu möchte ich eine ähnliche Feststellung beim Sciurus vulgaris an einer frontalen Markscheidenserie aus dem Niederländischen Zentralinstitut für Hirnforschung, erwähnen. Beim Sciurus habe ich einen scheinbar identischen Faserzug finden können, der aus dem, bei diesem Tier besonders schön ausgebildeten, basalen optischen Kern medio-dorsal in die Richtung der Okulomotoriusfasern zieht. Diese beiden offenbar homologen Faserzüge konnten nur eine relativ kurze Strecke verfolgt werden.

Die BIELSCHOWSKY-serie demonstriert in sehr klarer Weise den weiteren Verlauf des inneren Schenkels des Tractus peduncularis transversus.

Dieser bildet im Inneren des Mittelhirns ein rundes, scharf abgegrenztes und zellreiches Bündel, das die Okulomotoriusfaserzüge in ihrem Verlauf begleitet und sich in gleicher Weise, wie an den Marchiserien, verfolgen lässt. Sein Anschluss an den oberen Rand der Substantia nigra ist sehr anschaulich dargestellt. (Abb. 1., nu. tr. p. tr. m.)

Der eigentliche basale Kern ist in seiner maximalen Ausbreitung besonders klar an der horizontalen BIELSCHOWSKY-serie darstellbar. Er hat eine ovale Form und erstreckt sich dem Rande des Pedunculus entlang von vorne nach hinten. Typisch für sein Aussehen ist der Gefässreichtum und die zahlreichen stark gewundenen Fasern. (Abb. 2—4.)

Im NISSL-bild präsentiert er sich als ein deutlich abgrenzbarer Kern, der ziemlich zahlreiche Ganglienzellen enthält. Es sind dabei ausser grösseren polygonalen Ganglienzellen auch solche von kleinerer und mehr ovaler Gestalt zu sehen. Der innere Schenkel des Tractus peduncularis transversus ist so zellreich, dass er wie eine Kernsäule imponiert. Er enthält grössere polygonale und kleinere lanzettförmige Zellen. Dieser Zellreichtum fällt besonders in der unteren Hälfte des inneren Schenkels, bis zur Höhe des Bündels der medialen Schleife reichend, auf. Im weiteren Verlauf des Faserzuges nimmt die Zellzahl etwas ab, aber solche typischen Zelleinsprengungen sind eigentlich im ganzen Verlauf des Bündels zu finden. Gegen das Ende des Faserzuges nehmen die grösseren polygonalen Ganglienzellen an Zahl und Grösse etwas zu und die Dichte der Fasern ab, so dass am Ende ein kernartiges Gebilde zu erkennen ist, das sich am oberen Rand der Substantia nigra, unterhalb der Zellgruppen des Geniculatum internum zu den Zellmassen der Substantia nigra gesellt und mit diesen zusammenfliesst. Die gleichen Verhältnisse sind auch an der KATO-Silberserie zu finden.

Die Faserverhältnisse im basalen optischen Kern erinnern sehr an solche der Vögel und der Reptilien. Für den eigentlichen basalen Optikuskern sind besonders die zahlreichen und stark gewundenen dicken Fasern charakteristisch, die auf den Abbildungen 3 und 4 so anschaulich zu sehen sind. Im eigentlichen inneren Schenkel des Tractus peduncularis transversus sind diese Fasern streng in einem runden Bündel angeordnet. An den Frontalschnitten sieht man nur eine kurze Strecke weit eine fächerförmige Ausbreitung seiner Fasern unterhalb des Faserzuges der medialen Schleife, entsprechend der Stelle, wo im Marchibild (horizontale Serie) eine kleinere Kernmasse aus dem optischen Bündel durch die Fasern der medialen Schleife abgespalten wird. Im weiteren Verlauf verhält sich das optische Bündel vollkommen einheitlich, bis zu seiner Auflösung in einem Kern am oberen lateralen Rand der Substantia nigra.

Unterwegs scheint dieses optische Bündel mit verschiedenen Systemen in Berührung zu kommen, ohne dass man aus diesen Verhältnissen spezielle Schlüsse ziehen kann. Es fällt aber im inneren Schenkel des Tractus peduncularis transversus besonders ein Faserzug auf, der nicht weit vom basalen Kern aus diesem Bündel fächerförmig in frontale Rich-

tung zieht und dessen weiterer Verlauf nur eine kurze Strecke zu verfolgen ist.

## Cavia cobaja.

Bielschowsky, horizontal.

Abb. 1

Abb. 2.

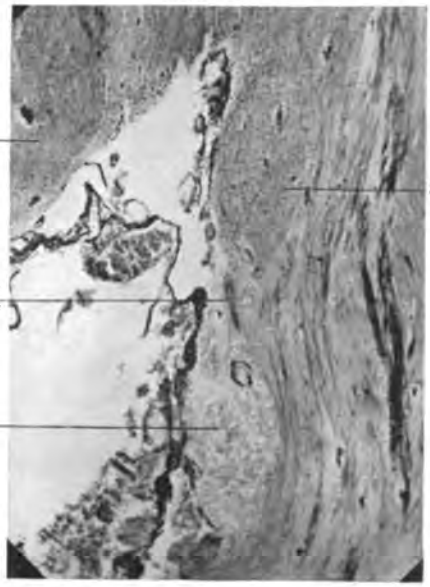



Abb. 3.

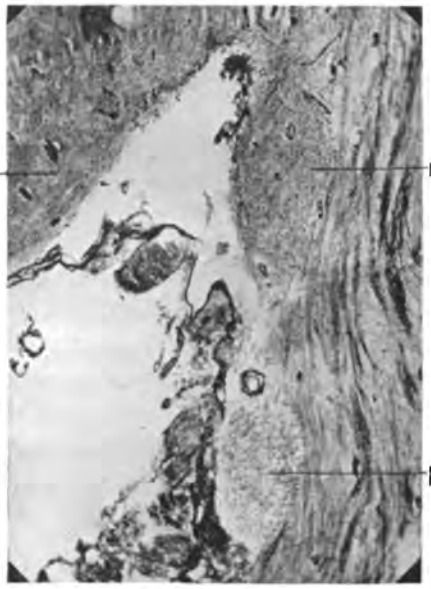



Abb. 4.

Aus unseren oben angegebenen Untersuchungsbefunden können wir bestimmte Schlüsse in Bezug auf die Existenz des basalen Optikusbündels und seiner Verbindungen ziehen. Die basale Wurzel als solche lässt sich sehr klar nachweisen, nämlich als basaler Bestandteil des Chiasma und der beiden Tractus optici. In den letzteren befindet sie sich ventral von der Commissura Gudden, durch welche sie vom Hauptteil des Tractus opticus getrennt ist. Bei den niederen Wirbeltierklassen begeben sich ihre Fasern auf dem kürzesten Weg kaudalwärts zum basalen Kern in unmittelbarer Nachbarschaft der Okulomotoriusaustrittsstelle an der Basis des Mittelhirns, sich hauptsächlich in der Horizontalebene ausbreitend. Nur die für Säugetiere typische und in der aufsteigenden Entwicklungsreihe zunehmende Pedunkulusbildung gibt dem Verhalten der optischen Fasern in ihrer Wegrichtung zum Oculomotorius eine besondere Note, indem sie das Pedunkulusrelief umfassen müssen.

Die in meiner vorangegangenen Arbeit angegebenen Befunde an den Marchiserien (Proceedings Vol. XXXVIII, S. 767) demonstrieren in anschaulicher Weise den Modus dieser Verbindung. Die Fasern ziehen aus der ventralen Optikuswurzel herunter und kaudalwärts und breiten sich als eine dünne Schicht an der Basis des frontalen Abschnittes des Pedunculus aus, biegen um die untere Wölbung des Pedunculus herum und gelangen so zum basalen optischen Kern. (l.c., Abb. 1—3.) Da diese dünne Schicht an einigen nacheinander folgenden Präparaten bei gewisser Verschiebung ihrer Lage an den Schnitten immer wieder erscheint, spricht dieses topographische Verhalten dafür, dass diese Schicht relativ breit, aber sehr flach und deshalb makroskopisch kaum erkennbar ist. Die Tatsache, dass die Fasern an Frontal- und Horizontalschnitten aus dem optischen Faserzug ventral von der Commissura transversa Gudden zur Basis ziehen und dass diese Wurzel kaudalwärts mit dem Abgang der einzelnen Fasern zum basalen Kern immer an Intensität abnimmt und schliesslich ganz verschwindet, spricht dafür, dass die optischen Fasern zum basalen Kern an der Oberfläche des Pedunculus aus dieser Wurzel stammen. Damit haben wir die unmittelbare und kürzeste Verbindung zwischen dem basalen optischen Bündel im Chiasma und im Tractus opticus mit dem oben so ausführlich beschriebenen basalen Kern in der Nähe der Austrittsstelle des Oculomotorius nachgewiesen. Zur Vervollständigung unserer Vorstellungen über das topographische Verhalten der Fasern der basalen Optikuswurzel auf ihrem Wege vom Tractus opticus zum basalen Kern ist noch zu erwähnen, dass es ausser der breiten superficialen Faserschicht, die die untere Kuppe des Pedunculus bogenförmig umfasst, um dann an den basalen optischen Kern zu gelangen (l.c., Abb. 1—2.), auch solche Fasern gibt, die aus dem Hauptbündel an der Basis der Commissura Gudden auf dem direkten Wege zum basalen Kern gelangen, die äussere Schicht der Pedunkuluswölbung durchbohrend. (l.c., Abb. 2.)

Zum Verständnis der Natur dieser basalen Wurzel möchte ich ihre typischen Merkmale hervorheben: Zugehörigkeit zum basalsten Abschnitt

des Chiasma; ventrale Lage im Tractus an der Basis der Commissura Gudden; die Orientierung auf die Austrittsstelle des Nervus oculomotorius hin, mit welcher sie in einen engen Kontakt kommt; das Verbleiben an der Basis des Thalamus, mit optimaler Verbreiterung in der Horizontalebene fronto-kaudalwärts. Alle diese typischen topographischen Merkmale finden wir bei der basalen optischen Wurzel der niedrigen Wirbeltierklassen: Amphibien (WLASSAK, '93), Reptilien (FREY, '33) und Vögeln (FREY, '33). Dies gibt uns das Recht, *das oben beschriebene Verbindungssystem als Homologen der basalen optischen Wurzel der Amphibien, Reptilien und Vögel zu betrachten.* Dieser Homologienachweis hat selbstverständlich die volle Wirkung auch auf den basalen optischen Kern, Endstätte dieser Bahn. Tatsächlich ist die Homologie der Lageverhältnisse dieses Kernes beim Meerschweinchen mit solchen der niedrigeren Tierklassen eine vollkommene. Seine topographischen Beziehungen zur Austrittsstelle der Okulomotoriuswurzel, sein Aufbau, seine Beziehungen zum Corpus geniculatum mediale bestätigen restlos diese Homologie. Nur die letzterwähnten Beziehungen verlangen eventuell eine Erörterung. Ich habe bereits bei Reptilien und Vögeln nachgewiesen, dass für die basale optische Wurzel die ventrale Lage in Bezug auf die Commissura Gudden und beim basalen optischen Kern eine ähnliche nächste Nachbarschaft in Bezug auf den Kommissuralkern (Corp. genic. mediale) typisch sind. Nur finden wir beim Meerschweinchen das Corpus genicul. mediale weit oben entfernt und durch die mächtigen Fasermassen des Pes pedunculi vom basalen optischen Kern getrennt. Dies kann aber in keiner Weise als ein Widerspruch zu unserer Charakteristik der Topographie dieser Gebilde gelten, sondern als eine Bestätigung dienen, wenn man die phylogenetische Entwicklung des Pedunculus in Erwägung zieht. Bei Reptilien liegt der Kommissuralkern (Geniculatum mediale) unmittelbar oberhalb des basalen Optikuskernes. Etwas medial von diesen Ganglien und auf der gleichen Höhe befindet sich der mächtige Tractus strio-thalamicus, s. Pedunculus ventralis. Bei Vögeln sind diese Kerne gegen die Basis verschoben und der Tractus strio-thalamicus befindet sich dorsal davon. Der Tractus strio-thalamicus stellt auf dieser phylogenetischen Stufe ein Analogon der Anlage des Pedunculus cerebri der Säugetiere dar. Mit der Zunahme der Pedunkulusmassen in aufsteigender Entwicklungsreihe keilt er sich zwischen beiden Kernen ein. Der basale Optikuskern bleibt wegen seiner topographischen Verbundenheit mit der Okulomotoriuswurzel an der Basis des Mittelhirns liegen, während das Corpus geniculatum mediale durch den an Grösse zunehmenden Pedunculus dorso-lateralwärts verschoben wird.

Schliesslich müssen wir das System der sekundären Verbindungen des basalen optischen Kernes eingehend erläutern. Als eine Ergänzung zu meinen Befunden bei Reptilien möchte ich jetzt eine neu von mir festgestellte Verbindung bei den Schlangen (Crotalus horridus und Ancistridon contortrix) angeben. Diese zieht aus dem vorderen Abschnitt des

basalen optischen Kernes am Rande des Mittelhirns dorsalwärts und ist über das Corpus geniculatum mediale in die Richtung des Armes der hinteren Vierhügel zu verfolgen.

Zur Frage der Existenz der sekundären Bahnen aus dem basalen optischen Kern erlauben meine Untersuchungen am Meerschweinchengehirn die Annahme von mindestens drei sekundären Verbindungen aus diesem Kern: 1. Die Bahn zu den Bündeln des Nervus oculomotorius, die bis jetzt noch nicht bis zu ihrem Ende verfolgt werden konnte. 2. Der nach innen verlaufende, sehr zellreiche Faserzug, der scheinbar auch eine nähere Fühlung mit der Faserung der medialen Schleife hat und hier eine kleine Zellgruppe abspaltet (Marchibefund). Die Hauptfaserung dieser Bahn begibt sich dorso-lateralwärts zum Rand der Substantia nigra, zu deren Zellen der Endkern dieser Bahn sich gesellt (Abb. 1.). 3. Der Faserzug an der lateralen Oberfläche des Mittelhirns, der dorsokaudalwärts zieht und bis zur Basis des Corpus geniculatum internum verfolgt werden konnte.

Bei der ersten sekundären Bahn würde es sich um die Fasern handeln, deren wahrscheinlicher Weg zum Okulomotoriuskern führt. Möglicherweise ziehen sie in der nächsten Nachbarschaft der Okulomotoriusfasern, aber in entgegengesetzter Richtung. Da die Okulomotoriusfasern stets Marchischollen enthalten, wären vielleicht die optischen Fasern schwer an den Marchipräparaten zu verfolgen. Ich habe den Abgang ähnlicher Fasern auch beim Sciurus vulgaris gesehen. Auch bei Didelphys marsupialis war solcher Befund zu erheben. Die Erfahrungen über die Existenz einer direkten Verbindung zwischen dem basalen Optikuskern und dem Okulomotoriuskern bei Amphibien, Reptilien und Vögeln zwingen uns zur Annahme, dass bei Säugetieren ebenfalls eine solche Verbindung besteht. Interessanterweise hat PERLIA (v. GRAEFE'sches Archiv f. Ophthalm., Bd. 35) bereits mit Marchimethode die Existenz einer direkten Verbindung zwischen dem basalen optischen Kern und dem Okulomotoriuskerngebiet nachgewiesen (l.c., Taf. IX, Fig. 3). Leider fand sein Befund später keine Bestätigung und wurde von den Autoren sogar als ein Irrtum betrachtet. Es scheint mir, dass es jetzt Gründe genug gibt, auch bei Säugetieren diese Verbindung mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen und es nur eine Frage der Zeit und vorwiegend eine technische Aufgabe ist, diesen Befund als ganz gesichert zu betrachten.

Der sehr zellreiche Faserzug aus dem optischen Kern zum unteren Abschnitt der medialen Schleife und weiter dorso-lateralwärts bis zum oberen Rand der Substantia nigra war bis jetzt bereits bekannt und wurde als innerer Bestandteil des Tractus peduncularis transversus angesehen, nur wurde seine Endstätte bis jetzt nicht mit Sicherheit nachgewiesen.

BECHTEREW ('99) gab im Winkel zwischen dem Nucleus ruber und der Substantia nigra einen kleinen konischen Kern als Endstätte des Tractus peduncularis transversus an. Von manchen Autoren werden in den Kernmassen an der Basis des Mittelhirns zwei Kerne unterschieden: ein dorsaler

und ein ventraler. Aus der vergleichend — anatomischen Betrachtungsweise und auf Grund des daraus folgenden Homologienachweises bin ich geneigt, den basalen Kern mit seinen typischen und bei allen untersuchten Wirbeltierklassen konstanten topographischen und anatomischen Verhältnissen als den eigentlichen Endkern der basalen Optikuswurzel und als den Hauptkern des ganzen Systems seiner Verbindungen zu betrachten. Den dorsal davon gelegenen Abschnitt möchte ich trotz seines Zellreichtums nicht als einen Kern ansehen und aus dieser ganzen inneren Verbindung nur zwei kernartige Endpunkte isolieren: den kleinen Kern im Anschluss an die Fasern der medialen Schleife und den Endkern am oberen Ende der Substantia nigra.

Die dritte sekundäre Verbindung aus dem basalen optischen Kern am Rande des Mittelhirns zur Basis des mittleren Abschnittes des Corpus geniculatum mediale verdient unsere besondere Aufmerksamkeit, da diese am ehesten mit dem bis jetzt in der anatomischen Terminologie noch von GUDDEN eingeführten Bezeichnung „Tractus peduncularis transversus" identisch sein mag. Nur ist dieser Faserzug beim Meerschweinchen so wenig voluminös, dass sein makroskopischer Nachweis kaum möglich ist. Vom klassischen Tractus peduncularis transversus ist es aber bekannt, dass er bei vielen Tieren makroskopisch gut unterscheidbar ist. Ausserdem ist noch zu betonen, dass der Tractus peduncularis transversus Guddens nach diesem Autor eigentlich den vorderen Rand der vorderen Zweihügel mit unserem basalen Kern verbindet. Diesen Faserzug haben wir aber beim Meerschweinchen an unseren normalen, sowie auch Marchiserien nicht unterscheiden können. Bei Xantharpya amplexicaudata und bei Didelphys marsupialis haben wir ebenfalls nur eine Beziehung des entsprechenden Faserzuges zum Corpus geniculatum mediale, resp. seinem Arm feststellen können (an normalen frontalen Markscheidenserien).

An den horizontalen Marchiserien des Kaninchens sah ich einen deutlich an der Oberfläche des Mittelhirns vorspringenden Wulst des Tractus peduncularis transversus Guddens, der tatsächlich den basalen optischen Kern mit dem vorderen Rand der vorderen Vierhügel verbindet. Dass dieser Faserzug nicht einfach mit aberrierenden Traktusfasern zu identifizieren war, zeigt vor allem die besondere Struktur seiner Fasern, die viel schwächer myelinisiert und weniger dicht gelegen waren, als die eigentlichen Traktusfasern. Nach WINKLER ('11 und '14) hat beim Kaninchen der Tractus peduncularis transversus Beziehungen zur Commissura Gudden, bei der Katze aber zum Tectum opticum. Wir können vorläufig daraus schliessen, dass es gegenwärtig nicht möglich ist, genau diesen Faserzug zu identifizieren, der bis jetzt Tractus peduncularis transversus genannt wurde. Es scheint mir, dass wahrscheinlich die beiden sekundären Verbindungen zum Tectum und zum Fasersystem des Corpus geniculatum mediale, resp. seines Armes, vorhanden sein können, da wir aus den Untersuchungen SHANKLIN's ('30 und '33) beim Chamaeleon wissen, dass zahlreiche sekundäre Verbindungen aus dem basalen Optikuskern zu ver-

schiedenen Systemen im Mittelhirn führen und dadurch dem Okulomotoriuskerngebiet Korrelate von verschiedenen Reizqualitäten via diese optische Reflexbahn übermitteln. Das ist meine vorläufige Auffassung, die ich später bei mehreren Säugetierarten allgemein zu fundieren hoffe.

Viel wichtiger scheint mit die Möglichkeit des sicheren Nachweises der eigentlichen basalen optischen Wurzel und deren Differenzierung vom Tractus peduncularis transversus der Autoren zu sein. Aus meiner oben angeführten eingehenden Beschreibung möchte ich die Auffassung vertreten, dass die Auslegung von MARBURG über die Homologie des Tractus peduncularis transversus mit der basalen optischen Wurzel der niederen Wirbeltiere insofern zu revidieren sei, als der bis jetzt Tractus peduncularis transversus genannte Faserzug nicht die eigentliche basale optische Wurzel der niederen Tiere ist, sondern als eine sekundäre Verbindung aus dem Endkern derselben aufgefasst werden muss. Eine andere sekundäre Verbindung aus dem gleichen Kern stellt dann nach meiner Auffassung der innere Schenkel des Tractus peduncularis transversus dar, der Beziehungen zur medialen Schleife und zur Substantia nigra hat. Aus meinen Marchibefunden ist zu schliessen, dass an der Basis des Pedunculus vor dem Endkern die basale Wurzel sich eng an die sekundären Fasern anlegt, so dass aus den Frontalschnitten allein eine sichere Differenzierung in meinem Sinne bis jetzt nicht gut möglich war. Nur die horizontale Marchiserie hat dies gezeigt.

Aus meinen Ausführungen über die charakteristischen Eigenschaften der basalen Wurzel und ihrer Lageverhältnisse in Bezug auf den Tractus opticus und die Commissura Gudden ergibt sich von selbst, dass die basale Wurzel eigentlich dem grössten Teil des Fasciculus accessorius optici anterior BOCHENEK's entspricht. Ich habe nachgewiesen, dass der Hauptbestandteil der Fasern des ventral von der Commissura Gudden liegenden optischen Bündels sich zum basalen optischen Kern begibt und dass nur vereinzelte Fäserchen durch die Pedunkulusbündel in die Richtung des Corpus Lyus, im Sinne BOCHENEK's, abgehen. Andererseits ist es auch ganz klar, dass das Corpus Lyus in keiner Weise als der basale optische Kern (Ganglion ectomammillare EDINGER's) angesehen werden darf. Die Identität des letzteren bei Säugetieren scheint mir mit Sicherheit nachgewiesen zu sein.

Was die allgemeine Konzeption der Natur des basalen optischen Bündels betrifft, so möchte ich hervorheben, dass bei ARIËNS KAPPERS ('21) eine Definition dieses Bündels zu finden ist, die sich vollkommen mit den Ergebnissen meiner Untersuchungen deckt. So schreibt ARIËNS KAPPERS (l.c., S. 900): „Ausser dem eigentlichen Tractus opticus enthält der Tractus peduncularis transversus Sehnervenfasern, welche (bei Ungulaten, Nagern, Karnivoren und Affen) nach der Kreuzung, basal verlaufend, sich zwischen Pes pedunculi und Corpus mammiliare in dem Nucleus tract. peduncul. transversi, wahrscheinlich dem Homologon des Ganglion opticum ventrale der Vögel, verliert." Zu dieser Schilderung ist nur noch zu bemerken, wie es

sich aus meinen Befunden ergibt, dass die zum vorderen Rand der vorderen Zweihügel, resp. zur Basis des Corpus geniculatum internum, ziehenden Fasern des klassischen Tractus peduncularis transversus der Autoren nicht mehr die basale optische Wurzel im engeren Sinne darstellen, sondern als sekundäre Verbindungen aus dem basalen optischen Kern, Endstätte der eigentlichen basalen Optikuswurzel, angesehen werden dürfen. Schliesslich finden wir bereits bei KOELLIKER ('96) die Meinung vertreten, dass der Tractus peduncularis transversus seine Ursprungsstelle an ventraler Seite des Gehirns besitzt und dass der im vorderen Vierhügel sich verlierende Strang das Ende desselben darstellt. (l.c., S. 608).

## ABKÜRZUNGEN:

| | |
|---|---|
| nu. b. o. | = Nucleus basalis opticus. |
| nu. tr. p. tr. m. | = Nucleus tractus peduncularis transversus medialis. |
| nu. r. | = Nucleus ruber. |
| c. L. | = Corpus subthalamicum Lyusi. |
| s. n. | = Substantia nigra. |
| c. m. | = Corpus mammillare. |
| tr. b. o. | = Tractus basalis opticus. |
| p. p. | = Pes pedunculi. |
| f. M. | = Fasciculus Meynert. |
| co. tr. G. | = Commissura transversa Gudden. |
| N. III. | = Nervus oculomotorius. |
| ad N. III. | = ad Nervus oculomotorius. |

## LITERATURVERZEICHNIS.


BECHTEREW, W., 1899. Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. Leipzig.

BOCHENEK, A., 1908. Ueber die zentrale Endigung des Nervus opticus. Anz. d. Akad. d. Wissensch. zu Krakau.

FREY, EUGEN, 1933. Ueber die basale Optikuswurzel und die kaudalen Verbindungen der Commissura transversa Gudden der Reptilien. Proc. Kon. Akad. v. Wetens. te Amsterdam, Vol. XXXVI, S. 217.

——— 1933. Ueber die basale Optikuswurzel und die kaudalen Verbindungen der Commissura transversa Gudden der Vögel. Proc. Kon. Akad. v. Wetens. te Amsterdam, Vol. XXXVI, S. 351.

KAPPERS, C. U. ARIËNS, 1921. Die vergleichende Anatomie des Nervensystems. Abs. 2, Haarlem.

KOELLIKER, A., 1896. Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 6. Ed., Bd. II, Leipzig.

PERLIA, 1899. Die Anatomie des Okulomotoriuszentrums. Graefes Arch., Bd. **35**.

SHANKLIN, W. M., 1930. The central nervous system of Chameleon vulgaris. Acta zool., Bd. **11**.

——— 1933. The comparative neurologie of the nucleus opticus tegmenti with special reference to chameleon vulgaris. Acta zool., Bd. XIV.

WINKLER, C. and POTTER, A., 1911. An anatomical guide to experimental researches on the rabbit's brain. Amsterdam.

——— 1914. An anatomical guide to experimental researches on the cat's brain. Amsterdam.

WLASSAK, R., 1893. Die optischen Leitungsbahnen des Frosches. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. Suppl.

**Anatomy.** — *Ueber den Nucleus magnocellularis periventricularis bei Reptilien und Vögeln.* [1]) Von TOSHIYUKI KUROTSU (Kaiserl. Universität Osaka). Aus dem Niederländischen Zentralinstitut für Hirnforschung. (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS.)

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

Der Fortschritt der experimentellen Untersuchungen über das autonome Nervensystem hat die feinere histologische Forschung des Hypothalamus der Säuger in den letzten Jahrzehnten stark angeregt. Auszer den Säugern sind auch die Fische öfters untersucht worden. Demgegenüber ist aber unsere Kenntnis des Hypothalamus der Sauropsiden noch unvollkommen.

Seit diesem März habe ich auf Anregung von Prof. ARIËNS KAPPERS versucht die Phylogenese des Hypothalamus der Sauropsiden zu studieren. In der vorliegenden Arbeit ist namentlich der Nucl. magnocellularis periventricularis i.w.S. behandelt.

RÖTHIG (1911) ist der Meinung, dasz die Ganglia optica basalia (Nuclei supraoptici) der Säuger auf den Nucl. praeopticus der niederen Vertebraten zurückzuführen seien und dasz der Nucl. magnocellularis thalami (peri- oder paraventricularis anderer Autoren) der Säuger sich wahrscheinlich aus dem Nucl. praeopticus herleite. Dasselbe wurde von ARIËNS KAPPERS (1934) bei Reptilien betont. Nach SCHARRER (1934) entspricht der Nucl. magnocellularis praeopticus der Fische und Amphibien dem Nucl. magnocellularis periventricularis bei höheren Wirbeltieren.

Um die topographischen Verhältnisse der in Betracht kommenden Kerne bei verschiedenen Tieren leichter vergleichen zu können, habe ich die Distanz zwischen dem oralen Ende des Recessus praeopticus und dem vorderen Rand des N. oculomotorius an seiner Austrittsstelle als Konstant angenommen. Als Bodenlinie habe ich die ventrale Fläche des Infundibulums und ihre orale Fortsetzung unter das Chiasma in der Medianebene gewählt und als gerade Linie dargestellt. Die Kontur der Kerne wird dadurch in den Diagrammen etwas verschieden von der Wirklichkeit, indem sie das eine Mal etwas zu hoch, das andere Mal etwas zu niedrig dargestellt sind. Um die Beziehung der Kerne in der horizontalen Ebene zu vergleichen, sind in ähnlicher Weise Diagramme angefertigt worden.

Als Material wurden folgende Serien des Institutes für Hirnforschung benutzt: *Reptilien*: Dammonia subtrijuga (W—P) [2]), Chelone mydas

---

[1]) Diese kleine Abhandlung möchte ich der Seele meiner Frau, die während meines Aufenthaltes in Amsterdam in Kyoto gestorben ist, widmen.

[2]) W—P = Weigert-Pal Präparate. V—G = Van Gieson Präparate. W—P—P = Weigert-Pal Parakarmin Präparate. N = Nissl Präparate. H—H = Heidenhains Haematoxylin Präparate.

(W—P—P; V—G.), Crocodilus porosus (W—P—P; V—G.), Lacerta agilis (N), Hydrosaurus salvator (H—H), Crotalus horridus (N.); *Vögel*: Casuarius australis (W—P—P; V—G.), Struthio spec. (W—P; V—G), Gallus domesticus (W—P—P; N), Columba domestica (W—P—P; N), Melopsittacus undulatus (W—P—P; N), Emberiza citrinella (W—P—P), Passer domesticus (W—P—P; N).

Ausserdem sind noch einige Serien von Fischen, Amphibien und Säugern zum Vergleich herangezogen worden.

*Nucl. magnocellularis praeopticus et supraopticus.*

Die Verbindungen des praeoptischen Kernes bei Fischen sind durch die Arbeiten von JOHNSTON (1902), ARIËNS KAPPERS (1906), DAMMERMAN (1910) und HOLMGREN (1920) schon bekannt.

Diese Autoren haben nachgewiesen, dasz die Neuriten dieses Kernes zum Infundibulumboden ziehen. DAMMERMAN hat gezeigt, dasz dieselben an den Gefässen des Saccus vasculosus und der Hypophyse und HOLMGREN, dasz sie auch an den Drüsenzellen der Hypophyse endigen. ARIËNS KAPPERS (1921) hat auf die reichliche Blutversorgung dieses Kernes hingewiesen und die mögliche Beziehung dieser Erscheinung mit einer inneren Sekretion betont. SCHARRER (1928 u.a.) hat in diesem Kerne sekretorische Zellen gefunden, die gewisse autonomische Erscheinungen, z.B. Farbwechsel, Häutung beeinflussen dürften.

Abspaltung von Zellgruppen dieses Kernes und ihre Verschiebung in der Richtung des Verlaufs ihrer Axonen (Tractus praethalamo-hypophyseos et saccularis), nach den Effektoren also, ist von ARIËNS KAPPERS (1927) und CHARLTON (1932) beobachtet worden.

Diese Erscheinung kommt nicht nur bei Fischen, sondern auch bei Reptilien (Fig. 5—7) vor, indem der orale Teil entlang der Seitenwand des Recessus praeopticus liegen bleibt (mehr senkrecht angeordnet), aber die kaudalen Zellen sich ventrolateralwärts verlagert haben und ziemlich flach auf dem Tractus opticus liegen.

Der erstgenannte Teil ist bei Chelone nicht ganz grosszellig, nur sein ventrolateraler Abschnitt („a" von RÖTHIG) besteht (Fig. 5) aus groszen Elementen. Beim Krocodil (Fig. 1 A) kann man auch einen medio-oralen Nucl. magnocellularis praeopticus i.e.S. und einen ventro-kaudalen Nucl. supraopticus unterscheiden.

Lacerta hat zwei supraoptische Kerne, wovon der mediale teilweise noch mit dem Nucl. magnocellularis praeopticus i.e.S. verbunden ist. Eine mehr laterale Zellgruppe aber verlängert sich dorso-kaudalwärts um die laterale Fläche des Pedunculus cerebri herum und kommt auf der dorsalen Seite des letzteren mit dem Nucl. suprapeduncularis in Zusammenhang (Fig. 7 B; Foto 7). Bei diesem Tier ist der ventrale Teil des Nucl. magnocellularis praeopticus ebenso wie bei Chelone etwas in ventrokaudaler Richtung ausgezogen.

Bei einigen Singvögeln (Passer und Emberiza) fand ich zwei laterale Kerne (Fig. 1 B u. C). Der lateralere davon liegt dicht auf dem Tractus

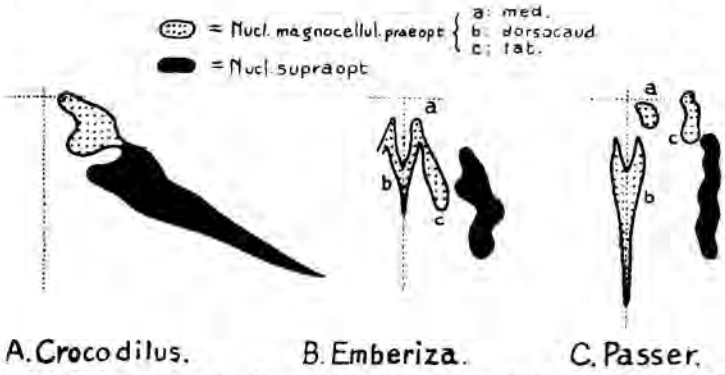



Fig. 1. Diagrammatische Darstellung des topographischen Verhaltens des Nucl. magnocellularis praeopticus in horizontaler Ebene. (Im gleichem Grössenverhältnis wie bei Fig. 5—10).

opticus und ist also ein wirklicher Nucl. supraopticus. Der zweite aber ist vom Tractus noch ziemlich weit entfernt. Bei Emberiza hängt er noch mit dem medialen Kern zusammen, beim Sperling ist er davon getrennt. Ich nenne ihn Nucl. magnocellularis praeopticus lateralis. Die Nucl. magnocellularis praeopticus lateralis und medialis liegen der Wand der dort eintretenden Arterien eng an.

Auch beim Strausz findet man zwei laterale Kerne (Foto 9 Au. B), aber beim Kasuar nur einen (Nucl. supraopticus). Bei diesen zwei Vögeln scheint der Nucl. magnocellularis praeopticus mit dem Nucl. magnocellularis periventricularis vereinigt zu sein. Darüber werde ich später sprechen. Bei den Singvögeln ist der Nucl. magnocellularis praeopticus medialis dorsokaudalwärts ausgezogen und vereinigt sich auf der dorsalen Seite des Recessus praeopticus mit dem anderseitigen Kerne (Fig. 1 B u. C).

Bei Emberiza ist die dorsokaudale Fortsetzung des Kernes noch mit dem ventro-oralen Teil verbunden aber beim Sperling hat er sich davon abgetrennt (Fig. 1 B u. C). Bei Melopsittacus ist diese Fortsetzung wenig entwickelt und bei der Taube blosz angedeutet. Ein kleiner Fortsatz am dorso-oralen Teil des Nucl. magnocellularis periventricularis beim Kasuar ist vielleicht mit dieser Fortsetzung homolog.

Der Nucl. magnocellularis praeopticus kann also in drei Richtungen auswachsen: ventrolateralwärts (Nucl. mag. praeopt. lat.; Nucl. supraopt.), dorsokaudalwärts (bei manchen Vögeln) und ventrokaudalwärts (bei Lacerta).

### *Nucl. magnocellularis periventricularis.*

Bereits bei den Reptilien findet man diesen Kern hinter dem praeoptischen Kern. HUBER und CROSBY (1926) haben ihn bei Alligator missis-

sipiensis beschrieben. FREDERIKSE (1931) hat bei Lacerta vivipara seine innige Beziehung zum Nucl. juxtapeduncularis gezeigt. Ich möchte in dem Nucl. magnocellularis periventricularis der Reptilien und Vögel zwei Teile unterscheiden: einen vorderen Hauptkern und einen hinteren Nebenkern. Letzterer hat die eben genannte von FREDERIKSE beschriebene Beziehung zu dem Nucl. juxtapeduncularis. Der Hauptkern ist flach unter dem Ependym ausgedehnt und grösser als der Nebenkern. Der letztere ist schmäler und bildet sozusagen blosz einen dorsalen Rand des Nucl. parvocellularis periventricularis. Er liegt fast parallel dem Sulcus ventralis thalami, kann aber je nach seinem Entwicklungszustand sich auch ventral von dieser Furche ausdehnen.

Bei Chelone sind beide Kerne deutlich unterschieden und nur mittels eines aus kleinen und mittelgrossen Zellen zusammengesetzten Streifens verbunden (Fig. 5). Der Hauptkern begint etwas dorsal von der hinteren Hälfte des Chiasmas und streckt sich dorsokaudalwärts bis ventro-oral des Sulcus medius aus. Er ist ziemlich breit, aber die Zellen sind in der kaudalen Hälfte mehr locker angeordnet. Einige Zellen in der oralen Hälfte liegen subependymal, ihre Dendriten in die Ependymschicht schickend (Fig. 3). Die direkte Verbindung zwischen dem Nebenkern und dem Nucl. juxtapeduncularis konnte ich bei diesem Tiere nicht feststellen.

Bei Dammonia habe ich in dem Hauptkern viele mit Sekrettropfen von verschiedener Grösse gefüllten Zellen gefunden (Fig. 2; Foto 1). Die

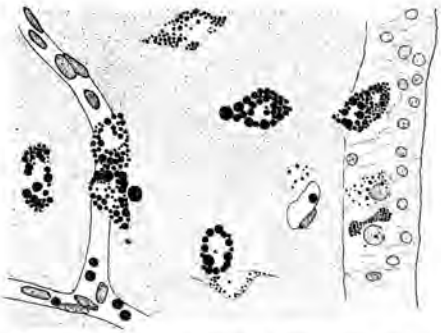


Fig. 2. Dammonia. Sezernierende Zellen aus den Hauptkern.

Zellen sind spindelförmig oder oval, wie auch bei den Säugern von LARUELLE beschrieben wurde. Die Tropfen sind im Weigertpräparat mit Haematoxylin und im VAN GIESONpräparat mit Pikrinsäure gefärbt. Einige Zellen liegen dicht an der Kapillarwand, andere sub- oder intraependymal. Man darf hieraus schlieszen, dasz ihr Sekret teils ins Blut teils in den Liquor eintreten dürfte. Diese Bilder stimmen mit den Befunden SCHARRERS (1934) bei anderen Tieren überein.

Bei Dammonia (W—P Serie) habe ich dicht unterhalb des Hauptkerns einige bipolare Zellen gesehen, deren Dendriten ich durch die Ependym-

schicht bis zur Ventrikelwand selber verfolgen konnte.[1]) Dort enden sie wahrscheinlich mit einem Endknopf (Fig. 4; Foto 4). Bei Säugern wurden von LARUELLE (1934) ebenfalls intraependymale Endigungen der

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 3. Chelone. Subependymale Nervenzelle (v. G. 188 ×).
Fig. 4. Dammonia. Nervenzellen aus d. Nucleus parvocellularis periv. (W—P. 188 ×; vergl. Foto 4.)

Dendriten aus dem Nucl. periventricularis beschrieben. Er konnte dieselben aber nicht bis zum III-Ventrikellumen verfolgen.

Beim Krokodil folgt der Nebenkern dicht hinter dem Hauptkern, der einen aus kleineren Zellen zusammengesetzten Fortsatz über den Sulcus medius dorso-oralwärts schickt. (Fig. 6). In diesem Hauptkern treten viele bipolare Zellen von verschiedener Grösse hervor (Foto 2). Sie sind im allgemeinen senkrecht auf die III-Ventrikelwand gelagert und schicken einen Fortsatz in die Ependymschicht und den anderen (den Neuriten) nach der Peripherie. Auch im Nebenkern kommen solche Zellen vor. Sie sind hier sogar meistens noch etwas grösser als im Hauptkern und ihre periphere Fortsätze sind deutlich nach dem Pedunculus ventralis cerebri gerichtet. Diesen Fortsätzen entsprechend gibt es in dieser Gegend viele markhaltige Fasern, deren weiterer Verlauf aber unklar ist. Wahrscheinlich ziehen sie mit den Fasern vom „medial forebrain bundle" weiter nach hinten.

Bei der Eidechse verbindet eine kleinzellige Brücke den dorsokaudalen Teil des Nucl. magnocellularis praeopticus einerseits und den dorso-oralen Teil des Hauptkerns anderseits (Fig. 7 A). Dieses Zwischenstück erstreckt sich dorsalwärts über den Sulcus medius und vereinigt sich mit dem ventromedialen Teil des Nucl. anterior medialis von FREDERIKSE.[2]) Diese Neigung des Nucl. praeopticus und des Nucl. periventricularis sich dorsalwärts auszudehnen ist recht bemerkenswert.[3])

---

[1]) Ich nehme mit meinem Schüler *I. Katayama* an, dasz der Zellleib der Nervenzellen im erregten Zustand acidophil reagiert. Wenn das Tier in Chloroformnarkose getötet ist, sind die Mitralzellen mit Eosin färbbar, aber wenn es ohne Narkose getötet ist, bleiben sie ganz ungefärbt.

[2]) Dieser Autor (1931) hat eine kompaktere Anordnung der Nervenzellen dieses Kernes unter dem Ependym beobachtet.

[3]) EDINGER (1906) hat bei Reptilien die dorsokaudale Auswachsung Nucl. magnocellularis periventricularis dorsalis genannt.

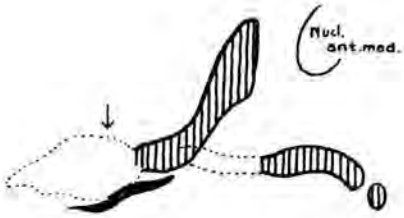



Fig. 5. Chelone.

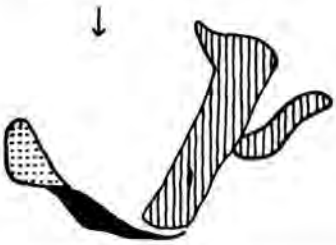


Fig. 6. Crocodilus.

Fig. 7A. Lacerta.

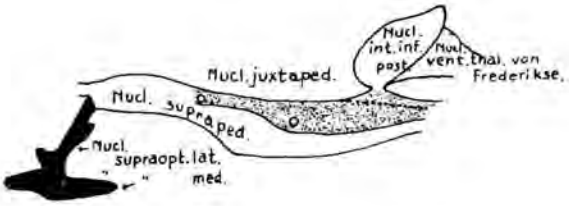



Fig. 7B. Lacerta.

Fig. 5—7. Diagrammatische Darstellung des topographischen Verhaltens der im Text erwähnten Kerne in sagittaler Ebene bei Reptilien. Fig. 8—10. Idem bei Vögeln.

Voll schwarz = Nucl. supraopticus.

Grob punktiert = Nucl. magnocellularis praeopticus.

Fein punktiert = Nucl. juxtapeduncularis.

Vertikal gestreift = Haupt- und Nebenkern des Nucl. periventricularis.

Der Nebenkern ist mit seinem oralen Ende mit dem Hauptkern verwachsen und beide Kerne hängen mit ihrem lateralen Rand mit dem

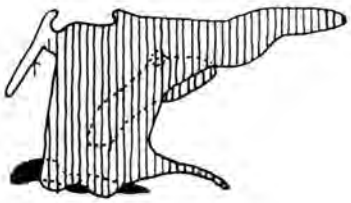


Fig. 8 Casuarius.

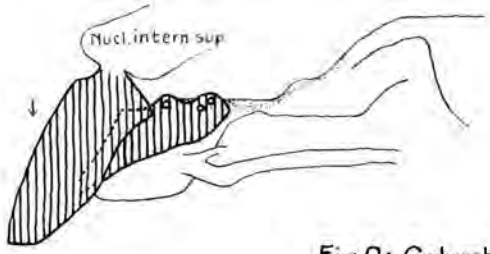



Fig. 9A. Columba.



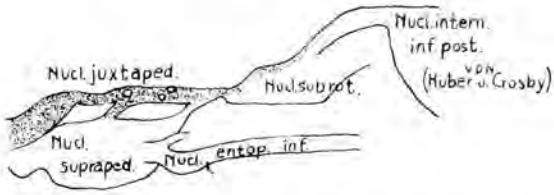
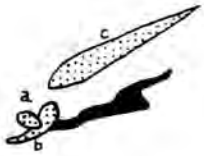



Fig. 9B. Columba.



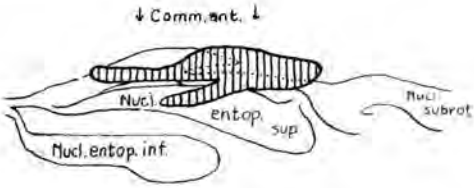




Fig. 10. Passer.

Nucl. juxtapeduncularis zusammen.[1]) Die dadurch geschaffene innige Beziehung zwischen dem periventriculären und dem Hirnschenkelkerne ist in physiologischer Hinsicht sehr interessant, weil man jenen zum autonomen und diesen zum extrapyramidalen System (SPATZ, 1927) rechnet.

Im Gebiet des Hauptkerns von Crotalus habe ich sehr viele intraependymale Nervenzellen gefunden (Foto 3). Dort wo eine Nervenzelle in der Ependymalschicht selber liegt[2]), ist letztere manchmal verdünnt und in einigen Fällen ins Lumen hervorgewölbt.

Unter den Vögeln sind die Laufvögel mit einem stark entwickelten Nucl. magnocellul. periventricularis ausgezeichnet. Es scheint sogar, als ob hier der Nucl. magnocellularis praeopticus und periventricularis in einer grosser Kernmasse zusammenhängen. Das heisst, es sieht so aus, als ob die kleinzellige Brücke zwischen beiden Kernen der Eidechse in eine grosszellige umgewandelt wäre. Beim Kasuar zeigt dieser Kern Aehnlichkeit mit dem Nucl. magnocellularis praeopticus der Reptilien und der Singvögel. Er gleicht dem letzteren Kern der Eidechse in Bezug auf seine ventrokaudale Fortsetzung. Dann aber erinnert sein dorso-oraler Fortsatz (der dorsal vom Recessus eine Verwachsung mit dem anderseitigen aufweist) an die dorsokaudale Fortsetzung des Nucl. magnocellularis praeopticus bei den Singvögeln (Fig. 8). Dieser Teil ist jedoch beim Sperling infolge der kaudalen Verschiebung des Hauptkerns (Fig. 10) von diesem weit getrennt.

Beim Kasuar möchte ich die ganze Kernmasse einfach als Hauptkern bezeichnen. Sein dorsaler Teil dehnt sich etwas über den Sulcus medius hinaus und zieht sich am Sulcus entlang ziemlich weit nach hinten.

Der Nebenkern ist bedeutend oralwärts verschoben und fast an der lateralen Seite des Hauptkerns gelagert. Der dem Nebenkern gegenüber liegende Teil des Hauptkernes ist sehr verdünnt und erweckt den Eindruck, als ob der Nebenkern sich von jenem abgespaltet hätte. Wie bei der Eidechse ist der Nebenkern hier mit dem Nucl. juxtapeduncularis verwachsen. Ziemlich dicke markhaltige Fasern aus dem Nebenkern ziehen ventrolateralwärts in den ventralen Hirnschenkel hinein. Auch aus dem Hauptkern laufen dünne markhaltige Fasern ventrolateralwärts. Ein Teil davon endet wahrscheinlich im Nucl. supraopticus (Foto 6). Dieses Bild ist einer von GREVING von der Katze gegebenen Abbildung (1926, Fig. 8) sehr ähnlich.

Die grosse Ausdehnung des Hauptkerns der Laufvögel vom III-Ventrikelboden bis über den Sulcus medius hängt vielleicht zusammen mit der enormen Entwicklung der Hypophyse bei diesen Tieren. Dieser Kern

---

[1]) Diese Stellen sind in Fig. 7—9 mit einem Kreis umrahmt.

[2]) Ausser solchen Zellen hat AGDUHR (1922) auch neurosensorische Zellen beschrieben. Dieser Autor hat über ein sehr verbreitetes Vorkommen von intraependymalen Nervenzellen in Zentralkanal, im IV- und auch im Seitenventrikel berichtet. Im III-Ventrikel hat er aber solche Zellen nicht beschrieben.

sowie der Nucl. supraopticus zeigen eine starke Vascularisation (Foto 9A), wie es auch von CHARLTON (1932) und ARIËNS KAPPERS (1934) im Nucl. magnocellularis praeopticus der Fische beschrieben wurde.

Der Nucl. magnocellularis periventricularis des Huhnes und der Taube zeigt grosze Uebereinstimmung mit demselben Kern der Eidechse.

Der Hauptkern der Taube ist oberhalb des Sulcus medius direkt mit dem Nucl. internus superior von HUBER und CROSBY (1929) (das Homologon der medialen Verdichtung des Nucl. anterior medialis thalami FREDERIKSES) vereinigt (Fig. 9A; Foto 8A).

Wie bei Reptilien kommen auch im Hauptkern der Taube eigenartige bipolare Zellen vor. Diese Zellen sind bei diesem Tiere ganz auffallend angeordnet einem Sulcus entlang, der sich vom Sulcus medius abspaltet und ventro-oralwärts im Recessus praeopticus endet (Foto 5 A u. B).

Diese Grube ist wahrscheinlich dem Sulcus limitans [1]) von HERRICK (1910) oder dem Sulcus intraencephalicus anterior von HALLER (1929) und KUHLENBECK (1931) zu vergleichen. Für Urodelen (1929) und Fische (1932) gibt CHARLTON an, dass der Nucl. magnocellularis praeopticus immer dorsal vom Sulcus limitans bleibt.

HUBER und CROSBY (1929) scheinen in ihrer ausführlichen Abhandlung dem Nucl. magnocellularis periventricularis bei verschiedenen Tieren verschiedene Namen gegeben zu haben. Beim Huhn haben sie die grosszelligen Gruppen in der praeoptischen Gegend je nach der Lage Nucl. magnocellularis interstitialis medialis, dorsalis, intermedius und lateralis genannt und den medialis weiter in drei Unterabteilungen, *a*, *b* und *c* geteilt. Meiner Nachprüfung nach entspricht ihr Pars *c* meinem Nebenkern, und ihr dorsalis meinem Nucl. juxtapeduncularis. Der Pars *c* ist nach den beiden Autoren dem weniger entwickelten Nucl. internus inferior anterior des Sperlings oder auch dem Nucl. magnocellularis strati grisei der Taube zu vergleichen. Da der letztere Kern aber nach ihrer Beschreibung mit dem Nucl. internus superior verbunden ist, soll er eher mit dem Hauptkern verglichen werden. In Wirklichkeit entspricht ihr Pars *b* meinem Hauptkern.

Bei der Taube ist der Nebenkern viel stärker entwickelt als bei den Reptilien und vereinigt er sich wiederholt mit dem Nucl. juxtapeduncularis (Fig. 9 A; Foto 8 B). Der ventrale Teil des Hauptkerns aber ist bei Melopsittacus stark reduziert, so dass der dorsale Teil nur wie ein in sagittaler Richtung ausgezogenes Band aussieht. Er ist auszerdem ziemlich kaudal verschoben. Der Nebenkern zeigt hier keine Verwachsung mit dem Nucl. juxtapeduncularis. Wie bereits von HUBER und CROSBY betont, ist der Nucl. magnocellularis periventricularis beim Sperling weniger entwickelt und dorsokaudalwärts verlagert. [2])

Einen Nebenkern konnte ich bei diesem Tiere sogar nicht feststellen. Ich möchte indessen betonen, dasz bei manchen untersuchten Tieren unter dem Ependym im kaudalen Abschnitt des Thalamus ventralis eine Gruppe von kleinen oder mittelgrossen Zellen vorkommt (Nucl. internus inferior

---

[1]) Nach KINGSBURY (1921) erstreckt sich aber der Sulcus limitans nicht bis zum Recessus praeopticus und wäre diese Nomenklatur also nicht richtig.

[2]) Die Verlagerung ist in meinem Diagramm etwas stärker als in Wirklichkeit, infolge der schieferen Schnittebene dieses Materials.

posterior von HUBER und CROSBY), welche in ihrer Beziehung zum suprapeduncularen Kernsystem dem Nebenkern sehr nahe steht. Sie ist bei der Lacerta ventral und bei der Taube latero-oral mit der vereinigten kaudalen Fortsetzung des Nebenkerns und des Nucl. juxtapeduncularis verbunden (Fig. 7B, 9B), welche Fortsetzung meiner Meinung nach dem Nucl. entopeduncularis superior von EDINGER und WALLENBERG vergleichbar ist. Der Nucl. entopeduncularis inferior hängt bei der Taube oral noch deutlich mit dem Nucl. suprapeduncularis zusammen, beim Sperling aber hat er sich fast vollständig von diesem Kerne freigemacht (Fig. 10).

Es ist nicht meine Absicht hier die Faserverbindungen dieser Kerne zu berühren. Die innige Beziehung des Nucl. magnocellularis praeopticus zur Hypophyse und zum Saccus vasculosus ist von vielen Autoren wiederholt nachgewiesen.

Auch ist die Beziehung der periventrikulären Kerne zum Riechsystem und zur Hypophyse allgemein angenommen, während auszerdem eine Verbindung mit dem Epithalamus mittels Fasern, welche sich dem Tractus olfactohabenularis hinzufügen, wohl annehmbar ist.

Die Anwesenheit von freien intraepithelialen Nervenendigungen im Mittellappen der Hypophyse hat PINES (1925) zur Meinung geführt, dasz diese Fasern rezeptorisch sind, eine Auffassung, die nur als gesichert betrachtet werden kann, wenn man beweist, dasz es sich hierbei um Dendriten handelt, wie HERRICK (1934) es für einige Hypophysefasern bei Necturus annimmt.

PINES meint, dasz ausser der Hypophyse auch die Epiphyse eine reflektorische Funktion hat. Er (1927) glaubt, dasz der Tr. epiphyseos neben anführenden sympathischen Elementen auch eferente Fasern enthält, welche durch die Taenia thalami Verbindungen haben mit den G. Habenulae und der Commissura posterior, also ähnlich wie beim Parietalauge niederer Tiere. Auf diesem Grunde nimmt er an, dasz das Organ nicht nur als ein innersekretorisches sondern auch als Reflexorgan dient.

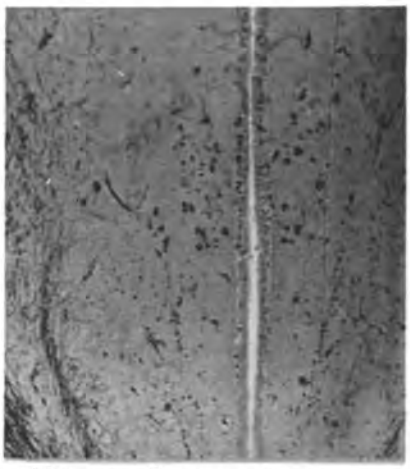
Bei denjenigen Tieren, wo das parietale Auge persistiert, ist dies sicher der Fall. VON FRISCH hat auf die Bedeutung des Parietalauges von Phoxinus fur die Chromatophorenexpansion hingewiesen, und SCHARRER hält es fur möglich dasz die Zellen des Nucl. magnocellularis praeopticus dabei eine Rolle spielen.

Schlieszlich möchte ich betonen, dasz die bipolaren Zellen des Nucl. magno- und parvocellularis periventricularis Dendriten besitzen, die intra- oder supraependymal mit oder ohne Endknöpfe enden.[1]) Es ist sehr wahrscheinlich, dasz diese Zellen irgend einen — physikalischen oder chemischen — Reiz aus dem Liquor perzipieren, ähnlich wie die Sinnesnervenzellen des Saccus vasculosus der Fische. Die Art des Reizes, der dort perzipiert wird, ist uns vorläufig unbekannt und ebenso, wohin er abgeleitet wird.

---

[1]) Zellen dieser Art konnte ich auch bei der Katze nachweisen.

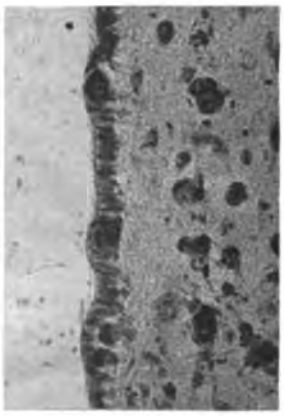
TAFEL I



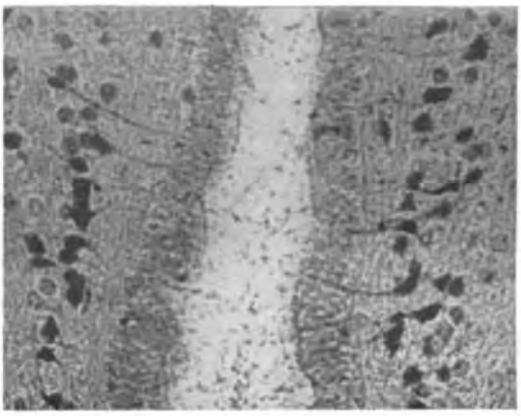
Sulc. med.

1. Dammonia. Querschn. durch d. Hauptkern. Sezernierende Zellen (W-P. 52 X).

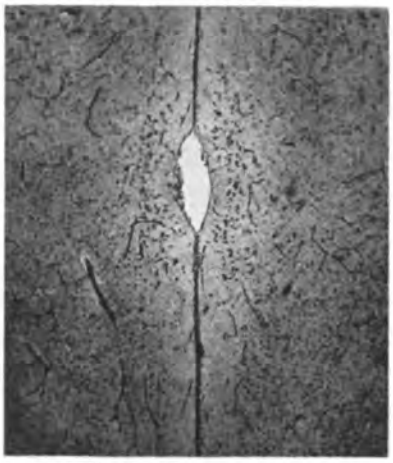
2. Crocodilus. Querschn. durch d. Hauptkern. Bipolare Zellen (V-G. 40 X).



3. Crotalus. Querschn. durch d. Hauptkern. Intraepend. Nervenzellen (N. 250 X).



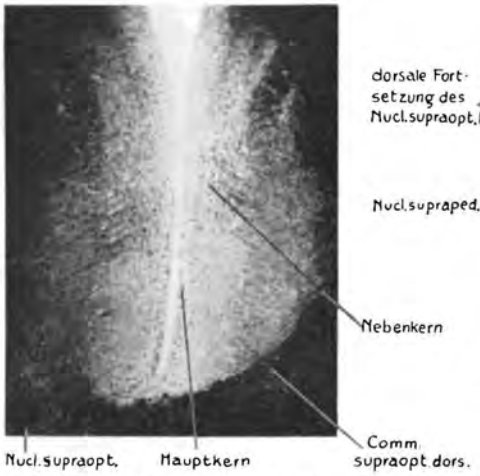
4. Dammonia. Querschn. durch d. Nucl. parvocellul. periv. Dendriten bis zur Oberfläche d. Ependyms verfolgbar (W.P. 250 x).



5A. Taube. Horizontalschn. durch d. Hauptkern. Nervenzellen um d. Sulc. praeopt. (W-P-P. 52 x).

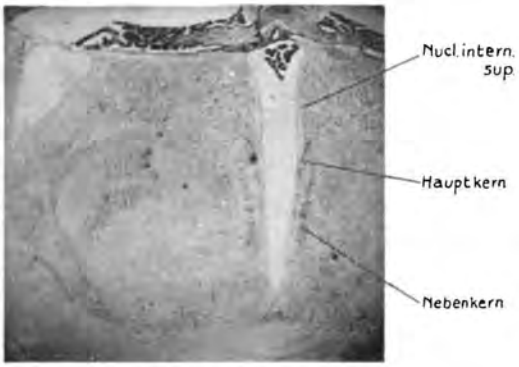
5B. Taube. Horizontalschn. durch d. Zwischenhirn (W-P-P. 12 x).

TAFEL I



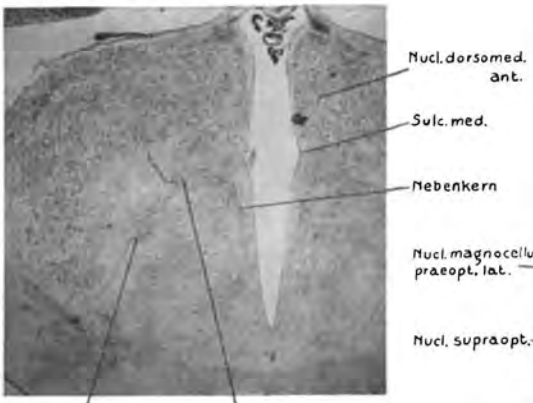

6. Casuarius. Querschn. durch d. Haupt- u. Nebenkern (W-P. 12 X).

7. Lacerta. Querschn. durch d. Verbindungsstelle d. Nucl. supraopt. lat. mit d. Nucl. supraped. (N. 52 X).

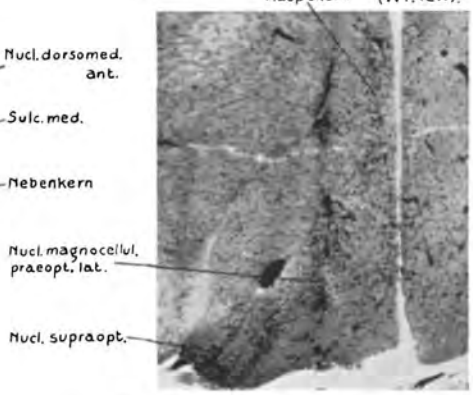



8A. Taube. Querschn. durch d. Verbindungsstelle d. Hauptkerns mit d. Nucl. intern. sup. (N. 12 X).

9A. Struthio. Starke Vascularisation d. Kerne. Hauptkern (W-P. 12 X).




8B. Taube. Querschn. durch d. Verbindungsstelle d. Nebenkerns mit d. Nucl. juxtap. (N. 12 X).




9B. Struthio. Querschn. durch d. Hauptkern, Nucl. magnocellul. praeopt. lat. u. Nucl. supraopt. (V-G. 12 X).

Zum Schluss möchte ich Herrn Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS meinen herzlichsten Dank aussprechen für seine Unterstützung bei der Ausarbeitung dieses Themas und Herrn J. H. L. ROOZEMEYER für seine Hilfe bei der Anfertigung der Mikrophotographien.

## LITERATUR.

AGDUHR, E. (1922): Ueber ein zentrales Sinnesorgan bei den Vertebraten. Zeitschr. f. Anat. u. Entw. Gesch., Bd. **66**, p. 223—360.

CHARLTON, H. H. (1929): The pars magnocellularis of the nucleus praeopticus in Amphibia particularly in Urodela. Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, Vol. **32**, p. 476—486.

——— (1932): Comparative studies on the nucleus praeopticus pars magnocellularis and the nucleus lateralis tuberis in fishes. Journ. comp. Neurol., Vol. **54**, p. 237—275.

DAMMERMAN, K. W. (1910): Der Saccus vasculosus der Fische, ein Tiefe-Organ. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. **96**, p. 654—726.

EDINGER, L. (1906): Abh. Senckenberg. naturf. Ges. (Zit. nach KAPPERS (1934).

EDINGER, L. u. WALLENBERG, A. (1899): Untersuchungen über das Gehirn der Tauben. Anat. Anz., Bd. **15**, p. 245—271.

FREDERIKSE, A. (1931): De hersenen van de hagedis. Dissertation, Amsterdam.

FRISCH, K. v. (1911): Beiträge zur Physiologie der Pigmentzellen in der Fischhaut. Arch. ges. Physiol., Bd. **138**, p. 319—387.

GREVING, R. (1926): Beiträge zur Anatomie der Hypophyse und deren Funktion. II. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psych., Bd. **104**, p. 466—479.

HALLER, GRAF (1929): Die Gliederung des Zwischen- und Mittelhirns der Wirbeltiere. Morph. Jahrb., Bd. **63**, p. 359—407.

HERRICK, C. J. (1910): The morphology of the forebrain in Amphibia and Reptilia. Journ. comp. Neurol., Vol. **20**, p. 413—547.

——— (1934): The Hypothalamus of Necturus. Ebenda, Vol. **59**, p. 375—429.

HOLMGREN, N. (1920): Zur Anatomie und Histologie des Vorder- und Zwischenhirns der Knochenfische. Acta Zool., Bd. **1**, p. 137—315.

HUBER, G. C. u. CROSBY, E. C. (1926): On thalamic and tectal nuclei and fiber paths in the brain of the American alligator. Journ. comp. Neurol., Vol. **40**, p. 97—227.

——— (1929): The nuclei and fiber paths of the avian diencephalon with consideration of the telencephalic and certain mesencephalic centers and connections. Ebenda, Vol. **48**, p. 1—225.

JOHNSTON, J. B. (1902): The brain of Acipenser. Zool. Jahrb., Abt. f. Anat. u. Ont., Bd. **15**, p. 59—260.

KAPPERS, C. U. ARIËNS (1906): The structure of the teleostean and selachian brain. Journ. comp. Neurol., Vol. **16**, p. 1—112.

——— (1921): Die vergleichende Anatomie des Nervensystems der Wirbeltiere und des Menschen. 2. Abs. Bohn, Haarlem.

——— (1927): Verschijnselen van Neurobiotaxis in de Midden- en Tusschenhersenen. Handeling. v. h. XXIe Nederl. Natuur- en Geneesk. Congres te Amsterdam, p. 142—144.

——— (1934): Die autonomen Zentren des Zwischenhirns bei Knochenfischen und Reptilien. Zeitschr. für mikr.-anat. Forschung, Bd. **36**, p. 497—502.

KINGSBURY, B. F. (1922): The extent of the floor-plate of HIS and its significance. Journ. comp. Neurol., Vol. **32**, p. 113—132.

KUHLENBECK, H. (1931): Ueber die Grundbestandteile des Zwischenhirnbauplans bei Reptilien. Morphol. Jahrb., Bd. **66**, p. 244—317.

LARUELLE, L. (1934): Le système végétatif méso-diencéphalique. I. Partie anatomique. Rev. neurol., T. 2, p. 1—34.
PINES, L. (1925): Ueber die Innervation der Hypophysis cerebri. II. Mitt. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiat., Bd. **100**, p. 123—138.
——— (1927): Ueber die Innervation der Epiphyse. Ebenda, Bd. **111**, p. 356—369.
RÖTHIG, P. (1911): Beiträge zum Studium des Zentralnervensystems der Wirbeltiere. 1. Ein Faserzug am Boden des Recessus praeopticus (Tractus praeopticus) bei den Amphibien. Arch. f. mikr. Anat., Bd. **77**, p. 48—51.
——— (1911): Zur Phylogenese des Hypothalamus. Fol. Neurobiol., Bd. **5**, p. 913—927.
SCHARRER, E. (1934): Stammt alles Kolloid im Zwischenhirn aus der Hypophysis? Frankfurter Zeitschr. f. Pathol., Bd. **47**, p. 134—142.
SPATZ, H. (1927): Physiologie und Pathologie der Stammganglien. Handbuch d. norm. u. pathol. Physiol., Bd. **10**, p. 318—417. Springer, Berlin.

---

**Physiology.** — *Phosphatide Auto-complex coacervates as Ionic Systems and their Relation to the Protoplasmic Membrane.* By H. G. BUNGENBERG DE JONG and J. BONNER. (Communicated by Prof. H. R. KRUYT).

(Communicated at the meeting of June 29, 1935).

## I. *Introduction.*

In the study of complex- and of autocomplex coacervation no urgent need for a consideration of the organic chemical structure of the bio-colloids involved has ever been encountered. Independent of the class of organic compounds to which they belong the colloids which have been studied behave in the same general way and the "electrolyte" or "charged particle" character is the important determinant of their behaviour. The differences which have been met with in the behaviour of the different bio-colloids may all be related directly to the number and the nature of their ionogenic groups. [1])

The auto-complex coacervates of phosphatides stand however quite apart in one respect. The conditions necessary for the initiation of coacervation are normal. [2]) Because of the low charge density of the sol particles they require, however, a sufficient "sensitizing" by appropriate substances.

The coacervates have, however, abnormal properties [3]) in that:

*a.* once formed they are difficultly reversible,

*b.* the vacuoles of the drops exhibit characteristic phenomena,

*c.* the coacervate drops exhibit a peculiar behavior in an electric field.

The behavior of the phosphatide auto-complex coacervate cannot, then,

---

[1]) H. G. BUNGENBERG DE JONG, P. VAN DER LINDE and A. DE HAAN, Rec. trav. chim. **54**, 17 (1935).

[2]) H. G. BUNGENBERG DE JONG and R. F. WESTERKAMP, Biochem. Z. **248**, 131, 309 (1932).

[3]) H. G. BUNGENBERG DE JONG and R. F. WESTERKAMP, Biochem Z. **248**, 335 (1932).

be understood from the "colloid electrolyte" point view. In this case it has proved useful to consider the chemical properties of the phosphatide molecule and his paper will be devoted to such a treatment of the phosphatide auto-complex systems.

A very simple explanation of the phenomena is possible if we choose as kinetic units the smallest possible ones, namely the ionised phosphatide molecules themselves.

This simplification of our colloid chemical consideration is perhaps justified by the recently discovered separation phenomena in molecularly dispersed electrolyte solutions.[1]) In any event, it leads logically to the picture of a special type of film which may under various circumstances arise upon the surface of the phosphatide coacervate drop. As pointed out in the earlier review of the phenomenon of coacervation [2]), the films in question merit attention from the biologists because of their remarkable faculty of separating, without loss of stability, two miscible aqueous media.

## II. *Phosphatide auto-complex coacervates as ionic auto-complex systems.*

An auto-complex coacervate of a phosphatide may vary enormously in fluidity according to the phosphatide (or mixture of phosphatides) used, the nature of the sensitizer and of the electrolytes, and the temperature. The separating mass may thus consist of drops, either liquid, viscous, or even plastic, of irregular lumps, or of flakes.

In what follows, under the name "phosphatide auto-complex coacervate", will be understood the highly fluid isotropic systems.

We will begin then with the assumption, that in the case of phosphatide auto-complex coacervates no greater units than those of molecular dimensions need be considered. It is not, of course, excluded that in phosphatide *sols* we may have to deal with polymolecular kinetic units.

The characteristic irreversibility or near irreversibility of these *coacervates*, makes it clear however that there is no urgent need to assume that sol particles persist as such in the coacervate. The sol micells may indeed be considered as groups of molecules, held together by binding forces of the same sort as those which act between phosphatide molecules in the coacervate.

A further physical-chemical consideration which we must take into account is the fact that the lecithins, kephalins and sphingomyelins possess two ionisable groups, namely an acidic, phosphate group and a basic, choline, or colamine group. We have seen in the preceding paper, that solvated ions are capable of forming ionic liquid complexes and it seems reasonable to assume that the phosphatide coacervate is in reality just such an ionic system.

By virtue of the two ionisable groups ($-PO_4^{\prime}$ and $-N(CH_3)_3^{\cdot}$ or $-NH_3^{\cdot}$)

---

[1]) See preceding paper.

[2]) H. G. BUNGENBERG DE JONG, Protoplasma **15**, 110 (1932).

an effective electrostatic attraction must exist between the phosphatide units themselves. The internal state of this coacervate is, thus, determined again by: "effective electrostatic attraction versus repulsion due to solvation" (see fig. 1) and we shall call it an *"ionic auto-complex system"*.

In the case of the highly fluid coacervates here considered, these strongly solvated ions take, in general, positions at random, and the coacervate is thus optically isotropic. The general kinetic movement does not permit of the formation of a permanent, regular patern.

In the physiological range of $P_H$ one encounters, in general, a negative electrophoretic charge. This means that the ionisation of the acidic groups present preponderates over that of the basic groups. Thus, the effective attraction may be far smaller than the maximum possible. In such a case the effective attraction may be increased by the addition of a neutral salt

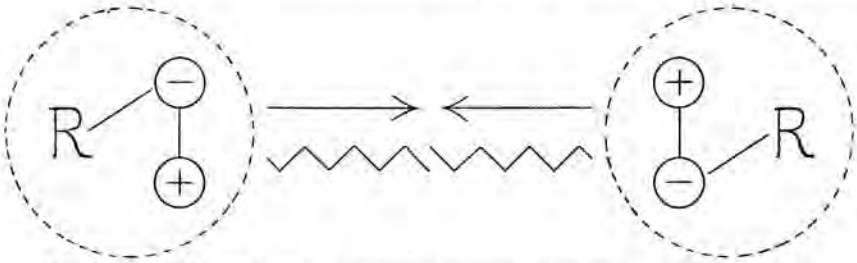



Fig. 1. The phosphatide auto-complex coacervate as an ionic auto-complex system. Dotted circles = hydrated phosphatide ions.
arrows = effective electrostatic attraction
springs = repulsion due to solvation.

whose cation screens more the negative ionised groups than does the anion the positive groups.

Since this screening effect is dependent primarly upon valence, such a salt will be of the type *n*-1, where *n* is equal to or greater than two. Indeed $CaCl_2$ is efficient in increasing the effective attraction, thus causing a diminution of the solvate content.

In the case of NaCl, with two monovalent ions, such a pronounced increase of effective attraction may not be expected. At moderate concentrations it seems that the screening effect of the Cl-ion dominates over that of the Na-ion. This appears for example in the pronounced NaCl—$CaCl_2$ antagonism in mixtures of the two salts.

A great and heterogeneous group of substances may act as "sensitizers" of the aqueous phosphatide sol. Only in the presence of such a "sensitizer" does coacervation with a neutral salt take place. This sensitizing action may be regarded as a diminution of the repulsion between the phosphatide molecules.

The repulsion factor is here of a more complicated nature than is the case with many of the other biocolloids. With these latter, the sensitizing agents thus far discovered are oxygen containing, water soluble non

electrolytes, such as the lower alcohols and ketones, the phenols, ethyl lactate, chloral hydrate, ethyl urethane, etc. This type of sensitization may be interpreted as a diminution of hydration both of non-ionised groups (as -OH, -CO-NH-) and of ionised groups ($-COO^{`}$, $-SO_4^{`}$, $-PO_4^{`}$ etc). In such cases diminution of colloidal hydration seems to be connected with disturbances which hydrophilic sensitizers cause in the "hydration fields" of hydrophil groups.

These same substances, in moderate concentrations are found to act as sensitizers for phosphatides also, and one may assume that here "sensitizing" is also connected with dehydration of hydrophil groups. Thus far we have not considered the fact that phosphatides are not only hydrophilic, due mainly to their ionogenic groups, but are also „lipophilic" (soluble in ether, petroleum ether etc.), due to their hydrocarbon chains. This fact will now need to be considered, since it is found that substances of a pronounced lipophilic character such as ether, chloroform, heptane, fats, oils, fatty acids and cholesterol, may act as sensitizers. Here the sensitizing action can hardly be connected with hydrophil groups but rather must be upon the lipophil portion of the molecule. It seems that aside from the electrostatic attraction and aside from the repulsion due to hydration, which we have thus far exclusively considered, there exists also an attraction between the hydrocarbon chains. This attraction in the absence of sensitizers is small, but may be greatly increased by the presence of suitable quantities of substances possessing a pronounced lipophil character.

The complex nature of the "repulsion factor", which, as we have seen, is the result of the presence of both hydrophilic and lipophilic groups in the phosphatide molecule, is not fully expressed by the simple scheme of fig. 1. Even the expression "repulsion factor" is not completely appropriate. There is not, of course, a simple algebraic summation of the interactions of hydrophilic and lipophilic groups since these groups are separated in the molecule.

The characteristic slight, or complete lack of, reversibility which is typical of the auto-complex coacervate is a direct indication of the actual existance of an independent attraction due to lipophilic groups. It might be added that further peculiarities of phosphatide coacervates (which are to be described in the following section) can only be understood if we assume a polar character for the phosphatide molecule as a whole.

It will be, therefore, not only convenient, but actually necessary to distinguish from now on *three separate major factors* which regulate the interaction of phosphatide ions. The scheme given in fig. 2 will suffice for considerations of the phenomena thus far described, i.e. influence of electrolytes or of non-electrolytes upon solvate content of liquid, non double refracting coacervates.

More detail, than that given in fig. 2 of the relative position of ionised, hydrophilic and lipophilic groups within the ion would here not be of

any particular advantage, since the ions have random orientations which respect to one another. In the next section, however, we will discuss phenomena, in which this relative position is of the greatest importance.

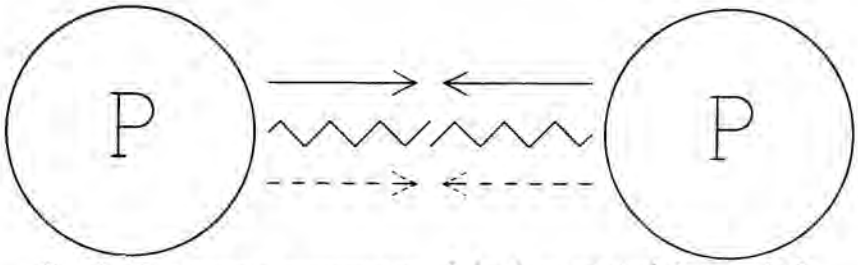



Fig. 2. Diagrammatic representation of the three principal factors which determine the internal state of the phosphatide auto-complex coacervate.
$P$ = phosphatide ion,
solid arrows = effective electrostatic attraction,
springs = repulsion due to hydration,
dotted arrows = attraction due to lipophilic groups.

### III. *Single and double films of oriented phosphatide ions.*

It will now be shown that the peculiar phenomena concerned with the vacuole of phosphatide coacervate drops become understandable if we assume that the boundary, dispersion medium-coacervate, consists of a layer of oriented phosphatide ions. In the case of the fluid coacervates here considered the phosphatide molecules within the drop have of course random positions with respect to one another.

At first sight it might seem that the polar groups of the surface molecules should be directed towards the dispersion medium, the fatty acid chains, thus, towards the interior of the coacervate drop. A closer consideration, however, shows that just the reverse is more probable. The phosphatide coacervate has just formed from the sol by virtue of a sufficiently great electrostatic attraction between the phosphatide units. The attraction between positive and negative groups, to which the formation and the continued existance of the coacervate is due, causes the coacervate to be more polar than the surrounding dispersion medium.

As a starting point for further discussion we shall choose therefore the orientation shown in fig. 3 in which the two circles represent the ionisable groups (black dots — phosphate groups, circles — choline or colamine groups) and the two heavy parallel lines the hydrocarbon chains. For our present purposes we may neglect the further details of the structural formula.

With this assumed orientation it is possible to explain some of the peculiarities of these auto-complex coacervates as regards "wetting" of foreign surfaces in the presence of their own suspension liquid.

In contrast with other coacervates (simple, complex or auto-complex) the drops of phosphatide coacervates accumulate carbon particles only

on their surface, but do not take these particles into their interior.

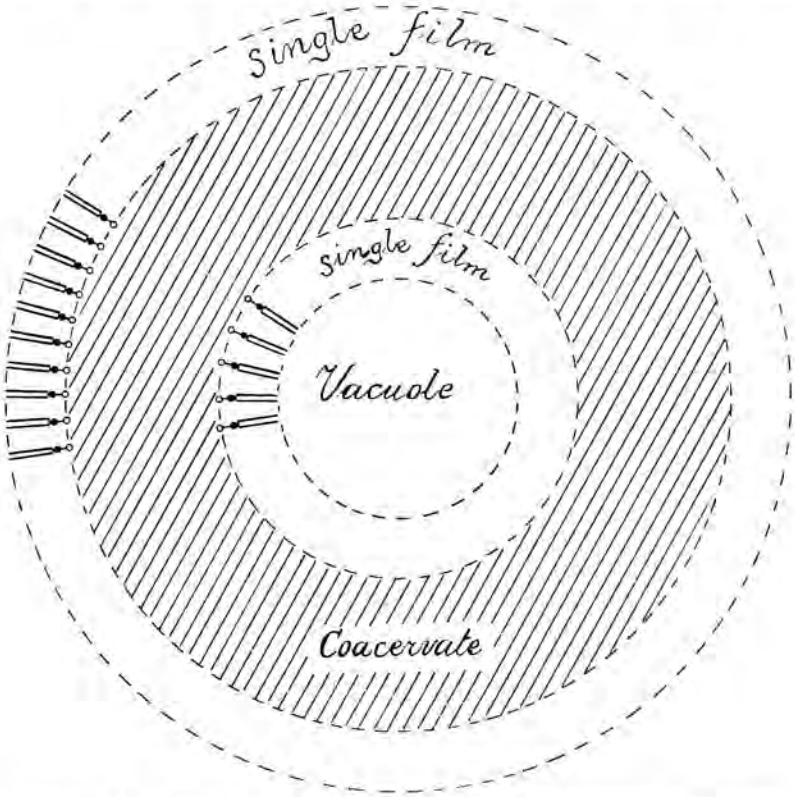



Fig. 3. Orientation of phosphatide molecules at the boundary coacervate-dispersion medium. (All other constituents of the coacervate, as water, sensitizer, electrolytes, are not represented).

A similar difference is met with in the behaviour of the phosphatide coacervate drop toward glass. Whereas all other coacervates wet glass

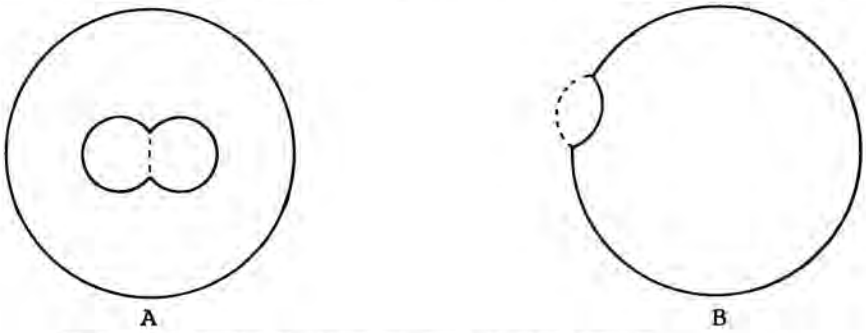



Fig. 4. The meeting of coacervate drops or their vacuoles.
A = Two vacuoles flatten against each other on meeting but do not fuse.
B = Vacuole attached to drop surface. The protruding double film (dotted) is barely visible (cross section).

rapidly so that drops upon the surface of a slide rapidly flatten and loose their sharp contour, drops of phosphatides may lie several hours upon a glass surface without loosing their spherical form. The behaviour of phosphatide coacervate drops with respect to carbon as well as with respect to glass is closely similar to the behaviour exhibited by paraffine drops with respect to these substances. This is in itself a strong indication that the surface of the phosphatide coacervate is "paraffine like", i.e. that the hydrocarbon chains are directed outwards.

Since the vacuole content is dispersion medium, the molecules of phos-

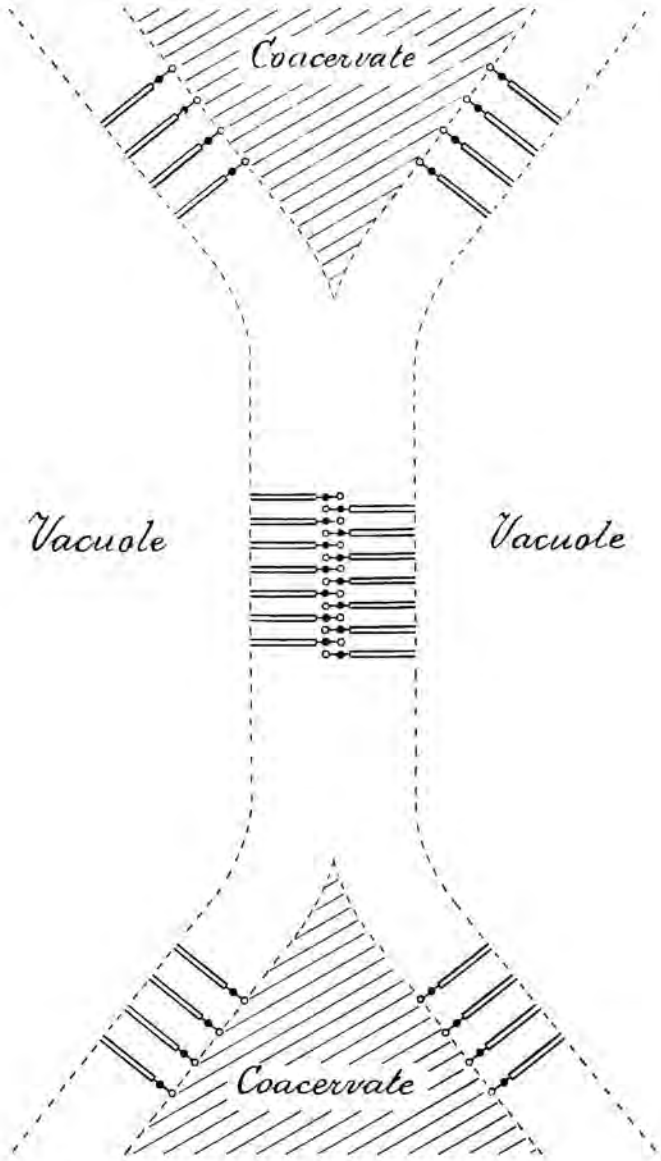



Fig. 5. The formation of "double film" at the contact between two vacuoles.

phatide in the film surrounding a vacuole should be orientated in the same way as that at the boundary, dispersion medium coacervate drop (see fig. 3).

For a number of reasons it seems profitable to assume that when the ionized polar groups of two such oriented films (consisting of single layers of phosphatide ions) meet, a highly stable "double film" is formed. This assumption makes understandable, for example, the peculiar behaviour of vacuoles in the phosphatide auto-complex drop. In the case of all of the other coacervates which have been studied two vacuoles fuse upon meeting. In the case of the phosphatide auto-complex, two *vacuoles* do not fuse, i.e. the stable "double film" is formed and prevents fusion (see fig. 4A and fig. 5). If two *drops* meet, however they fuse, since they present hydrocarbon chains to each other and the "double film" is not formed.

We shall now consider those vacuoles which have come in contact with the interior of the coacervate drop's surface film. In all of the other (sufficiently fluid) coacervates which have been studied, this uniting of vacuole with outer membrane results in the discharge of the vacuole content (which is dispersion medium) into the surrounding liquid, together with a subsequent rounding out of the drop surface.

In the case of the phosphatide coacervate drop, however, the vacuole contents are not discharged but the vacuole as a whole remains attached to the surface of the drop, as shown in fig. 4B. An explanation similar to that given above for the formation of "articulated" vacuoles may be made. In this case, also, the two films meet with their "dipole" ends and a stable double film is formed. If many small vacuoles are attached in this way, the circumference of the drop appears "facetted", and the drop surface as a whole is dotted with them.

## IV. *The double film of oriented phosphatide ions as intergral constituent of the protoplasmic membrane.*

In the preceding review[1]) it was pointed out that phosphatide auto-complex coacervates would seem to be of importance in relation to the problem of the protoplasmic membrane. The arguments brought forward for this point of view can be divided into two principal groups:

1. analogies between properties of the coacervates and properties of biological membranes, for example, the effects of certain electrolytes and non electrolytes, upon the one hand upon the solvate content of the coacervate, upon the other hand, upon "permeability";

2. those arguments which relate to the difficult reversibility of the coacervates, and in particular to the occurrence of films which may separate, without loss of stability, two miscible aqueous media.

At the time of the earlier review nothing was known of the nature of these last films and hence no positive statements concerning a direct

[1]) H. G. BUNGENBERG DE JONG, loc. cit.

relation between the properties of *a*. such films, *b*. of coacervates and *c*. of biological membranes could be made.

The conception, developed earlier in this paper, that single phosphatide ions constitute the kinetic units of the interior of the coacervate drop as well as of its surface films, makes it now possible to state in more precise terms the significance of phosphatide auto-complex coacervates for biology.

Since the remarkable films mentioned in section III must be considered as double films of oriented phosphatide ions, such double films may be considered as bimolecular, oriented "coacervate layers". Beside the phosphatide ions, all of the other constituents which participate in the phosphatide auto-complex coacervate will be present to some extent in the film.

As to the location of the non phosphatide constituents of the double film, it will be clear that water molecules, as well as ions, will be found principally in the hydrophilic middle zone, but that sensitizers of a typical lipophilic character will be found in the two adjacent lipophilic zones (shaded areas in fig. 6). Lipophilic sensitizers will thus fill up, to a certain extent, the area of "water pores" left open in the membrane.

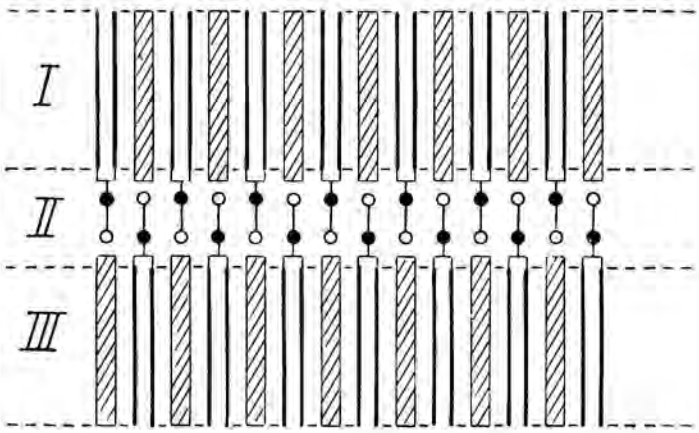



Fig. 6. Diagrammatic representation of double film consisting of oriented phosphatide ions.
I and III lipophilic zones.
II hydrophilic zone containing ionised groups.
Shaded areas = sensitizer molecules (cholesterol, triolein, etc.)

Electrolytes or non electrolytes, through their action upon the three mayor factors mentioned in Section II, may alter the molecular packing and hence, the area of this film. This will of course result in changes of permeability.

The "analogies" included under 1. above may perhaps now be more properly restricted to analogies between such oriented bimolecular coacervate films and the protoplasmic membrane.

This leads to the working hypothesis, that the special properties of the protoplasmic membrane, and perhaps of other membranes within the cell, depend upon the occurrence in them of one or more double layers of phosphatide ions. [1])

*Summary.*

1. Phosphatide auto-complex coacervates may be regarded as *fluid, ionic, auto-complex systems.* The interaction of the phosphatide ions in the coacervate is determined by *three* major factors:

*a.* effective electrostatic attraction due to oppositely charged ionised groups;

*b.* repulsion due to hydration;

*c.* attraction due to lipophilic groups.

2. From theoretical as well as from experimental considerations it is concluded that the phosphatide ions at the surface of the coacervate are oriented with their polar groups inwards, their hydrocarbon chains, thus, outwards.

3. For a number of reasons it seems profitable to assume that when the ionized polar groups of two such oriented films (consisting of single layers of phosphatide ions) meet, a highly stable "double film" is formed. This assumption makes understandable, for example, the peculiar behaviour of vacuoles in the phosphatide auto-complex drop.

4. It is suggested, as a working hypothesis, that the special properties of the protoplasmic membrane depend upon one or more double layers of oriented phosphatide ions similar to the "double films" of the phosphatide auto-complex coacervate.

[1]) A more detailed discussion of the peculiar properties of the coacervates and their importance for the problem of the protoplasmic membrane, will be undertaken in a paper to be published shortly in Protoplasma.

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN
TE AMSTERDAM

# PROCEEDINGS

**VOLUME XXXVIII**

**No. 8**

President: J. VAN DER HOEVE
Secretary: B. BROUWER

## CONTENTS

J. H. C. LISMAN and W. H. KEESOM: "The melting-curve of oxygen to 170 kg/cm$^2$.", p. 808.

W. H. KEESOM and J. HAANTJES: "Further results of the separation by rectification of neon into its isotopic components", p. 809.

W. H. KEESOM and J. HAANTJES: "Vapour pressures of neon of different isotopic compositions", p. 810.

J. DE GIER and P. ZEEMAN: "The isotopes of nickel", p. 810. (With one plate).

J. G. VAN DER CORPUT: "Verteilungsfunktionen". (Erste Mitteilung), p. 813.

T. J. POPPEMA and F. M. JAEGER: "The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures. XX. On the Molecular Heats of the Alloys of Palladium and Antimony in Comparison with the Sum of the Atomic Heats of the Free Elements", p. 822.

T. J. POPPEMA and F. M. JAEGER: "The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures. XXI. On the Molecular Heats of the Compound $PtSb_2$ in Comparison with the Sum of the Atomic Heats of the free composing Elements", p. 833.

T. J. POPPEMA and F. M. JAEGER: "The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures. XXII. The Molecular Heats of the supposed Binary Compounds of Copper and Palladium", p. 836.

ERNST COHEN und J. J. A. BLEKKINGH Jr.: "Der Einfluss des Dispersitätsgrades auf physikalisch-chemische Konstanten". (Vierte Mitteilung), p. 842.

EUG. DUBOIS: "The sixth (fifth new) femur of Pithecanthropus erectus", p. 850.

A. J. HAAGEN SMIT and F. W. WENT; "A physiological analysis of the growth substance", p. 852.

H. P. BERLAGE Jr.: "The theorem of minimum loss of energy due to viscosity in steady motion and the origin of the planetary system from a rotating gaseous disc", p. 857.

J. POPKEN und K. MAHLER: "Ein neues Prinzip für Transzendenzbeweise". (Communicated by Prof. J. G. VAN DER CORPUT), p. 864.

G. H. R. VON KOENIGSWALD: "Eine fossile Säugetierfauna mit Simia aus Südchina". (Communicated by Prof. L. RUTTEN), p. 872. (With one plate).

ELSA REUHL: "Oxygen-Intake of Oily and Starchy Seeds". (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING), p. 879.

J. DOUTRELIGNE: "Note sur la structure des chloroplastes". (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING), p. 886. (With one plate).

KENNETH V. THIMANN: "On an analysis of the activity of two growth-promoting substances on plant tissues". (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING), p. 896.

B. VAN DER EYKEN: "Gebiss- und Zahnentwicklung bei der Irisforelle (Salmo irideus). I. Unterkiefer". (Communicated by Prof. M. W. WOERDEMAN), p. 912. (With one plate).

KNOX H. FINLEY: "An anatomical study in familial olivo-ponto-cerebellar hypoplasia in cats". (Communicated by Prof. B. BROUWER), p. 922.

G. BLOMHERT: "Contribution to the study of the haptic perception of proportions". (Communicated by Prof. B. BROUWER), p. 931.

P. E. VERKADE, J. VAN DER LEE, A. J. S. VAN ALPHEN and M. ELZAS: "Researches on fat metabolism. VII. β-Oxidation of normal saturated dicarboxylic acids administered per os". (Communicated by Prof. J. BÖESEKEN), p. 943.

J. M. WEGENER: "Untersuchungen der zwei- und dreidimensionalen FINSLERschen Räume mit der Grundform $L = \sqrt[3]{a_{ikl}\, x'^i\, x'^k\, x'^l}$". (Communicated by Prof. R. WEITZENBÖCK), p. 949.

---

**Physics.** — *The melting-curve of oxygen to 170 kg/cm².* By J. H. C. LISMAN and W. H. KEESOM. (Abstract of Communication N⁰. 239*a* from the KAMERLINGH ONNES Laboratory).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

Nothing being known about the dependence of the melting-temperature of oxygen on the pressure, we decided to continue our investigations on melting-curves of condensed gases [1]) with an accurate determination of the melting-curve of oxygen. The results are given in the following table; the pressures are reduced to normal gravity.

| $T$ °K | $p$ kg/cm² |
|---|---|
| 54.90 | 48.2 |
| 55.24 | 77.5 |
| 55.62 | 110.8 |
| 55.95 | 140.2 |
| 56.25 | 167.7 |

These five points lie exactly (i.e. within 0.01 degree) on a curve, represented by the well-known formula

$$^{10}log\,(a+p) = c\;^{10}log\;T + b,$$

with $a = 1081.8$, $b = -4.145465$, $c = 4.13811$.

---

[1]) W. H. KEESOM and J. H. C. LISMAN, Comm. Nos. 213*e*, 221*a*, 224*b*, 232*b*. These Proceedings **34**, 598, 1931; **35**, 607, 1932; **36**, 378, 1933; Physica **1**, 735, 1933—1934. See also: J. H. C. LISMAN, Thesis for the Doctorate, Leiden 1934.

Extrapolation gives for the triple-point $T = 54.32^{5}$° K, in agreement with other investigations.

For determination of the density of solid oxygen at the triple-point (it is to be noticed that in this region we have to do with the $\gamma$-modification of oxygen) we used CLAPEYRON's equation and found $\varrho_{sol.} = 1.37^{2}$.

---

**Physics.** — *Further results of the separation by rectification of neon into its isotopic components.* By W. H. KEESOM and J. HAANTJES (Abstract of Communication N°. 239*b* from the KAMERLINGH ONNES Laboratory).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

We continued our experiments on the rectification of liquid neon in order to obtain neon which differed appreciably from ordinary neon. We performed fourteen rectifications, each taking four days. At several points in the process a neon sample was taken off and, after purifying, the density was carefully determined by weighing. Quantity of each sample after purifying about 4 l.

In table I the results are collected.

TABLE I.

Atomic weight of different neon samples.

| Sample | Density N.T.P. | At. Weight |
|---|---|---|
| *a* | $0.0008958^{0}$ | 20.091 |
| *b* | $0.0009173^{3}$ | 20.574 |
| *c* | $0.0008936^{6}$ | 20.043 |
| *d* | $0.0009212^{9}$ | 20.663 |
| *e* | $0.0009209^{3}$ | 20.655 |
| *f* | $0.0009130^{7}$ | 20.478 |
| *g* | $0.0009433^{4}$ | 21.157 |
| *k* | | 20.785 |

The atomic weight of sample *k* (of which 135 l were prepared) was determined from the vapour pressure difference with ordinary neon.

---

**Physics.** — *Vapour pressures of neon of different isotopic compositions.* By W. H. KEESOM and J. HAANTJES (Abstract of Communication N⁰. 239c from the KAMERLINGH ONNES Laboratory).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

A new apparatus for differential measurements of vapour pressures was constructed, securing a very good heat contact between the vapour pressure reservoirs and the bath of constant temperature. This apparatus was built in a cryostat in which it was possible to liquefy neon with the aid of liquid hydrogen. In a neon bath (liquid or solid) we carried out measurements about the differences in vapour pressure of neon of five different isotopic compositions (atomic weights between 20.043 and 21.157).

It appeared that at a fixed temperature the pressure is a linear function of the atomic weight. This was checked to be true within $3\,^0/_{00}$, the limit of our accuracy, at 27° K. From our measurements we derived the value of $log\ p_{20}/p_{22}$ as a function of temperature. For the solid state a deviation from the theoretical formula was found, which may be due to a difference in potential energy for the two isotopes in the solid substance as well as to a deviation of DEBIJE's formula for the zero point energy.

From the dependence of $log\ p_{20}/p_{22}$ on temperature in the liquid state we are able to derive that the specific heat of the liquid of $Ne^{20}$ is higher than that of $Ne^{22}$.

We also found that the triple point of $Ne^{22}$ is 0.134 degree higher than that of $Ne^{20}$, and calculated a difference in melting-heat for the two isotopes of 1.18 cal/mol, the highest value belonging to $Ne^{22}$.

---

**Physics.** — *The isotopes of nickel.* By J. DE GIER and P. ZEEMAN.

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

Among the experiments we made this year with our mass spectrograph, arranged according to THOMSON's parabola method, those with nickel gave results differing considerably from ASTON's latest data on the isotopes of this element.

The disaccord may be of little importance as to the atomic weight of

nickel, because of the faintness of the isotopes concerned. But possibly our results can get some importance for the systematics of the isotopic table.

ASTON [1]) analysed nickel by means of its carbonyl. Two isotopes with mass numbers 58 and 60 were found and the relative abundance was estimated at 2 : 1.

Later on in his publication [2]) of April of this year ASTON reported on two other faint isotopes.

Several new lines were detected, of which those for the mass numbers 61 and 62 were new isotopes, with reasonable certainty. Lines present at 56 and 64 showed a steady decrease in intensity as the experiments proceeded, indicating that they were largely if not entirely due to adventitious compounds. They never quite disappeared, so the existence of these isotopes could not be excluded by ASTON.

But the abundance of neither could be so high as 1 %.

Photometry gave the abundance of the isotopes 58, 60, 61 and 62, equal to 67,5 %, 27,0 %, 1,7 % and 3,8 %.

Our experiments were also undertaken with the volatile carbonyl of nickel. This is now on the market and is sufficiently pure for our case. So we were not obliged to take special precautions when using it.

When the carbonyl was led through the discharge tube, the inner wall was coated with a black deposit of nickel [3]). Especially when the current density was high, the discharge soon became instable and it was not possible to continue the exposure long enough.

This difficulty was overcome in the same manner as that of the abnormal cathodic sputtering in our previous experiments [4]) with the inert gases. Diluting the carbonyl with oxygen had a favourable influence and the disturbance by the coating was much retarded by it.

On the other hand the current density was chosen so low that the useful working-time of the tube was considerably greater.

Of course the bundle is less intensive now. Accordingly the canals had to be chosen as wide as possible, an upper limit being given by the resolving power of the apparatus.

Wide canals are the more necessary because the intensity of the bundle is distributed here over many sorts of ions. The carbonyl gives rise not only to parabolas of the metal ions but also to groups of strong lines for $NiC$, $NiCO$, $Ni(CO)_2$, etc., the intensity of these lines being of almost the same order as that of the $Ni$-lines.

So the intensity of the two faint $Ni$-isotopes was apt to be too small.

---

[1]) Phil. Mag. **45**, 936, 1923.

[2]) Proc. Roy. Acad. London **149**, 396, 1935.

[3]) Before the methods of evaporating and cathodic sputtering were establised, nickel mirrors for optical experiments were occasionally made by passing nickel-carbonyl through a heated glass tube. See P. ZEEMAN: Mesures relatives au Phénomène de Kerr; Arch. néerlandaises **27**, 47, 1894.

[4]) P. ZEEMAN and J. DE GIER, Proc. Roy. Acad. Amst. **37**, 127, 1934.

The large canals have the disadvantage of giving broad parabola as will be seen from the reproduction. It was however still possible to get altogether trustworthy results in this way. At the start of the experiments with nickel it was our intention to look after isotopes on 56 and 64.

The very first photos were already interesting. Line 56 was absent and 64 was clearly visible. By prolonging the exposures not a trace of 56 could be found. So we may conclude that a nickel isotope of mass-number 56 does not exist to an abundance greater than 0,1 %.

Line 64 was easy to get and appeared to have the same relative intensity during the whole experiment. This indicated clearly that it was not due to an adventitious compound.

In other respects the behaviour of the 64 line was also quite like that of the other nickel lines. On the most intensive plates all the metal lines were prolonged, and the relative intensities were apparently the same as those of the main group.

Another striking proof of the identity of the 64-ion lies in the fact that the plates always gave a repetition of that line together with the other isotopes in the groups of $NiC$, $NiCO$, $Ni(CO)_2$ etc. In the reproduction the group of $NiC$ will still be distinguished, the $NiCO$ group being too faint to be wholly reproduced.

As a result of our research we get none but even isotopes. The repetition of the lines in several almost aequidistant groups, clearly resolved, excluded every other possibility.

The isotope 61, reported by ASTON, could not be found by us. We have made our lines sharper in order to be sure that the line could not be shadowed by the other lines.

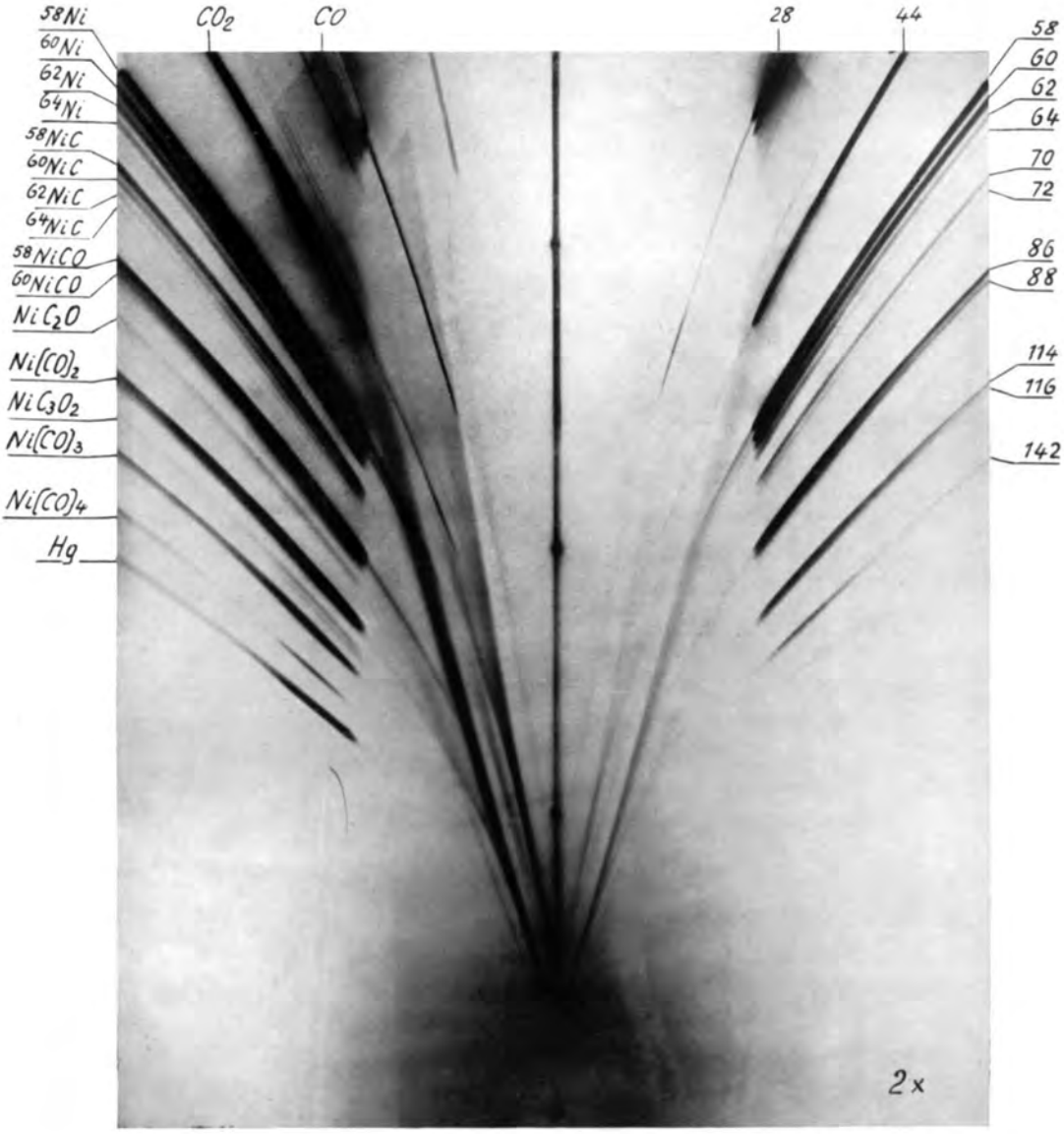
Exposures with still sufficient intensity could be made but not a trace of additional blackening was seen between the lines 60 and 62. So this isotope cannot be present to more than 0,2 %.

It is difficult to ascribe the disaccord of ASTON's results to a special cause. Only a comparison of the plates in connection with the experiments that preceded his nickel exposures can give some answer to this.

Nevertheless, it is remarkable that we also got a line 61 when we experimented with carbon hydrides. The action of halogenes in the tube on the grease also caused this line.

The line is then easily explained by a $C_5H$ ion, the other carbon series being present then to a much larger extent.

If this were the case with ASTON's line 61, we should be inclined to mistrust the abundance figures for 60 and 62 as $C_5$ and $C_5H_2$ would also be present up to a slight degree. However, another explanation of line 61 being equally possible, this time not affecting the relative intensities of 60 and 62, we have only enlarged proportionally ASTON's figures. By varying the time of exposure we found for the relative intensity of 64 to 62; $\pm$ 1: 4, 5. With packing fraction and change of scale we obtain an atomic weight of 58,68 according with the international value of 58,69.




long exposure short exposure

The abundance figures as given in the table are now:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ASTON | Mass numbers | 58 | 60 | 61 | 62 | |
| | % abundance | 67,5 | 27,0 | 1,7 | 3,8 | |
| ZEEMAN-DE GIER | Mass numbers | 58 | 60 | — | 62 | 64 |
| | % abundance | 68,1 | 27,2 | — | 3,8 | 0,9 |

Sept. 1935.

*Laboratory "Physica" of the University of Amsterdam.*

---

**Mathematics.** — *Verteilungsfunktionen.* Von J. G. VAN DER CORPUT. (Erste Mitteilung).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

*Einleitung.*

Die in dieser Arbeit auftretenden Zahlen werden alle reell vorausgesetzt. Verteilungsfunktionen treten auf bei Folgen; eine Folge ist eine abzählbar unendliche angeordnete Zahlenmenge. Ist $U$ die Folge $u_1, u_2, \ldots$, so bezeichne ich mit $U_\gamma(x)$ die Anzahl der Zahlen $u_\xi < \gamma$ mit $\xi \leq x$. Desgleichen bezeichne ich, falls $V$ die Folge $v_1, v_2 \ldots$ darstellt, mit $V_\gamma(x)$ die Anzahl der $v_\xi < \gamma$ mit $\xi \leq x$; desgleichen $W_\gamma(x)$, $T_\gamma(x)$, u.s.w.

Ist es möglich, bei der Folge $U$ die natürliche Zahl $x$ unbeschränkt so wachsen zu lassen, dasz $\frac{U_\gamma(x)}{x}$ für jedes $\gamma$ nach einem Grenzwert $\psi(\gamma)$ strebt, so nenne ich diesen Grenzwert $\psi(\gamma)$ eine Verteilungsfunktion der Folge $U$. In diesen Mitteilungen werde ich beweisen:

**Satz 1:** *Jede Folge $U$ besitzt wenigstens eine Verteilungsfunktion.*

Hieraus folgt

**Satz 2:** *Ist es bei gegebener Folge $U$ und bei gegebenem $\eta$ möglich, die natürliche Zahl $x$ unbeschränkt so wachsen zu lassen, dasz $\frac{U_\eta(x)}{x}$ nach einem Grenzwert $\zeta$ strebt, so besitzt die Folge $U$ wenigstens eine Verteilungsfunktion, die in $\eta$ den Wert $\zeta$ annimmt.*

Denn dann gibt es eine Folge von monoton wachsenden Zahlen $x_1, x_2, \ldots$ mit

$$\lim_{h \to \infty} \frac{U_\eta(x_h)}{x_h} = \zeta. \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

Die Folge $u_{x_1}, u_{x_2}, \ldots$ besitzt nach Satz 1 wenigstens eine Verteilungsfunktion. Diese ist auch Verteilungsfunktion der Folge $U$ und nimmt wegen (1) in $\eta$ den Wert $\zeta$ an.

Besitzt eine Folge nur eine Verteilungsfunktion, so heiszt diese **die** Verteilungsfunktion der Folge. Aus Satz 2 geht hervor

**Satz 3:** *Besitzt eine Folge $U$ die Verteilungsfunktion $\psi(\gamma)$, so ist für jedes feste $\gamma$*

$$\lim_{x \to \infty} \frac{U_\gamma(x)}{x} = \psi(\gamma).$$

Denn sonst könnte man wegen $0 \leq \frac{U_\gamma(x)}{x} \leq 1$ ein $\eta$ und eine Folge $x_1, x_2, \ldots$ mit

$$\lim_{h \to \infty} \frac{U_\eta(x_h)}{x_h} \neq \psi(\eta)$$

finden; dann hätte die Folge $u_{x_1}, u_{x_2}, \ldots$, (also auch die Folge $U$) nach Satz 2 wenigstens eine Verteilungsfunktion, die im Punkte $\eta$ einen Wert $\neq \psi(\eta)$ annimmt, sodasz dann $\psi(\gamma)$ nicht die einzige Verteilungsfunktion der Folge $U$ wäre.

Der Beweis des folgenden Satzes ist sehr leicht und findet sich in der folgenden Mitteilung vor.

**Satz 4:** *Jede im Intervall $(-\infty, \infty)$ überall dichte Folge kann so umgeordnet werden, dasz die umgeordnete Folge dieselben Verteilungsfunktionen besitzt wie eine beliebig vorgegebene Folge, die aus untereinander verschiedenen Zahlen besteht.*

Dasz alle Verteilungsfunktionen einer Folge monoton-nichtabnehmend, $\geq 0$ und $\leq 1$ sind, ist klar. Ich suche nun zunächst eine notwendige und hinreichende Bedingung, damit eine vorgegebene Funktionenmenge die Menge der Verteilungsfunktionen ist für eine geeignet gewählte Folge, die aus untereinander verschiedenen Zahlen besteht.

**Satz 5:** *Besteht $\mathfrak{M}$ aus monoton-nichtabnehmenden Funktionen $\geq 0$ und $\leq 1$, so ist $\mathfrak{M}$ dann und nur dann die Menge der Verteilungsfunktionen einer geeignet gewählten aus untereinander verschiedenen Zahlen bestehenden Folge, wenn es eine Folge*

$$\varphi_1(\gamma), \quad \varphi_2(\gamma), \ldots \qquad \ldots \ldots \ldots \qquad (2)$$

*stetiger monoton-nichtabnehmender Funktionen $\geq 0$ und $\leq 1$ gibt mit den folgenden Eigenschaften:*

1. *Jede Grenzfunktion der in (2) genannten Folge gehört zu $\mathfrak{M}$; d.h. enthält die Folge (2) eine Teilfolge*

$$\psi_1(\gamma), \quad \psi_2(\gamma), \ldots \qquad \text{mit} \lim_{n \to \infty} \psi_n(\gamma) = \psi(\gamma),$$

*so gehört $\psi(\gamma)$ zu $\mathfrak{M}$.*

2. *Jede zu $\mathfrak{M}$ gehörige Funktion ist eine Grenzfunktion der in (2) genannten Folge.*

3. *Schlieszlich ist*

$$\lim_{n \to \infty} (\varphi_{n+1}(\gamma) - \varphi_n(\gamma)) = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Dasz diese Bedingung notwendig ist, ist leicht zu zeigen. Denn ist $\mathfrak{M}$ die Menge der Verteilungsfunktionen einer aus untereinander verschiedenen Zahlen bestehenden Folge $W$, so ist $\frac{W_\gamma(x)}{x}$ für jedes feste ganze $x \geqq 1$ eine monoton-nichtabnehmende abteilungsweise konstante Funktion von $\gamma$, deren Sprünge gleich $\frac{1}{x}$ sind, sodasz es eine stetige monoton-nichtabnehmende Funktion $\varphi_x(\gamma)$ mit

$$0 \leqq \varphi_x(\gamma) \leqq 1 \quad \text{und} \quad \left| \frac{W_\gamma(x)}{x} - \varphi_x(\gamma) \right| \leqq \frac{1}{x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

gibt. Dasz die so definierte Folge $\varphi_1(\gamma), \varphi_2(\gamma), \ldots$ die drei in Satz 5 genannten Eigenschaften besitzt, ist klar; denn jede Grenzfunktion der Folge $\varphi_1(\gamma), \varphi_2(\gamma), \ldots$ ist wegen (4) auch Grenzfunktion der Folge $\frac{W_\gamma(1)}{1}, \frac{W_\gamma(2)}{2}, \ldots$, gehört somit zu $\mathfrak{M}$, und umgekehrt; auszerdem ist für jedes ganze $x \geqq 1$

$$-\frac{1}{x+1} \leqq W_\gamma(x)\left(\frac{1}{x+1} - \frac{1}{x}\right) \leqq \frac{W_\gamma(x+1)}{x+1} - \frac{W_\gamma(x)}{x}$$

$$\leqq \frac{W_\gamma(x)+1}{x+1} - \frac{W_\gamma(x)}{x} \leqq \frac{1}{x+1},$$

also wegen (4)

$$|\varphi_{x+1}(\gamma) - \varphi_x(\gamma)| \leqq \left| \frac{W_\gamma(x+1)}{x+1} - \frac{W_\gamma(x)}{x} \right| + \frac{1}{x+1} + \frac{1}{x} \to 0$$

für $x \to \infty$.

Dasz die in Satz 5 erwähnte Bedingung auch hinreichend ist, werde ich später beweisen.

Aus Satz 5 geht zunächst hervor, dasz jeder stetigen monoton-nichtabnehmenden Funktion $\psi(\gamma)$ mit $0 \leqq \psi(\gamma) \leqq 1$ eine Folge mit der Verteilungsfunktion $\psi(\gamma)$ entspricht; denn für (2) kann ich dann die Folge $\psi(\gamma), \psi(\gamma), \ldots$ wählen. Nach Satz 4 kann dann jede im Intervall $(-\infty, \infty)$ überall dichte Folge durch Umordnung in eine Folge mit der Verteilungsfunktion $\psi(\gamma)$ übergeführt werden. Unter der zusätzlichen Bedingung

$$\lim_{\gamma \to -\infty} \psi(\gamma) = 0 \quad \text{und} \quad \lim_{\gamma \to \infty} \psi(\gamma) = 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

werde ich noch etwas mehr beweisen, nämlich:

**Satz 6:** *Ist $\psi(\gamma)$ irgend eine stetige monoton-nichtabnehmende Funktion mit (5), so kann jede im Intervall $(-\infty, \infty)$ überall dichte Folge durch Umordnung in eine Folge $W$ mit der Verteilungsfunktion $\psi(\gamma)$ übergeführt werden, und zwar so, dasz für jedes $\gamma$ und jede natürliche Zahl $x$*

$$|W_\gamma(x) - x\psi(\gamma)| < 2 + 2 \log x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

*ist.*

Es ist mir nicht gelungen dieses Resultat wesentlich zu verschärfen. Ich weisz sogar nicht, ob es eine Folge $W$ und eine stetige Funktion $\psi(\gamma)$ gibt, derart dasz

$$\frac{W_\gamma(x) - x\psi(\gamma)}{\log x}$$

für $x \to \infty$ gleichmässig in $\gamma$ nach Null strebt. Ich weisz auch nicht, ob es eine Folge $W$, eine stetige Funktion $\psi(\gamma)$ und eine Konstante $K$ gibt, die für jedes $\gamma$ und jede natürliche Zahl $x$ der Ungleichung

$$|W_\gamma(x) - x\psi(\gamma)| < K$$

genügen.

Jeder monoton-nichtabnehmenden Funktion $\psi(\gamma) \geqq 0$ und $\leqq 1$ entspricht eine Folge stetiger monoton-nichtabnehmender Funktionen $\geqq 0$ und $\leqq 1$ mit der einzigen Grenzfunktion $\psi(\gamma)$. Aus den Sätzen 5 und 4 geht somit hervor:

**Satz 7:** *Ist $\psi(\gamma)$ irgend eine monoton-nichtabnehmende Funktion $\geqq 0$ und $\leqq 1$, so kann jede im Intervall $(-\infty, \infty)$ überall dichte Folge so umgeordnet werden, dasz $\psi(\gamma)$ die Verteilungsfunktion der umgeordneten Folge darstellt.*

Etwas allgemeiner ist

**Satz 8:** *Sind $\psi_1(\gamma), \ldots, \psi_k(\gamma)$ monoton-nichtabnehmende Funktionen $\geqq 0$ und $\leqq 1$, so kann jede im Intervall $(-\infty, \infty)$ überall dichte Folge so umgeordnet werden, dasz die Menge der Verteilungsfunktionen der umgeordneten Folge aus den linearen Komposita $\lambda_1 \psi_1(\gamma) + \ldots + \lambda_k \psi_k(\gamma)$ besteht, wobei die $k$ Koeffizienten $\geqq 0$ sind und die Summe Eins besitzen.*

Denn da diese linearen Komposita monoton-nichtabnehmend, $\geqq 0$ und $\leqq 1$ sind, brauche ich nur eine Folge $\varphi_1(\gamma), \varphi_2(\gamma), \ldots$ mit den drei in Satz 5 genannten Eigenschaften anzugeben. Das habe ich schon für den Spezialfall $k = 1$ vor Satz 7 getan. Ich darf also $k \geqq 2$ voraussetzen und eine Folge $\chi_1(\gamma), \chi_2(\gamma), \ldots$ annehmen, die die drei in Satz 5 erwähnten Eigenschaften besitzt, wenn darin $\mathfrak{M}$ ersetzt wird durch die Menge $\mathfrak{M}^*$ der linearen Komposita der Gestalt $\mu_1 \psi_1(\gamma) + \ldots + \mu_{k-1} \psi_{k-1}(\gamma)$; hierbei sind die $k-1$ Koeffizienten $\geqq 0$ und besitzen die Summe Eins. Ich wähle nun irgend eine Folge $\omega_1(\gamma), \omega_2(\gamma), \ldots$ stetiger monoton-nicht-

abnehmender Funktionen $\geqq 0$ und $\leqq 1$ mit der einzigen Grenzfunktion $\psi_k(\gamma)$. Ich setze für ganzes $n \geqq 1$

$$\left.\begin{aligned} \varphi_{n^2+h}(\gamma) &= \frac{h\,\chi_n(\gamma) + (n-h)\,\omega_n(\gamma)}{n} && \text{für } h = 0, 1, \ldots, n \\ &= \frac{(2n-h)\,\chi_n(\gamma) + (h-n)\,\omega_n(\gamma)}{n} && \text{für } h = n+1, \ldots, 2n \end{aligned}\right\}. \quad (7)$$

und ich werde zeigen, dasz die so definierte Folge $\varphi_1(\gamma), \varphi_2(\gamma), \ldots$ die drei verlangten Eigenschaften besitzt.

1. Jede Grenzfunktion der Folge $\varphi_1(\gamma), \varphi_2(\gamma), \ldots$ hat die Gestalt $\Theta\,\chi(\gamma) + (1-\Theta)\,\psi_k(\gamma)$, wo $0 \leqq \Theta \leqq 1$ ist und $\chi(\gamma)$ eine Funktion von $\mathfrak{M}^*$ bezeichnet. Folglich ist jede Grenzfunktion der Folge $\varphi_1(\gamma), \varphi_2(\gamma), \ldots$ ein lineares Kompositum der Funktionen $\psi_1(\gamma), \ldots, \psi_k(\gamma)$ mit Koeffizienten $\geqq 0$, deren Summe gleich Eins ist.

2. Jedes lineare Kompositium der Funktionen $\psi_1(\gamma), \ldots, \psi_k(\gamma)$, dessen Koeffizienten $\geqq 0$ sind und die Summe Eins besitzen, kann auf die Gestalt $\Theta\,\chi(\gamma) + (1-\Theta)\,\psi_k(\gamma)$ gebracht werden, wo $0 \leqq \Theta \leqq 1$ ist und $\chi(\gamma)$ eine Funktion von $\mathfrak{M}^*$ bezeichnet. Ich kann also das ganze $n$ unbeschränkt so wachsen lassen, dasz $\chi_n(\gamma)$ nach $\chi(\gamma)$ und zugleich $\omega_n(\gamma)$ nach $\psi_k(\gamma)$ strebt. Wird jedem dieser $n$ ein ganzes $h$ mit

$$0 \leqq h \leqq n, \qquad \frac{h}{n} \to \theta$$

zugeordnet, so strebt $\varphi_{n^2+h}(\gamma)$ wegen (7) nach $\Theta\,\chi(\gamma) + (1-\Theta)\psi_k(\gamma)$, sodasz das betrachtete lineare Kompositum eine Grenzfunktion der Folge $\varphi_1(\gamma), \varphi_2(\gamma), \ldots$ ist.

3. Für $h = 0, 1, \ldots, 2n-1$ ist

$$|\varphi_{n^2+h+1}(\gamma) - \varphi_{n^2+h}(\gamma)| = \frac{|\chi_n(\gamma) - \omega_n(\gamma)|}{n} \leqq \frac{1}{n} \to 0$$

und auszerdem ist

$$|\varphi_{n^2+2n+1}(\gamma) - \varphi_{n^2+2n}(\gamma)| = |\omega_{n+1}(\gamma) - \omega_n(\gamma)| \to 0,$$

woraus (3) hervorgeht. Hiermit ist Satz 8 vollständig bewiesen.

In diesen Mitteilungen werde ich aus Satz 5 noch einen andren Satz ableiten, nämlich

**Satz 9:** *Sind $\varphi(\gamma)$ und $\Phi(\gamma)$ monoton-nichtabnehmende Funktionen mit $0 \leqq \varphi(\gamma) \leqq \Phi(\gamma) \leqq 1$, so kann jede im Intervall überall dichte Folge durch Umordnung übergeführt werden in eine Folge $W$ von der Art, dasz die Menge der Verteilungsfunktionen der umgeordneten Folge aus den monoton-nichtabnehmenden Funktionen $\psi(\gamma)$ mit $\varphi(\gamma) \leqq \psi(\gamma) \leqq \Phi(\gamma)$ besteht.*

In diesem Satz sind $\varphi(\gamma)$ und $\Phi(\gamma)$ die Schranken der Verteilungsfunktionen, d.h. es ist

$$\lim_{x\to\infty} \inf \frac{W_\gamma(x)}{x} = \varphi(\gamma) \quad \text{und} \quad \lim_{x\to\infty} \sup \frac{W_\gamma(x)}{x} = \Phi(\gamma).$$

Zugleich sind hier $\varphi(\gamma)$ und $\Phi(\gamma)$ selbst Verteilungsfunktionen. Dasz übrigens nicht bei jeder Folge die Schranken der Verteilungsfunktionen selbst Verteilungsfunktionen sind, geht aus folgendem Beispiel hervor, wobei $U$ die Folge

$$\underbrace{\tfrac{1}{2}, \tfrac{1}{2},}_{2!\,\text{Glieder}} \quad \underbrace{\tfrac{1}{4}, \tfrac{3}{4}, \tfrac{1}{4}, \tfrac{3}{4}, \tfrac{1}{4}, \tfrac{3}{4},}_{3!\,\text{Glieder}} \quad \underbrace{\tfrac{1}{2}, \tfrac{1}{2}, \ldots, \tfrac{1}{2},}_{4!\,\text{Glieder}} \quad \underbrace{\tfrac{1}{4}, \tfrac{3}{4}, \tfrac{1}{4}, \ldots, \tfrac{3}{4},}_{5!\,\text{Glieder}} \ldots$$

ist. Wie man leicht einsieht, hat bei dieser Folge $U$ die untere Schranke der Verteilungsfunktionen im Intervall $\gamma \leqq \frac{1}{2}$ den Wert 0, im Intervall $\frac{1}{2} < \gamma \leqq \frac{3}{4}$ den Wert $\frac{1}{2}$ und im Intervall $\gamma > \frac{3}{4}$ den Wert 1; die obere Schranke der Verteilungsfunktionen hat im Intervall $\gamma \leqq \frac{1}{4}$ den Wert 0, im Intervall $\frac{1}{4} < \gamma \leqq \frac{1}{2}$ den Wert $\frac{1}{2}$ und im Intervall $\gamma > \frac{1}{2}$ den Wert 1. Für gerades $x$ und für $0 \leqq \gamma < \frac{1}{4}$ ist

$$U_\gamma(x) + U_{1-\gamma}(x) = \tfrac{1}{2}\, x,$$

sodasz jede Verteilungsfunktion $\psi(\gamma)$ der Folge $U$ für $0 \leqq \gamma < \frac{1}{4}$ die Eigenschaft

$$\psi(\gamma) + \psi(1-\gamma) = \tfrac{1}{2}$$

besitzt; die Schranken der Verteilungsfunktionen besitzen diese Eigenschaft nicht, sind also keine Verteilungsfunktionen der Folge $U$.

Es folgen noch einige notwendige Bedingungen, damit eine vorgegebene Menge die Menge der Verteilungsfunktionen einer geeignet gewählten Folge ist. Nicht in Widerspruch zu der Tatsache, dasz die Schranken der Verteilungsfunktionen selbst keine Verteilungsfunktionen zu sein brauchen, ist

**Satz 10:** *Bei jeder Folge $U$ bilden die Verteilungsfunktionen eine abgeschlossene Menge, d.h. sind $\psi_1(\gamma), \psi_2(\gamma), \ldots$ Verteilungsfunktionen von $U$, und besteht für jedes $\gamma$ der Grenzwert*

$$\lim_{n\to\infty} \psi_n(\gamma),$$

*so ist dieser Grenzwert auch eine Verteilungsfunktion von $U$.*

**Satz 11:** *Ist $U$ irgend eine Folge und ist $\eta$ irgend eine Zahl, so bilden die Zahlen $\zeta$, denen eine Verteilungsfunktion $\psi(\gamma)$ von $U$ mit $\psi(\eta) = \zeta$ zugeordnet werden kann, ein abgeschlossenes Intervall.*

Allgemeiner: *Sind $\eta_1, \ldots, \eta_k$ beliebige Zahlen, so bilden die Punkte $(\zeta_1, \ldots, \zeta_k)$, denen eine Verteilungsfunktion $\psi(\gamma)$ von $U$ mit*

$$\psi(\eta_1) = \zeta_1, \ldots, \psi(\eta_k) = \zeta_k$$

*zugeordnet werden kann, eine k-dimensionale Menge, die entweder aus nur einem Punkt besteht oder ein Kontinuum ist, d.h. es ist unmöglich, diese Menge in zwei nicht-leere abgeschlossene Punktmengen zu zerlegen, die keine gemeinsame Punkte besitzen.*

Die in den früheren Sätzen auftretende Voraussetzung, dasz die betrachtete Folge $U$ überall dicht liegt, ist dort nicht überflüszig. Denn enthält ein Intervall $\alpha \leqq u < \beta$ keine oder nur endlich viele Punkte einer Folge $U$, so sind in diesem Intervall für jede Folge, die durch Umordnung aus $U$ entstehen kann, alle Verteilungsfunktionen, also auch die zwei Schranken der Verteilungsfunktionen, konstant. Zur Behandlung der Folgen, die im Intervall $(-\infty, \infty)$ nicht überall dicht liegen, führe ich die folgende Definition ein:

**Definition 1:** Bei beliebig gegebener Folge $U$ sage ich, dasz eine Funktion $\psi(\gamma)$ die Eigenschaft $\mathfrak{E}(U)$ besitzt, wenn sie für jedes $\gamma$ definiert, monoton-nichtabnehmend, $\geqq 0$ und $\leqq 1$ ist, und auszerdem die folgenden Bedingungen erfüllt:

1. Sind $\alpha$ und $\beta$ zwei beliebige Zahlen mit $\psi(\alpha) < \psi(\beta)$, so enthält $U$ unendlich viele Zahlen $u$ mit $\alpha \leqq u < \beta$.
2. Ist $\alpha$ eine beliebige Zahl mit $\psi(\alpha) < 1$, so enthält $U$ unendlich viele Zahlen $u \geqq \alpha$.
3. Ist $\beta$ eine beliebige Zahl mit $\psi(\beta) > 0$, so enthält $U$ unendlich viele Zahlen $u < \beta$.

Aus dieser Definition folgt u.a.: Ist $U$ irgend eine Folge, so besitzen für jede Folge, die durch Umordnung aus $U$ entstehen kann und sogar für jede Teilfolge von $U$ alle Verteilungsfunktionen und auch die zwei Schranken dieser Verteilungsfunktionen die Eigenschaft $\mathfrak{E}(U)$. Ich nenne $T$ eine Teilfolge von $U$, wenn jede Zahl mindestens ebenso oft in $U$ wie in $T$ vorkommt.

Die Sätze 8 und 9, sinngemäsz verallgemeinert, liefern die folgenden Sätze 12 und 13; dasz die zwei ersten Sätze nur Spezialfälle der zwei letzten sind, folgt unmittelbar aus der Tatsache, dasz bei einer im Intervall $(-\infty, \infty)$ überall dicht liegende Folge $U$ jede monoton-nichtabnehmende Funktion $\geqq 0$ und $\leqq 1$ die Eigenschaft $\mathfrak{E}(U)$ besitzt.

**Satz 12:** *Ist $U$ eine Folge, und besitzen die Funktionen $\psi_1(\gamma), \ldots, \psi_k(\gamma)$ die Eigenschaft $\mathfrak{E}(U)$, so kann $U$ so omgeordnet werden, dasz die Menge der Verteilungsfunktionen der umgeordneten Folge aus den linearen Komposita $\lambda_1\psi_1(\gamma) + \ldots + \lambda_k\psi_k(\gamma)$ besteht, wobei die $k$ Koeffizienten $\geqq 0$ sind und die Summe Eins besitzen.*

**Satz 13:** *Ist $U$ eine Folge, und besitzen $\varphi(\gamma)$ und $\Phi(\gamma)$ die Eigenschaft*

*$\mathfrak{E}(U)$ mit $\varphi(\gamma) \leqq \Phi(\gamma)$, dann kann $U$ so umgeordnet werden, dasz die Menge der Verteilungsfunktionen der umgeordneten Folge aus den Funktionen $\psi(\gamma)$ mit Eigenschaft $\mathfrak{E}(U)$ und $\varphi(\gamma) \leqq \psi(\gamma) \leqq \Phi(\gamma)$ besteht.*

Die obigen Sätze können mit Erfolg auf die Theorie der Verteilungsfunktionen modulo Eins angewendet werden[1]. Bei einer Folge

$$U: u_1, u_2, \ldots .$$

bezeichne ich für jedes im abgeschlossenen Intervall (0, 1) liegende $\gamma$ mit $U_\gamma^*(x)$ die Anzahl der Zahlen $\xi < x$ mit $u_\xi - [u_\xi] < \gamma$; hierin ist $[u]$ die grösste ganze Zahl $\leqq u$. Folglich ist $U_0^*(x) = 0$ und $U_1^*(x) = 1$. Ist es möglich, die natürliche Zahl $x$ unbeschränkt so wachsen zu lassen, dasz $\frac{U_\gamma^*(x)}{x}$ für jedes im abgeschlossenen Intervall (0, 1) liegende $\gamma$ nach einem Grenzwert $\psi(\gamma)$ strebt, so nenne ich den im abgeschlossenen Intervall (0, 1) definierten Grenzwert $\psi(\gamma)$ eine Verteilungsfunktionen mod. 1 der Folge $U$. Die Verteilungsfunktionen mod. 1 einer Folge ändern sich nicht, wenn die Zahlen der Folge um ganze Zahlen vermehrt oder vermindert werden. Bei der Untersuchung der Verteilungsfunktionen mod. 1 kann man also ohne Beschränkung der Allgemeinheit annehmen, dasz die Zahlen der betrachteten Folge alle $\geqq 0$ und $< 1$ sind. Die Begriffe der Verteilungsfunktionen mod. 1 einerseits und der Verteilungsfunktionen andrerseits sind dann im abgeschlossenen Intervall (0, 1) identisch, sodasz die Theorie der Verteilungsfunktionen insbesondere die Theorie der Verteilungsfunktionen mod. 1 enthält. Satz 1 liefert so

**Satz 14:** *Jede Folge $U$ besitzt wenigstens eine Verteilungsfunktion mod. 1.*

Besitzt eine Folge nur eine Verteilungsfunktion mod. 1, so heiszt diese **die** Verteilungsfunktion mod. 1 der Folge. Aus Satz 3 geht hervor:

**Satz 15:** *Besitzt eine Folge $U$ modulo Eins die Verteilungsfunktion $\psi(\gamma)$, so ist für jedes im abgeschlossenen Intervall (0, 1) liegende $\gamma$*

$$\lim_{x \to \infty} \frac{U_\gamma^*(x)}{x} = \psi(\gamma).$$

Satz 7 verwandelt sich in

**Satz 16:** *Ist $\psi(\gamma)$ irgend eine monoton-nichtabnehmende Funktion $\geqq 0$ und $\leqq 1$, so kann jede im Intervall (0, 1) überall dichte Folge so umge-*

---

[1]) Vergl. J. F. KOKSMA, Diophantische Approximationen, Kapitel VIII, § 1 (Ergebnisse der Mathematik IV, 4; J. SPRINGER, Berlin). Bei KOKSMA treten nicht die Funktionen auf, die von mir Verteilungsfunktionen mod. 1 genannt werden, sondern nur die zwei Schranken dieser Verteilungsfunktionen; diese zwei Schranken nennt er kurzweg Verteilungsfunktionen mod. Eins.

*ordnet werden, dasz $\psi(\gamma)$ die Verteilungsfunktion mod. 1 der umgeordneten Folge darstellt*[1]).

Satz 9 geht über in

**Satz 17:** *Sind $\varphi(\gamma)$ und $\Phi(\gamma)$ im abgeschlossenen Intervall $(0, 1)$ monoton-nichtabnehmend mit*

$$\varphi(\gamma) \leqq \Phi(\gamma); \qquad \varphi(0) = \Phi(0) = 0; \qquad \varphi(1) = \Phi(1) = 1,$$

*so kann jede im Intervall $(0, 1)$ überall dichte Folge so umgeordnet werden, dasz die Menge der Verteilungsfunktionen mod. 1 der umgeordneten Folge aus den monoton-nichtabnehmenden Funktionen $\psi(\gamma)$ mit $\varphi(\gamma) \leqq \psi(\gamma) \leqq \Phi(\gamma)$ besteht.*

Satz 12 schlieszlich liefert:

**Satz 18:** *Es sei $U$ eine Folge, und es seien $\psi_1(\gamma), \ldots, \psi_k(\gamma)$ im Intervall $0 \leqq \gamma \leqq 1$ monoton-nichtabnehmende Funktionen mit*

$$\psi_\varkappa(0) = 0 \quad \text{und} \quad \psi_\varkappa(1) = 1 \qquad (\varkappa = 1, 2, \ldots, k);$$

*für jedes Zahlpaar $(\alpha, \beta)$ mit $0 \leqq \alpha < \beta \leqq 1$, dem mindestens ein $\varkappa$ $(1 \leqq \varkappa \leqq k)$ mit $\psi_\varkappa(\alpha) < \psi_\varkappa(\beta)$ entspricht, enthalte $U$ unendlich viele Zahlen $u$ mit $\alpha \leqq u < \beta$. Dann kann $U$ so umgeordnet werden, dasz die Menge der Verteilungsfunktionen mod. Eins der umgeordneten Folge aus den linearen Komposita $\lambda_1 \psi_1(\gamma) + \ldots + \lambda_k \psi_k(\gamma)$ besteht, wobei die $k$ Koeffizienten $\geqq 0$ sind und die Summe Eins besitzen.*

Denn die Funktionen $\psi_\varkappa(\gamma)$ $(\varkappa = 1, 2, \ldots k)$ besitzen, falls sie für $\gamma < 0$ gleich Null und für $\gamma > 1$ gleich Eins gesetzt werden, die Eigenschaft $\mathfrak{E}(U)$.

---

[1]) Dieser Satz kommt schon vor bei J. VON NEUMANN, Gleichmässig dichte Zahlenfolgen (Mat. fiz. Lap. **32** (1925), S. 32—40) (Ungarisch mit deutschem Auszug).

**Chemistry.** — *The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures. XX. On the Molecular Heats of the Alloys of Palladium and Antimony in Comparison with the Sum of the Atomic Heats of the Free Elements.* By T. J. POPPEMA and F. M. JAEGER.

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

§ 1. As a further test of the so-called law of KOPP-NEUMANN-REGNAULT concerning the additivity of the atomic heats of metals in their intermetallic compounds [1]), a comparative study was made of the alloys of *palladium* and *antimony*. The results obtained are here communicated in some detail.

A redetermination of the values of $\bar{c}_p$ and $c_p$ of *palladium* was made [2]) in 1934; the atomic heats $C_p$ of the metal proved to be given by the equation:

$$C_p = 6{,}2288 + 0{,}12862 \,.\, 10^{-2} \,.\, t + 0{,}27528 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^2,$$

and also the values of $C_v$ could approximately be calculated in their dependence on the temperature.

As the measurements of the specific heats of *antimony* in 1932 were made with an *un*protected block of the metal and a transformationpoint at 413° C. was apparently observed, for the existence of which no other indications since that time ever could be found, — suspicion arose that also in this case the phenomenon of a slight superficial oxydation, as stated by us in a number of cases, might have played a certain role; so that a redetermination of the values of $\bar{c}_p$ and $c_p$ of *antimony in vacuo* also seemed necessary to us. The correct values now obtained (§ 2), which, however, as we shall see, prove to be somewhat different under varied circumstances, *really do not betray any allotropic change of the metal*; they are used in the final calculations of the molecular heats of the alloys investigated.

In the binary system [3]) *Pd + Sb three* stable compounds: *PdSb* (mpt.: 802° C.), $PdSb_2$ (mpt.: 676° C.) and $Pd_3Sb$ (mpt.: 1218° C.) occur; a fourth compound: $Pd_5Sb_3$, which according to SANDER would have an *in*congruent meltingpoint at 840° C. and would exist in two polymorphous

---

[1]) Conf.: F. M. JAEGER and J. A. BOTTEMA, Rec. d. Trav. d. Chim. d. Pays Bas, **52**, (1933), 89; T. J. POPPEMA and F. M. JAEGER, these Proceed., **38**, (1935), 510.

[2]) F. M. JAEGER and W. A. VEENSTRA, these Proceed., **37**, (1934), 280; F. M. JAEGER and J. A. BOTTEMA, loco cit., 102; these Proceed., **35**, (1932), 924.

[3]) W. SANDER, Zeits. f. anorg. Chem., **75**, (1912), 97; A. T. GRIGORJEW, Ann. Inst. d. Platine, (1929), **7**, 32, Chem. Zentr. Bl. (1930), I, 3101.

| Diffraction-lines of $\beta$-$Pd_3Sb$ in Powder-spectrograms at Roomtemperature. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No of line: | Distances 2.d in mM.: | Radiation: | Visual Intensity: (relative) | Angle $\theta$; | $sin^2\theta$: (corrected) |
| 1 | 74.24 | $\beta$ | 3 | 18°35' | 0.0966 |
| 2 | 82.62 | $\alpha$ | 8 | 20 41 | 0.1198 |
| 3 | 93.68 | $\alpha$ | 4 | 23 27 | 0.1535 |
| 4 | 97.00 | $\alpha$ | 2 | 24 18 | 0.1643 |
| 5 | 118.40 | $\alpha$ | 4 | 29 39 | 0.2396 |
| 6 | 134.64 | $\alpha$ | 3 | 33 43 | 0.3033 |
| 7 | 140.58 | $\alpha(\beta)$ | 3 | 35 12 | 0.3276 |
| 8 | 147.12 | $\alpha$ | 2 | 36 49 | 0.3544 |
| 9 | 149.06 | $\alpha$ | 5 | 37 19 | 0.3630 |
| 10 | 151.30 | $\alpha$ | 2 | 37 52 | 0.3725 |
| 11 | 152.90 | $\alpha$ | 2 | 38 16 | 0.3793 |
| 12 | 159.08 | $\alpha$ | 5 | 39 50 | 0.4058 |
| 13 | 167.14 | $\alpha$ | 3 | 41 51 | 0.4411 |
| 14 | 171.00 | $\alpha$ | 3 | 42 49 | 0.4579 |
| 15 | 174.88 | $\alpha$ | 3 | 43 47 | 0.4749 |
| 16 | 177.10 | $\alpha$ | 3 | 44 21 | 0.4850 |
| 17 | 187.10 | $\alpha$ | 5 | 46 51 | 0.5288 |
| 18 | 190.00 | $\alpha$ | 2 | 47 33 | 0.5420 |
| 19 | 199.20 | $\alpha$ | 3 | 49 51 | 0.5823 |
| 20 | 214.72 | $\alpha$ | 3 | 53 45 | 0.6475 |
| 21 | 233.68 | $\alpha(\beta)$ | 5 | 58 29 | 0.7247 |
| 22 | 236.40 | $\alpha$ | 5 | 59 6 | 0.7343 |
| 23 | 240.40 | $\alpha$ | 5 | 60 9 | 0.7503 |
| 24 | 242.16 | $\alpha$ | 3 | 60 48 | 0.7600 |
| 25 | 245.42 | $\alpha_1$ | 5 | 61 27 | 0.7695 |
| 26 | 247.10 | $\alpha_2$ | 5 | 61 49 | 0.7750 |
| 27 | 265.02 | $\alpha_1$ | 5 | 66 21 | 0.8370 |
| 28 | 267.50 | $\alpha_2$ | 6 | 67 3 | 0.8460 |
| 29 | 276.34 | $\alpha_1$ | 4 | 69 27 | 0.8749 |
| 30 | 279.10 | $\alpha_2$ | 4 | 69 53 | 0.8799 |
| 31 | 282.62 | $\alpha_1$ | 8 | 70 46 | 0.8896 |
| 32 | 284.56 | $\alpha_2$ | 6 | 71 15 | 0.8950 |
| 33 | 287.60 | $\alpha$ | 1 | 72 1 | 0.9029 |
| 34 | 290.80 | $\alpha_1$ | 1 | 72 51 | 0.9113 |
| 35 | 293.70 | $\alpha_2$ | 1 | 73 36 | 0.9184 |
| 36 | 298.21 | $\alpha_1$ | 6 | 74 45 | 0.9289 |
| 37 | 300.16 | $\alpha_2$ | 5 | 75 12 | 0.9329 |

Radius of the Camera 57.2 mM. Exposure: 300 m.A. hours.
Radiation: $Cu\alpha_2 = 1.541$ A.U.; $Cu\beta = 1.389$ A.U. $Cu\alpha_1 = 1.537$ A.U.
Specific weight: 11.4 at 18° C.

modifications, was later-on found by GRIGORJEW not to exist. Of the three compounds mentioned, $PdSb_2$ is cubic[1]) (*pyrite*-type); its face-centred grating has: $a_0 = 6{,}439$ A.U.; the elementary cell contains 4 molecules and the calculated density is: 11.6; *PdSb* is hexagonal (*NiAs*-type) with 2 molecules in the elementary cell, $a_0 = 4{,}070$ A.U., $c_0 = 5{,}582$ A.U. ($a : c = 1 : 1{,}371$) and a calculated density of 9,4. The compound $Pd_3Sb$ was hitherto not yet investigated; it occurs in two modifications[1]) $\beta$- and $\alpha$-$Pd_3Sb$, the $\alpha$-form is stable at higher temperatures and is generated at about 950° C. from a series of mixed crystals (extreme limit about 85 % *Pd*). The *X*-ray-investigation of $\beta$-$Pd_3Sb$ yielded, however, rather unsatisfactory results; only after prolonged heating of the substance in a vacuum tube at higher temperatures (below 950° C.) during several hours, the originally broad and vague, rather weak diffraction-lines appeared to have become sufficiently sharp, so as to allow exact measurements.

Dr. BEINTEMA found the spectral lines collected in the preceding table; their interpretation, however, proves to be rather ambiguous, because no well-developed crystals were available and the data obtained did not suffice for a final analysis.

Although many tentatives were made with the purpose of finding a suitable quadratic equation, no such formula could hitherto be established in which all values of $sin^2\theta$ fitted. More especially cubic and hexagonal (trigonal) gratings were considered, e.g. a hexagonal closest packing like that of $Cu_3Sb$; but in no case were the results even approximately satisfactory.

§ 2. *The Specific Heats of granulated Antimony in Vacuo and in Massive Blocks.* 13,062 Gr. of pure *antimony* in pieces were enclosed in an evacuated platinum-crucible (27,045 Gr.) of the usual form and the specific heats determined with the ordinary precision between 192° and 577° C. The data obtained are collected in Table IA. In the first instance it must be remarked that the values are 2 % (at the lower temperatures) or 1 % (at the higher temperatures) *smaller* than those following from BOTTEMA's measurements with an *un*protected block of the metal; secondly that *no* transformationpoint in the neighbourhood of 414° C. was observed. The maximum temperature of the calorimeter was reached after 3—4 minutes; the values were reproducible within 2—3 pro mille.

For $\bar{c}_p$ between 0° and 20° C. the value 0,04880 was used.

The quantity of heat developed between $t°$ and 0° C. can fairly well be expressed by:

$$Q_0 = 0{,}048671 \,.\, t + 0{,}2416 \,.\, 10^{-5} \,.\, t^2 + 0{,}10393 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^3.$$

The true specific heats $c_p$ can be deduced from the equation:

$$c_p = 0{,}048671 + 0{,}4832 \,.\, 10^{-5} \,.\, t + 0{,}31179 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^2$$

---

[1]) L. THOMASSEN, Zeits. f. phys. Chemie, **135**, (1928), 383.

and the atomic heats $C_p$, therefore, from:

$$C_p = 5{,}8501 + 0{,}5808 \,.\, 10^{-3} \,.\, t + 0{,}37477 \,.\, 10^{-5} \,.\, t^2 . \, (A)$$

TABLE IA
The Mean Specific Heats of Antimony in Vacuo between 200° and 600° C.

| No of Exper.: | Temperature $t$ in 0° Cent.: | Final temperature $t'$ of the Calorim.: | Increase of temperature $\Delta t$ in Microvolts: | Amount of Heat $Q_0$ developed by $I$ Gr. of the substance between $t°$ and 0° C. | Mean Specific Heat $\bar{c}_p$ between $t°$ and 0° C.: |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 398°.22 | 21°.446 | 733.5 | 20.373 | 0.05118 |
| 2 | 398.08 | 21.530 | 734.0 | 20.419 | 0.05128 |
| 3 | 289.03 | 21.702 | 515.0 | 14.579 | 0.05044 |
| 4 | 192.52 | 21.492 | 323.6 | 9.504 | 0.04937 |
| 5 | 192.26 | 21.419 | 323.9 | 9.525 | 0.04954 |
| 6 | 289.07 | 21.594 | 512.7 | 14.487 | 0.05010 |
| 7 | 501.86 | 21.369 | 950.5 | 26.314 | 0.05244 |
| 8 | 501.57 | 21.587 | 950.5 | 26.358 | 0.05255 |
| 9 | 577.32 | 21.761 | 1114.1 | 30.920 | 0.05348 |
| 10 | 441.00 | 21.563 | 823.6 | 22.897 | 0.05192 |
| 11 | 411.17 | 21.477 | 760.8 | 21.141 | 0.05142 |
| 12 | 424.81 | 21.479 | 788.1 | 21.881 | 0.05151 |
| 13 | 288.50 | 21.292 | 512.7 | 14.488 | 0.05022 |

The deviations of these results from those of BOTTEMA (loco cit.) made it necessary to re-determine the values of $\bar{c}_p$ of *antimony* in the shape of a massive block. For this purpose very pure *antimony* was carefully melted in an atmosphere of pure carbonmonoxide and the block obtained brought into the shape of the usual crucibles. The block weighed 48,291 Gr., the silver suspension-hook 0,531 Gr.; the thermocouple used, protected by means of a gas-tight capillary was placed within the block in a narrow canal; the weight of the block was controled before and after each experiment. The results which, with the exception of the absence of the previously observed discontinuity at 413° C., were in good agreement (3 $^0/_{00}$) with those of BOTTEMA, are collected in table IB.

The quantity of heat developed between $t°$ and 0° C. can be calculated from the equation:

$$Q_0 = 0{,}050055 \,.\, t - 0{,}5002 \,.\, 10^{-6} \,.\, t^2 + 0{,}13504 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^3.$$

TABLE 1B.
The Mean Specific Heats of Antimony as a Massive Block of the Metal between 100° and 600° C. (Measured in Air).

| No. of Experim.: | Temperature $t$ in ° Centigr.: | Final temperature $t'$ of the Calorim.: | Increase of temperature $\Delta t$ of the Calorimeter in Microv.. | Quantity of Heat $Q_0$ given off by 1 Gr. substance between $t^0$ and 0° C: | Mean Specific Heats $\bar{c}_p$ between $t^0$ and 0° C.: |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 304°99 | 21°.460 | 885.5 | 15.604 | 0.05116 |
| 2 | 411.41 | 21.737 | 1239.3 | 21.422 | 0.05207 |
| 3 | 418.54 | 22.053 | 1264.2 | 21.844 | 0.05219 |
| 4 | 100.18 | 21.684 | 240.3 | 5.023 | 0.05014 |
| 5 | 100.26 | 21.653 | 241.5 | 5.042 | 0.05029 |
| 6 | 203.42 | 21.647 | 562.1 | 10.302 | 0.05064 |
| 7 | 424.71 | 21.793 | 1286.1 | 22.192 | 0.05225 |
| 8 | 511.17 | 22.251 | 1594.1 | 27.266 | 0.05334 |
| 9 | 574.22 | 22.186 | 1824.1 | 31.041 | 0.05406 |
| 10 | 361.56 | 22.041 | 1071.7 | 18.683 | 0.05167 |
| 11 | 380.75 | 21.809 | 1136.9 | 19.745 | 0.05186 |

Between 0° and 20° C. for $\bar{c}_p$ the value: 0.04984 was used.

The true specific heats $c_p$ are readily calculated by means of the formula:

$$c_p = 0{,}050055 - 0{,}10004 \,.\, 10^{-5} \,.\, t + 0{,}40512 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^2$$

and the atomic heats $C_p$ from the equation:

$$C_p = 6{,}0952 - 0{,}12182 \,.\, 10^{-3} \,.\, t + 0{,}49331 \,.\, 10^{-5} \,.\, t^2. \; (B.)$$

From these data it is immediately seen that as well the absolute values of $c_p$ in the case of the metal-block used are all 1—2 % *higher* than those obtained in vacuo; moreover, that the dependency of $c_p$ on $t$ is, in the two cases, also different. There is, however, also in these measurements, *no* indication whatsoever of a transformation-point above 413° C. A repetition of these measurements with the metalblock used by BOTTEMA, yielded the same results.

It seems, therefore, *that the specific heats of antimony really are not quite constant, but somewhat variable in different circumstances* (size of the grains). In the literature, groups of higher values and others of lower

ones are indeed to be found; evidently in all these measurements the varied conditions of the experiments are partially responsible for these divergences. The values here obtained sub *A* are, especially at the lower temperatures, very close to those obtained by UMINO [1]). In our calculations of the divergences of the additive law, at the end of this paper, we have made use as well of the values *A*, as of those sub *B* in the comparison of the molecular heats $C'_p$ with the sum $\Sigma$ of the atomic heats; as already stated, the values of $\bar{c}_p$ obtained in our experiments for the block of antimony do not differ more than 2 or 3 pro mille from those of BOTTEMA measured under the same circumstances and even with the block used by this author between 411° and 424° C. *no* allotropic change could be observed.

Some values of $C_p$ as well in the case *A* (vacuum) as in *B* (block) are, for a series of temperatures, here calculated from the respective formulae:

| Temperature $t$ in ° Centr.: | Atomic Heats $C_p$ of Antimony | |
|---|---|---|
| | *A*: | *B*: |
| 100° | 5.9457 | 6.1323 |
| 200 | 6.1163 | 6.2681 |
| 300 | 6.3616 | 6.5026 |
| 400 | 6.6821 | 6.8357 |
| 500 | 7.0774 | 7.2675 |
| 600 | 7.5477 | 7.7979 |

These values *A* as well as *B*, are used in the final calculations at the end of this paper.

§ 3. *The specific heats of the compound PdSb.*

A number of analyses of this compound gave the following results: 47,11 % *Pd* and 52,97 % *Sb*; theoretically: 46,7 % *Pd* and 53,3 % *Sb*. There is, therefore, a slight excess (0,4 %) of *Pd* present in it. The measurements of the specific heats of *PdSb* in a vacuum crucible could not be extended above 600° C., because at 650° C. the platinum crucible appeared to get perceptibly attacked. The data obtained are collected in Table II. The weight of *PdSb* used was: 17,320 Gr.; the platinum crucible weighed: 29,711 Gr. The maximum temperature of the calorimeterblock was reached within 2 minutes since the moment of introducing the crucible into the instrument; measurements could safely be made after 1 hour. The most probable value of $\bar{c}_p$ between 0° and 20° C. was: 0,05209.

[1]) S. UMINO, Science Reports Tohoku Imp. Univ., **15**, (1926), 604. For the higher values, comp.: P. SCHÜBEL, Zeits. f. anorg. Chem., **87**, (1914), 94 and H. SCHIMPFF, *ibid.*, **71**, (1910), 257, especially between 100° and 18° C.

TABLE II.
Mean Specific Heats of *PdSb* between 190° and 600° C.

| No. of Experim.: | Temperature $t$ in °C.: | Final temperature $t'$ of the Calorim.: | Increase of temperature $\Delta t$ of the Calorimeter in Mikrov.: | Amount of Heat $Q_0$ developed between $t°$ and 0° C. by 1 Gr. of the Compound in Cal.: | Mean specific Heat $c_p$ between $t°$ and 0° C.: |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 191°.43 | 21°.134 | 401.0 | 10.254 | 0.05357 } 0.05350 |
| 7 | 191.05 | 21.458 | 398.7 | 10.205 | 0.05342 } |
| 2 | 305.97 | 21.374 | 679.9 | 16.655 | 0.05443 } 0.05443 |
| 6 | 305.90 | 21.506 | 679.3 | 16 649 | 0.05443 } |
| 3 | 400.98 | 21.506 | 918.6 | 22.197 | 0.05536 } 0.05533 |
| 5 | 401.27 | 21.656 | 918.5 | 22.191 | 0.05530 } |
| 4 | 500.07 | 21.648 | 1170.4 | 28.024 | 0.05604 } 0.05611 |
| 8 | 500.53 | 21.691 | 1172.5 | 28.117 | 0.05617 } |
| 9 | 600.37 | 21.637 | 1435.2 | 34.243 | 0.05704 |

Between 190° and 600° C., $\bar{c}_p$ can be expressed by the equation:

$$\bar{c}_p = 0{,}0518615 + 0{,}85588 \,.\, 10^{-5} \,.\, t.$$

The true specific heat $c_p$ can be expressed, between the same limits of the temperature, by:

$$c_p = 0{,}0518615 + 0{,}171176 \,.\, 10^{-4} \,.\, t,$$

and the molecular heat $C'_p$ therefore, by:

$$C'_p = 11{,}8484 + 0{,}39104 \,.\, 10^{-2} \,.\, t.$$

Some of these values of $C'_p$ here are calculated and compared with the sum $\Sigma$ of the atomic heats of the composing metals:

| Temperature $t$: | Molecular Heats $C'_p$: | Sum $\Sigma$ | | Diff. $\Delta$ | | $\Delta$ in % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $A$: | $B$: | $A$: | $B$: | $A$: | $B$: |
| 200° | 12.6305 | 12.603 | 12.755 | +0.027 | −0.124 | +0.21 | −0.98 |
| 300° | 13.0215 | 12.979 | 13.120 | +0.036 | −0.099 | +0.29 | −0.75 |
| 400° | 13.4126 | 13.430 | 13.584 | −0.017 | −0.171 | −0.27 | −1.26 |
| 500° | 13.8036 | 13.956 | 14.147 | −0.152 | −0.343 | −1.09 | −2.42 |
| 600° | 14.1946 | 14.558 | 14.808 | −0.363 | −0.613 | −2.49 | −4.14 |

§ 4. *The specific heats of the compound $PdSb_2$.* The analysis of this preparation yielded: 30,43 % *Pd* and 69,57 % *Sb*; theoretically 30,47 % *Pd* and 69,53 % *Sb*, so that the compound may be considered to be practically pure. 15,0300 Gr. of the substance were included in an evacuated platinum crucible weighing 30,1831 Gr. In the beginning the values of $\bar{c}_p$ were not completely reproducible; but stabilisation at 400° C. was sufficient to improve the condition of the preparation, so that now really reproducible data could be obtained. The maximum temperature of the calorimeter was reached within 2 or 3 minutes after the crucible had been dropped into the instrument; the cooling modulus of the calorimeter proved to have become constant after 1 hour. The following table III gives a review of the values measured; the most probable value of $\bar{c}_p$ between 0° and 20° C. was: 0,04874.

TABLE III
Mean Specific Heats of $PdSb_2$ between 200° and 580° C.

| No. of the Experim.: | Temperature $t$ in ° C.: | Final temperature $t'$ of the Calorim.: | Increase of temperature $\Delta t$ of the Calorimeter in Mikrov.: | Quantity of Heat $Q_0$ developed by 1 Gr. of the Compound between $t°$ and 0° C. in Calories: | Mean Specific Heat $\bar{c}_p$ between $t°$ and 0° C.: |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 200°.67 | 21°.332 | 390.2 | 10.237 | 0.05101 |
| 2 | 200.44 | 21.354 | 389.4 | 10.215 | 0.05096 |
| 3 | 300.62 | 21.249 | 617.8 | 15.700 | 0.05223 |
| 4 | 408.00 | 21.503 | 870.5 | 21.888 | 0.05365 |
| 5 | 500.54 | 21.775 | 1093.5 | 27.428 | 0.05480 |
| 6 | 580.05 | 21.717 | 1290.3 | 32.319 | 0.05572 |
| 7 | 461.06 | 21.581 | 996.8 | 24.991 | 0.05420 |
| 8 | 500.62 | 21.692 | 1094.2 | 27.453 | 0.05484 |
| 9 | 350.50 | 21.533 | 733.4 | 18.518 | 0.05283 |
| 10 | 300.77 | 21.456 | 617.9 | 15.718 | 0.05226 |
| 11 | 408.28 | 21.471 | 871.1 | 21.898 | 0.05363 |

The mean specific heat $c_p$ between 200° and 600° C. can fairly well be expressed by means of the formula:

$$\bar{c}_p = 0{,}048460 + 0{,}12601 \,.\, 10^{-4} \,.\, t.$$

The true specific heat $c_p$ of $PdSb_2$ can, therefore, be expressed between 200° and 600° C. by the equation:

$$c_p = 0{,}048460 + 0{,}25202 \,.\, 10^{-4} \,.\, t,$$

and the molecular heat $C'_p$ by:

$$C'_p = 16{,}9716 + 0{,}88264 \,.\, 10^{-2} \,.\, t.$$

Some of the values $C'_p$ thus calculated for a series of temperatures are here compared with the sum $\Sigma$ of the atomic heats of the composing elements:

| Temperature $t$: | Molecular Heats $C'_p$: | Sum $\Sigma$: | | Differences $\Delta$: | | $\Delta$ in %: | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $A$: | $B$: | $A$: | $B$: | $A$: | $B$: |
| 200° | 18.7369 | 18.720 | 19.023 | +0.017 | −0.286 | +0.09 | −1.50 |
| 300° | 19.6195 | 19.340 | 19.622 | +0.279 | −0.003 | +1.44 | −0.02 |
| 400° | 20.5022 | 20.112 | 20.420 | +0.390 | +0.082 | +1.94 | +0.40 |
| 500° | 21.3848 | 21.034 | 21.414 | +0.351 | −0.029 | +1.69 | −0.14 |
| 600° | 22.2674 | 22.105 | 22.606 | +0.162 | −0.339 | +0.74 | −1.49 |

§ 5. *The specific heats of the compound $Pd_3Sb$.* A number of analyses of two preparations gave as the mean composition: 71,4 %, resp. 72,95 % *Pd* and 28,63 %, resp. 27,05 % *Sb*; theoretically: 72,45 % *Pd* and 27,55 % *Sb*. The first, therefore, has a small excess of *antimony*, the second of *palladium*. 17,610 Gr. of the latter compound were included in a vacuum platinum crucible of 28,301 Gr. The maximum temperature of the calorimeter was only reached after 8 minutes since the dropping of the crucible into the calorimeter; at higher temperatures within 5—6 minutes. The cooling modulus of the instrument became constant after 1 hour. The data obtained between 200° and 800° C. ($\alpha$-modification) are collected in table IV; as the most probable value of $\bar{c}_p$ between 0° and 20° C., $\bar{c}_p = 0{,}05292$ was used.

The transition at about 950° C. very clearly manifests itself (Fig. 1); but, because as a consequence of this, the $c_p$-$t$-curve already at 940° C. begins slowly to get steeper, the values of $Q_0$ between 200° and 940° C. must be represented by means of a formula with 4 constants:

$$Q_0 = 0{,}05169 \,.\, t + 1{,}708 \,.\, 10^{-5} \,.\, t^2 - 2{,}0401 \,.\, 10^{-8} \,.\, t^3 + 1{,}343 \,.\, 10^{-11} \,.\, t^4.$$

The true specific heats $c_p$, therefore, can between 200° and 940° C. be represented by:

$$c_p = 0{,}05169 + 0{,}3416 \,.\, 10^{-4} \,.\, t - 0{,}61203 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^2 + 0{,}5372 \,.\, 10^{-10} \,.\, t^3,$$

and the molecular heats $C'_p$ within this interval of the temperatures by:

$$C'_p = 22{,}7591 + 0{,}015041 \,.\, t - 0{,}26947 \,.\, 10^{-4} \,.\, t^2 + 0{,}23653 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^3.$$

TABLE IV
The Mean Specific Heats of $Pd_3Sb$ between 200° and 1000° C.

| No. of the Experim.: | Temperature $t$ in °C.: | Final temperature $t'$ of the Calorimeter: | Increase of Temperature $\Delta t$ of the Calorimeter in Mikrov.: | Quantity of Heat $Q_0$ developed between $t°$ and 0° C. by 1 Gr. substance in Calories: | Mean Specific Heats $\bar{c}_p$ between $t°$ and 0° C.: |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 400°.63 | 21°.342 | 910.1 | 22.483 | 0.05612 |
| 2 | 330.76 | 21.368 | 736.1 | 18.383 | 0.05558 |
| 3 | 270.59 | 21.482 | 588.1 | 14.899 | 0.05506 |
| 4 | 500.59 | 21.635 | 1163.0 | 28.505 | 0.05694 |
| 5 | 400.79 | 21.656 | 909.8 | 22.492 | 0.05612 |
| 6 | 201.28 | 21.263 | 420.3 | 10.932 | 0.05431 |
| 7 | 201.17 | 21.293 | 420.9 | 10.967 | 0.05452 |
| 8 | 602.93 | 21.830 | 1425.4 | 34.707 | 0.05756 |
| 9 | 602.94 | 21.848 | 1425.9 | 34.731 | 0.05760 |
| 10 | 200.71 | 21.711 | 418.3 | 10.917 | 0.05439 |
| 11 | 500.61 | 21.924 | 1161.6 | 28.472 | 0.05688 |
| 12 | 701.35 | 22.317 | 1683.6 | 40.858 | 0.05826 |
| 13 | 800.69 | 21.733 | 1953.7 | 47.327 | 0.05910 |
| 14 | 801.00 | 22.401 | 1954.7 | 47.391 | 0.05916 |
| 15 | 900.48 | 22.390 | 2236.1 | 54.287 | 0.06029($\beta$) |
| 16 | 1000.91 | 22.502 | 2638.6 | 66.568 | 0.06651($\alpha$) |
| 17 | 971.18 | 22.193 | 2551.2 | 64.357 | 0.06627($\alpha$) |
| 18 | 950.31 | 22.314 | 2490.7 | 62.874 | 0.06616($\alpha$) |
| 19 | 940.63 | 22.300 | 2355.6 | 57.310 | 0.06093($\beta$) |

Above 1000° C. no reliable measurements could be made, because of the fact that the substance begins to stick to the walls of the platinum crucible; below 200° C. the formula mentioned cannot be used. The heat-effect accompanying the transition of $\beta \rightarrow \alpha$-modification at about 950° C. can be calculated to be about — 4,882 calories pro gramme; the same quantity of

heat (positive) is set free, if the $\alpha$-modification, stable above 950° C. is, on cooling, transformed into the ordinary $\beta$-form.

Some of the values of $C'_p$ calculated from the above formula for temperatures between 200° and 600° C. are here compared with the sum $\Sigma$ of the specific heats of the composing elements and the differences $\Delta = (C'_p - \Sigma)$ (in procents) indicated in the last column:

| Temperatures $t$ in °C: | Molecular Heats $C'_p$ observed: | Sum $\Sigma$ | | $\Delta = (C'_p - \Sigma)$ | | $\Delta$ in % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $A$: | $B$: | $A$: | $B$: | $A$: | $B$: |
| 200° | 24.8786 | 25.577 | 25.746 | −0.698 | −0.867 | −2.85 | −3.48 |
| 300 | 25.4846 | 26.213 | 26.371 | −0.728 | −0.886 | −2.85 | −3.47 |
| 400 | 25.9774 | 26.926 | 27.097 | −0.949 | −1.120 | −3.65 | −4.44 |
| 500 | 26.4992 | 27.714 | 27.922 | −1.215 | −1.423 | −4.58 | −5.37 |
| 600 | 27.1915 | 28.578 | 28.845 | −1.387 | −1.654 | −5.10 | −6.09 |

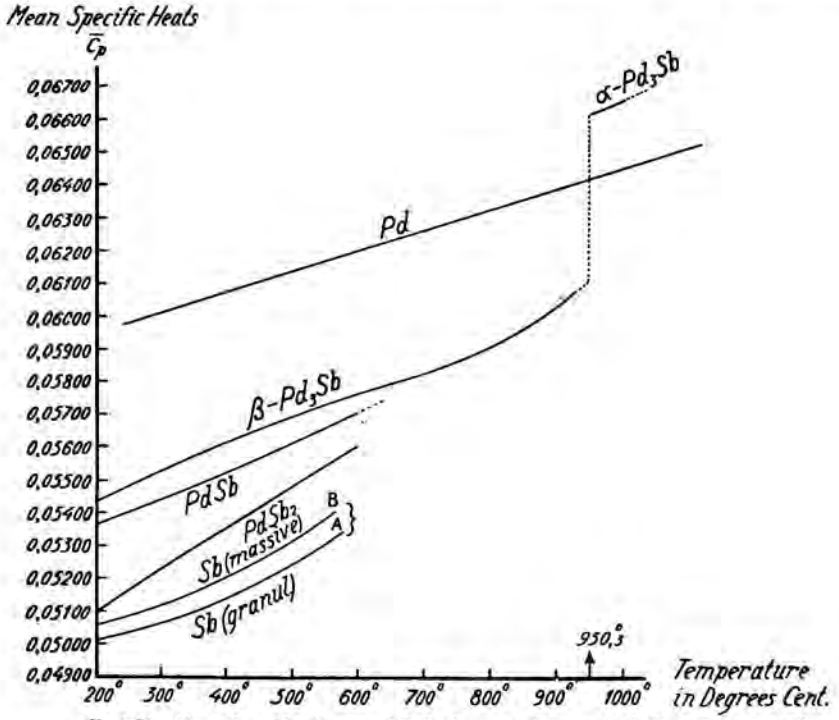



*Fig. 1. The Mean Specific Heats of Palladium, Antimony and their Binary Alloys.*

§ 6. From the preceding data we can draw the following conclusions: In connection with the uncertainty, whether the values $A$ or $B$ for pure *antimony* are the right ones for the purpose of comparison of $C'_p$ and $\Sigma$, it

is evident that the absolute values of the differences $\triangle$ here indicated have only a restricted significance. As could beforehand be expected at these low temperatures and within their short interval of only 200° to 600° C., — the deviations from the additive law observed are only small. They regularly increase with the quantity of *palladium* in the compounds and their correspondingly increasing meltingpoints: they are *greatest* for $Pd_3Sb$ (from 3—6 %) and *negative*; *smallest* and almost unappreciable for $PdSb_2$ (from 1,5—2 %, with a maximum at 400° C. and with an oscillating algebraic sign) [1]. For *PdSb* they also are *negative* and vary from 1 %—4 %. As was observed in all previous cases, also here the differences $\triangle$ prove to be *a function of the temperature*, — in so far as they clearly augment with increasing temperatures, especially above 500° or 600° C. An analogous comparison is excluded in the case of the $\alpha$-modification of $Pd_3Sb$, because its transformation-temperature (about 950° C.) is higher than the meltingpoint of *antimony*.

[1]) In connection with the experience made in the case of *CuPd*, the possibility exists, that also in the case of $PdSb_2$ a kind of transformation into solid solutions may be the real cause of this behaviour.

*Groningen, Laboratory for Inorganic and Physical Chemistry of the University.*

---

**Chemistry.** — *The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures.* XXI. *On the Molecular Heats of the Compound $PtSb_2$ in Comparison with the Sum of the Atomic Heats of the free composing Elements.* By T. J. POPPEMA and F. M. JAEGER.

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

§ 1. In the binary system: *Pt—Sb*, FRIEDRICH and LEROUX [1]) stated the occurrence of a compound $PtSb_2$, showing a congruent meltingpoint at 1226° C.; its crystalstructure (*pyrite*-type) was afterwards determined by THOMASSEN [2]). Moreover, they proved the occurrence of a compound: $Pt_5Sb_2$ in the solid mass, this being generated in it at about 683° C. and stable at lower temperatures. The existence of a compound *PtSb*, melting at about 1050° C. under decomposition, is still problematic, as the phenomena observed may as well be interpretated by assuming a formation of mixed crystals. For this reason, we have, in the present paper, confined ourselves to the study of the compound $PtSb_2$ only.

§ 2. The specific heats of this substance were measured in the usual way, 22,858 grammes of it being enclosed within a vacuum crucible of

[1]) K. FRIEDRICH and A. LEROUX, *Die Metallurgie*, 6, (1909), 1.
[2]) L. THOMASSEN, Zeits. f. phys. Chem., B 2, (1929), 349.

platinum, weighing 29,620 grammes. As the meltingpoint of *antimony* is 629° C., the measurements were not continued above that temperature, — a comparison with the atomic heats of the composing elements at higher temperatures being beforehand excluded. The maximum temperature of the calorimeter in this case was reached in 4—5 minutes after the moment of dropping the sample into the instrument; the normal course of the latter was reached within 1 hour since that moment.

The data obtained are collected in the following table; as the most probable value of $\bar{c}_p$ between 0° and 20° C., $\bar{c}_p = 0{,}03830$ was used.

The quantity of heat delivered by 1 gramme of the substance between $t$° and 0° C. can very well be expressed by means of the equation:

$$Q_0 = 0{,}03820 \,.\, t + 0{,}66248 \,.\, 10^{-5} \,.\, t^2 - 0{,}26254 \,.\, 10^{-8} \,.\, t^3.$$

The true specific heats $c_p$, therefore, by:

$$c_p = 0{,}03820 + 0{,}132496 \,.\, 10^{-4} \,.\, t - 0{,}78762 \,.\, 10^{-8} \,.\, t^2,$$

and the molecular heats $C'_p$ by the formula:

$$C'_p = 16{,}6400 + 0{,}577143 \,.\, 10^{-2} \,.\, t - 0{,}35108 \,.\, 10^{-5} \,.\, t^2.$$

TABLE I
The Mean Specific Heats of $PtSb_2$ between 196° and 600° C.

| No. of the Experiment: | Temperature $t$ in °C.: | Final temperature $t'$ of the Calorim.: | Increase of the temperature $\Delta t$ of the Calorimeter in M.V.: | Quantity of Heat $Q_0$ set free by 1 Gr. of the substance in Cal.: | Mean specific Heats $\bar{c}_p$ between $t$° and 0° C.: |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 406°.94 | 21°.697 | 915.2 | 16.474 | 0.04048 |
| 2 | 500.31 | 21.855 | 1146.1 | 20.423 | 0.04082 |
| 3 | 310.15 | 21.695 | 678.0 | 12.412 | 0.04002 |
| 4 | 196.69 | 21.627 | 405.6 | 7.740 | 0.03935 |
| 5 | 196.76 | 21.520 | 406.4 | 7.757 | 0.03942 |
| 6 | 407.04 | 21.728 | 914.6 | 16.464 | 0.04045 |
| 7 | 600.43 | 22.077 | 1398.5 | 24.743 | 0.04121 |
| 8 | 600.57 | 21.920 | 1400.1 | 24.778 | 0.04126 |

§ 3. Some of the values of $C'_p$ thus calculated are, in the following table, compared with the sum $\Sigma$ of the atomic heats of the free elements at the same temperatures, — for *antimony* as well the values $A$ as $B$ [1]) being

[1]) For *antimony*, conf. these Proceed. **38**, (1935), 822—833; for *platinum*: F. M. JAEGER, E. ROSENBOHM and J. A. BOTTEMA, Rec. d. Trav. d. Chim. d. Pays Bas, **52**, (1933), 70—74.

taken into account. The differences: $\triangle = (C'_p - \Sigma)$, — also in procents, — are simultaneously indicated in the last column.

| Temperature $t$ in °C.: | Molecular Heats $C'_p$ observed: | Sum $\Sigma$ | | $(C'_p - \Sigma)$ | | Differences $\triangle$ in Procents | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $A$: | $B$: | $A$: | $B$: | $A$: | $B$: |
| 100° | (17.1820) | 18.198 | 18.572 | (−1.016) | (−1.390) | (−5.91%) | (−8.09%) |
| 200 | 17.6570 | 18.660 | 18.964 | −1.003 | −1.307 | − 5.68 | − 7.40 |
| 300 | 18.0626 | 19.272 | 19.554 | −1.209 | −1.491 | − 6.69 | − 8.25 |
| 400 | 18.3996 | 20.034 | 20.341 | −1.634 | −1.941 | − 8.89 | −10.55 |
| 500 | 18.6679 | 20.946 | 21.326 | −2.278 | −2.658 | −12.20 | −14.24 |
| 600 | 18.8677 | 22.005 | 22.506 | −3.137 | −3.638 | −16.62 | −19.29 |

From these data (Fig. 1) it can be concluded, that the deviations from the "law" of NEUMANN-KOPP-REGNAULT in this case are really *enormous*

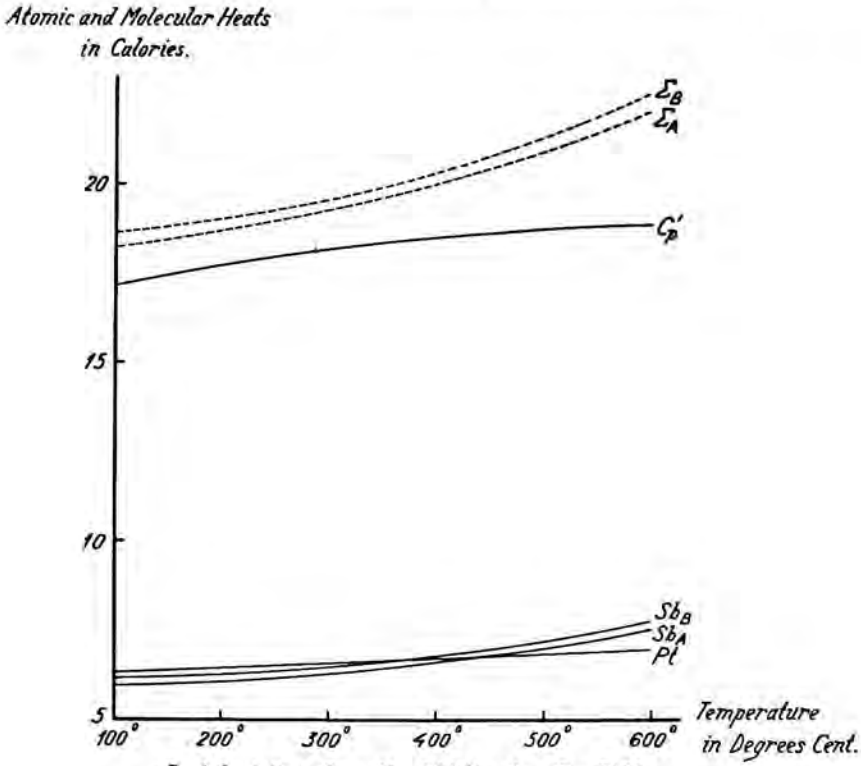



*Fig. 1. Deviations from the Additive Law for $PtSb_2$.*

and *negative*; a fact which surely is connected with the rather feeble variation of the specific heat of the compound in relation to the temperature in comparison with that of the free components. They are, as in all previous

cases, a function of the temperature and here they augment with great and gradually growing rapidity with increasing temperature, varying between 200° and 600° C. from 6—8 % to 17—19 %; i.e. much more rapidly than in the case of the alloys of *palladium* and *antimony*, as well as in all other cases of intermetallic compounds hitherto investigated.

*Groningen, Laboratory for Inorganic and Physical Chemistry of the University.*

---

**Chemistry.** — *The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures.* XXII. *The Molecular Heats of the supposed Binary Compounds of Copper and Palladium.* By T. J. POPPEMA and F. M. JAEGER.

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

§ 1. For a long time considerable uncertainty has been present as to the occurrence of binary compounds in the system: *Cu—Pd*. *Copper* and *palladium* at higher temperatures form an uninterrupted series of solid solutions [1]); but, as later investigations [2]) have proved beyond doubt, by heating below their meltingpoints and by careful and repeated annealing during a long time and slow cooling, within certain limits of concentration the compounds: *CuPd* and $Cu_3Pd$ are separated out from these mixed crystals in the solid phase. Their existence in carefully tempered preparations has been established as well by the study of their crystalline structure by means of *X*-rays, as by that of the thermoelectric properties and of the thermal and electrical conductivity of alloys of different composition. The compounds prove to be most stable in alloys tempered at about 400° C. and having an excess of *copper* of about 8—10 atom. proc. above that corresponding to the stoechiometrical composition of the two compounds: *PdCu* is cubic, with a bodily-centred grating (*cesiumchloride*-type) and $a_0 = 2{,}988$ A.U. Its density is: 10,35 and it occurs in mixtures having 40—50 atom. proc. of *palladium*. The compound $Cu_3Pd$ is also cubic, but has a face-centred grating with: $a_0 =$ *about* 3,7 A.U.; it occurs, after repeated annealing, in mixtures containing 10—30 atom. procents of *palladium* and its presence is betrayed by a strong decrease of the electrical resistance. As in our calorimetrical experiments we made use of preparations having almost the true stoechiometrical composition [3]) and the

---

[1]) R. RUER, Zeits. f. anorg. Chem., **51**, (1906), 223, 391.

[2]) G. BORELIUS, C. H. JOHANSSON, and J. O. LINDE, Ann. d. Phys., **86**, (1928), 291; S. HOLGERSSON and E. SEDSTRÖM, Ann. d. Phys., **75**, (1923), 143; C. H. JOHANSSON and J. O. LINDE, Ann. d. Phys., **78**, (1925), 439; **82**, (1927), 449; **86**, (1928), 291.

[3]) Analysis yielded the following data: For the phase of the composition *CuPd*: 62,68 % *Pd* and 37,39 % *Cu*; theoretically: 62,67 % *Pd* and 37,33 % *Cu*. For $Cu_3Pd$: 36,02 % *Pd* and 64,02 % *Cu*; theoretically: 35,78 % *Pd* and 64,12 % *Cu*.

method applicated involves an almost sudden quenching of the heated material at 20° C., — it is, therefore, by no means excluded that a partial or even complete change of the composition of the preparations, — especially after heatings at temperatures above 600° C., — will set in; so that, besides the compounds, a certain portion or even the whole mass may be transformed into a solid solution of *copper* and *palladium*. This possibility must perhaps be taken into account in the interpretation of the results obtained. It may be remarked, however, in this connection, that the calorimetrical behaviour of both substances studied, appeared to be almost normal, no indication whatsoever being found of retardation-phenomena or of a lack of reproducibility of the values observed. In both cases the maximum temperature of the calorimeterblock was reached within 7 or 8 minutes and the instrument regained its normal course of cooling after 1 hour. The experiments were not continued above 900° C., because the granules of the two compounds then proved to begin to stick to the walls of the platinum crucible and thus an interaction with the platinum was to be feared on heating at still higher temperatures.

§ 2. *The supposed compound PdCu.* 16,852 grammes of the substance were enclosed in a vacuum platinum crucible weighing 29,017 grammes and the specific heats determined with the usual precautions. The results obtained are collected in Table I; for the reduction of $Q_{20}$ to $Q_0$, as the most probable value of $\bar{c}_p$ between 0° and 20° C. we used: $c_p = 0{,}06580$.

TABLE I

Mean Specific Heats of the supposed Binary Alloy *CuPd* between 200° and 900° C.

| Number of the Exp. | Temperature $t$ in °C.: | Final temperature $t'$ of the Calorimeter: | Increase of the temp. $\Delta t$ of the Calorimeter in M.V.: | Quantity of Heat $Q_0$ delivered by 1 Gr. between $t°$ and 0° C. in Calories: | Mean Specific Heats between $t°$ and 0° C.: |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 196°.19 | 21°.383 | 459.2 | 13.552 | 0.06908 |
| 9 | 196.05 | 21.657 | 458.0 | 13.537 | 0.06905 |
| 4 | 306.77 | 21.535 | 764.8 | 21.780 | 0.07100 |
| 1 | 414.53 | 21.823 | 1068.2 | 29.966 | 0.07229 |
| 6 | 414.48 | 21.944 | 1069.6 | 30.039 | 0.07248 |
| 2 | 553.61 | 22.206 | 1473.0 | 40.986 | 0.07403 |
| 5 | 713.18 | 22.521 | 1947.9 | 53.821 | 0.07547 |
| 7 | 713.41 | 22.482 | 1946.9 | 53.761 | 0.07536 |
| 8 | 900.28 | 22.564 | 2517.3 | 69.090 | 0.07674 |

The quantities of heat delivered by 1 gramme of the substance between $t^\circ$ and $0^\circ$ C. can fairly well be represented by means of the formula:

$$Q_0 = 0{,}065396 \,.\, t + 0{,}20541 \,.\, 10^{-4} \,.\, t^2 - 0{,}088685 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^3.$$

The true specific heats $c_p$, therefore, by the equation:

$$c_p = 0{,}065396 + 0{,}41082 \,.\, 10^{-4} \,.\, t - 0{,}266055 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^2,$$

and the molecular heats $C'_p$ by:

$$C'_p = 11{,}1346 + 0{,}699483 \,.\, 10^{-2} \,.\, t - 0{,}453 \,.\, 10^{-5} \,.\, t^2.$$

§ 3. Some of the values of $C'_p$ thus calculated for temperatures between $200^\circ$ and $900^\circ$ C. are, in the following table, compared with the sum $\Sigma$ of the atomic heats of *copper* [1]) and *palladium* [2]) at the same temperatures. In the last column the differences: $\triangle = (C'_p - \Sigma)$ are expressed in procents.

| Temperature $t$: | Molecular Heats $C'_p$: | Sum $\Sigma$: | Differences $C'_p - \Sigma$: | $\triangle$ (in Proc.): |
|---|---|---|---|---|
| 200° | 12.3524 | 12.638 | − 0.286 | − 2.0 |
| 300 | 12.8253 | 12.901 | − 0.076 | − 0.6 |
| 400 | 13.2077 | 13.164 | + 0.044 | + 0.3 |
| 500 | 13.4995 | 13.427 | + 0.072 | + 0.6 |
| 600 | 13.7007 | 13.691 | + 0.010 | + 0.08 |
| 700 | 13.8113 | 13.955 | − 0.144 | − 1.0 |
| 800 | 13.8313 | 14.222 | − 0.391 | − 2.8 |
| 900 | 13.7606 | 14.487 | − 0.726 | − 5.3 |

The differences $\triangle$ have an *un*certain oscillating algebraic sign and are, moreover, *very small*, only becoming somewhat greater at temperatures above $700^\circ$ C. This behaviour is quite similar to that previously stated *with mixed crystals*, — as illustrated by us in the case of the solid solutions of *gold* and *silver* [3]). Also the fact that $C'_p$ evidently has a maximum in the vicinity of $800^\circ$ C. proves, that at least some change in the solid phase partially sets in, if it is heated at higher temperatures and then repeatedly quenched in the calorimeter. But there can be no doubt, *that the major part of the preparation consists of mixed crystals* and *not* of the compound

[1]) F. M. JAEGER, E. ROSENBOHM and J. A. BOTTEMA, Rec. d. trav. d. Chim. Pays-Bas, **52**, (1933), 77.

[2]) F. M. JAEGER and W. A. VEENSTRA, these Proceed., **37**, (1934), 280.

[3]) F. M. JAEGER and J. A. BOTTEMA, Rec. d. Trav. d. Chim. d. Pays-Bas, **52**, (1933), 109. The absolute values of $\triangle$ in the case of *silver* + *gold* were somewhat smaller; a very slight admixture of the compound, — no longer detectable by the *X*-ray-method, — may perhaps be the cause of the greater differences in the present case.

*PdCu*. Indeed, the authors mentioned stated, that in preparations containing 49,8 atom. procents of *Pd*, the compound *PdCu* still appears, but in such containing 49,95 % of *Pd* the latter no longer exists. As our preparation contained a little more than 50 atom. procents of *Pd*, it is highly probable that it really consists of mixed crystals. An investigation of the original and of the heated preparation by means of *X*-rays now proved beyond any doubt, that really only the face-centred grating was present; so that it is certain that the data obtained only correspond to the solid solution and *not* to the supposed compound.

§ 4. *The supposed Compound* $Cu_3Pd$. 11,573 grammes of $Cu_3Pd$ were enclosed in a vacuum crucible of platinum, weighing 28,090 grammes and the specific heats measured in the usual way. After 1 hour since the introduction of the sample into the calorimeter, the latter had re-assumed its normal cooling-rate. As the most probable value of $\bar{c}_p$ between 0° and 20° C., the number: $\bar{c}_p = 0{,}07475$ was used. As above 900° C. there proved to be a danger that the platinum crucible became attacked, no measurements above this temperature were made.

The data obtained are collected in the following table II.

TABLE II

The Mean Specific Heats of the Binary Alloy $Cu_3Pd$ between 200° and 900° C.

| No. of the Experiment: | Temperature $t$ in °C.: | Final temperature $t'$ of the Calorimeter: | Increase of temperature $\Delta t$ of the Calorimeter in M.V.: | Quantity of Heat $Q_0$ delivered by 1 gr. substance between $t$° and 0° C. in Cal.: | Mean Specific Heats $\bar{c}_p$ between 0° and $t$° C.: |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 210°.65 | 21°.507 | 428.9 | 16.500 | 0.07833 |
| 11 | 210.77 | 21.633 | 429.6 | 16.557 | 0.07855 |
| 5 | 305.35 | 21.574 | 655.6 | 24.560 | 0.08043 |
| 10 | 305.41 | 21.681 | 655.0 | 24.530 | 0.08032 |
| 2 | 450.75 | 21.760 | 1014.9 | 37.480 | 0.08315 |
| 4 | 450.97 | 21.752 | 1016.2 | 37.549 | 0.08326 |
| 1 | 608.29 | 21.977 | 1423.1 | 52.438 | 0.08620 |
| 6 | 608.65 | 21.959 | 1424.7 | 52.519 | 0.08629 |
| 7 | 700.20 | 22.498 | 1667.6 | 61.496 | 0.08783 |
| 8 | 800.22 | 22.391 | 1935.5 | 71.221 | 0.08900 |
| 9 | 900.18 | 22.668 | 2211.4 | 81.387 | 0.09041 |

Between 200° and 900° C. these quantities of heat $Q_0$ can very well be represented by the formula:

$$Q_0 = 0{,}07345 \,.\, t + 0{,}25082 \,.\, 10^{-4} \,.\, t^2 - 0{,}069444 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^3.$$

The true specific heats $c_p$, therefore, can be calculated from the equation:

$$c_p = 0{,}07345 + 0{,}50164 \,.\, 10^{-4} \,.\, t - 0{,}208332 \,.\, 10^{-7} \,.\, t^2.$$

and the molecular heats $C'_p$ by means of the formula:

$$C'_p = 21{,}8445 + 0{,}14919 \,.\, 10^{-1} \,.\, t - 0{,}6196 \,.\, 10^{-5} \,.\, t^2.$$

§ 5. Some of the values of $C'_p$ thus calculated for a series of temperatures are here compared with the sum $\Sigma$ of the atomic heats of the free elements measured at the same temperatures and the values of $(C'_p - \Sigma)$ indicated; these differences $\triangle$, expressed in procents, are given in the last column. The behaviour of this compound in comparison with the former, is graphically represented in the figure 1.

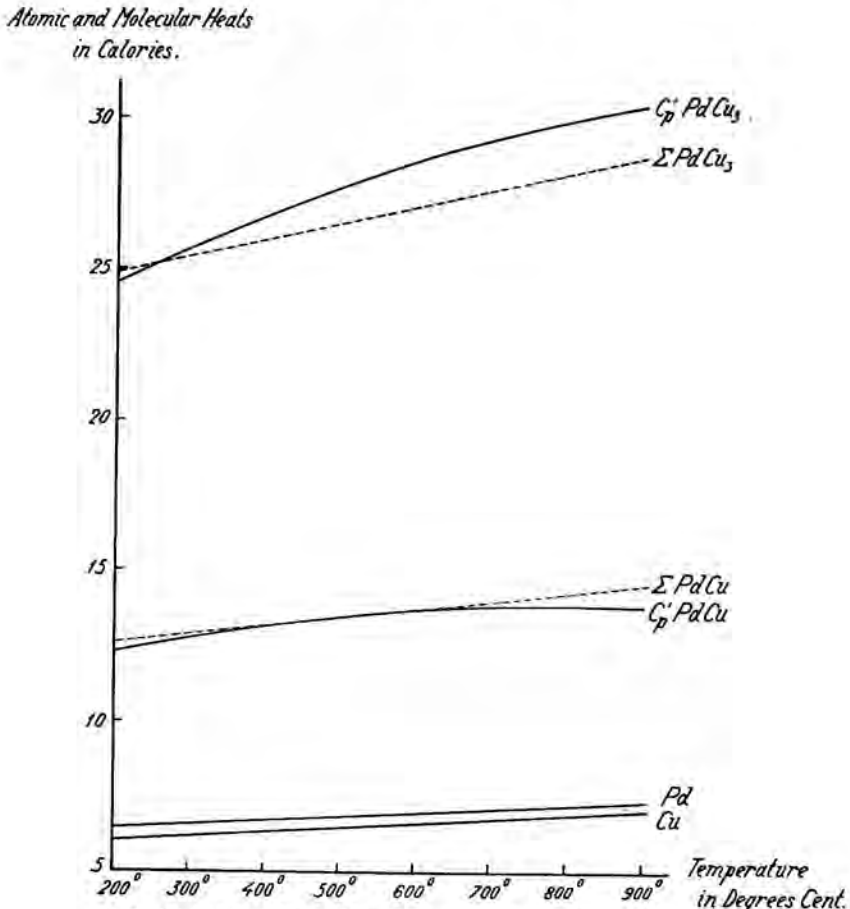



Fig. 1. Deviations from the Additive Law for PdCu and PdCu$_3$.

The differences $\triangle$ are here *positive*, — with the exception of the value for the lowest temperature of 200° C.; they regularly increase with increasing temperature to a maximum of 5,7 %, which is reached at 700°—800° C., — just as in the preceding case, where also this temperature seemed to be a particular one with respect to values of the molecular heats $C'_p$ themselves.

| Temperature $t$ in °C.: | Molecular Heats $C'_p$: | Sum $\Sigma$: | $(C'_p - \Sigma)$ | Differences $\triangle$ in Procents: |
|---|---|---|---|---|
| 200° | 24.580 | 24.941 | − 0.361 | − 1.4 % |
| 300 | 25.763 | 25.468 | + 0.295 | + 1.14 |
| 400 | 26.821 | 25.996 | + 0.825 | + 3.07 |
| 500 | 27.755 | 26.524 | + 1.231 | + 4.43 |
| 600 | 28.565 | 27.053 | + 1.512 | + 5.29 |
| 700 | 29.252 | 27.582 | + 1.670 | + 5.71 |
| 800 | 29.814 | 28.113 | + 1.701 | + 5.70 |
| 900 | 30.253 | 28.644 | + 1.609 | + 5.32 |

A *Roentgen*analysis of the original and finally of the repeatedly heated preparations proved, that no real difference between them existed: the powderspectrograms in the two cases show the typical characteristics of those to be expected in the case of solid solutions between the components. No super-structure lines whatsoever could be detected. It seems, therefore, that from this fact we must conclude, that also in this case *no* true compound, or only in unappreciable quantity, was present in the alloy studied. The results of the calorimetrical measurement thus chiefly seem to refer to solid solutions. As well from the maximum of the procentual deviations observed at about 800° C., as from the change of their algebraic sign between temperatures as low as 200°—300°-C., suspicion can, however, arise as to the presence, — be it in only very small amounts, — of the compound $Cu_3Pd$ amongst the excess of mixed crystals. This fact perhaps may in some way be connected with the for mixed crystals rather exceptionally high procentual values of $\triangle$ and, on the other hand, with the rapid increase of the specific heats of the alloy with augmenting temperatures, when compared with that in the case of the pure components.

*Groningen, Laboratory for Inorganic and Physical Chemistry of the University.*

**Chemistry.** — *Der Einfluss des Dispersitätsgrades auf physikalisch-chemische Konstanten.* (Vierte Mitteilung [1]).) Von ERNST COHEN und J. J. A. BLEKKINGH Jr.

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

## EINLEITUNG.

Die Frage, ob die Dichte eines Stoffes von dessen Dispersitätsgrad abhängt, wurde wohl zum ersten Male vor fast hundertfünfzig Jahren von J. H. HASSENFRATZ [2]) aufgeworfen. Die von ihm zu deren Beantwortung angestellten Versuche haben heute nur noch historisches Interesse, da dieselben sehr ungenau waren. Auch durch die Untersuchung GUSTAV ROSES [3]), auf welche wir später zurückzukommen beabsichtigen, wurde diese Frage nicht beantwortet. Dasselbe lässt sich auch über die betreffenden Studien des EARL OF BERKELEY [4]) sagen, welcher zwar sehr genau die Dichten des natürlichen Bariumsulfats in zwei Teilchengrössen ermittelte, dabei indess nur Teilchen von wenig verschiedenen Dimensionen (0.57 bezw. 0.35 mm Seitenlänge) untersuchte, die einen Dichteunterschied von nur 0.005 % aufwiesen, eine Differenz, welche innerhalb der Versuchsfehler lag. Die mit ganz besonderer Sorgfalt durchgeführten Messungen (Genauigkeit 3—4 Einheiten der vierten Dezimale) von J. JOHNSTON und L. H. ADAMS [5]) ergaben, dass das Pulvern eines homogenen, kristallisierten Stoffes (welcher frei von Sprüngen und Höhlungen ist) dessen Dichte nicht um einen sicher feststellbaren Betrag ändert. Da indes die Teilchengrösse bei den betreffenden Versuchen (am $K_2SO_4$, KCl, Quarz) nur im Verhältnis von etwa 1 : 6 variierte, dürfte es nicht Wunder nehmen, dass ein Einfluss auf die Dichte sich nicht mit Sicherheit nachweisen liess.

Wir haben es uns somit zur Aufgabe gestellt zu ermitteln, ob ein derartiger Einfluss nachweisbar ist, falls man dem Verhältnis zwischen den Dimensionen der untersuchten Teilchen einen möglichst hohen Wert erteilt und dafür Sorge trägt, dass der betreffende feste Stoff vollständig luftfrei zur Untersuchung gelangt.

Vorliegende Mitteilung enthält die Beschreibung der am KCl erhaltenen

---

[1]) Dritte Mitteilung Proc. Acad. Sci. Amsterdam **37**, 270 (1934).

[2]) Ann. chim. **26**, 188 (1798).

[3]) Pogg. Ann. **73**, 1 (1848).

[4]) J. Chem. Soc. **91**, 60 (1907).

[5]) J. Am. Chem. Soc. **34**, 563 (1912); auch Z. anorg. allgem. Chem. **76**, 274 (1912).

Ergebnisse, während später die, welche sich auf andere Stoffe beziehen, behandelt werden sollen, wobei wir auch solche in s.g. „molekularer" Verteilung in den Kreis unserer Besprechung zu ziehen gedenken.

## DER EINFLUSS DES DISPERSITÄTSGRADES AUF DIE DICHTE DES KCl.

### *A. Das verwendete Material.*

1. Wir verwendeten ein Präparat KCl puriss. des Handels, welches zunächst zwei Mal aus reinstem destilliertem Wasser kristallisiert und bei 190 bis 200° C. getrocknet war. Da bekanntlich in festen Stoffen die letzten Spuren Wasser sehr hartnäckig eingeschlossen bleiben, schmolzen wir das getrocknete Material im Platintiegel im elektrischen Ofen. Bei speziell dazu angestellten Versuchen ergab sich indes, dass das bei 200° C. getrocknete Material beim Erhitzen während 10 Tagen auf 200° C., während welcher Zeit es häufig gepulvert wurde, sein Gewicht nicht änderte und bei den weiteren Messungen dieselben Ergebnisse lieferte als das im elektrischen Ofen geschmolzene.

In dem so hergestellten KCl liessen sich Verunreinigungen nicht nachweisen [1]).

Bei unseren Messungen kamen ausschliesslich Gefässe aus Jenaglas zur Verwendung.

### *B. Allgemeines über die Dichtebestimmungen des festen KCl.*

2. Zu den mit grösster Sorgfalt ausgeführten Dichtebestimmungen des festen KCl benutzten wir das überaus genaue und elegante Verfahren von ANDREAE [2]), welches die Darstellung eines völlig gasfreien Materials ermöglicht.

Die betreffenden Wägungen führten wir auf einer BUNGEschen Waage mit Fernrohrablesung (bis auf 0.1 mgr genau) aus. Sämtliche Wägungen wurden auf Vakuum reduziert.

Zur Temperaturmessung bedienten wir uns eines in 0.01° C. geteilten BECKMANNschen Thermometers, welches mit einem von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin-Charlottenburg geeichten Normal-Thermometer verglichen war. Zum Ablesen der Thermometer benutzten wir eine Loupe. Sämtliche Messungen wurden bei 25.00° C. ausgeführt. Der verwendete grössere WI. OSTWALDsche Thermoregulator (Gefässinhalt etwa 300 ccm) enthielt Tetrachloräthan und setzte uns in stand die Temperatur innerhalb 0.005° C. konstant zu erhalten.

---

[1]) Nach C. KRAUCH, Die Prüfung der chemischen Reagentien auf Reinheit. 3. Aufl., Berlin 1896.

[2]) Literatur bei ERNST COHEN und W. A. T. COHEN-DE MEESTER, Proc. Acad. Sci. Amsterdam **35**, 1255 (1932).

Das ANDREAEsche Dilatometer (Fig. 1), welches etwa 21 ccm fasste, war aus Jenaglas gefertigt. Das Rohr *B* hatte einen inneren Durchmesser von etwa 3 mm.

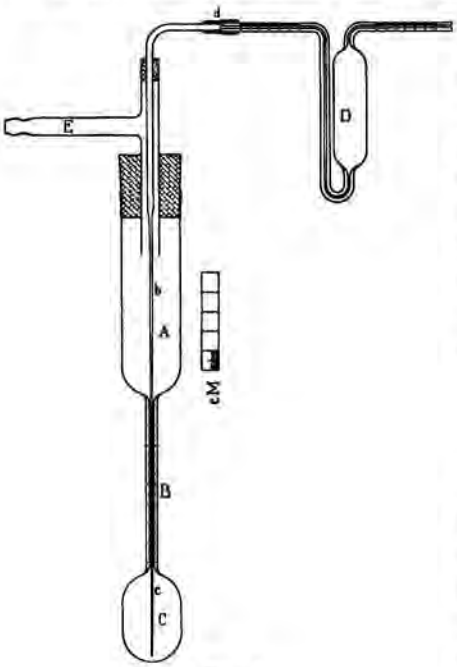


Fig. 1.

Zur Bestimmung der Dichte der gesättigten KCl-Lösung (siehe unten) verwendeten wir ein etwa 10 ccm fassendes Pyknometer nach SPRENGEL—WI. OSTWALD—HOLLEMAN [1]).

*C. Die Herstellung und Messung von Kristallen verschiedener Dimension.*

3. Es gelangten Kristalle zur Untersuchung deren Durchmesser im Mittel 0.1, 0.5 bezw. 5 mm betrug.

Zur Darstellung der Kristalle von 0.1 mm verfuhren wir folgendermassen:

Etwa 20 g unseres reinen KCl wurden im Platintiegel geschmolzen, sodann genau gewogen und in einem Becherglase in etwa 40 ccm ausgekochtem destilliertem Wasser gelöst. Man gibt nunmehr einige Tropfen destillierten Wassers in die Kugel *C* des Dilatometers und erwärmt dieses in einem mit Glyzerin gefüllten Glaszylinder auf etwa 110° C. Das Wasser siedet dann stark ohne dass es aus dem Trichter *A* verspritzt. Die inzwischen auf etwa 90° C. erwärmte KCl-Lösung wird nunmehr in den Trichter *A* gegeben. Sodann hebt man das Dilatometer aus dem Glyzerinbad heraus: *C* und *B* füllen sich nunmehr mit der Lösung. Man hält das Dilatometer noch während kurzer Zeit in dem Glyzerinbad, um die eventuell vorhandenen Spuren Luft aus der Lösung zu entfernen und taucht das Instrument sodann in kaltes Wasser, wobei schnelle Kristallisation aus der stark übersättigten Lösung erfolgt. Die mittlere Grösse der so gebildeten Kristalle ermittelten wir unter dem Mikroskop (Vergrösserung 70) zu 0.1 mm (7 Bestimmungen).

4. Handelte es sich darum Kristalle eines mittleren Durchmessers von 0.5 mm herzustellen, so verfuhren wir in derselben Art und Weise wie soeben (§ 3) beschrieben wurde, mit dem Unterschiede jedoch, dass wir jetzt 15 g des Salzes, in etwa 50 ccm Wasser gelöst, verwendeten. Es blieb dann das aufgelöste Salz selbst bei Zimmertemperatur völlig in

[1]) Rec. trav. Chim. **19**, 79 (1900).

Lösung. Sodann umhüllten wir *A* mit einer Kupfergaze, spannten den Apparat in schräger Lage in ein Stativ ein und erwärmten den Inhalt von *A* mittels eines darunter gestellten Mikrobrenners. Das Wasser in *A* verdampft und es bilden sich in *C* sehr langsam grössere Kristalle aus der sich dort befindlichen, nur schwach übersättigten Lösung.

Die so gebildeten Kristalle hatten einen Durchmesser von etwa 0.5 mm (8 Messungen).

5. Zur Darstellung von Kristallen, deren Durchmesser etwa 5 mm betrug, verwendeten wir ein von W. E. GIBBS und W. CLAYTON [1]) beschriebenes Verfahren, mittels dessen es ihnen gelang klare Chlornatriumkristalle von 6 mm Durchmesser zu erhalten. Lässt man die so gebildeten Kuben in einer gesättigten Lösung des Salzes weiterwachsen, so gelingt es selbst Kuben von 30 mm und mehr zu erzielen. Das Verfahren geht dahin, dass man einer gesättigten Lösung des Salzes 0.1 Proz. $H_2SO_4$ und 0.1 Proz. $Pb(NO_3)_2$ zusetzt und dieselbe bei 75° C. der Verdampfung unterwirft. Bereits die Gegenwart von 0.02 Prozent $H_2SO_4$ und 0.006 Prozent *Pb* genügen um dieses Resultat zu erhalten. Die so gebildeten NaCl-Kristalle enthalten, unabhängig von dem Schwefelsäure-bezw. Bleigehalt der Lösung, stets etwa 27 Teile Pb″ pro 100.000 Teilen NaCl.

Indem wir so vorgingen, gelang es uns ziemlich klare KCl-Kristalle zu erzeugen, deren mittlerer Durchmesser etwa 5 mm betrug, manchmal auch 8 mm. Von den so gewonnenen grösseren Kristallen ermittelten wir die Dichte im ANDREAEschen Dilatometer; die dabei anzubringenden Korrektionen werden wir weiter unten erörtern.

### *D. Die Ausführung der Dichtebestimmungen (25.00° C.)*

6. Des besseren Verständnisses halber beschreiben wir hier kurz den Verlauf einer Dichtebestimmung. Nachdem sich in der in § 3 und 4 bezw. in § 5 erörterten Weise eine gewisse Menge der festen Kristalle in der Kugel *C* gebildet hatte, entfernten wir die noch in *A* und dem oberen Teil des Rohres *B* vorhandene Lösung mittels einer Kapillarpipette und brachten diese Lösung in ein kleines Jena-Becherglas. Man spült *A* mehrmals mit Wasser nach, gibt auch diese Waschflüssigkeit in das Becherglas und trocknet *A* von innen sorgfältigst mittels Filtrierpapieres und zuletzt mittels eines Leinenbausches. Sodann wird der ganze Apparat von aussen getrocknet und nebst Inhalt genau gewogen. Wir brachten das Instrument nunmehr in einen auf 25.00° C. regulierten grösseren Wasserthermostaten und beliessen es darin, bis sich der Stand der Flüssigkeit im Rohre *B* nicht mehr änderte (1—2 Std.). Sodann notierte man den Stand an der Teilung von *B* mittels einer Loupe auf 0.1 mm genau. Während dieser Zeit war *B* mittels eines kleineren, *A* mittels eines

---

[1]) Nature **113**, 492 (1924).

grösseren Kautschukpfropfens verschlossen. Spezielle Versuche ergaben, dass selbst nach 8 Tagen eine Änderung des Gewichts unter diesen Verhältnissen nicht eingetreten war.

Die Lösung in dem Becherglase engten wir auf dem Wasserbade ein und erhitzten das Ganze (bis zur Gewichtskonstanz) auf 200° C. Man findet so das Gewicht des KCl, welches nicht in das Dilatometer gelangte und somit von dem des ursprünglich abgewogenen Salzes in Abzug zu bringen ist.

7. Obwohl, wie oben betont wurde, der Stand der Flüssigkeit in *B* sich nach 1 bis 2 Std. nicht mehr sichtbar änderte, könnte es fraglich sein, ob nach jener Zeit das Lösungsgleichgewicht sich tatsächlich eingestellt hatte, da ja die Lösung nicht gerührt wurde. Zwar hat man bisher bei der Ausführung des ANDREAEschen Verfahrens stets angenommen, dass die das feste Salz im Dilatometer umspülende Lösung bei der verwendeten Temperatur völlig gesättigt ist, bewiesen war dies indes nicht. Ob dies beim KCl (bei 25.00° C.) bei unseren Versuchen tatsächlich der Fall war, haben wir näher untersuchen zu müssen geglaubt, da die gefundene Dichte der Lösung, sowie deren Konzentration eine nicht unbedeutende Rolle bei der späteren Berechnung der Dichte des festen Salzes spielt. Unsere weiter unten mitgeteilten Zahlenwerte ergeben, dass, falls es sich um sehr genaue Dichtebestimmungen handelt, bei jeder Feststellung des Standes der Lösung in dem Rohre *B* eine zugehörige Dichte- und Konzentrationsbestimmung der Lösung erfordert wird.

8. Zur Dichtebestimmung der im Dilatometer vorhandenen Lösung verfuhren wir folgendermassen:

Wenn sich der Stand der Flüssigkeit im Rohre *B* nicht mehr änderte, ersetzten wir den den Trichter *A* abschliessenden Gummipfropfen durch einen solchen, welcher von der Filtriervorrichtung *Edbc* durchsetzt wurde, während der *B* abschliessende Pfropfen entfernt wurde. Das bei *d* eingeschnürte Rohr enthält dort einen Wattebausch und kann mittels einer Gummiverbindung mit dem Pyknometer *D* verbunden werden. Man presst mittels eines Gummiballons Luft in den Apparat, der sich (wie auch das Pyknometer) im Thermostaten unter Wasser befindet. In dieser Weise lässt sich das Pyknometer mit der filtrierten Lösung füllen. Sodann erfolgt die Dichtebestimmung derselben.

9. Ist dieselbe beendet, so saugt man mittels einer Wasserstrahlluftpumpe die Lösung aus dem Pyknometer in einen kleinen gewogenen Erlenmeyerkolben, wäscht das Pyknometer mit warmem destilliertem Wasser so lange aus, bis das letzte durchgesaugte Waschwasser eine Trübung mit $AgNO_3$-Lösung nicht mehr aufweist, und trocknet nach dem Verdampfen des Wassers das im Erlenmeyerkolben zurückgebliebene Salz bei 200° C. bis zur Gewichtskonstanz. Es lässt sich dann die Konzentration der ursprünglich im Pyknometer, bezw. Dilatometer vorhanden gewesenen Lösung berechnen.

## *E. Berechnung und Ergebnisse.*

10. Die Dichte des festen Stoffes wurde nach der Gleichung

$$D^{4^\circ}_{25.00^\circ} = \frac{m_1 - (m_2 - m_1)\,c}{V - (1 + c)\,(m_2 - m_1)\,\frac{1}{d}}$$

berechnet[1]).

Hierin ist:

$m_1$ das Gewicht in $g$ des im Dilatometer vorhandenen Salzes;
$m_2$ das Gesamtgewicht in $g$ des vorhandenen Salzes und der Lösung;
$c$ das Gewicht in $g$ des Salzes, welches pro $g$ des Lösungsmittels vorhanden ist;
$V$ das Gesamtvolumen in ccm des festen Salzes und der Lösung;
$d$ die Dichte ($d^{4^\circ}_{25.00^\circ}$) der Lösung,

wobei sämtliche Wägungen auf das Vakuum reduziert sind.

11. Die Tabellen 1 und 2 enthalten die so erhaltenen Ergebnisse.

TABELLE 1.
Dichte des KCl bei 25.00° C.
Mittlerer Durchmesser der Kristalle 0.1 mm.

| Versuchsnummer | $m_1$ | $m_2-m_1$ | $c$ | $V$ | $d$ | $D$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10.3287 | 16.6179 | 0.35931 | 21.3608 | 1.17831 | 1.9896 |
| 2 | 8.4971 | 17.3461 | 0.35890 | 21.1533 | 1.17791 | 1.9893 |
| 3 | 10.3287 | 16.6478 | 0.35888 | 21.3944 | 1.17790 | 1.9894 |

Mittelwert $D^{4^\circ}_{25.00^\circ} = \mathbf{1.9894 \pm 0.0002}$.

TABELLE 2.
Dichte des KCl bei 25.00° C.
Mittlerer Durchmesser der Kristalle 0.5 mm.

| Versuchsnummer | $m_1$ | $m_2-m_1$ | $c$ | $V$ | $d$ | $D$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 13.3262 | 15.0102 | 0.35888 | 21.3080 | 1.17790 | 1.9891 |
| 5 | 13.3262 | 15.0042 | 0.35888 | 21.3024 | 1.17790 | 1.9889 |
| 6 | 11.0880 | 16.0602 | 0.35888 | 21.2050 | 1.17790 | 1.9888 |
| 7 | 11.0880 | 16.0487 | 0.35894 | 21.1939 | 1.17792 | 1.9888 |

Mittelwert $D^{4^\circ}_{25.00^\circ} = \mathbf{1.9889 \pm 0.0002}$.

12. Zu diesen Tabellen bemerken wir, dass die Werte für $c = 0.35888$ ermittelt waren durch Löslichkeitsbestimmungen in Schüttelflaschen bei

[1]) Vergl. z.B. ERNST COHEN und W. A. T. COHEN-DE MEESTER, Proc. Acad. Sci. Amsterdam **35**, 1255 (1932).

25.00° C. (Mittel von 0.35895, 0.35883, 0.35888, 0.35886.) Diese Bestimmungen waren bereits ein Jahr vor den hier beschriebenen Messungen mit einem anderen reinen KCl-Präparat ausgeführt worden. Die damals gefundenen Dichten ($d$) dieser Lösungen waren 1.17791, 1.17786, 1.17793, 1.17789, Mittel 1.17790. Der in Tabelle 1 aufgeführte Wert $d = 1.17831$ bezieht sich auf einen Versuch (1), in welchem die betreffende Lösung nur während 30 Min. mit der festen Kristallmasse im Dilatometer in Berührung geblieben war, nachdem wir den ganzen Apparat von höherer Temperatur auf 25.00° C. gebracht hatten. Dieser kurzen Zeit entsprechend, ist die Lösung um ein geringes übersättigt geblieben, was auch in dem Werte von $c$ in diesem Versuch zum Ausdruck kommt. Dennoch findet man für $D$ innerhalb der Versuchsfehler denselben Wert, wie in den Versuchen 2 und 3.

13. Zwecks Darstellung der KCl-Kristalle von 5—8 mm Durchmesser und deren Dichtebestimmung verfuhren wir folgendermassen: In einen Messkolben von 500 ccm brachten wir 0.250 g reines Bleinitrat, welches in destilliertem Wasser gelöst war und setzten dieser Lösung 1.25 ccm 4 N. Schwefelsäure zu. Nach dem Verdünnen auf 500 ccm verteilten wir das gebildete $PbSO_4$ durch Schütteln gleichmässig in der Flüssigkeit und lösten in 50 ccm derselben eine genau gewogene Menge unseres reinen Chlorkaliums (etwa 15 g). Nach dem Auflösen des KCl war die Lösung auch bei Zimmertemperatur völlig klar. Wir verwendeten dieselbe in derselben Weise zur Ermittlung der Dichte des KCl, wie oben für die KCl-Kristalle von etwa 0.5 mm Durchmesser (§ 4) erörtert ist. Nach Ausführung der beschriebenen Manipulationen hatten sich im Dilatometer Kristalle von 5—8 mm Durchmesser gebildet. Sodann entfernten wir die vorhandene Lösung möglichst vollständig durch Absaugen und Abtropfenlassen und lösten die zurückgebliebene Kristallmasse in Wasser auf. Die Menge des darin vorhandenen Pb″ ermittelten wir durch Einleiten von Schwefelwasserstoff.

14. Was nunmehr die Berechnung der Dichte des reinen KCl aus den so gewonnenen Daten betrifft, so ist hierbei zu beachten: *a.* dass sich im Dilatometer eine *Lösung* befindet, welche beim Einengen neben KCl auch ein Geringes an $PbSO_4$, $KNO_3$ sowie $K_2SO_4$ liefert, während *b.* die *Kristallmasse* im Dilatometer etwas $PbSO_4$ (bezw. $PbCl_2$) enthält. Es sind somit die betreffenden Grössen, welche in der Gleichung des § 10 vorkommen, nach dieser Richtung zu korrigieren.

15. Ein Zahlenbeispiel, welches sich auf Versuch 8, Tabelle 3, bezieht, möge obiges näher beleuchten:

*a.* Wir verwendeten 50 ccm der in § 13 genannten Flüssigkeit, in welcher 15.4746 g reines KCl aufgelöst wurden.

Beim späteren Einengen und Trocknen der Lösung würden bei den sich dabei abspielenden Umwandlungen zwischen KCl, $Pb(NO_3)_2$ und der

vorhandenen Schwefelsäure 0.0380 g KCl verschwinden, während sich 0.0229 g $PbSO_4$, 0.0153 g $KNO_3$ und 0.0312 $K_2SO_4$ bilden. Es ist demnach der eingewogene Betrag des festen Stoffes um (0.0229 + 0.0153 + + 0.0312 — 0.0380) g = 0.0314 g zu erhöhen und auf 15.4746 + 0.0314 = = 15.5060 g zu setzen.

Aus dem Trichter *A* wurden 4.0793 g Salz entfernt; es waren somit verwendet 15.5060—4.0793 = 11.4267 g. Nach Reduktion auf Vakuum findet man hierfür $m_1$ = 11.4322 g. Bei Benutung dieser Zahlenwerte würde sich die Dichte des mit $PbSO_4$ bezw. $PbCl_2$ verunreinigten KCl ergeben. Zur Berechnung der Dichte des *reinen* Salzes war die Korrektur *b* anzubringen.

*b.* In der Kristallmasse im Dilatometer fanden wir 0.0199 g $PbSO_4$. Bei der Berechnung des Volumen dieser äusserst geringen Menge verwendeten wir für die Dichte des $PbSO_4$ den Wert 6.3.

Die Dichte des *reinen* KCl findet man nunmehr indem in der Gleichung für $D^{4°}_{25.00°}$ (§ 10) der Zähler und Nenner um das Gewicht bezw. das Volumen des vorhandenen $PbSO_4$ vermindert werden.

16. Mittels der in Tabelle 3 zusammengestellten Werte findet man $D^{4°}_{25.00°}$.

TABELLE 3.
Dichte des KCl bei 25.00° C.
Mittlerer Durchmesser der Kristalle 5 mm.

| Versuchs-nummer | $m_1$ | $m_2 - m_1$ | $c$ | $V$ | $d$ | $PbSO_4$ in g | $D$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 11.4322 | 15.9575 | 0.35905 | 21.2532 | 1.17909 | 0.0199 | 1.9891 |
| 9 | 12.2799 | 15.2682 | 0.35915 | 21.0138 | 1.17896 | 0.0145 | 1.9890 |

Mittelwert $D^{4°}_{25.00°}$ = **1.9891**

Zur Tabelle 3 sei noch bemerkt, dass falls man annimmt, dass das in der Kristallmasse vorhandene Blei darin nicht als Bleisulfat, sondern als Bleichlorid (Dichte 5.9) vorkommt, man für $D^{4°}_{25.00°}$ die Werte 1.9896 bezw. 1.9893, also im Mittel 1.9894 findet, einen Wert, der innerhalb der Versuchsfehler mit dem in Tabelle 3 angegebenen übereinstimmt.

## ZUSAMMENFASSUNG.

Es wurde nachgewiesen, dass man innerhalb der Versuchsfehler (± 0.0004 in den Einzelbestimmungen) für die Dichte des KCl bei gegebener Temperatur denselben Wert (1.9891 bei 25.00° C.) findet, falls es sich um Kristalle von 0.1, 0.5 bei 5 mm mittleren Durchmessers handelt, d.h. also um solche, deren mittlerer Durchmesser sich wie 1 : 50 verhält.

Auf das Verhalten von Stoffen, welche sich in s.g. „molekularer" Verteilung befinden, hoffen wir demnächst zurückzukommen.

VAN 'T HOFF-*Laboratorium.*

*Utrecht,* Sept. 1935.

**Palæontology.** — *The sixth (fifth new) femur of* Pithecanthropus erectus. By EUG. DUBOIS.

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

At the beginning of last month a fossil bone fragment, from my Java collection, was handed to me by the museum servant VAN DER STEEN, as he suspected that this might possibly again be part of the shaft of a *Pithecanthropus* femur.

The fragment, 12½ cm in total length, exhibited indeed some of the characters of such a left femur shaft. Especially similar it is in thickness and in the form of the corresponding part of the crista femoris, when the proximal end of that prominent ridge on this fragment is supposed to correspond exactly with the centre of the shaft on the femora *I*, *II*, *III* and *IV*. The shaft of *V* is too incomplete for comparison. The new fragment is perfectly straight and thus distinguished from those shafts, which are more or less arched from above downwards, and still more from the average in Man, which is approached by *V*.

This shaft is, however, different from the other ones, all of them, with regard to the place of the crista in the cross-section, and the cross-section itself, to such a degree, that I thought it safer provisionally to refrain from identification with the *Pithecanthropus* femur, and to wait the result of the anatomical preparation of the bone, consisting principally in the removal of the large concretions of pseudomorphous limonite replacing pyrite, which covered the surface extensively.

I have now finished this preparation, by which not only the whole somewhat corroded surface of the fossil bone fragment is laid bare, but also the internal structure, to a certain depth, has become visible. It now appears that those differences in the form of the cross-section, and the inward shifting of the crista femoris, especially at the proximal end of the fragment, are to be regarded as an individual variety, such as not infrequently is met with in Man [1]), where it certainly is in relation with differences in the development of the vasti muscles.

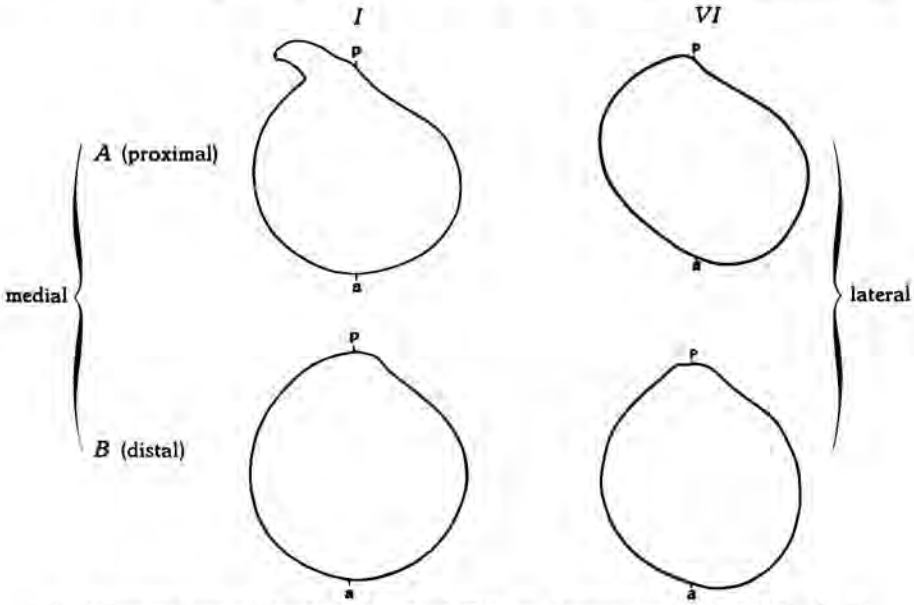
In femur I, at 20 cm above the patellar articular surface, and in the femur shaft *II*, at the corresponding place, the shape of the cross-section of the shaft is nearly round; there is only a shallow concavity, indicating the flattening of the outer-back surface of the shaft. In the femora *III*, *IV* and *V* there is, moreover, a marked flattening of the anterior surface; these three femora are platymeric.

The femora *II*, *III*, *IV* and *V* exhibit more or less of the internal bone structure, most clearly so *V*, as a consequence of the more or less intensive

---

[1]) See: JOHANNES BUMÜLLER, Das menschliche Femur, nebst Beiträgen zur Kenntnis der Affen-femora. (Inaugural-Dissertation), p. 28. Augsburg 1899.

(deeper or shallower) corrosion of the surface[1]). On the anterior surface we observe a diagonal system of structural stripes, about 3 cm broad, over




*I*. Cross-sections of the femur shaft of *Pithecanthropus erectus I* (1892). *A*: at 20 cm, and *B*: at 11 cm above the articular (patellar) surface of the knee-joint. *VI*. Cross-sections of the femur shaft *VI*, at the corresponding places, as judged from the comparison of both cristae, *A*: about 1½ cm below the proximal end of the fragment, and *B*: 2 cm above its distal end.

nearly the whole breadth of that surface, approximating the inner border and surpassing the outer border. The direction of these stripes is from above-inside to below-outward, as a dynamical reflection of the fibers of the back part of the musclus vastus medialis, attached at the crista femoris.

In our femur *VI* the proximal cross-section of the shaft, at a place corresponding with that of *I*, 20 cm above the patellar articular surface, clearly shows a displacement of bone substance from before-medially to before-laterally and, consequently, a relative medialward shifting of the crista femoris. This implies, of course, a shifting of the attachments of the vasti muscles. Indeed, we observe the system of structural oblique striping, which in its direction corresponds with that of the fibers of the back part of the musculus vastus medialis, shifted laterally to the borderlike antero-lateral surface, however this system is still about 2½ cm broad.

The distal cross-section of the femur shaft *VI*, at a place corresponding

[1]) EUG. DUBOIS, New evidence of the distinct organization of *Pithecanthropus*. Proceedings Vol. XXXVII (1934), pp. 139—145, with one figure and two plates. — I may call here attention to a necessary correction of that paper. On p. 142, in the third alinea, the established correspondence (parallelism) between the direction of the muscle fibers and the axes of the osteons really is of the vastus lateralis with the medial half of the femur shaft, and of the vastus medialis with the lateral half of the femur shaft.

with that of *I*, 11 cm above the patellar articular surface, shows a beginning lateral displacement of bone substance, which implies a beginning shifting of the back part of the vastus medialis muscle.

Femur *VI*, in this way, appears to be really a fossil remain of a *pithecanthropus erectus*.

This fossil femur is certainly not from Trinil but from another part of the Kendeng region. As the two last ones of the four removals of my collection have been effectuated without my direct supervision, they caused much disarrangement of such small and seemingly less valuable specimens. There is, however, some probability that this fossil was found at Kedung Brubus.

The question, why again and again thigh bones and no other limb-bones of *Pithecanthropus erectus* turn up in my collection, may find an answer in the consideration that the plurality of the bones were broken by crocodiles, mostly so the weaker ones, and that in the same proportion the latter were destroyed in the digestion process of those voracious animals.

---

**Botany.** — *A physiological analysis of the growth substance.* By A. J. HAAGEN SMIT and F. W. WENT.

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

The investigation of the growth substance of plants in the last few years has passed through a series of phases, of which we find an analogue in the work on sex hormones. Originally "auxin" was isolated from urin, and this substance was regarded as the plant growth hormone (1). After some time it was shown, that two auxins exist, *a* and *b*, which have the same activity as growth substance (2). Serious objections against the specificity of the universally employed avena test were raised, when it was found, that also $\beta$ indole-acetic acid showed the same bending reaction in comparable dilutions (3). It was then shown, that it is highly probable, that in the top of the avena coleoptile auxin-*a* is formed, whilst $\beta$ indole-acetic acid is formed by yeast, fungi and bacteria. The easy synthesis of $\beta$ indole-acetic acid and related substances led to an investigation as to how the growth activity was related to a definite structure. Derivatives and homologues of $\beta$ indole-acetic acid were synthesized and the activity determined by F. KÖGL and D. KOSTERMANS. Great differences in activity were found (4).

The problem acquired an added interest, when K. V. THIMANN showed that the activity of an active substance in the avena test is based on two independent properties: the polar transport in the coleoptile, necessary for the substance to arrive at the growing cells, and its property to stimulate cell elongation (5). Only those substances, which possess both properties are active in the avena test. THIMANN has shown, that $\beta$ coumaryl-acetic acid did not cause a curvature in the avena test, but still stimulated the growth of small cylinders of avena coleoptiles, when they are put in a

dilute solution of this substance (cylinder test). An easy method for the estimation of the growth stimulating effect has been found in the pisum test (6). Here also the polar transport of the active substance is not necessary to obtain a reaction.

To get an idea of the specificity of the different tests and the effect of more drastic alterations in the molecular structure of $\beta$ indole-acetic acid, it was necessary to determine quantitatively the activity of a large number of organic substances. With the help of these three tests, we could study the effect of changes in the chemical structure on the transport capacity and at the same time the effect of these changes on the cell elongation activity.

*Method.*

The activity of the solutions of a great number of organic substances has been tested with the pea test (6), the cylinder test (5) and the avena bending test (7). The peas used in the pea test are grown on saw dust in a dark room with a constant temperature of 22° C. After 8 days the zone of 5—35 mm below the terminal bud is cut and split lengthwise. Upon subsequent immersion in water the two halves will bend outwards. If they are put in solutions containing substances inducing growth, the free ends of the two halves will start to bend inwards. After 12 hours the pea shoots are photographed and the inward bending is compared with the result of a series of solutions from $\beta$ indole-acetic acid as standard.

At the same time in the same dark room the growth of avena coleoptile cylinders is measured. From 4 day old avena coleoptiles the top is removed, the primary leaf is drawn out and after 1½ hours 3 cylinders of 5 mm length are cut from each plant. They are slipped on thin glass rods and the length is measured by means of a microscope with a low magnification. The cylinders are then put in the solutions and the increase in length is measured after 12 hours.

*Results.*

In table I the results of the pea test, cylinder test and avena bending test are compared, when different substances are used. The activities of the substances are expressed in terms of the activity of $\beta$ indole-acetic acid. This substance induced 2 % growth in the cylinder test and a curvature of 10° at a concentration of 1 mg. in 20.000 $cm^3$ and a curvature of 180° in the pea test at a concentration of 1 mg. in 1000 $cm^3$. (When avenas are used in this test this concentration is 1 mg. in 3000 $cm^3$.)

The solutions used in the pea test and cylinder test were neutralised; the highest concentrations used contained 1 mg. in 5 $cm^3$; if not active in this concentration, they were considered as inactive.

Through the kindness of Prof. KÖGL we could test the derivatives of $\beta$ indole-acetic acid synthesized by D. KOSTERMANS.

From table I it is evident, that many substances show an activity in the

TABLE I.
Comparison of growth activity of organic substances with β indole-acetic acid.

| Substance | Pea test | Cylinder test | Avena test | Type of bending |
|---|---|---|---|---|
| β Indole-acetic acid ..... | 1 | 1 | 1 | normal |
| Isopropyl-indole-acetic ester ..... | 1 | 0.1 | 0.005 | " |
| 5-methyl-indole-acetic acid ..... | 1 | 0.2 | 0.1 | " |
| β indole-pyruvic acid..... | 0.5 | | 0.2 | " |
| 1-methyl-indole-3-acetic acid ..... | 0.3 | 0.2 | 0.002 | in the top |
| 2-5 dimethyl-indole-3 acetic acid . | 0.2 | 0.05 | 0.002 | " |
| 2-methyl-indole-3-acetic acid ..... | 0.2 | 0.05 | 0.001 | " |
| 2-methyl-indole-3-methyl acetate . | 0.5 | 0.1 | inactive | |
| 2-ethyl-indole-3-acetic acid..... | inactive | inactive | " | |
| Phenylacetic acid..... | 0.1 | 0.01 | 0.0002 | " |
| Phenylpropionic acid ..... | 0.02 | | inactive | |
| Methyl-phenylacetate ..... | 0.05 | | | |
| Isobutyl-phenylacetate ..... | 0.05 | | | |
| Ethyl-phenylpropionate ..... | 0.01 | | | |
| Cinnamic acid ..... | inactive | inactive | inactive | |
| Allo-cinnamic acid ..... | 1 | 0.2 | 0.0006 | in the top |
| Cis-o-methoxy-cinnamic acid ..... | 0.05 | 0.002 | inactive | |
| Isatinic acid ..... | 0.05 | 0.02 | 0.002 | |
| Atrolactic acid ..... | 0.005 | 0.005 | inactive | |
| m. nitro-cinnamic acid ... ..... | 0.02 | | | |
| m. nitro-phenylacetic acid ..... | 0.05 | | | |
| p. methylcinnamic acid ..... | 0.0005 | | | |
| m. Phenylene diacetic-ethyl ester.. | 0.05 | | | |
| Vulpinic acid ..... | 0.002 | | inactive | |
| Pulvinic acid ..... | 0.002 | | | |

Inactive in the pea test are also: coumarin, o-coumaric acid, cinnamic acid, α-methyl-cinnamic acid, α-phenylcinnamic acid, trans-o-methoxy-cinnamic acid, p.-methoxy-cinnamic acid, cinnamic-ethyl ester, benzilic acid, phenylglyoxylic acid, benzoic acid, benzalmalonic acid, r-mandelic acid, phenylacetamid, diphenyl-acetic acid, phenylvalerianic acid, p.-nitro-phenylacetic acid, 2-4-dinitro-phenylacetic acid, phenylalanin, indolcarbonic acid, phenylamino-acetic acid, acetic acid, propionic acid, butyric acid, chloracetic acid, jodacetic acid, malonic acid, maleic acid, adipinic acid, serin, cysteine, isatin, angelic acid, tiglic acid, crotonic acid, acetophenone, tyrosine, phenylacetate, eosin.

pisum test, which are also active in the cylinder test. Only a few substances which are closely related to indole-acetic acid show an activity with the ordinary avena test. (*)

Of these derivatives only the 5 methyl-indole-3-acetic acid, the esters of $\beta$ indole-acetic acid and indole-3-pyruvic acid show normal curvatures in the avena test. In the other substitution products a distinct influence of the diminished velocity of transport can be observed. The curvature then is localised in the upper end of the coleoptile. In the pisum test the difficulties with the transport do not exist and these derivatives and also the esters show an activity of the same order as $\beta$ indole-acetic acid.

It is obvious that the pyrrol nucleus in indole-acetic acid plays an important part in the polar transport of a substance. Substitution or opening of this nucleus therefore reduces the activity in the avena bending test.

To further study the minimum configuration of the molecule necessary for the growth promoting action, more substances were investigated, which did not contain the pyrrol ring, but where only the phenyl nucleus of indole-acetic acid did remain intact.

Of the phenyl substituted fatty acids only phenylacetic acid and propionic acid were active in the pisum test and cylinder test and showed resp. $^1/_{10}$ and $^1/_{100}$ of the activity of $\beta$ indole-acetic acid. Benzoic acid and phenylvalerianic acid were inactive, which was also the case in the unsaturated cinnamic acid. The remarkable fact was observed, that the steric isomer, allo-cinnamic acid had the highest activity of these growth promoting substances. This activity was as high as that of $\beta$ indole-acetic acid in the pea test. That steric conditions play an important part in the activity of these substances was confirmed by the activity of cis-o-methoxy-cinnamic acid, whilst the trans compound was inactive. In the mean time the substitution with the methoxy group has greatly diminished the activity.

In different cases we could obtain a rise in the activity by substitution with methyl, amino and nitro groups. The place of the substituent whether ortho, meta or para is there of great importance, for example: the table on the following page.

Further substitution products have to be tested before general rules concerning the effect of these changes can be established. Then it will be interesting to compare the physical and colloidal chemical behaviour of these substances, which might throw some light on the mechanism of the

(*) A. E. HITCHCOCK and coll. (Contr. Boyce-Thompson Inst. 7, 87 and 209) have tested a series of substances as regards their growth stimulating properties by applying them, mixed with lanolin, on one side of the stems of different plants. However the results of STRUGGER and BONNER have not been considered in their experiments, so that the question remains open, whether their substances have a direct effect on cell elongation or whether they change e.g. the *PH* of the cells, influencing the activity of the auxin inside the tissues.

| | | Activity in pea test |
|---|---|---|
| cinnamic acid, (inactive)..... | o-nitro-cinnamic acid ..... | inactive |
| | m-nitro-cinnamic acid ..... | 0.02 |
| | p-nitro-cinnamic acid ..... | inactive |
| | p-methyl-cinnamic acid ..... | 0.0005 |
| phenylglyoxylic acid, (inactive)..... | o-amino-phenylglyoxylic acid ... | 0.05 |
| phenylacetic acid, (0,1)..... | p-nitro-phenylacetic acid ..... | inactive |
| | m-nitro-phenylacetic acid ..... | 0.05 |
| | 2-4 dinitro-phenylacetic acid .... | inactive |

activity of the growth substance in plants. There is no doubt, that the transport property of the auxins and $\beta$ indole-acetic acid is of fundamental importance for the role as hormone. We could show, that a substance like allo-cinnamic acid with a high growth promoting capacity has lost the ability to inhibit the growth of the side buds, when applied to the top of a pisum stem.

Summarizing we may say, that the physiological activity of any substance is based upon the following combination of properties:

1⁰. Its direct effect on cell elongation, once present inside the cell.

2⁰. Its secondary properties, influencing its concentration at the place of action.

*a*. by affecting the polar transport.

*b*. by changing the permeation constant.

*c*. by inactivation before reaching the reacting cells.

It is of interest, that a few of these substances, which are only active in the pea test, occur in nature in different plants. Special attention is drawn to the fact, that lichens contain large quantitaties of a substance, that shows this growth stimulating properties, namely vulpinic acid. It remains to be seen whether there growth is limited by other factors necessary for elongation of the cells.

## *Summary.*

An analysis of the cell elongation and polar transport properties of various substances is made.

If activity differences of such substances occur, it has been shown, that primarily they have to be attributed to their secondary properties as transport, permeation etc., whereas their cell elongation properties may

be left unchanged. Both properties can be changed independently by altering different parts of the molecule.

A number of substances is found only having growth stimulating properties, but not showing polar transport in the plant. These substances do not act in the avena bending test, nor do they show the regulative power of the auxins for example in bud inhibition.

A substance showing the highest cell elongation capacity is found in allo-cinnamic acid, which can be compared with that of $\beta$ indole-acetic acid.

The steric isomer cinnamic acid has no activity.

A preliminary study was made of the effect of substitution on the cell elongation property.

LITERATURE CITED.

(1) F. KÖGL and A. J. HAAGEN SMIT, These proceedings **34**, 1411 (1931).
F. KÖGL, A. J. HAAGEN SMIT and H. ERXLEBEN, Z. f. physiol. Chemie **214**, 241 (1933).
(2) F. KÖGL, A. J. HAAGEN SMIT and H. ERXLEBEN, Z. f. physiol. Chemie **228**, 90 (1934).
(3) F. KÖGL, A. J. HAAGEN SMIT and H. ERXLEBEN, Z. f. physiol. Chemie **225**, 215 (1934).
(4) F. KÖGL and D. KOSTERMANS, Z. f. physiol. Chemie **235**, 201 (1935).
(5) K. V. THIMANN, These proceedings (1935).
(6) F. W. WENT, These proceedings **37**, 547 (1934).
(7) F. W. WENT, Rec. trav. bot. Néerl. **25**, 1 (1928).

---

**Astronomy.** — *The theorem of minimum loss of energy due to viscosity in steady motion and the origin of the planetary system from a rotating gaseous disc.* By H. P. BERLAGE Jr. (Royal Magnetical and Meteorological Observatory Batavia).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

Recent papers by GUSTAF STRÖMBERG[1]) and G. DEDEBANT, PH. SCHERESCHEWSKY and PH. WEHRLÉ[2]) suggested to me that with the aid of a hydrodynamical theorem due to HELMHOLTZ and KORTEWEG, the solution could be found of a problem, which has occupied me ever since I became convinced that the planetary system has evolved from a gaseous disc surrounding the sun[3]).

As was previously shown[4]), the equilibrium of a rotating gaseous

[1]) G. STRÖMBERG, The origin of the galactic rotation and of the connection between physical properties of the stars and their motion, Astroph. J. **79**, 460 (1934); Formation of galaxies, stars and planets. Astroph. J. **80**, 327 (1934).

[2]) G. DEDEBANT, PH. SCHERESCHEWSKY and PH. WEHRLÉ, Sur une classe de mouvements naturels de fluides visqueux caractérisée par un minimum de la puissance dissipée, C.R. **199**, 1287 (1934).

[3]) These Proceedings **33**, 614 (1930); **33**, 719 (1930).

[4]) These Proceedings **35**, 554 (1932).

This theorem may be applied to our solar envelope in steady motion, although it is not liquid but gaseous, because the gas does not expand or contract during its pure rotational motion, so that its compressibility does not enter into question.

If $u$, $v$, $w$ are the velocity components and $\eta$ the coefficient of viscosity, the rate at which kinetic energy is converted into heat is expressed by the dissipation function

$$\frac{dE}{dt}=\iiint \eta \left\{ 2\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+2\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2+2\left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial z}\right)^2+ \right. \\ \left. +\left(\frac{\partial u}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 \right\} dx\,dy\,dz \quad . \quad (3)$$

As the motion is in planes parallel to the equator, we have

$$w=0,\ \frac{\partial u}{\partial z}=\frac{\partial v}{\partial z}=\frac{\partial w}{\partial z}=0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

and the dissipation function reduces to

$$\frac{dE}{dt}=\iiint \eta \left\{ 2\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+2\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 \right\} dx\,dy\,dz \quad . \quad (5)$$

A transformation to cylindrical coordinates $r$, $\varphi$, $h$ makes

$$u=-\omega r \sin\varphi \quad , \quad v=\omega r \cos\varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Moreover

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x}&=\frac{\partial u}{\partial r}\cos\varphi-\frac{\partial u}{\partial \varphi}\frac{\sin\varphi}{r} \quad , \quad \frac{\partial v}{\partial x}=\frac{\partial v}{\partial r}\cos\varphi-\frac{\partial v}{\partial \varphi}\frac{\sin\varphi}{r} \\ \frac{\partial u}{\partial y}&=\frac{\partial u}{\partial r}\sin\varphi+\frac{\partial u}{\partial \varphi}\frac{\cos\varphi}{r} \quad , \quad \frac{\partial v}{\partial y}=\frac{\partial v}{\partial r}\sin\varphi+\frac{\partial v}{\partial \varphi}\frac{\cos\varphi}{r} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (7)$$

After execution of the partial differentiations and introduction of the expressions (7) in (5), we get

$$\frac{dE}{dt}=\iiint \eta \left(\frac{d\omega}{dr}\right)^2 r^3\,dr\,d\varphi\,dh \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

According to the theorem just mentioned this function decreases during the evolution of the disc and tends to a finite minimum. It does not finally disappear, as would be the case with a freely rotating body. Uniform angular velocity is never attained, because our nebula has no finite boundary and merges into interstellar matter.

Hence, in the final steady state the variation of (8) is zero, or

$$\delta \iiint \eta \left(\frac{d\omega}{dr}\right)^2 r^3 \, dr \, d\varphi \, dh = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

As the motion is cylinderwise, we may take for the closed surface over which the integration is to be extended any ring bounded by two planes parallel to the equator and two cylinders coaxial with the disc. Hence

$$\delta \int \eta \left(\frac{d\omega}{dr}\right)^2 r^3 \, dr = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

whereas the integral is indefinite. If follows that

$$\delta \eta \left(\frac{d\omega}{dr}\right)^2 r^3 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

However, the steady state of the disc may as well be characterized by the equation

$$\frac{d}{dr}\left\{\eta r^3 \frac{d\omega}{dr}\right\} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

which was developed in a previous paper [1]). Hence

$$\eta r^3 \frac{d\omega}{dr} = \text{constant} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

and

$$\delta \left(\frac{d\omega}{dr}\right) = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

Let us now suppose, as was always done, that the pressure gradient of the gas is small in comparison with the attraction of the sun. It then follows from (1) that (14) should hold, when $\omega$ is varied from

$$\omega = \left(\frac{fM}{r^3}\right)^{\frac{1}{2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

to

$$\omega = \left(\frac{fM}{r^3} + \frac{RT}{r} \frac{d \lg \varrho_e}{dr}\right)^{\frac{1}{2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

---

[1]) These Proceedings **37**, 221 (1934).

Substituting (16) and (15) in (14), we get the following equation

$$\frac{\left(\frac{-3fM}{r^4}-\frac{RT}{r^2}\frac{d\,lg\,\varrho_e}{dr}+\frac{RT}{r}\frac{d^2\,lg\,\varrho_e}{dr^2}\right)}{\left(\frac{fM}{r^3}+\frac{RT}{r}\frac{d\,lg\,\varrho_e}{dr}\right)^{\frac{1}{2}}}=\frac{\left(-\frac{3fM}{r^4}\right)}{\left(\frac{fM}{r^3}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad . \quad . \quad (17)$$

As far as squares and products of small quantities may be neglected (17) reduces to

$$\frac{d\,lg\,\varrho_e}{dr}+2r\frac{d^2\,lg\,\varrho_e}{dr^2}=0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

The solution of this equation is

$$\varrho_e=\varrho_0\,e^{-ar^{\frac{1}{2}}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

when $\varrho_0$ and $a$ are integration constants to be determined from observational data.

Hence, the density of the gas in the equatorial plane of the disc in the state immediately preceding the formation of planets will be distributed according to (19). Comparing (19) with (2), we see that our provisional assumption concerning this distribution erred in the power of $r$ only.

Now, (2) was based on the empirical statement that the masses of the planets are such that $lg\,\varrho_e$ is nearly a linear function of $r$, or

$$lg\,\varrho_e=lg\,\varrho_0-ar \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

From (19) follows the parabolical rule

$$lg\,\varrho_e=lg\,\varrho_0-ar^{\frac{1}{2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

In Fig. 1, which is a reproduction of Fig. 2 in a previous paper [1]), the logarithm of the density which follows from the planetary masses has been represented in function of $r$. The straight line (dashes) was drawn as a first approximation to the empirical curve showing the fluctuations which were previously discussed. I have now adjusted a parabola (dots) as closely as possible to the same empirical curve.

It immediately appears that the question whether the straight line or the parabola is the best first approximation to the empirical curve is difficult to answer. The straight line functions better near the centre, the parabola better near the periphery, but when theory proves that

[1]) These Proceedings **37**, 221 (1934).

the parabola should be chosen, we can only be pleased that all ambiguity has been removed.

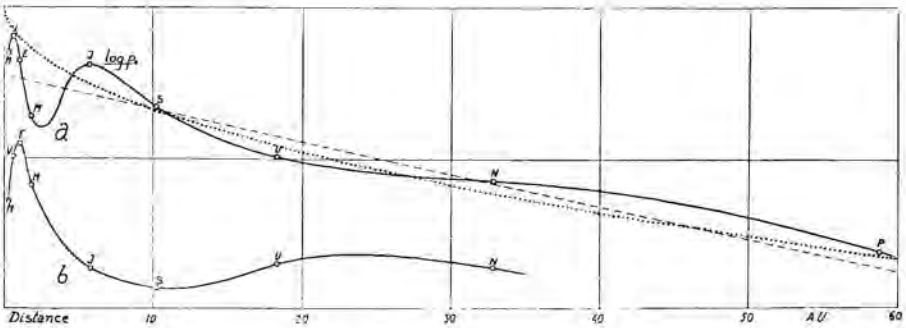



Fig. 1.

*a.* Empirical (fulldrawn) and theoretical (dotted) curves of the logarithm of the density of the gas in the equatorial plane of the disc; previous provisional approximation by straight line (dashes).

*b.* Planetary density curve.

There is no need of repeating here previous calculations with the present function $\varrho_e$. As the method has not changed I only give some results.

From the known total mass of the planets and the known total moment of momentum of the system, the following constants are deduced

$$a = 6.86 \times 10^{-7}\ \mathrm{cm}^{-\frac{1}{2}}$$

$$\varrho_0 = 4.02 \times 10^{-8}\ \mathrm{g/cm}^3.$$

If we do not take account of the fluctuations of the real density curve about its mean theoretical course, we now get the following masses of the planets

| | Mass (Earth = 1) | |
|---|---|---|
| | According to (19) | Observed |
| Mercury . . . . | 0.71 | 0.03 |
| Venus. . . . . | 3.24 | 0.82 |
| Earth . . . . . | 12.7 | 1.00 |
| Mars . . . . . | 30.5 | 0.11 |
| Planetoids . . . | 87.2 | — |
| Jupiter . . . . | 133 | 317 |
| Saturn . . . . | 118 | 95 |
| Uranus . . . . | 51.4 | 14.8 |
| Neptune . . . . | 8.6 | 17.3 |
| Pluto . . . . . | 0.4 | 0.7 |

Bearing in mind that the only empirical quantities were the invariable total mass and total moment of momentum of the system, whereas the rest is theory, we may be content with the general agreement.

It may be that the question why the masses of the central planets are all smaller than the computed values, with the most conspicuous discrepancy in Mars, presents a problem which will have to be treated separately. On the other hand there is an essential improvement in the calculated masses of the peripheral planets, especially Neptune and Pluto. This induces me to venture an extrapolation which has now become urgent. Indeed, if we assume as before that the outer radius of the disc corresponds with $\varrho = 10^{-24}$, which is the density of the interstellar matter within the galaxy, we now find that it amounts to 207 Astronomical Units. Hence there would be room for a planet beyond Pluto and as we are now for the first time in the possession of the theoretical mean density curve, it is of importance to calculate its mass. However, it works out to be only 0.003 times the mass of the Earth, or too small to be of any significance, so that our previous conclusion that with Pluto we have reached the outer limit of the planetary system, remains unchanged.

I wish to add one remark, which is perhaps not superfluous. If (19) is inserted in (1), we get

$$\frac{fM}{r^2} - RT\,ar^{\frac{1}{2}} = \omega^2 r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

This equation suggests that at a certain finite distance from the sun $\omega$ would become zero, but this is only apparent, because the equation only holds as long as the second term on the left side remains considerably smaller than the first. It should not be used beyond its limit of validity.

*Batavia*, August 14, 1935.

**Mathematics.** — *Ein neues Prinzip für Transzendenzbeweise.* Von J. POPKEN und K. MAHLER. (Communicated by Prof. J. G. VAN DER CORPUT).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935)

Der erste Verfasser zeigte in seiner Dissertation u. a. das folgende Ergebnis [1]:

**Satz 12:** *Stellt die Potenzreihe*

$$f(x) = \sum_{h=0}^{\infty} a_h x^h$$

*mit algebraischen Koeffizienten $a_h$ eine im Ursprung reguläre analytische Funktion dar, die einer eigentlichen algebraischen Differentialgleichung genügt, so ist mit einem geeignet gewählten $c > 0$ für $h \geqq 2$*

$$\textit{entweder } a_h = 0 \textit{ oder } |a_h| \geqq e^{-c\,h(\log h)^2}.$$

Dieser Satz kann in manchen Fällen zu Transzendenzbeweisen benutzt werden; denn genügt eine vorgegebene Potenzreihe einer algebraischen Differentialgleichung und streben ihre Koeffizienten $a_h$ genügend schnell gegen Null, so können diese Koeffizienten, die von nur endlich vielen Zahlen algebraisch abhängen, nicht alle algebraisch sein.

Zu besonders bemerkenswerten Anwendungen gelangt man bei manchen Funktionen aus der Theorie der elliptischen Funktionen; ein solches Beispiel, das aber durchaus nicht vereinzelt dasteht, wollen wir in dieser Arbeit im Einzelnen behandeln. Wir werden nämlich zeigen, dass für jedes beliebige $q$ mit

$$0 < |q| < 1$$

mindestens eine der drei Zahlen

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{q^{2hn}}{(1-q^{2n})^{2h}} \qquad (h = 1, 2, 3)$$

transzendent ist.

Die Methode der vorliegenden Note stammt vom ersten Verfasser, die Durchführung des Beispiels vom zweiten.

---

[1]) J. POPKEN, Über arithmetische Eigenschaften analytischer Funktionen, Diss. Groningen 1935, S. 88.

1. Die WEIERSTRASSsche $\sigma$-Funktion gestattet die Darstellung [2])

$$e^{-\frac{\eta u^2}{2\omega}} \sigma(u) = \frac{2\omega}{\pi} \sin\frac{\pi u}{2\omega} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{\sin^2\frac{\pi u}{2\omega}}{\sin^2\frac{\pi n \omega'}{\omega}}\right).$$

Wird

$$q = e^{\frac{i\pi\omega'}{\omega}}$$

gesetzt, so dass $q$ der Ungleichung

$$0 < |q| < 1$$

genügt, so folgt

$$e^{-\frac{\eta u^2}{2\omega}} \sigma(u) = \frac{2\omega}{\pi} \sin\frac{\pi u}{2\omega} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 + \frac{4 q^{2n} \sin^2\frac{\pi u}{2\omega}}{(1-q^{2n})^2}\right).$$

Führen wir die neue Veränderliche

$$x = 2i \sin\frac{\pi u}{2\omega}$$

und die beiden Funktionen

$$f(x) = \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{q^{2n} x^2}{(1-q^{2n})^2}\right), \quad F(x) = -\log f(x) = -\sum_{n=1}^{\infty} \log\left(1 - \frac{q^{2n} x^2}{(1-q^{2n})^2}\right)$$

ein, so wird also

$$e^{-\frac{\eta u^2}{2\omega}} \sigma(u) = \frac{\omega}{\pi i} x f(x), \qquad \log\sigma(u) - \frac{\eta u^2}{2\omega} = \log\frac{\omega}{\pi i} + \log x - F(x). \quad (1)$$

Da die Reihe

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left|\frac{q^{2n}}{(1-q^{2n})^2}\right|$$

konvergiert, so stellt $f(x)$ eine ganze Funktion von $x$ mit unendlich vielen Nullstellen dar; $f(x)$ ist also eine ganze *transzendente* Funktion, so dass in der TAYLORreihe

$$f(x) = \sum_{h=0}^{\infty} a_h x^{2h}$$

---

2) HALPHEN, Traité des Fonctions elliptiques I, S. 400, zweite Formel von (21).

unendlich viele Koeffizienten $a_h$ von Null verschieden sind. Diese Koeffizienten lassen sich explizit darstellen in der Form

$$a_0 = 1, \quad a_h = (-1)^h \sum_{n_1} \sum_{n_2} \cdots \sum_{n_h} \frac{q^{2(n_1+n_2+\ldots+n_h)}}{\{(1-q^{2n_1})(1-q^{2n_2})\ldots(1-q^{2n_h})\}^2}$$

$$(h = 1, 2, 3, \ldots),$$

wo die Summation über alle Systeme von $h$ natürlichen Zahlen $n_1, n_2, \ldots, n_h$ mit $n_1 < n_2 < \ldots < n_h$ erstreckt wird; ihre Absolutbeträge besitzen daher die obere Schranke

$$|a_h| \leqq \sum_{n_1=1}^{\infty} \sum_{n_2=2}^{\infty} \cdots \sum_{n_h=h}^{\infty} \frac{|q|^{2(n_1+n_2+\ldots+n_h)}}{(1-|q|^2)^{2h}} \leqq$$

$$\leqq \frac{|q|^{2(1+2+\ldots+h)}}{(1-|q|^2)^{2h}} \sum_{\nu_1=0}^{\infty} |q|^{2\nu_1} \sum_{\nu_2=0}^{\infty} |q|^{2\nu_2} \cdots \sum_{\nu_h=0}^{\infty} |q|^{2\nu_h} = \frac{|q|^{2(1+2+\ldots+h)}}{(1-|q|^2)^{3h}}$$

$$(h = 1, 2, 3, \ldots),$$

so dass für jedes noch so grosse positive $c$

$$|a_h| = o\left(e^{-ch(\log h)^2}\right)$$

ist. Wir werden im folgenden Paragraphen zeigen, dass $f(x)$ einer algebraischen Differentialgleichung genügt. Auf Grund von Satz 12 können daher nicht alle Zahlen

$$a_1, a_2, a_3, \ldots$$

algebraisch sein.

Entsprechenderweise hat $F(x)$ eine TAYLORreihe

$$F(x) = \sum_{h=1}^{\infty} A_h \frac{x^{2h}}{h}$$

mit den Koeffizienten

$$\frac{A_h}{h} = \frac{1}{h} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{q^{2hn}}{(1-q^{2n})^{2h}} \qquad (h = 1, 2, 3, \ldots).$$

Aus

$$f(x) = e^{-F(x)}, \; F(0) = 0$$

ist leicht abzuleiten, dass jeder Koeffizient $a_h$ ein Polynom in $A_1, A_2, \ldots, A_h$ mit rationalen Koeffizienten ist [3]). Also folgt

*„Nicht alle Zahlen*

$$A_h = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{q^{2hn}}{(1-q^{2n})^{2h}} \qquad (h = 1, 2, 3, \ldots)$$

*sind für* $0 < |q| < 1$ *algebraisch"*.

---

[3]) Siehe z.B. J. POPKEN, loc. cit. S. 106.

2. Man gelangt folgendermassen zu der Differentialgleichung für $f(x)$: Es ist bekanntlich

$$p(u) = -\frac{d^2 \log \sigma(u)}{du^2},$$

$$p'(u)^2 = 4\,p(u)^3 - g_2\,p(u) - g_3, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

wo $g_2$ und $g_3$ die rationalen Invarianten sind. Ferner ist nach (1)

$$-\log \sigma(u) + \frac{\eta\, u^2}{2\omega} = \log \frac{\pi i}{\omega} - \log x + F(x)$$

und also

$$p(u) + \frac{\eta}{\omega} = -\frac{d^2 \log x}{du^2} + \frac{d^2 F(x)}{du^2},$$

$$p'(u) = -\frac{d^3 \log x}{du^3} + \frac{d^3 F(x)}{du^3}.$$

Weiter ist wegen $x = 2\,i \sin \frac{\pi u}{2\omega}$:

$$\frac{dx}{du} = \frac{i\pi}{2\omega} \sqrt{x^2+4},$$

$$\frac{d^2 x}{du^2} = \left(\frac{i\pi}{2\omega}\right)^2 x,$$

$$\frac{d^3 x}{du^3} = \left(\frac{i\pi}{2\omega}\right)^3 \sqrt{x^2+4}$$

und daher

$$\frac{dF(x)}{du} = \frac{i\pi}{2\omega} F'(x) \sqrt{x^2+4},$$

$$\frac{d^2 F(x)}{du^2} = \left(\frac{i\pi}{2\omega}\right)^2 \{(x^2+4)\,F''(x) + x\,F'(x)\},$$

$$\frac{d^3 F(x)}{du^3} = \left(\frac{i\pi}{2\omega}\right)^3 \{(x^2+4)\,F'''(x) + 3\,x\,F''(x) + F'(x)\} \sqrt{x^2+4},$$

ferner

$$\frac{d \log x}{du} = \frac{i\pi}{2\omega} \frac{\sqrt{x^2+4}}{x},$$

$$\frac{d^2 \log x}{du^2} = -\left(\frac{i\pi}{2\omega}\right)^2 \cdot \frac{4}{x^2},$$

$$\frac{d^3 \log x}{du^3} = \left(\frac{i\pi}{2\omega}\right)^3 \cdot \frac{8\sqrt{x^2+4}}{x^3}.$$

so dass sich

$$p(u) = \left(\frac{i\pi}{2\omega}\right)^2 \left\{\frac{4\omega\eta}{\pi^2} + \frac{4}{x^2} + (x^2+4)\,F''(x) + x\,F'(x)\right\},$$

$$p'(u) = \left(\frac{i\pi}{2\omega}\right)^3 \left\{-\frac{8}{x^3} + (x^2+4)\,F'''(x) + 3\,x\,F''(x) + F'(x)\right\} \sqrt{x^2+4},$$

und damit wegen (2) die Differentialgleichung

$$\left.\begin{aligned} &\left\{-\frac{8}{x^3} + (x^2+4)\,F'''(x) + 3\,x\,F''(x) + F'(x)\right\}^2 (x^2+4) = \\ &= 4\left\{\frac{4\omega\eta}{\pi^2} + \frac{4}{x^2} + (x^2+4)\,F''(x) + x\,F'(x)\right\}^3 - \\ &- \left(\frac{2\omega}{i\pi}\right)^4 g_2 \left\{\frac{4\omega\eta}{\pi^2} + \frac{4}{x^2} + (x^2+4)\,F''(x) + x\,F'(x)\right\} - \left(\frac{2\omega}{i\pi}\right)^6 g_3 \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

für $F(x)$ ergibt. Wegen

$$F'(x) = -\frac{f'(x)}{f(x)}$$

folgt hieraus eine algebraische Differentialgleichung für die Funktion $f(x)$.

3. Die vorige Differentialgleichung für $F(x)$ kann dazu dienen, zwischen den Grössen

$$A_h = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{q^{2hn}}{(1-q^{2n})^{2h}} \qquad (h = 1, 2, 3, \ldots)$$

bestehende algebraische Relationen herzuleiten. Man hat

$$F(x) = \sum_{h=1}^{\infty} A_h \frac{x^{2h}}{h},$$

so dass, wenn

$$a_h = h\,A_h + (4h+2)\,A_{h+1} \qquad (a_0 = 2A_1)$$

gesetzt wird,

$$(x^2+4)\,F''(x) + x\,F'(x) = 4 \sum_{h=0}^{\infty} a_h\,x^{2h}$$

und folglich

$$(x^2+4)\,F'''(x) + 3\,x\,F''(x) + F'(x) = 8 \sum_{h=1}^{\infty} h\,a_h\,x^{2h-1}$$

ist. Die Differentialgleichung (3) für $F(x)$ geht also über in

$$\left\{-\frac{8}{x^3}+8\sum_{h=1}^{\infty} h\,a_h\,x^{2h-1}\right\}^2(x^2+4)=$$

$$=4\left\{\frac{4\omega\eta}{\pi^2}+\frac{4}{x^2}+4\sum_{h=0}^{\infty} a_h\,x^{2h}\right\}^3-$$

$$-\left(\frac{2\omega}{i\pi}\right)^4 g_2\left\{\frac{4\omega\eta}{\pi^2}+\frac{4}{x^2}+4\sum_{h=0}^{\infty} a_h\,x^{2h}\right\}-\left(\frac{2\omega}{i\pi}\right)^6 g_3.$$

Weiter ist bekanntlich [4])

$$\frac{4\omega\eta}{\pi^2}=\frac{1}{3}-8\,A_1=\frac{1}{3}-4\,a_0,$$

so dass, wenn noch zur Abkürzung

$$G_2=\frac{\omega^4 g_2}{\pi^4}\quad,\quad G_3=-\frac{\omega^6 g_3}{\pi^6}$$

gesetzt wird, die vorige Beziehung die Gleichung

$$\left\{-1+\sum_{h=1}^{\infty} h\,a_h\,x^{2h+2}\right\}^2(x^2+4)=$$

$$=4\left\{1+\frac{x^2}{12}+\sum_{h=1}^{\infty} a_h\,x^{2h+2}\right\}^3-G_2\,x^4\left\{1+\frac{x^2}{12}+\sum_{h=1}^{\infty} a_h\,x^{2h+2}\right\}-G_3\,x^6$$

liefert. Wir entwickeln beide Seiten dieser Gleichung nach Potenzen von $x^2$ und vergleichen die entsprechenden Koeffizienten. Die Koeffizienten von 1 und von $x^2$ stimmen evidenterweise überein; dagegen ergeben diejenigen von $x^4$ und $x^6$ die Relationen:

$$-8\,a_1 \qquad =\frac{1}{12}+12\,a_1-G_2,$$

$$-16\,a_2-2\,a_1=\frac{1}{432}+12\,a_2+2\,a_1-\frac{G_2}{12}-G_3,$$

so dass sich sowohl $G_2$ und $G_3$ durch $a_1$ und $a_2$, als auch umgekehrt $a_1$ und $a_2$ durch $G_2$ und $G_3$ linear mit rationalen Koeffizienten ausdrücken lassen:

$$G_2=20\,a_1+\frac{1}{12},\qquad a_1=\frac{1}{20}\,G_2-\frac{1}{240},$$

$$G_3=28\,a_2+\frac{7}{3}\,a_1-\frac{1}{216},\qquad a_2=\frac{1}{28}\,G_3-\frac{7}{60}\,G_2+\frac{31}{2160}.$$

---

[4]) HALPHEN, loc. cit. S. 404, Formel (33).

Allgemein ist für $h = 3, 4, 5, \ldots$ der Koeffizient von $x^{2h+2}$ auf der linken Seite der vorigen Gleichung gleich

$$-8\,h\,\alpha_h + P_h(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{h-1}),$$

und auf der rechten Seite gleich

$$12\,\alpha_h + Q_h(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{h-1}, G_2, G_3);$$

dabei bedeuten

$$P_h(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{h-1}) \quad , \quad Q_h(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{h-1}, G_2, G_3)$$

Polynome in den Argumenten mit rationalen Koeffizienten. Folglich kann $\alpha_h$ für solche $h$ als Polynom in $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{h-1}$ oder auch als Polynom in $G_1, G_2, \alpha_3, \alpha_4, \ldots, \alpha_{h-1}$ mit rationalen Koeffizienten ausgedrückt werden. Indem wir diese Darstellung der Reihe nach für alle $h = 3, 4, 5, \ldots$ benutzen, folgt, dass sich alle Zahlen

$$\alpha_h = h\,A_h + (4\,h + 2)\,A_{h+1} \qquad (h = 1, 2, 3, \ldots)$$

als Polynome in

$$\alpha_1, \alpha_2$$

oder auch in

$$G_2, G_3$$

mit rationalen Koeffizienten ausdrücken lassen. Also lassen sich die Grössen

$$A_h = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{q^{2hn}}{(1-q^{2n})^{2h}} \qquad (h = 1, 2, 3, \ldots)$$

auch als Polynome in

$$A_1, A_2, A_3$$

oder auch in

$$\frac{\omega\,\eta}{\pi^2}, \frac{\omega^4\,g_2}{\pi^4}, \frac{\omega^6\,g_3}{\pi^6}$$

mit rationalen Koeffizienten darstellen. Da aber nach § 1 mindestens eine der Zahlen $A_h$ transzendent ist, so folgt:

**Satz A:** *Für jedes $q$ mit $0 < |q| < 1$ ist mindestens eine der drei Reihen*

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{q^{2n}}{(1-q^{2n})^2}, \sum_{n=1}^{\infty} \frac{q^{4n}}{(1-q^{2n})^4}, \sum_{n=1}^{\infty} \frac{q^{6n}}{(1-q^{2n})^6}$$

*eine transzendente Zahl.*

**Satz B:** *Von den drei Grössen*

$$\frac{\omega\,\eta}{\pi^2},\ \frac{\omega^4\,g_2}{\pi^4},\ \frac{\omega^6\,g_3}{\pi^6},$$

*die zu einer nicht ausgearteten p-Funktion gehören, ist stets mindestens eine nicht algebraisch.*

Nachträglich wird uns die Note „Sur les séries entières satisfaisant à une équation différentielle algébrique" von G. PÓLYA (C.R. Paris, 19 août 1935, p. 444—445) bekannt. Ohne Beweis wird hierin u.a. erstens ein im Wesentlichen zu Satz 12 der POPKENschen Dissertation äquivalenter Satz und zweitens der hieraus abgeleitete Transzendenzsatz:

„Ist $0 < |h| < 1$, so ist mindestens eine der fünf Zahlen

$$\sum_{r=1}^{\infty} \frac{r\,h^{2r}}{1-h^{2r}},\ \sum_{r=1}^{\infty} \frac{r^3\,h^{2r}}{1-h^{2r}},\ \sum_{r=1}^{\infty} \frac{r^5\,h^{2r}}{1-h^{2r}},$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{\infty} (-1)^r (2r-1)\,h^{(2r-1)^2}}{\prod_{r=1}^{\infty} (1-h^{8r})\,(1-h^{8r-4})^2},\ \frac{\sum_{r=1}^{\infty} (-1)^r\,r^2\,h^{4r^2}}{\prod_{r=1}^{\infty} (1-h^{8r})\,(1-h^{8r-4})_2}$$

transzendent"

mitgeteilt; da die drei ersten von diesen Zahlen im wesentlichen gleich

$$\frac{\omega\,\eta}{\pi^2},\ \frac{\omega^4\,g_2}{\pi^4},\ \frac{\omega^6\,g_3}{\pi^6}$$

sind, so ist dieses PÓLYAsche Ergebnis in dem unsrigen enthalten.

**Palaeontology.** — *Eine fossile Säugetierfauna mit Simia aus Südchina.* Von G. H. R. VON KOENIGSWALD. (Communicated by Prof. L. RUTTEN).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

Ehe wir uns dem Material, das die Grundlage zu dieser Arbeit bildet zuwenden können, ist es erst nötig, auf seine Herkunft einzugehen.

Es ist schon lange bekannt, dass in den chinesischen Apotheken auch Versteinerungen als Arzneimittel verkauft werden. Als China noch nicht so gut erschlossen war wie heute, spielten die in den Apotheken erworbenen Fossilien eine sehr bedeutsame Rolle für die erste Kenntnis von in China verbreiteten Formationen und Faunen. Die devonischen Brachiopoden, die von RICHTHOFEN mitbrachte und die KAYSER bearbeitete, die erste grosse Säugetierfauna von dort, die SCHLOSSER beschrieb, sie stammten aus Apothekenmaterial.

Aber nicht nur in China selbst, überall im Osten, wo wir Chinesen haben, treffen wir in ihren Apotheken die gleichen, aus China in geradezu ungeheuerlichen Mengen exportierten Fossilien an. Diese können, wenn sie, ohne dass ihre Herkunft erkannt wird, in die Sammlungen geraten, zu gefährlichen Irrtümern und Fehlschlüssen Veranlassung geben. Verfasser kennt solche chinesischen Fossilien bisher von Singapore, Sumatra (Medan), Java, Bali, Borneo, Celebes und den Philippinen (Manila). Es lassen sich stets drei grosse Gruppen unterscheiden:

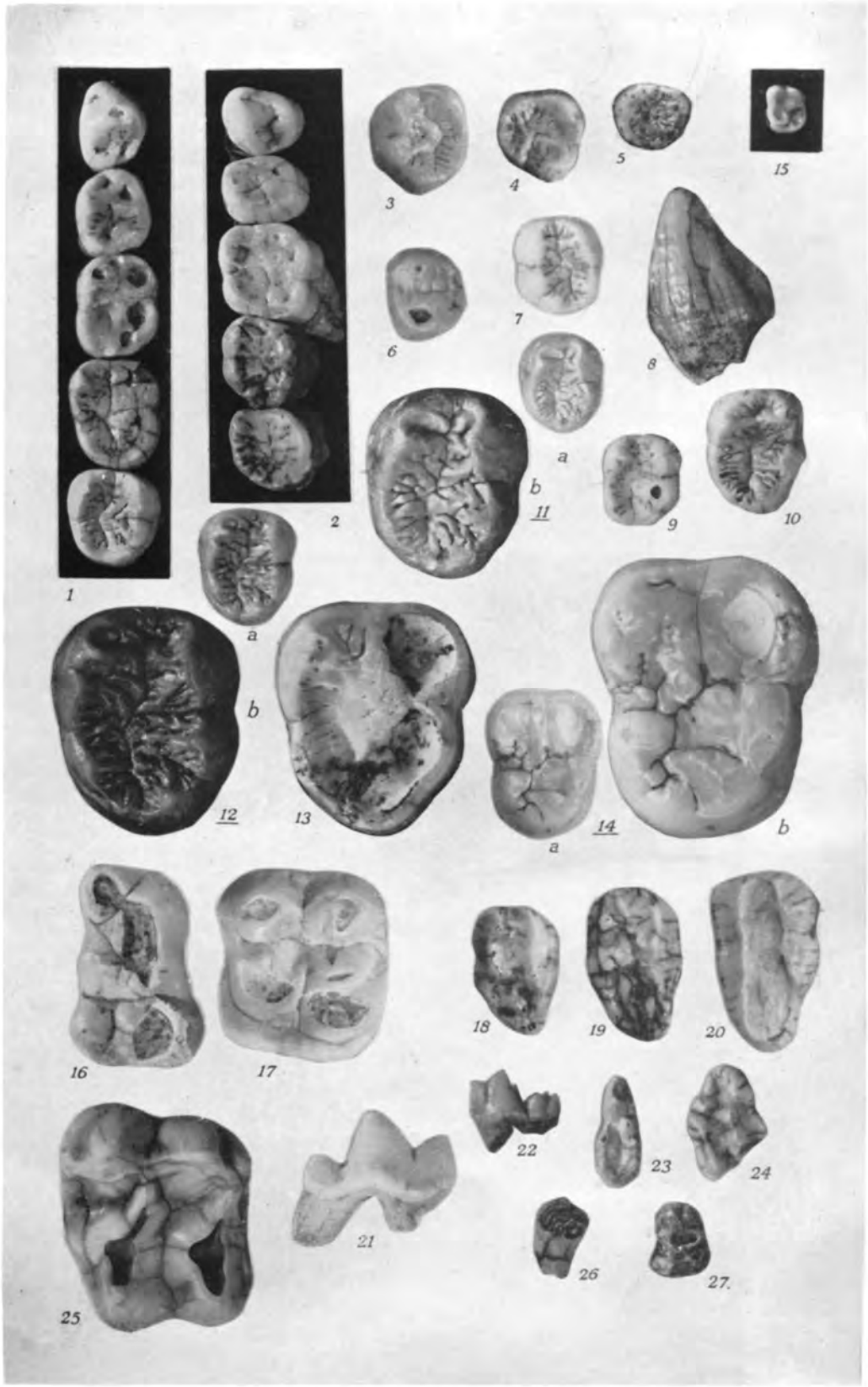
*A. Brachiopoden.* Unter diesen finden wir hauptsächlich die mitteldevonische *Spirifer verneuili* MURCH. Nur untergeordnet finden wir *Spirifer speciosus* BRONN, *Cyrtia murchisoniana* de KON., *Rhynchonella hanburrii* DAVIDS, *Orthis striatula* SCHLOTH. und andere. Weitere Vertreter der devonischen Fauna, etwa Korallen, sind mir nie begegnet; es handelt sich offensichtlich um ein sorgsam ausgesuchtes Material.

*B. Krabben.* Fast ausschliesslich handelt es sich hier um in Konkretionen eingeschlossene Exemplare von *Macrophtalmus latreillii* DESM. von vermutlich pleistozänem Alter.

*C. Säugetierreste.* Die Säugetierreste entstammen verschiedenen jungtertiären und pleistozänen Faunen. Wir können unterscheiden:

1°. *Hipparion*-Fauna. Die massenhaften Reste gehören meist dem *Hipparion richthofeni* KOKEN und verwandten Formen an. Sehr zahlreich sind Zähne von *Chilotherium* und anderen Rhinocerothiden (es gelang Verf. auch, in Soerabaja einen Zahn des seltenen *Sinotherium* aufzufinden), sehr zahlreich sind Hirsche (*Cervus, Procapreolus*), Antilopen (*Gazella, Strepsicerus, Tragocerus, Pseudobos* u.a.) und grosse Giraffen. Seltener sind Raubtiere (*Felis, Hyaena* div. spec., darunter *H. gigantea* SCHLOSSER!, *Machairodus, Ictitherium*); von *Mastodon* sind mindestens zwei Arten vorhanden, darunter eine (neue) *borsoni*-artige Form.

G. H. R. VON KOENIGSWALD: EINE FOSSILE SÄUGETIERFAUNA MIT SIMIA AUS SÜDCHINA.



2⁰. Eine jüngere Fauna wird von SCHLOSSER als pleistozäne Löss- und Höhlenfauna bezeichnet. Sie enthält u.a. *Stegodon, Boviden, Tapirus sinensis, Chalicotherium.* SCHLOSSERs Material scheint aus Nordchina zu stammen.

3⁰. Eine weitere Fauna, die bisher aus den Apotheken noch nicht beschrieben worden ist, konnte Verf. in Hongkong feststellen. Während die Reste der *Hipparion*-Fauna vielfach in einem jämmerlichen Zustand sind — die Zähne, die teurer bezahlt werden als die Knochen, werden aus den Schädeln und Kiefern ausgebrochen und dabei meist beschädigt —, finden wir hier die „Drachenzähne" in einem tadellosen Zustande, nur sind die Wurzeln und anscheinend überhaupt alle ursprünglichen Knochenpartien von Nagetieren weggefressen. Während Verf. Nagetierresten in der *Hipparion*-Fauna noch nicht ein einziges Mal begegnet ist, finden wir innerhalb dieser Fauna sehr zahlreiche Zähne von grossen *Hystrix*-artigen Nagern. Diese Fauna stammt nach ihrem Erhaltungszustand aus Höhlen- oder Spaltenfüllungen von, wie wir noch sehen werden, vermutlich pliopleistozänem Alter. Sie enthält massenhaft Reste von Hirschen und Schweinen, Antilopen, zahlreiche Raubtiere und Nagetiere, *Stegodon, Elephas* usw. Primaten begegnen wir nicht allzu selten, und ihren besonderen Charakter erhält die Fauna durch das Vorkommen eines grossen *Orangutangs* (*Simia*), wie sie überhaupt verschiedene heute auf die malaiische Inselwelt beschränkte Formen enthält, weshalb Verf. sie als *sinomalayische Fauna* bezeichnen möchte.

Die ersten Zähne von *Simia* fand Verf. in einer chinesischen Apotheke in Manila und weiteres ausgezeichnetes Material in den Drogengrosshandlungen in Hongkong. Von Java kenne ich diese gleiche Fauna (jedoch bisher ohne *Simia*) besonders aus dem Osten: Soerabaja, Modjokerto, Djember. Stammt das dem Verf. vorliegende Material auch ausschliesslich aus Apotheken, so kann doch kein Zweifel darüber bestehen, dass es aus China selbst stammt. Die Namen einiger Fundstellen im südlichen China wurden mir angegeben. — Wie ich vernehme, ist Dr. TEILHARD DE CHARDIN jetzt mit Ausgrabungen in Südchina beschäftigt und es ist zu hoffen, dass wir bald mehr über dieses bisher fast unbekannte Gebiet zu hören bekommen.

Da Verf. in keiner Weise übersehen kann, wann es ihm etwa vergönnt sein könnte, die Bearbeitung des ihm vorliegenden reichen Materiales abzuschliessen, andererseits aber das Vorkommen eines fossilen Orangutangs in China von grosser Bedeutung für die Herkunft und Wanderwege der malaiischen Säugetierwelt ist, so sei wenigstens in einer vorläufigen Mitteilung auf die bisherigen Resultate hingewiesen.

Die interessanteste Form unserer Fauna ist, wie schon gesagt,

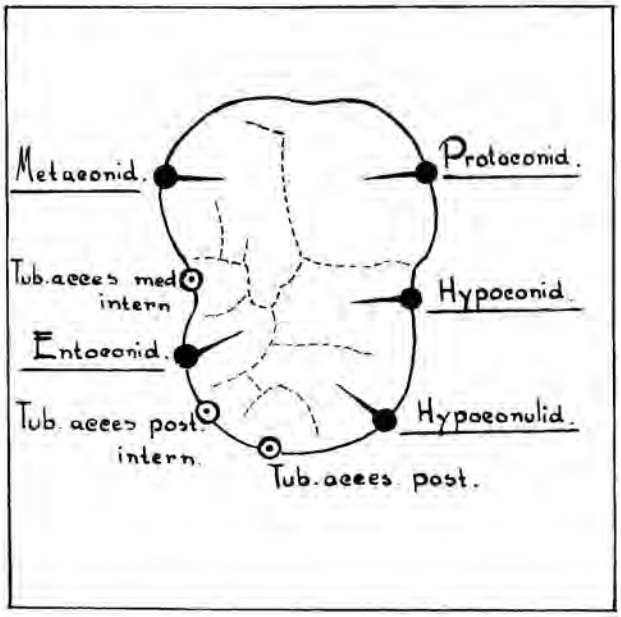
*Simia satyrus L.*,
(Abb. 1—13)

der Orangutang. Er ist gut vertreten, Verf. liegen mehr als 50 Zähne vor, sodass es selbst möglich war, eine Unterkiefer- (Abb. 1) und eine Oberkieferzahnreihe (Abb. 2) zu kombinieren. Im allgemeinen scheinen die Tiere kräftiger gewesen zu sein als heute; doch kommen neben extrem grossen Zähnen (Abb. 3, 8, 10) — der grösste mir vorliegende untere Molar misst 19 mm gegen 15 mm bei einem starken rezenten Männchen von Borneo — auch sehr kleine vor (Abb. 5). Aber derartig starke, durch sexuelle Unterschiede in der Grösse der Tiere verursachten Verschiedenheiten kommen gerade bei *Simia* vor (SELENKA) und sind nichts Besonderes. Ich habe im Gebiss keinerlei Anhaltspunkte dafür finden können, dass die

fossile Form aus China tatsächlich einer anderen Art angehören könnte als der lebenden von Borneo und Sumatra.

An den Zähnen fällt eine ausserordentlich starke Schmelzrunzelung auf (Abb. 11 und 12), die bei starker Abkauung indes fast verschwindet, und die Zähne der schwachen Weibchen fast mit solchen des Menschen verwechseln lässt.

Ein gewaltig grosser ziemlich abgekauter rechter unterer letzter Molar (Abb. 14) kann nicht zu *Simia* gerechnet werden. Ihm fehlt nicht nur völlig die für *Simia* typische starke Schmelzrunzelung, er zeichnet sich auch durch eine eigenartige Überentwicklung sekundärer Höckerchen aus, die ihm ein für einen Primatenzahn etwas merkwürdiges Aussehen verleihen. Zeichnet man sich jedoch ein Schema des Zahnes auf, so stellt sich heraus, dass es




die gleichen Sekundärhöckerchen sind, die auch beim Orangutang auftreten können (siehe SELENKA, Rassen, Schädel und Bezahnung des Orangutangs. Wiesbaden 1898, S. 68/69). So besitzt z.B. der zweite Molar der in Abb. 1 dargestellten Zahnreihe ein typisches Tuberculum acces. med. intern.

Ich kann unseren Zahn bei keinem der bekannten Primaten unterbringen, weshalb ich ihn als

*Gigantopithecus blacki* n.g.n.sp.
(Abb. 14)

bezeichne. Seine grösste Länge ist 22 mm, seine grösste Breite 18 mm. Ich nenne die neue Art nach DAVIDSON BLACK, dessen fundamentale Arbeiten über den *Sinanthropus* ihm ein dauerndes Gedenken sichern werden, und dem es leider nicht mehr vergönnt war, sein Werk zu vollenden.

Wenn auch im allgemeinen die Zähne von *Sivapithecus* anders gebaut sind, so erreicht doch der von PILGRIM abgebildete untere letzte Molar von *Sivapithecus middlemissi* aus der Chinji-Zone von Ramnagar in Britisch-Indien — Indian fossil Primates, Pal. India XIV (1927), Abb. 7 — in bezug auf eine beginnende stärkere Ausbildung der sekundären Elemente eine gewisse Ähnlichkeit mit unserem Zahn, sodass die Vermutung ausgesprochen werden kann, dass *Gigantopithecus* vielleicht einem Seitenzweig der *Sivapithecus*-Gruppe angehört.

Als

*Hylobates* cf. *lar* L.
(Abb. 15)

bestimme ich einen oberen linken (zweiten?) Molaren eines kleinen Hylobatiden. Der entsprechende Zahn hat bei den mir vorliegenden Schädeln des etwa gleichgrossen *H. syndactylus* DESM. einen ganz anderen Umriss mit vorgezogener vorderer Aussenecke, und auch bei dem kleineren *H. leuciscus* GEOFFR. ist die Aussenpartie mehr gerundet. Der vorliegende Zahn ist nur unbedeutend grösser als der des sonst mit ihm völlig übereinstimmenden *H. lar*.

Mindestens drei kleine Affen gehören zu *Macacus*- und *Semnopithecus*-artigen Formen. Einige Zähne gehören vielleicht zu *Rhinopithecus tingianus* MATTHEW und GRANGER.

Die Raubtiere gehören fast alle zu Arten, die MATTHEW und GRANGER — New fossil Mammals from the Pliocene of Sze-Chuan, China, Bull. Amer. Mus. XLVIII (1923), S. 563-598 — auf Grund eines kleinen Materiales als neu beschrieben haben. Mir liegt ein sehr reichliches Material vor, auf das ich hier nicht eingehen kann. Abgebildet finden wir hier

*Aeluropus fovealis* MATTHEW und GRANGER
(Abb. 16—17)

*Ursus kokeni* M. und G.
(Abb. 20)

*Arctonyx rostratus* M. und G.
(Abb. 23—24)

*Cyon antiquus* M. und G.
(Abb. 21)

*Viverra sp.* M. und G.
(Abb. 22)

Sehr interessant sind zwei weitere Bären,

*Ursus angustidens* ZDANSKY
(Abb. 19)

von dem eine andere Form durch noch stärker verkürzten Talon am oberen letzten Molaren deutlich verschieden ist. Dieser Zahn zeigt nun eine so

merkwürdige Übereinstimmung mit dem entsprechenden des *Ursus* (*Helarctos*) *malayanus*, dass ich ihn mit diesem in direkte Beziehung setzen zu können glaube und als

*Ursus praemalayanus* n.sp.
(Abb. 18)

bezeichne. Der Zahn ist ein wenig grösser und zeigt weniger Runzelung als der des *U. malayanus* und dürfte zu einer Form gehören, die als Vorläufer der lebenden aufgefasst werden darf.

Von Raubtieren sind ferner noch verschiedene Feliden, eine grössere, bisher unbestimmbare *Hyaena* und eine grössere *Arctonyx*-Form zu nennen.

Zähne verschiedener *Hystrix*-Arten sind sehr häufig. Bestimmen liess sich

*Rhizomys troglodytes* M. und G.
(Abb. 26)

Die weitaus grösste Menge der Zähne gehört zu Schweinen und Hirschen. Unter den ersteren dominiert das grosse *Sus lydekkeri* ZDANSKY (= *Sus* sp. cf. *hyotheroides* SCHL. (M. und G.)), unter letzteren ein grosser Cervide, den ich als *Cervus* (*Euryceros*) *pachyosteus* YOUNG bestimmen möchte, selbst wenn ich dies nicht auf Geweihreste basieren kann. Aber auch in Chou-Kou-Tien kommen beide Arten nebeneinander vor. Verschiedene kleinere Cerviden und eine Antilope (cf. *Proboselaphus*) sind nicht so gut vertreten; Rinder (cf. *Bibos*) spielen keine grosse Rolle.

Ein grosses Nashorn dürfte *Rhinoceros sinenis* OWEN sein. Zähne eines grossen Tapirs gehören zu

*Tapirus* (*Megatapirus*) *augustus* M. und G.
(Abb. 25)

von dem hier ein oberer linker erster Molar abgebildet ist.

Die Zähne von *Elephas* und *Stegodon* haben besonders stark durch den Nagetierfrass gelitten. Von ersterem besitze ich leider kein Material, das irgendwie eine Bestimmung zuliesse, wenngleich man den Eindruck erhält, dass die Lamellen ziemlich niedrig gewesen sind. Das *Stegodon* ist als

*Stegodon orientalis* OWEN
(Abb. 27)

zu bezeichnen. Der abgebildete erste untere Milchzahn von nur 12 mm Länge ist der kleinste mir bekannte Zahn eines Stegodonten.

Wieweit nun die eben beschriebene Fauna als einheitlich zu betrachten ist, müsste erst durch eine Grabung bewiesen werden. Trotzdem glaubt Verf., dies auch so annehmen zu dürfen, da das Material aus sehr verschiedenen Apotheken stammt, auch nach dem Erhaltungszustand von verschiedenen Fundplätzen herrühren muss, und die Fauna doch stets die gleiche typische Zusammensetzung erkennen lässt.

MATTHEW und GRANGER bezeichnen die Fauna als Jungpliozän, doch scheint mir dieses Alter nicht bewiesen, zumal die Fauna deutlich einen Einschlag der Chou-Kou-Tien-Fauna erkennen lässt. (*Sus lydekkeri, Cervus pachyosteus, Ursus angustidens*). Wohl fehlt dieser Fauna z.B. *Stegodon*, aber dies könnte durch die viel nördlichere Lage dieser Fundstelle und daher geographisch bedingt sein. So möchte ich unsere Fauna lieber vorläufig als *pliopleistozän* bezeichnen und, solange keine weiteren Details bekannt sind, auf eine ausführliche Diskussion des Alters verzichten.

Für die Herkunft unserer malaiischen Fauna ist gerade das Vorkommen des heute für Sumatra und Borneo so typischen Orangutang in Südchina besonders bemerkenswert. Es ist nicht das erste Mal, dass er auf dem Kontinent von Asien festgestellt wird. PILGRIM nennt ihn auch aus dem Pleistozän Indiens — siehe PILGRIM l.c. S. 21-22 — aber als Ganzes genommen, weist die südchinesische Fauna mit *Ursus praemalayanus* und *Hylobates* cf. *lar* deutlich mehr Beziehungen zu der der angegebenen grossen Sundainseln auf als die Fauna der Siwaliks. Es ist in diesem Zusammenhange interessant, dass in den Siwaliks Equiden eine ziemliche Rolle spielen (*Equus namadicus* z.B. in den Narbadas), dass aber auf Java noch kein einziger fossiler Vertreter dieser Gruppe zum Vorschein gekommen ist, und das Verf. auch bisher *nie* unter dem reichen Apothekenmaterial der sinomalyischen Fauna einen Equidenzahn hat entdecken können.

Der Verf. ist bereits in einer anderen Arbeit (diese Zeitschrift 1935, S. 196) für ein früheres Bestehen einer mehr nördlich gelegenen Landverbindung zwischen Java und Asien eingetreten. Diese Auffassung findet in den oben mitgeteilten Beobachtungen eine Stütze, wenngleich das bisherige Fehlen von *Simia* auf Java den Anschein erweckt, dass diese Verbindung vielleicht erst zustande gekommen ist, als Java bereits von Borneo (und Sumatra) isoliert war. Nun ist es Verf. inzwischen gelungen, weitere pleistozäne Säugetierreste von den Philippinen zu erhalten. Bereits NAUMANN (Ber. Zool.-Ethnogr. Mus. Dresden 1886/87) hatte *Stegodon* auf Mindanao festgestellt, und nun erhielt Verf. zwei Zahnbruchstücke eines grossen spezialisierten Stegodonten (cf. *trigonocephalus-ganesa*) aus der Gegend von Manila und ebenfalls von Luzon einen kleinen Elefantenzahn. Dieser besitzt zehn Lamellen und ist hinten leider ziemlich beschädigt, man erhält mehr den Eindruck, dass es sich um den Molaren einer Zwergform als um den komplizierten Milchzahn einer grösseren Form (cf. *namadicus*) handelt. Jedenfalls steht fest, dass die *Stegodon*-Fauna im Pleistozän auch über die Philippinen verbreitet war, und dies spricht wiederum zugunsten einer Verbindung Borneo-Philippinen-Südchina. So scheint es vielmehr, dass die Landbrücke wohl schon länger bestanden, die Fauna mit *Simia* aber aus irgend welchen Gründen diesen Weg erst später benutzt hat.

Wir sind am Ende unserer Betrachtung. Es ist dem Verf. ein Bedürfnis, den Herren Prof. BEYER und Dr. FAUSTINO in Manila für die freundliche

Überlassung des philippinischen Materiales und Herrn Prof. SHELLSHEAR und Dr. TSAI in Hongkong für ihre Unterstützung zu danken. Herrn Prof. MIJSBERG, Batavia, ist Verf. für Vergleichsmaterial und Literaturhinweise zu Dank verpflichtet.

## NACHSCHRIFT.

Bereits kurz nach Abschluss der oben gemachten Ausführungen ist Verf. in der Lage, diese durch einige ergänzende Bemerkungen zu vervollständigen.

Nach brieflichen Mitteilungen von Dr. TEILHARD DE CHARDIN, Peiping, — von denen hier mit liebenswürdiger Einwilligung Gebrauch gemacht wird —, ist es ihm gelungen, zu Beginn dieses Jahres in der Provinz Kwangsi eine pleistozäne Höhlenfauna mit *Simia* in situ aufzufinden. Ferner machte er Verf. freundlicherweise darauf aufmerksam, dass Zähne vom Orangutang bereits früher in China gefunden und beschrieben, aber nicht erkannt worden sind (C. C. YOUNG, On some fossil mammals from Yünnan. Bull. Soc. Geol. China 11 (1932), S. 383—393). In dieser Arbeit wird von Fuminhsien in der Provinz Yünnan eine Höhlenfauna beschrieben und werden die folgenden Arten genannt: *Ursus* cf. *kokeni*, *Hyaena* cf. *sinensis*, *Felis* sp., *Hystrix* sp., *Rhinoceros* sp., *Tapirus sinensis*, *Sus* sp., *Cervus* sp. A und B, Ovidae sp. A und B, Bovidae indet., *Elephas* sp., ?*Macacus* sp. Die als „?*Aeluropus* sp." bezeichneten Reste müssen *Simia* zugewiesen werden. Nach der Zeichnung Abb. 4 handelt es sich um einen vordersten rechten unteren Prämolaren und einen grossen hintersten rechten oberen Molaren.

Aber auch aus der Provinz Kwangsi, — derselben übrigens, aus welcher unser in den Apotheken gekauftes Material stammt —, scheint *Simia* beschrieben und nicht erkannt worden zu sein. Wenigstens entnehme ich der Besprechung einer Arbeit von HSICHIH (On some fossil mammals from Kwangsi, South China; Spec. Publ. Geol. Surv. Kwantung and Kwangsi No. 15, Canton 1934) durch DIETRICH (N. Jahrb. 1935, Referate, S. 515), dass dieser aus einer Höhle die folgenden Funde angibt: Zähne von *Rhinoceros sinensis*, *Tapirus sinensis*, *Propotamochoerus salinus*?, *Cervus simplicidens*, *Tragocerus kokeni*, *Bos* cf. *primigenius*, und ferner das Unterkieferbruchstück eines *grossen Primaten*. Leider liegt Verf. nicht die Originalabhandlung vor, sodass zu den Determinationen keine Stellung genommen werden kann, aber es darf in Analogie mit den obengenannten völlig gleichgearteten Faunen gesagt werden, dass dieser grosse Primate eigentlich nur ein Orangutang sein kann.

Jedenfalls müssen wir festhalten, dass *Simia* mit Sicherheit vorläufig aus den Provinzen *Yünnan* (YOUNG) und *Kwangsi* (unpubliziertes Material von Dr. TEILHARD; Apothekenmaterial des Verf. aus Hongkong, Manila und nun auch Batavia; vermutlich HSICHIH's Unterkieferrest „eines grossen Primaten") durch Belege festgestellt ist. Aus der Provinz *Chekiang* zitiert

WANG (Die Höhlenablagerungen und Fauna in der Drachenmaul-Höhle von Kiangsen, Chekiang; Academia Sinica No. 1, (1931), S. 41—67) eine nicht sehr umfangreiche Höhlenfauna mit *Stegodon, Ursus* sp., *Hystrix kiangsenensis* WANG, *Rhinoceros* sp., *Sus* cfr. *paludosus, Cervulus* aff. *lacrymans, Cervulus* sp., *Cervus* (*Rusa*?) sp., *Cervus* sp., Bovinae gen. et sp. indet, die ihrem Charakter nach ganz mit den oben besprochenen Faunen übereinstimmt und die erwarten lässt, dass *Simia* auch dort noch zum Vorschein kommen wird.

Inzwischen ist es Verf. gelungen, noch weiteres umfangreiches Material aus chinesischen Apotheken zu erhalten. Gut belegt ist vor allem wieder *Simia*, von welcher Art nun auch der grösste Teil des Milchgebisses vorliegt. Von *Gigantopithecus* ist im neuen Material ein oberer Molar vorhanden, der enorme Grösse besitzt (20 × 22 mm) und besser als der oben abgebildete untere Molar die entfernte, aber doch noch erkennbare Verwandtschaft mit *Sivapithecus* zeigt. Ganz besonders wichtig ist das Vorkommen eines echten *Hominiden* (cf. *Sinanthropus*), von dem einige Zähne vorliegen. Von Hyänen ist nun etwas mehr vorhanden; einige Zähne gehören zu *Hyaena ultima* MATSUMOTO, andere zu einer anscheinend neuen Art. Ferner liessen sich bestimmen: *Dicerorhinus choucoutienensis* WANG, *Nestoritherium* sp., *Tragulus* sp.

Während MATTHEW und GRANGER die Fauna unter Vorbehalt zum Pliozän gerechnet hatten, nehmen YOUNG und auch TEILHARD ein altpleistozänes Alter an, eine Auffassung, die sich durch die immer stärker hervortretenden Ähnlichkeiten mit der Fauna von Chou-Kou-Tien stützen lässt.

*Bandoeng* (Java), Juli 1935.

P.S. Die Abbildungen der Tafel sind — mit Ausnahme von 12, 13, 14 — in natürlicher Grösse.

---

**Botany.** — *Oxygen-Intake of Oily and Starchy Seeds.* By ELSA REUHL. (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING.)

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

The following investigation was prompted by the work of DOLK and VAN SLOGTEREN (2) on the respiration of flower-bulbs and by the results obtained by DE BOER (1) on the respiration of Phycomyces Blakesleeanus. The former authors found that the oxygen-intake of hyacinth-bulbs,

measured as a function of oxygen-tension, remained constant as the air contained from 21—14 % $O_2$, while at lower tensions the oxygen-consumption decreased steadily. Phycomyces proved to be able to consume oxygen of low tension when cultivated on an oil-medium, while on a starchy medium this behaviour could not be observed.

The aim of our work has been to investigate oxygen consumption of germinating oily and starchy seeds as a function of oxygen-tension.

The literature on this subject is scanty. Already DE SAUSSURE (7) mentions that most seeds do not show decrease in the rate of oxygen intake when brought at ½ of the normal pressure (± 10 % $O_2$). More elaborate work was done by STICH (10) on the seeds of Brassica, Helianthus, Pisum and Triticum. This author found that only at tensions as low as 3—4 % $O_2$ the oxygen-intake diminished, while no difference in the behaviour of oily and starchy seeds could be observed. Inasmuch as his respiration-vessel was quite large (800 cc) and, moreover, the oxygen was determined by macro-methods, two rather large sources of error were introduced. PURIEWITSCH (6) later substantiated STICH's conclusions. SHOUP (8) found that the oxygen-deficiency of luminous bacteria became noticeable only at 3 % oxygen, while WARBURG and KUBOWITZ, measuring the oxygen-consumption of an unclassified bacterium, found a decrease of 50 % at as low a tension as $2 \times 10^{-5}$ mm Hg at 10° C. As appears from the above most authors found a diminution of oxygen-intake at very low oxygen-tensions. Only DOLK and VAN SLOGTEREN come to a different conclusion.

## *Material and methods.*

The oxygen-intake was determined volumetrically in a modified Krogh-respirometer, constructed by Mr. H. J. KERSTEN. This instrument is essentially a reduced edition of the instrument used by DOLK. The seeds were placed on moist filter paper in Petri dishes in the dark at 30° C. and brought to a definite stage of germination. Fungous-infection was checked by means of dilute Bromine-water, with which the seeds were shaken for some time after which they were washed in tapwater. Preliminary experiments showed that this treatment did not affect germination in any respect.

The experiments were not carried out under sterile conditions because of very great difficulties in technique, while seeds treated with a desinfectant (which is not removed afterwards) might be expected to behave abnormally. Influence of bacterial respiration has not been observed, in accordance with the work of PRINGSHEIM (5a).

The seeds were placed in a copper-gauze basket on a layer of moist cotton-wool in the respirationvessel (45 cc). The vessel was kept at 30° ± 0.1° by means of a regulator. The seeds were left at this tempe-

rature for 12 hours to acclimatize. The necessity of this procedure was shown by our own observations and follows from the extensive investigations of PRINGSHEIM (5b). After this period moist air (cleaned over $AgNO_3$, $H_2SO_4$ and KOH) is passed over the seeds. The vessel is subsequently closed and the $CO_2$ evolved absorbed by means of a 5 % solution of KOH. As shaking did not improve the absorption rate it must be assumed that the potash absorbed effectively. (See also PRINGSHEIM l.c.). The resulting negative pressure was recorded on a manometer filled with Brodie's liquid. A second set of vessels, with manometer attached was used as barometer in order to correct for outside differences in pressure (FRIETINGER (3)). The seeds were allowed to respire in the dark and the resulting negative pressure was compensated by the introduction of mercury in the respiration-vessel. In this way the decrease in volume could be measured accurately (for technique see DOLK and VAN SLOGTEREN (2)).

The time of observation varied between 8 and 12 hours. Mr. H. J. KERSTEN performed some preliminary experiments with Brassica rapa, while we worked with Brassica nigra, Linum usitatissimum (oily seeds) and Triticum spelta, Fagopyrum esculentum (starchy seeds).

The number of seeds used in an experiment varied with its size. The experiments were carried out with seeds in two stages of germination. In the first stage the seeds were placed in the vessel when the young root had just emerged, on the second stage the roots were 1—3 cM. long. The latter criterion does not take into account the differences of development of mono- and dicotyledonous seeds, as in Triticum the lateral roots replace the main root at an early stage of germination. Oxygen-intake as a function of oxygen-pressure was determined in both stages. Killed seeds did not show an appreciable effect. The vessel was calibrated by weighing with water. The volume of basket, seeds and KOH vessel was determined by measuring the overflow in a graduated cylinder.

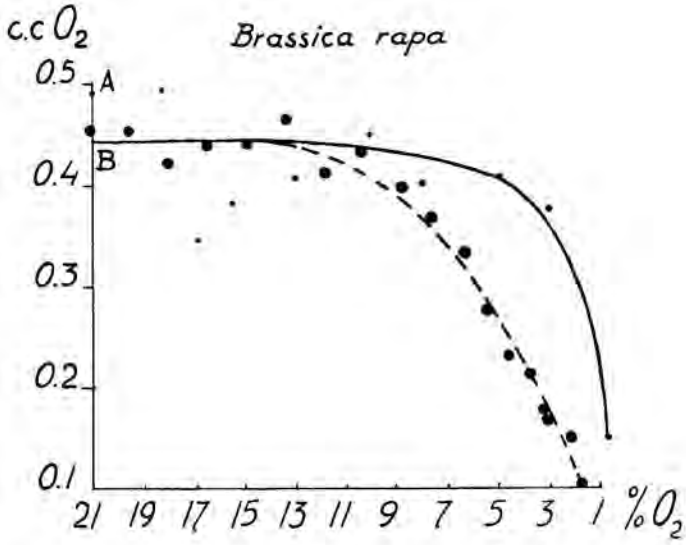
Notwithstanding the rather arbitrary choice of the stage of germination, due to the above mentioned differences, but also to the specific "speed" of the germination, the respiration curves of various seeds show characteristic features.

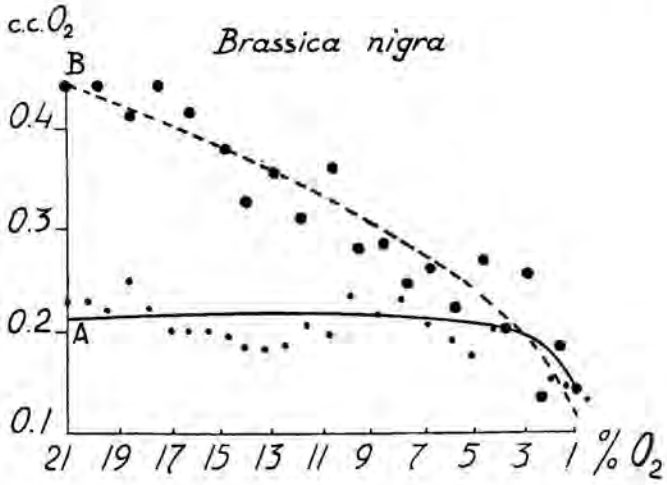
In the figures the ordinates represent the amount of $O_2$ absorbed per unit time, while the abscissae represent oxygen-pressure. The drawn line gives the respiration characteristic of the first stage of germination, while the broken line represents the germination in the later (second) stage.

It appears from the figures that:

1. Both species of Brassica possess the ability, at an early stage of germination, to absorb oxygen at a normal rate at low oxygen pressures (3 %). At lower $O_2$-tension the oxygen-intake decreases gradually and

finally stops. At a later stage of germination respiration is materially retarded at much higher oxygen-tensions (for Brassica rapa at 13 % $O_2$, for B. nigra at 17 % $O_2$).



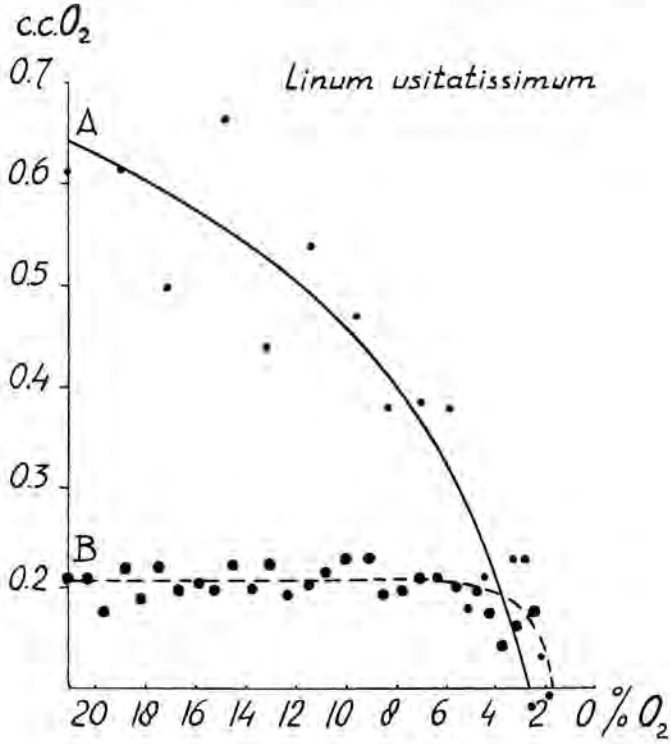



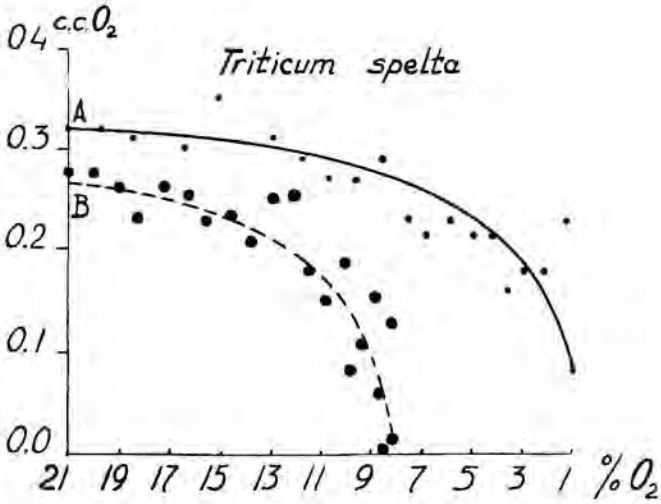

2. Linseed shows, in the first stage of germination, a retarded oxygen-intake almost immediately, while in a later stage it continues to respire normally down to 3 % $O_2$.

3. Buckwheat behaves, at early stages of germination, much like Brassica, decrease in $O_2$-intake became manifest at low oxygen pressure (3 %), while at the second stage an increase followed by a decrease (at 11 % $O_2$) in oxygen-intake could be observed.

4. Spelt shows at the first stage a decrease at 15 % $O_2$, while in the

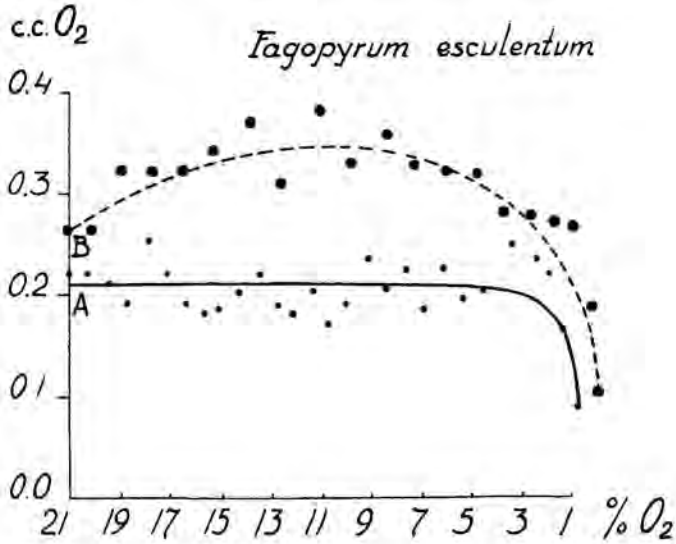
fully germinated seeds the oxygen-intake decreases steadily with diminishing pressure, to stop entirely between 9 and 7 % $O_2$.




Volatile by-products might influence the results. In the duration of the experiment, however, alcohol was not formed. The seeds were free from one another and they were kept in a moist, not in a soaked condition.

(STILES (11), PRINGSHEIM (5c)). At higher $O_2$ pressures, anaerobiosis may probably be excluded.




Due to the fact that earlier literature usually does not mention the stage of germination, and that careful work has been done thusfar, almost exclusively with lower plants (DE BOER, SHOUP, WARBURG) it is impossible to find adequate analogies. Phycomyces cultivated on an "oily" medium seems to behave like Brassica in stage I, while the same fungus, grown on "starchy" medium, behaves like Brassica in stage II. DOLK's results are directly comparable with ours. The oxygen-intake of hyacinth-bulbs shows the same characteristic dependence of pressure as the later germination stages of Brassica and the early stages of Triticum and Linum. Less sensitive to oxygen are stage I of Brassica and Fagopyrum and stage II of Linum, while the spelt is more sensitive to oxygen deficiency. Fagopyrum in stage II is a case apart.

Several authors (STILES and LEACH (11), PRINGSHEIM (5), FRIETINGER (3), STÄLFELT (9), and others) mention the structure of the seed-coat as influencing the oxygen-intake. A heavy seed-coat, especially a mucilaginous layer, might particularly hamper it. Linseed, with its mucilaginous epidermis (KARSTEN 4) might be a case of such a protected seed, where in the early stages of germination the oxygen-intake is only possible at high outside pressure, while at a later stage of germination no such barrier will exist.

The seed of Brassica nigra, which also shows a mucilaginous outer layer (TSCHIRCH 12) shows, however, an entirely different respiratory behaviour. Moreover the seeds of Fagopyrum were used with the testa and showed low sensitivity, while the spelt, which a thin-walled outer layer appeared to be highly sensitive to diminution in $O_2$-pressure.

While the influence of oxygen diffusion cannot be denied, other factors will exert their influence on the oxygen-intake, under which the chemical nature of the reserve foods have attracted our attention. Our experiments (which will be reported upon at another place) show that the ungerminated seed of Brassica nigra, and also the first germinations stages contains no demonstrable quantities of carbohydrates capable of fermentation. Oil might be, therefore, the cause of the remarkable respiratory behaviour, an assumption also made by DE BOER for Phycomyces.

In stage II the oil might be changed in composition and this change in composition might account for the increase in sensitivity for diminished pressure during germination.

The data obtained on linseed seem to be in contradiction with this assumption. It is possible however, that in the first stages of germination the testa appears in this case as a limiting factor, while only in the second stage the oil will exert its influence. The data of Triticum agree with those of DE BOER with Phycomyces on starchy media.

Wheat-germs, however, contain 10—12 % of oil (WEHMER (13)). The absence of linolic- and linoleic acid in the wheat oil (which compounds are present in both Brassica and Linum) might account for its apparent inactivity.

The behaviour of the buckwheat, which contains much starch (67 %) and very little oil (1.5 %) remains unaccountable.

*Leyden.*

*Botanical Laboratory.*

LITERATURE.


1. BOER, S. R. DE. (1928) Respiration of Phycomyces. Rec. d. trav. bot. néerl. **25**, 117.
2. DOLK, H. E. en E. V. SLOGTEREN. (1930) Ueber die Atmung und die Absterbeerscheinungen bei Hyacinthenzwiebeln bei höheren Temperaturen im Zusammenhang mit der Bekämpfung der Gelbkrankheit. Die Gartenbauwissenschaft **4**, 113.
3. FRIETINGER, G. (1927) Untersuchungen über die Kohlensäureabgabe und die Sauerstoffaufnahme bei keimenden Samen. Flora **122**, 167.
4. KARSTEN, G. und W. BENECKE. (1928) Lehrbuch der Pharmakognosie. Jena. GUSTAV FISCHER.

5a. PRINGSHEIM, E. G. (1932) Untersuchungen über Samenquellung. Planta **15**, 449.

5b. ———— (1933) Der Atmungsquotient der quellenden Samen. Planta **15**, 419.

5c. ———— (1935) Untersuchungen über die Respirationsquotienten verschiedener Pflanzenteile. Jahrb. f. wiss. Bot. **81**, 579.

6. PURIEWITSCH, K. (1905) Influence de la température sur la respiration des plantes. Ann. d. Sc. nat. **9**, série **1**, 1.
7. SAUSSURE, TH. DE. (1833) De la formation du sucre dans la germination du froment. Mém. d. l. Soc. physiol. de Genève. **6**, 552.
8. SHOUP, C. S. (1929) The respiration of luminous bacteria and the effect of oxygen tension upon oxygen consumption. Journ. Gen. Phys. **13**, 27.
9. STÄLFELT, M. G. (1926) Die Permeabilität des Sauerstoffs in verwundeten und intakten Keimlingen von Sinapis alba. Biol. Zentr. bl. **46**, 11.

10. STICH, C. (1891) Die Athmung der Pflanzen bei verminderten Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. Flora **74**, 1.
11. STILES, W. and W. LEACH. (1931) On the use of the Katharometer for the Measurement of Respiration. Ann. of Bot. **45**, 461.
12. TSCHIRCH, A. und O. OESTERLE. (1900) Anatomischer Atlas der Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde. Leipzig. C. H. TAUCHNITZ.
13. WEHMER, C. (1931) Die Pflanzenstoffe. Jena. GUSTAV FISCHER.

---

**Botany.** — *Note sur la structure des chloroplastes.* Par J. DOUTRELIGNE. (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING.)

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

Dans cette communication, nous voudrions donner un bref aperçu des résultats obtenus à la suite des recherches que, sur le conseil de M. le Prof. BAAS BECKING, nous avons entreprises sur la structure des chloroplastes, principalement dans certaines plantes aquatiques, ainsi que sur la localisation de la chlorophylle au sein des chloroplastes.

Est-il besoin de rappeler que la question qui nous occupe a fait l'objet de nombreuses recherches dont les résultats sont malheureusement fort divergents, voire même contradictoires?

Pour préciser quelque peu l'état de la question, résumons brièvement les différentes opinions en présence [1]).

De l'avis de HOFMEISTER (1867), LIEBALDT (1913), PONOMAREW (1914), les chloroplastes sont homogènes, la structure apparente qu'ils montrent parfois proviendrait soit des granules d'amidon qu'ils contiennent, soit de modifications consécutives à une altération de la substance fondamentale.

De plus, ces auteurs prétendent que la chlorophylle imprègne toute la masse du chromatophore. Dans le chloroplaste homogène, LIEBALDT distingue toutefois une phase lipoïde pigmentée d'une phase hydroïde incolore, mais elle est d'avis que la distinction entre les deux phases est d'ordre submicroscopique. Pour elle, les granules verts parfois visibles au microscope dans la masse du stroma résultent d'une agglutination de la phase lipoïde et témoignent d'une altération du chloroplaste.

Aux auteurs précités s'opposent tous ceux qui observent dans les chloroplastes un aspect hétérogène, aspect dont la signification réelle est d'ailleurs vivement discutée.

Pour certains d'entre eux, il importe de distinguer dans les chloroplastes, une région périphérique d'une région centrale où s'accumule l'amidon. Mais tandis que GOEPPERT et COHN (1849) localisent la chlorophylle dans la vacuole centrale, PRIESTLEY et IRVING (1907), de meme que ZIRKLE (1925) placent le pigment dans l'écorce périphérique.

Bon nombre d'autres auteurs, au contraire, rejettent comme artificielle

---

[1]) On trouvera une liste bibliographique fort complète dans „Zirkle" (1925).

cette distinction entre région centrale et région périphérique et prétendent que le stroma est dans toute sa masse soit de structure spongieuse, la chlorophylle remplissant les alvéoles (SACHS (1862) et PRINGSHEIM (1881) ou en tapissant les parois sous forme d'une couche mince (TSCHIRCH (1883), CHODAT (1891), KERNER (1894), soit de structure filamenteuse plus ou moins réticulée, la chlorophylle imprégnant uniformément les cordons (FROMMANN (1880) ou étant localisée sur les noeuds du réseau (SCHWARZ (1887).

Ces divergences de vue montrent que la question méritait bien d'être reprise, mais il était essentiel que les recherches auxquelles nous nous proposions de nous livrer fussent exécutées sur du matériel en parfait état de conservation, observé autant que possible dans son milieu naturel, de façon à éviter toute cause d'erreur due à une altération des chloroplastes. C'est pourquoi nos préférences sont allées avant tout à des plantes aquatiques: Cabomba aquatica, Myriophyllum verticillatum, Vallisneria spiralis. Ces objets joignent à l'avantage de posséder des feuilles minces, celui de pouvoir être observés dans l'eau de l'aquarium où on les a prélevés. Toutefois, dans un but comparatif, nos observations ont également porté sur Mnium hornum et Mnium undulatum, les feuilles entières étant immergées dans une goutte de paraffine liquide. Ce milieu semble préserver ces objets de certaines altérations que l'eau provoque rapidement.

Nous avons renoncé très tôt à observer des chloroplastes expulsés, dans des solutions isotoniques ou dans la paraffine liquide, ce traitement entraînant avec soi des altérations profondes. De plus, certaines raisons nous portent à croire que des observations sur matériel fixé sont généralement incapables de fournir des renseignements fidèles sur l'aspect et la structure réelle des chloroplastes, surtout lorsque la fixation est suivie d'une déshydratation totale comme le comporte l'enrobage à la paraffine. C'est pourquoi après quelques essais dont nous examinerons plus loin les résultats, nous nous sommes limités presque exclusivement à l'observation de chloroplastes sur le vivant.

Enfin, pour augmenter la valeur probante de notre documentation, nous avons fait appel à la photographie pour reproduire les aspects observés. C'est, pensons-nous, l'unique moyen d'obtenir, dans le cas présent, des images vraiment objectives de la réalité.

## I. *Structure des chloroplastes.*

1°. Un premier point important mis en évidence par nos recherches concerne le fait discuté de la présence d'une structure réelle dans les chloroplastes bien conservés. Examinons les résultats obtenus sur ce point dans nos différents objets: Observés dans des conditions qui excluent tout danger d'altération, les chloroplastes de Cabomba aquatica ne présentent jamais un aspect homogène, mais montrent toujours une hétérogénéité réelle nettement visible sur les photographies 1 et 2.

L'examen des photographies 3 et 4 relatives au Myriophyllum verticillatum ainsi que des photographies 5 et 6 de chloroplastes de Vallisneria spiralis mènent à la même conclusion.

Il faut en dire autant des chloroplastes de Mnium hornum et de Mnium undulatum: ici aussi l'hétérogénéité est évidente (Phot. 7 et 8).

Les constatations qui précèdent concernent des objets bien conservés. Dans certains cas d'altération indubitable, nous tenons à le noter, l'hétérogénéité des chloroplastes normaux fait parfois place à un aspect parfaitement homogène. Cette modification ne se rencontre toutefois que dans des cellules dont le protoplasme étant coagulé, tout mouvement des granules protoplasmiques a cessé, et où les chloroplastes altérés affectent des contours irréguliers en se fusionnant plus ou moins les uns avec les autres en amas informes. D'ailleurs le virement du pigment chloroplastique au vert jaunâtre suffirait à indiquer une altération.

2°. L'hétérogénéité observée ne s'explique pas comme le prétendent certains auteurs, par la présence de grains d'amidon au sein du chloroplaste.

Examinons d'abord les objets dont les chromatophores contiennent des grains d'amidon peu nombreux mais assez gros. Ce sont le Cabomba, le Myriophyllum, le Vallisneria et le Mnium undulatum. L'amidon y est facilement mis en évidence par une goutte de Lugol déposée immédiatement avant l'observation sur les objets placés sur le porte-objet. Après quelques minutes, on observe dans la région centrale du chloroplaste soit un grain volumineux, soit deux ou trois grains plus petits, colorés en bleu ou en brun plus ou moins foncé. L'existence de ces grains se devine d'ailleurs, dans les chloroplastes sur le vivant, lorsque le plan d'observation passe au niveau convenable. Ils y délimitent des régions plus claires de contour régulier et où la structure générale est beaucoup moins accusée (Phot. 27, 28, 30). Dans les objets fixés au Lugol, la substance du chloroplaste perd peu à peu sa coloration verte mais montre encore en dehors des grains d'amidon une structure assez semblable à celle qu'on y observait avant la fixation (Photo 9). L'hétérogénéité que nous y avons signalée est donc bien indépendante de la présence des inclusions amyloïdes d'un ordre de grandeur fort différent des granules incolores, visibles simultanément sur les photographies. De plus, il convient de noter que cette hétérogénéité persiste dans les chloroplastes de plantes soustraites durant deux ou trois jours à la lumière et où les grains d'amidon ont totalement disparu, comme en fait preuve le résultat négatif de la réaction à l'iode. Toutefois, cette remarque ne vaut pas pour le Mnium undulatum pas plus d'ailleurs que pour le Mnium hornum où les granules colorables par le Lugol ne disparaissent pas, même après un séjour de trois semaines à l'obscurité.

Le Mnium hornum se distingue des objets précédents par la présence dans les chloroplastes de nombreux grains d'amidon fort petits. Nous croyons cependant devoir étendre à ce dernier nos conclusions relatives à l'hétérogénéité qu'on y observe. En effet l'aspect identique de part et

d'autre, porte à croire que nous avons affaire dans les deux cas à une structure semblable sans rapport direct avec les granules amyloïdes. Mais il y a plus. La coloration à l'iode permet de voir que les inclusions occupent parfois le centre du chloroplaste tandis que la région périphérique qui en est dépourvue présente cependant une structure assez marquée. (Photo 13).

La photographie 14 obtenue sur feuilles de Mnium hornum traitées par une solution d'iode dans l'acide lactique montre, au contraire, des chloroplastes dans lesquels les granules sont répandus dans toute la masse du stroma; de plus la disposition de l'ensemble de ces grains dénonce au sein du chloroplaste une orientation bipolaire dont nous retrouverons d'autres indices dans diverses altérations.

3º. Nos observations au sujet de la structure des chloroplastes ne nous permettent pas d'admettre l'existence générale d'une différenciation morphologique entre région centrale et région périphérique dans les chloroplastes étudiés par nous. A première vue, il est vrai, certaines de nos photographies de Cabomba (Phot. 27, 28, 30) pourraient sembler justifier une telle distinction, mais nous avons montré plus haut qu'il s'agit là d'un aspect provoqué par la présence, au sein de quelques chloroplastes, d'un gros grain d'amidon central, comme le prouve la comparaison de ces photographies avec la photographie 9. En réalité, dans le Cabomba, ainsi que dans le Myriophyllum et le Vallisneria, il n'y a surement pas lieu de faire une telle distinction: lorsqu'on y observe des chloroplastes contenant deux ou trois grains d'amidon, ces derniers n'occupent jamais une région centrale précise qui les engloberait mais ils plongent librement dans la substance du plaste. (Photos 9, 10, 11). A fortiori, dans le Mnium hornum, où les granules colorables sont parfois répandus dans toute la masse du chloroplaste, on pourrait difficilement prétendre retrouver la distinction en question.

Dans le Mnium undulatum, au contraire, certains chloroplastes fixés et colorés à l'iode, semblent montrer une région centrale dans laquelle plongent un ou deux grains d'amidon. Nous devons mentionner en outre qu'il nous est arrivé d'observer parfois, sur des chloroplastes non fixés, une zone centrale incolore dans laquelle s'agitait, sous l'action du mouvement brownien, un corpuscule également incolore mais très réfringent. Ce fait confirme une constatation identique faite par ZIRKLE (1925) et à laquelle l'auteur attribue une valeur considérable. L'observation constitue évidemment un argument très fort en faveur d'une distinction entre région centrale et région périphérique dans le Mnium undulatum. Elle n'est cependant pas suffisante, à notre avis, pour démontrer que le centre du chloroplaste est normalement occupé par une vacuole, comme le prétend ZIRKLE. En effet cette vacuole ne se rencontre que très rarement et parmi nos objets uniquement dans le Mnium undulatum. De plus, elle ne s'observe jamais sur du matériel frais, récemment prélevé dans la nature, mais uniquement sur les plantes qui ont séjourné au laboratoire dans des con-

ditions plutôt mauvaises. Enfin, il semble que, même dans ce cas, on ne les voit qu'à la suite d'une exposition prolongée à la lumière intense du microscope, de sorte que nous croyons nous trouver devant un cas assez spécial d'altération, qui, d'un côté, ne manque pas d'intérêt au point de vue pathologique, mais qui, d'autre part, nous renseigne très imparfaitement sur la nature et même peut-être sur l'existence d'une région centrale spéciale dans l'objet en question.

Cependant, les faits signalés plus haut et notamment l'accumulation fréquente de l'amidon au centre du chloroplaste suggèrent malgré tout l'hypothèse d'une différenciation physiologique des deux régions, la zone externe réalisant principalement les premières étapes de la photosynthèse, la zone interne transformant les composés formés en amidon.

4°. Sans vouloir dans cette note examiner les multiples aspects que peuvent présenter les chloroplastes dans diverses conditions, nous pouvons cependant affirmer qu'en général leur structure est fort altérable, et que les changements observés vont parfois jusqu'à une modification totale de l'ensemble.

Rappelons d'abord les altérations signalées précédemment : la première comportait la perte de toute structure apparente et le passage d'un aspect hétérogène à un aspect parfaitement homogène accompagné d'un changement notable de la forme des chloroplastes qui parfois se fusionnent les uns avec les autres.

La seconde altération consistait dans l'apparition au centre du plaste d'une vacuole incolore avec, comme enclave, un granule d'amidon agité de mouvement brownien. Rappelons que jusqu'à présent nous n'avons observé cette altération que chez Mnium undulatum et que même dans cet objet elle se rencontre rarement.

Des modifications plus profondes s'observent dans les cellules situées au voisinage d'une blessure et surtout dans des cellules endommagées. Les chloroplastes semblent s'y résoudre en une multitude de petits fuseaux qui se séparent les uns des autres. La fig. 15 montre le début de ce genre d'altération sur des plastes de Cabomba. Cette modification se voit souvent aussi dans les minces et délicats filaments des protonéma de Mnium qu'il est impossible de ne pas blesser lorsqu'on les prélève pour les observer au microscope.

Mentionnons également le ramassement qui s'observe parfois, dans des cellules mortes, où la substance chloroplastique se contracte en une masse d'un volume notablement plus réduit que celui du chromatophore normal. On peut se faire une idée du rétrécissement subi par comparaison des chloroplastes de la fig. 22 avec ceux de la fig. 5 photographiés dans le même objet et au même grossissement. La construction s'accompagne souvent de l'expulsion d'un petit corps lenticulaire très réfringent (fig. 22) qui est évidemment un grain d'amidon.

Ces altérations, qu'on pourrait qualifier de brutales résultent sans nul doute d'un trouble profond survenu dans la vie cellulaire.

A côté de ce premier groupe d'altérations, on peut en distinguer une autre très fréquente où les modifications plus superficielles se produisent pour autant que nous ayons pû en juger dans des cellules encore en vie. Elle se caractérise par la présence d'un nombre réduit de gros tractus plus sombres qui donnent à l'ensemble du chloroplaste l'aspect rugueux d'un noyau de pêche ou d'un albumen ruminé. (fig. 16).

Cet aspect représente à coup sûr une altération; en effet on ne l'observe généralement pas dans des objets fraîchement prélevés et paraissant bien portants. De plus il n'est pas rare de le voir se manifester peu à peu et s'accuser nettement lorsque la durée d'observation se prolonge. Parfois cependant, l'aspect en question se révèle, à un degré moindre, dès le début, soit dans certaines cellules disséminées au hasard, soit dans toutes les cellules de plantes récemment récoltées (photo 17). Mais, il n'est pas rare que après quelques jours de séjour en serre dans de bonnes conditions de végétation, la structure en noyau de pêche fasse place à la structure granuleuse que nous considérons comme normale et qu'on remarque sur nos photographies.

Ces constatations prouvent, à notre avis, que sans être normal l'aspect en question ne correspond cependant pas à une altération profonde et définitive, mais que nous avons affaire à une modification en rapport avec des conditions moins favorables de végétation. Il s'agirait d'un état *réversible* capable de faire place à l'aspect normal lorsque les conditions deviennent meilleures. Il est d'ailleurs probable que les diverses modifications que nous venons de décrire ne se produisent pas au hasard, mais que chacune d'elles est en rapport étroit avec un état général, nettement défini, de la vie cellulaire. A vrai dire, les quelques observations que nous avons pu faire à ce sujet montrent que ces rapports sont fort complexes et dépendent probablement de facteurs multiples. Néanmoins ce problème de biologie cellulaire nous semble présenter un réel intérêt et mériter de plus amples recherches.

Ajoutons une dernière remarque au sujet de la structure des chloroplastes fixés au mélange de LEWITZKY et colorés à l'hématoxyline ferrique (fig. 19 et 20). Leur aspect se rapproche notablement de celui des plastes en „noyau de pêche". Ici aussi nous retrouvons, un peu plus marqué, le réseau décrit plus haut. On peut en conclure que tout en évitant les altérations brutales des chloroplastes nécrosés, la fixation, même au moyen de mélanges réputés excellents, est néanmoins incapable de conserver en l'occurence l'aspect tout à fait normal. Le fait n'a rien d'étonnant quand on songe à l'instabilité de la structure chloroplastique.

Notons en passant que les chloroplastes des fig. 19 et 20 manifestent une orientation bipolaire comparable à celle que nous avons signalée dans le même objet à propos de la fig. 14.

5⁰. On conçoit aisément que l'extrême altérabilité dont nous venons de traiter, rende difficile la réponse à la question de la véritable structure des chloroplastes normaux. On ne s'étonnera donc pas si nous hésitons à donner une solution bien catégorique. Il appert de nos photographies 1—8, et 24—31, que les chloroplastes parfaitement conservés ont un aspect granulaire. Nous voulons dire par là qu'on y remarque un grand nombre de granules apparemment isolés. Cependant en y regardant de plus près, on découvre un certain nombre de tractus simples, rarement bifurqués et souvent assez courts. Un examen attentif montre en outre que des granules apparemment indépendants sont souvent rattachés par des connexions imprécises ou confluent nettement les uns avec les autres. A vrai dire, les granules ne paraissent nullement, comme l'ont prétendu certains auteurs, occuper les noeuds d'un réseau, il semble, au contraire, que beaucoup des connexions imprécises qu'on observe, résultent du voisinage d'un granule supérieur ou inférieur imparfaitement mis au point, tous les plans qu'il y a lieu de distinguer dans le chloroplaste n'étant pas nettement visibles à la fois. De plus, les rapports entre la proportion des tractus et des granules est loin d'être constante et s'accorde mal avec l'idée de corpuscules disposés sur un réseau. En effet, ils sont souvent très différents dans des chloroplastes voisins. Ils varient, davantage encore, de cellule à cellule. Ils se modifient même au cours de l'observation, car il n'est pas rare de voir des granules confluer peu à peu les uns avec les autres, en petits tractus. Loin de nous trouver en présence d'un réseau, nous avons plutôt affaire à des files plus ou moins longues de grains disposés en chapelet, et dont les éléments peuvent selon les conditions se séparer en granules indépendants ou confluer entre eux en tractus ou en bâtonnets.

Ici aussi il s'agit probablement des phénomènes réversibles, l'équilibre se déplaçant, dans un sens ou dans l'autre, selon l'état général de la cellule.

De plus, l'étude comparative de l'aspect granulaire et des aspects décrits précédemment, ainsi que des conditions dans lesquelles on les observe ne laisse aucun doute quant à la valeur de la structure granulaire qu'on doit considérer comme normale. C'est pourquoi nous pensons que LIEBALDT a tort de tenir cette structure pour une altération provoquée par l'action de l'eau sur les chloroplastes. Cette hypothèse est d'ailleurs inadmissible en ce qui concerne nos observations. En effet, comment admettre que l'eau, milieu naturel des plantes aquatiques (Cabomba, Myriophyllum, Vallisneria) provoque des altérations dans leurs chloroplastes? Quant aux mousses, nous avons surtout observé l'aspect granulaire sur des feuilles immergées dans une goutte de paraffine liquide, où elles peuvent d'ailleurs demeurer plusieurs jours sans manifester la moindre altération.

6⁰. Avant de terminer l'exposé de nos recherches, nous voudrions ajouter un mot au sujet de l'existence d'une enveloppe incolore entourant chaque chloroplaste. Existe-t-il réellement une formation propre ou s'agit-il d'un effet optique ou d'une altération? A ce propos, nous devons concéder

que sur le matériel vivant, les chloroplastes paraissent entourés d'un halo lumineux qu'on est tenté, à première vue, de considérer comme un effet optique, dû à une différence de réfringence entre la substance chloroplastique et le protoplasme. Cette explication est cependant difficilement admissible, car, lorsque deux chloroplastes sont fortement pressés l'un contre l'autre comme en fait foi la déformation de leurs contours, le halo persiste néanmoins entre les deux surfaces en contact. Or dans ces conditions, il est plus difficile d'expliquer ce fait par une différence de réfringence puisque les deux corps qui se touchent sont de même constitution. Cette observation ne constitue cependant pas une preuve décisive en faveur de l'existence d'une membrane périplastique.

C'est pourquoi nous tenons à signaler une observation faite récemment et que nous croyons originale. La photographie 22 fournit un argument plus direct, nous semble-t-il, au sujet de l'existence d'une membrane propre. Rappelons que l'aspect des chloroplastes qu'elle représente résulte d'un ramassement de la substance chloroplastique; on peut s'en convaincre facilement par la comparaison des photos 5 et 22 prises, au même grossissement, dans des cellules voisines. L'altération a eu comme résultat la mise en évidence d'une membrane plus réfringente que le protoplasme et qui n'a pas suivi le mouvement de contraction du contenu. D'une part, cette membrane semble bien appartenir au chloroplaste. D'autre part elle paraît trop rigide pour pouvoir être considérée comme une simple membrane de précipitation (Niederschlagmembrane) due à une altération. Peut-être y a-t-il lieu de comparer cet aspect à celui signalé par HUBERT pour des chloroplastes de Velthemia?

Cette observation est toute récente, et le temps nous a fait défaut pour essayer de déterminer les propriétés et la constitution de cette formation, mais à notre avis il s'agit d'une réalité morphologique bien définie à titre plus vrai encore que la membrane du noyau dont on n'a jamais observé qu'elle persistait indépendamment du contenu nucléaire.

## II. *Localisation de la chlorophylle au sein des chloroplastes.*

Le fait de l'hétérogénéité des chloroplastes pose une autre question, celle de la localisation du pigment dans le stroma. Ici encore, les réponses ont été fort divergentes jusqu'à présent.

Pour essayer de recueillir sur ce point des données nouvelles et décisives si possible, nous avons, sur le conseil de M. le Prof. BAAS BECKING, entrepris des observations de chloroplastes en lumière monochromatique de diverses longueurs d'onde allant du violet à l'infra-rouge. Ces essais ne nous ont malheureusement pas donné de résultats aussi concluants que nous l'espérions.

On peut néanmoins en comparant les photographies 23 à 31, relever des différences appréciables, tant dans le contraste entre les chloroplastes et le fond cellulaire qu'entre les granules et le stroma dans chaque chloroplaste.

Tout d'abord, il est hors de doute que sur la photographie 23 (lumière violette, filtre I) et surtout sur les figures 24 et 25 (lumière bleue, filtre II) et même sur les photographies 29 et 30 (lumière rouge, filtre V) les chloroplastes se détachent plus nettement sur le protoplasme cellulaire que dans les figures 27 et 28 (lumière verte, filtre IV) et surtout que dans la photographie 31 prise dans l'infra-rouge. Cette différence est due sans aucun doute au fait que les deux principales bandes d'absorption de la chlorophylle sont localisées dans le bleu violet et dans le rouge.

On s'étonnera peut-être de ne pas retrouver le même contraste entre les granules et le substrat chloroplastique dans les photographies 23, 29 et 30 d'une part, et les phot. 24 et 25 d'autre part. Ce contraste est très bien marqué dans ces dernières (lumière bleue) mais il est beaucoup moins accusé dans le rouge et moins net encore dans le violet. En outre, il est assez étrange de constater une si grande netteté de structure sur les photographies prises en lumière verte ou bleu-verte, peu ou pas absorbée par la chlorophylle. Il y a là une anomalie qui s'explique, croyons-nous, si l'on tient compte de certaines conditions dans lesquelles se font les observations.

Pour arriver à voir clairement, sur le vivant, les chloroplastes, et en général, tous les éléments cellulaires, il est indispensable, c'est un fait d'expérience, de réduire considérablement l'ouverture du cône lumineux en fermant assez fort le diaphragme du microscope. Or, dans ces conditions, les phénomènes de réfraction et de diffraction prennent une importance prépondérante sur les phénomènes de simple absorption et suffisent à rendre nettement visible la structure chloroplastique, même en dehors des zônes d'absorption. Seuls, les rayons infra-rouges à la fois peu absorbés et faiblement réfractés, donnent une image dépourvue de netteté [1]).

De plus, les phénomènes d'absorption ne pourraient se manifester clairement que dans une couche mono-granulaire, et il faut songer que les chloroplastes comportent dans leur épaisseur plusieurs couches de granules qui se superposent plus ou moins les uns aux autres et se voilent mutuellement.

Quoi qu'il en soit, le contraste si accusé, entre les granules noirs et le fond du chloroplaste sur les photographies en lumière bleue (fig. 24 et 25) suffit, nous semble-t-il, à établir assez fermement l'hypothèse que le pigment vert est porté par les granules eux-mêmes et non par la substance de fond.

*Resumé.*

1°. A l'état normal, les chloroplastes possèdent une structure.

2°. Cette structure est indépendante de la présence des grains d'amidon.

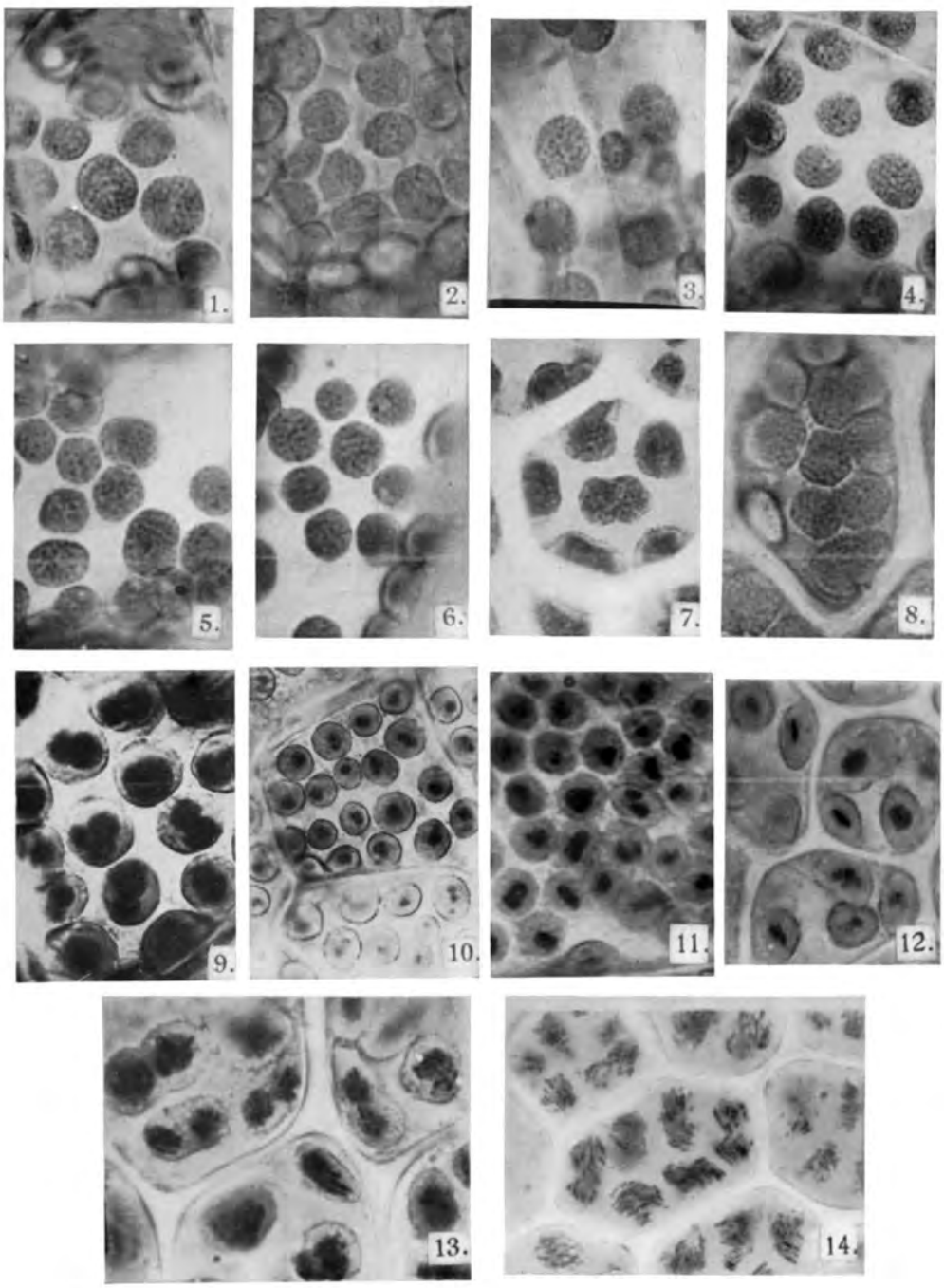
3°. Les chloroplastes ne comportent généralement pas, dans les con-

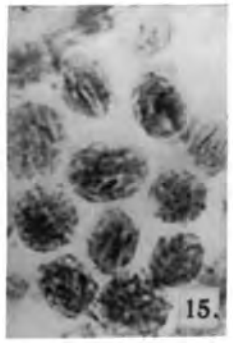
---

[1]) C'est aillieurs impossible de déterminer le plan de l'image pour l'infra-rouge.

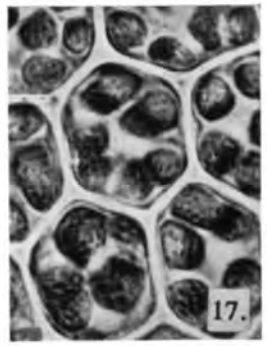
J. DOUTRELIGNE: NOTE SUR LA STRUCTURE DES CHLOROPLASTES.

PLANCHE I.

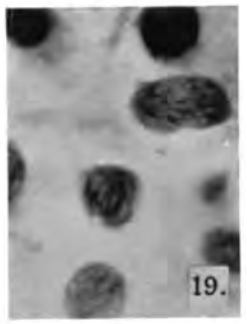


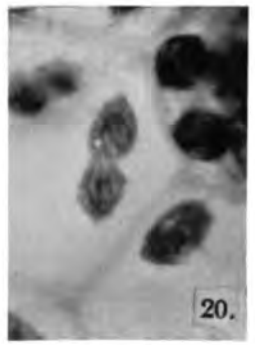

15.

16.


17.

18.

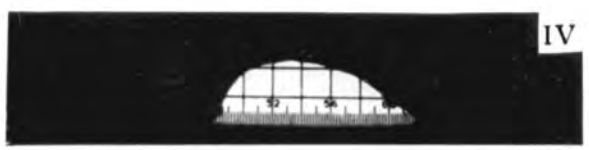

19.


20.

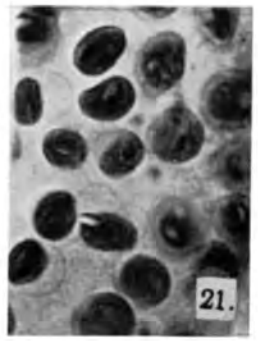
I

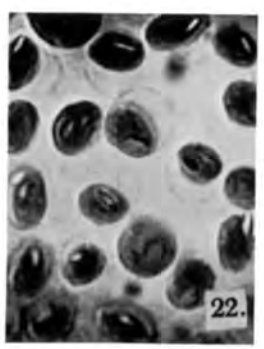
II

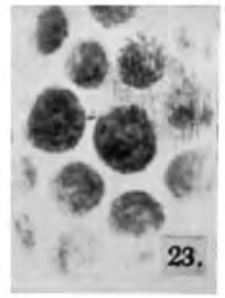
III

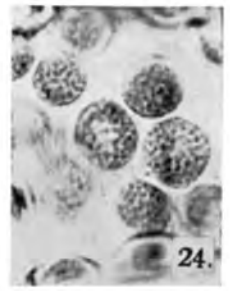

IV

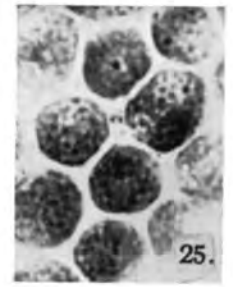
V

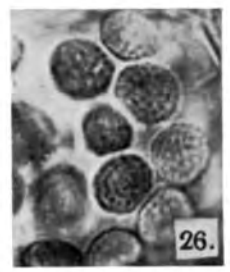

21.

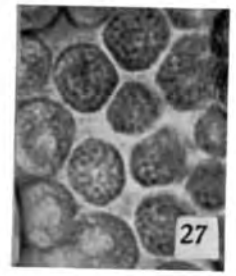

22.

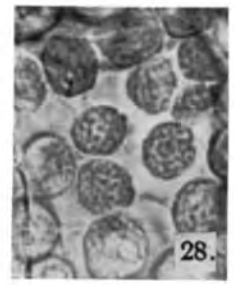

23.


24.

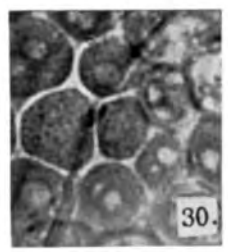

25.

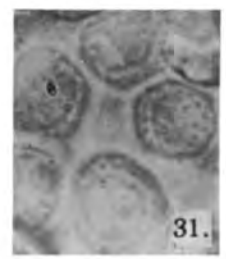

26.


27


28.

29.


30.


31.

ditions normales, une différenciation morphologique en région centrale et région périphérique.

4°. La structure des chloroplastes est éminemment altérable.

5°. Elle repose sur la présence dans le stroma d'un grand nombre de granules ou de bâtonnets, plus ou moins intimement reliés entre eux.

Ce travail a été commencé à Leiden, au laboratoire de M. le Prof. BAAS BECKING à qui nous sommes vivement reconnaissante des conseils qu'il nous a donnés et de l'intérêt qu'il nous a témoigné. Nous remercions également M. le Prof. GRÉGOIRE, Directeur du Laboratoire de Cytologie de Louvain, où nous avons achevé ces recherches.

## BIBLIOGRAPHIE.

CHODAT, R. 1891. Arch. Sciences Phys. Nat. T. **25**, p. 244.
FROMMANN, C. 1880. Beobachtungen über Struktur und Bewegungserscheinungen des Protopl. der Pflanzenzellen. Jena.
GOEPPERT, H. and COHN, F. 1849. Bot. Zeits. T. **7**, p. 665.
HOFMEISTER, W. 1867. Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig.
HUBERT, B. 1935. Rec. des Trav. Bot. Neerl. T. **32**, p. 323.
KERNER, A. and OLIVER, F. 1894. Natural history of plants. London.
LIEBALDT, E. 1913. Zeitschr. Bot. T. **5**, p. 65.
PONOMAREW, A. 1914. Ber. D. Bot. Gesell. T. **32**, p. 483.
PRIESTLEY, J. and IRVING, A. 1907. Annals Bot. T. **21**, p. 407.
PRINGSHEIM, N. 1881. Jahrb. Wiss. Bot. T. **12**, p. 288.
SACHS, J. 1862. Bot. Zeit. T. **20**, p. 365.
SCHWARZ, F. 1887. Beitr. Biol. Pflanz. T. **5**, p. 1.
TSCHIRCH, A. 1883. Ber. D. Bot. Gesell. T. **1**, p. 202.
ZIRKLE, C. 1926. Amer. Journ. of Bot. T **13**, p. 301.

## LEGENDE DES FIGURES.

Pour nos observations et nos microphotographies nous avons utilisé l'objectif Leitz 1/16 a, les oculaires périplanétiques 8x, 10x, 12x, 15x et l'appareil Makam de Leitz; pour les photos 10 et 17, l'oc. 8x; pour les phot. 5, 6, 8, 25 et 30, l'oc. 12x; pour la phot. 31, l'oc. 15x; pour les autres l'oc. 10x.

## PLANCHE I.

Fig. 1 et 2. Cabomba aquatica: chloroplastes sur le vivant.
Fig. 3 et 4. Myriophyllum verticillatum: idem.
Fig. 5 et 6. Vallisneria spiralis: idem.
Fig. 7. Mnium hornum: idem.
Fig. 8. Mnium undulatum: idem.
Fig. 9. Cabomba aquatica: chloroplastes fixés et colorés par le Lugol.
Fig. 10. Myriophyllum verticillatum: idem.
Fig. 11. Vallisneria spiralis: idem.
Fig. 12. Mnium undulatum: idem.
Fig. 13. Mnium hornum: idem.
Fig. 14. Mnium hornum: chloroplastes traités par l'acide lactique iodé.

PLANCHE II.

| | | |
|---|---|---|
| Fig. 15. | Cabomba aquatica: | chloroplastes d'une cellule blessée. |
| Fig. 16. | „ „ | : chloroplastes en „noyau de pêche". |
| Fig. 17. | Mnium hornum: | début d'altération des chloroplastes. |
| Fig. 18. | „ „ | : chloroplastes profondément altérés. |
| Fig. 19 et 20. | „ „ | : chloroplastes fixés au LEWITZKY et colorés à l'hématoxyline ferrique. |
| Fig. 21 et 22. | Vallisneria spiralis: | chloroplastes dans des cellules mortes. |
| Fig. 23. | Cabomba aquatica: | chloroplastes photographiés avec filtre I. |
| Fig. 24 et 25. | „ „ | : avec filtre II. |
| Fig. 26. | „ „ | : avec filtre III (c.à.d. filtre II et filtre IV superposés). |
| Fig. 27. | „ „ | : avec filtre IV. |
| Fig. 28. | „ „ | : avec lampe à mercure et filtre IV. |
| Fig. 29 et 30. | „ „ | : avec filtre V. |
| Fig. 31. | „ „ | : avec filtre infra-rouge. |

Les graphiques I, II, III, IV, V indiquent les régions d'absorption des filtres employés.

---

**Botany.** — *On an analysis of the activity of two growth-promoting substances on plant tissues.* By KENNETH V. THIMANN, Kerckhoff Laboratories of the Biological Sciences, California Institute of Technology, Pasadena, California, U.S.A. (Communicated by L. G. M. BAAS BECKING).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

Our knowledge of the chemical nature and physiological role of the plant hormones has increased very considerably in the past year or two. This has been due to two new groups of facts; firstly, the finding that indole-3-acetic acid is a growth-promoting substance of an activity comparable with that of the $C_{18}$-substances "auxin *A*" and "auxin*B*" (KÖGL, HAAGEN-SMIT and ERXLEBEN, 1934); secondly, the finding that the hormones causing root formation and bud inhibition are identical with these growth-promoting substances, which were discovered through their action on cell elongation. All three substances, auxin *A*, auxin *B*, and indole-3-acetic acid, possess these different physiological activities (THIMANN and WENT, 1934; THIMANN and SKOOG, 1934). They probably possess others as well.

These findings, as can easily be seen, raise in an acute form the problem of the mechanism of the action. The first-mentioned fact makes it clear that we have to deal, not with a specific property of a definite substance, but with some property common to these three different substances. The second-mentioned fact indicates that the action of the hormones involves some very deep-seated kind of catalytic activity, which may lead to a number of different physiological responses.

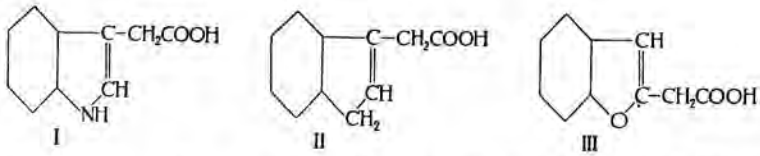
Correspondingly two modes of approach to the inner mechanism of the action are possible. One is to try to analyse the properties which are in common in the various active compounds, the other is to try to probe more deeply into the nature of the fundamental catalysed reaction. Some experiments along the latter line, which aimed at elucidating the fate of the growth hormone in the growth reaction of the *Avena* coleoptile, have already been published (BONNER and THIMANN, 1935). The present paper will describe experiments directed along the former line, i.e. on the relation of structure to activity. Such experiments can evidently be carried out in two different ways. One way is to subject a large number of related compounds to a given physiological test; this has been done with interesting results by KOSTERMANS (1935), using the various esters and alkyl derivatives of indole-3-acetic acid. The other is to subject a few compounds of definitely interesting type to an intensive study, using as many physiological techniques as possible. The latter method has been selected and the results show that it can be quite fruitful.

If we examine the formula of auxin *A* or auxentriolic acid (KÖGL and ERXLEBEN, 1934) and indole-3-acetic acid:

we see that the common properties are, (1) the acid group in the sidechain, (2) the unsaturated 5-membered ring, which in the one case has alkyl substituents, in the other case is fused to benzene. The 5-membered ring in the second compound contains nitrogen, in the first not. The nitrogen atom is not therefore necessary to the activity, although its presence may cause important modifications of the properties of the compound. As a beginning it was therefore decided to study the activity of the analogues of indole-3-acetic acid which contain no nitrogen. These are indene-acetic and coumaryl-acetic acids, containing carbon and oxygen atoms, respectively, in place of nitrogen. Since the corresponding 2-substituted derivative of the oxygen ring could not be obtained, and our attempts to synthesize it have up to now not been successful, coumaryl-1-acetic acid was used. We thus have to compare indole-3-acetic acid (I), indene-3-acetic acid (II), and coumaryl-1-acetic acid (III) [1]. All three contain the unsaturated 5-membered ring, fused to benzene, and the acetic acid sidechain. The latter was retained because it had previously been found that indole-propionic and indole-carboxylic acids are inactive both in promoting growth in *Avena*, and in promoting root formation in *Pisum*

[1]) The positions on the 5-membered rings have been numbered in different directions by different workers, compound II having been described as indene-1-acetic acid. The numbering here used provides uniformity, except that the oxygen atom is, of course, unnumbered.

(KÖGL, HAAGEN-SMIT and ERXLEBEN, 1934; THIMANN and KOEPFLI, 1935). The acetic side-chain therefore has a definite physiological significance.




The indene-acetic acid was synthesized by THIELE and RUDIGER (1906), and was obtained through the kindness of Prof. GAULT from the collection of THIELE's products at Strasbourg. It contained no indole derivatives, by sensitive color reactions, and after two recrystallisations from water melted at 94. The coumaryl-acetic acid was synthesised by REICHSTEIN and REICHSTEIN (1930); the sample was kindly sent by Prof. REICHSTEIN. The indole-acetic acid was our own synthetic product.

## *Indene-3-acetic acid.*

### 1. *Curvature of Avena.*

Indene-3-acetic acid was applied by the standard agar block technique to etiolated *Avena* coleoptiles in the standard procedure of this laboratory. Definite activity was shown, but the curvatures differed from those produced by indole-acetic acid in two obvious ways; the maximum angle given by high concentrations was much smaller, and the curved zone was much more limited to the uppermost part of the plant. Table I shows the variation of curvature with concentration in three experiments; the maximum angle, 9 to 16°, compares with that of 26 to 31° produced by indole-acetic acid during the same period. Fig. 1 shows two typical indene-acetic

Fig. 1.
Left: two plants with indene-3-acetic acid; curvature 16 and 18°.
Right: two plants with indole-3-acetic acid; curvature 16 and 18°.

acid curvatures compared with two typical curvatures *of the same angle* produced by indole-acetic acid.

It may be seen that the lack of strict proportionality between curvature and concentration makes it impossible to calculate an activity for indene-acetic acid in terms of standard units. The figures of Table I indicate an

TABLE I.
Indene-3-acetic acid; Avena curvatures.
Dilution 1 : 2.2 mg. per cc., dilution 5 : 0.44 mg. per cc., etc.

| Method | Dilution | Angle | Method | Dilution | Angle | Method | Diln. | Angle |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Standard | 1 | 11.3 | Standard but with double decapitation. | 100 | 6.2 | Standard | 13 | 8.5 |
| | 5 | 7.8 | | 400 | 11.4 | | 65 | 9.3 |
| | 25 | 14.8 | | 1000 | 5.9 | | 260 | 7.0 |
| | 125 | 15.8 | | 3000 | 2.3 | Blocks applied directly after decapn. | 13 | 8.8 |
| | 1250 | 7.6 | | 15000 | 0 | | 65 | 14.9 |
| | 12500 | 0 | | | | | 260 | 7.9 |

activity of 800—4000 units per mg., which is therefore about 1 % of that of indole-acetic acid, whose activity approaches 300.000 units per mg. (One "unit" equals 80 "*AE*"). The curvatures, however, fall off rapidly at concentrations above the optimal. This optimal concentration is, in the 3 experiments, 0.005, 0.02 and 0.03 respectively. A somewhat similar phenomenon, though quantitatively different, may be observed with indole-acetic acid itself: at a concentration of 30 units per cc. the maximum angle, say 28°, will be obtained (Its value varies from time to time). Higher concentrations, up to perhaps 300 units per cc., produce the same angle, but concentrations of the order of 2000 units per cc. give very much smaller angles; there is a very broad optimal concentration range.

The sharpness of the curvatures produced by the two substances was measured in a large number of plants. With the indene derivative the curved zone, in angles from 9° to 16°, averages only 3.7 mm., while with the indole derivative in the same range of angle, the curved zone measures 9.0 mm. The sharpness of curvature produced by the indene acid averages 3.5 degrees per mm., and is thus more than double that of the indole acid, which averages only 1.5 degrees per mm. It might be objected that the indene acid angles are the maximum angles produced by this substance, and that they are therefore not comparable with those in the middle range of the indole acid. This, however, does not account for the difference observed, since measurements on maximum angles given by indole-acetic acid (27—31°) show a curved zone of similar length, — 11.6 mm. — and the sharpness is only 2,5 degrees per mm., i.e. well below that of indene acetic acid. The mean length over which curvature produced by indene-acetic acid extends is thus about one third of what we may call the normal. The simplest deduction from this is that indene-acetic acid travels at about one third the speed of indole-acetic acid within the coleoptile. That its transport is indeed very slow will be confirmed below.

It is characteristic of indole-3-acetic acid and also of the $C_{18}$-compounds,

auxentriolic and auxenolonic acids, that their growth-promoting activity is readily destroyed by peroxides. It was therefore of interest to determine whether the activity of indene-3-acetic acid was destroyed by treatment with $H_2O_2$. Table II shows that treatment with up to 100 mols of $H_2O_2$

TABLE II.
Effect of hydrogen peroxide on activity.

| Mols. $H_2O_2$ per mol. of compound | Indene-3-acetic acid | | Indole-3-acetic acid | |
|---|---|---|---|---|
| | Concentration mg. per cc. | Angle | Concentration mg. per cc. | Angle |
| 0 | 0.029 | 10.3 | | |
| 2 | 0.029 | 10.2 | | |
| 8 | 0.029 | 9.5 | | |
| 32 | 0.029 | 9.4 | | |
| 0 | 0.144 | 5.9 | 0.00110 | 60 *) |
| 20 | 0.144 | 7.6 | 0.00110 | 8.0 |
| 100 | 0.144 | 6.2 | 0.00110 | 3.0 |
| 0 | 0.029 | 5.8 | 0.00022 | 12.0 |
| 20 | 0.029 | 4.9 | 0.00022 | 1.7(?) |
| 100 | 0.029 | 6.7 | 0.00022 | 0.1 |

*) By assay at lower concentration.

per mol. of the compound has no effect on the curvature produced. Indole-acetic acid, similarly treated, loses almost the whole of its activity.

Another aspect of the *Avena* curvatures which was studied is the change of the curvature with time. These experiments will not be reported in detail here, but it may be said that the rate of increase of curvature, both before and after regeneration, was with indene- and indole-acetic acids closely parallel.

2. *Straight growth of Avena.*

The curvatures produced by indene-3-acetic acid thus differ from the normal in that they are not strictly proportional to the concentration, the maximum angle is small, and the transport of the substance appears to be defective, so that the curved zone is short. The possibility therefore arises that this compound may not truly be promoting growth, but that the curvatures have another cause. Thus, it was shown by STRÜGGER (1932) that the application of acid increases the growth of some plant tissues, and this was explained by BONNER (1934) as being due to the conversion

by acid of the inactive salt form of the growth substance in the plant into the active free acid form. Since indene-3-acetic acid is a moderately strong acid it might be producing curvatures merely by diffusing into the cells and there setting free the auxin acid from its salt form. In view of the extension of this work to other compounds it is of the greatest importance to differentiate such an effect, the so-called "acid growth", from the growth due to a true growth-promoting substance.

Various techniques were applied in order to settle this point, and some of the results will be given here. The method was described by BONNER (1933), and consists of cutting off short sections (3 mm.) from below the tip of coleoptiles about 1.5 cm. in length, placing them on glass combs immersed in a shallow layer of the solution to be tested, and measuring their length. About 12 such sections were used for each solution.

*A.* SECTIONS PLACED FIRST IN ACID, THEN IN TEST SOLUTIONS.

Four groups of sections were placed in MCILVAINE buffer of *pH* 4.0 (diluted 5 times with distilled water, and *pH* checked) and one group in water. After 18 hours the groups were washed and transferred to indole-3-acetic acid, indene-3-acetic acid, water and fresh buffer respectively. The lapse allowed the growth due to acid to come more or less to completion, as Table III shows. Finally the growth during the ensuing

TABLE III.

Growth of Avena coleoptiles sections first in acid (pH 4.0), then in indole-3-acetic and indene-3-acetic acids.

Growth measurements in percentage of initial length during the period stated.

| Soln. | 2.2 hrs. | 2 hrs. | 14.5 hrs. | Total in first soln. | Soln. | 2 hrs. | 2 hrs. | 2 hrs. | 2 hrs. | Total in 2nd. soln. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH 4.0 | 3.69 | 1.88 | 3.76 | 9.33% | Indole-acetic 0.00022 mg. per cc. | 1.28 | 1.21 | 0.81 | 0.07 | 3.37% |
| pH 4.0 | 3.52 | 1.90 | 6.90 | 12.32% | Indene-acetic 0.0070 mg. per cc. | 1.34 | 1.62 | 1.13 | 1.20 | 5.29% |
| pH 4.0 | 3.00 | 3.08 | 3.94 | 10.02% | pH 4.0 | 0.46 | 0.46 | 0.22 | —0.25 | 0.86% |
| pH 4.0 | 3.08 | 1.98 | 7.76 | 12.82% | water | —0.22 | 0.29 | 0 | 0 | 0.07% |
| water | 1.33 | 1.20 | 2.52 | 5.05% | water | 0.46 | 0.80 | —0.13 | —0.13 | 1.00% |

8 hours in the second solution was measured. The sections transferred to fresh acid buffer, as may be seen, grow little and soon stop, those trans-

ferred to water do not grow at all, while those transferred to the two growth substances grow at a markedly increased rate. The indene-3-acetic acid, used in a concentration close to the optimum for curvature, is even more effective than the other. Since its activity is more than 3 % of that of the indole acid, this suggests that on immersed sections the indene acid is relatively more active than when applied, as in the agar block method, at a single cut surface. This will be confirmed below. A number of such experiments gave similar results.

Lest the acid effect should, for some reason, not have taken place to completion, similar experiments were made on sections which had been infiltrated with the acid buffer. The results were essentially the same (Table IV). The sections behave in a very uniform manner in the acid buffer, and subsequently those in the indene-acetic acid continue to grow for 41 hours. Those in indole-acetic acid of the concentration used grow not quite as well, perhaps because it is inactivated by oxidation, while those in acid buffer come to a standstill after 17 hours. The hourly measurements cannot be given for lack of space. The activity of the indene acid in this table is greater than 4 % of that of the indole acid.

TABLE IV.

Growth of Avena coleoptile sections *infiltrated* (10 mins.) with acid (pH 4.0), then placed in indole-3-acetic and indene-3-acetic acids.

Growth measurements in percentage of initial length during the period stated.

| Soln. | 1.5 hrs. | 2 hrs. | 1.5 hrs. | Total in first soln. | Soln. | 24 hrs. | 18 hrs. | Total in second soln. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH 4.0 | 3.6 | 2.7 | 1.4 | 7.7% | Indole-acetic 0.00028 mg. per cc. | 6.4 | 0.5 | 6.9% |
| pH 4.0 | 3.9 | 3.5 | 1.4 | 8.8% | Indene-acetic 0.0072 mg. per cc. | 7.1 | 3.1 | 10.2% |
| pH 4.0 | 3.6 | 2.6 | 1.1 | 7.3% | pH 4.0 | 4.1 | 0 | 4.1% |
| pH 4.0 | 3.4 | 2.0 | 0 7 | 6.1% | water | 0.9 | 1.1 | 2.0% |
| water | 1.4 | 0.9 | 0 | 2.3% | water | 1.3 | 0.7 | 2.0% |

*B.* SECTIONS PLACED IN SOLUTIONS OF THE SODIUM SALTS.

The above experiments show that indene-3-acetic acid acts as a true growth-promoting substance. This was confirmed by the behaviour of sections in neutralised solutions of the acid. It was found that if the

theoretical quantity of *NaOH* is added to the stock solution of the active acid, the growth response is essentially the same, for, since the solution is not buffered, the acidity of the cell sap presumably suffices to set free the active acid again.

Table V shows the growth of coleoptile sections in four different concentrations of sodium indene-3-acetate; addition of slightly more than the calculated quantity of *NaOH* brought the *pH* of the stock solution to about 8.0, and the dilutions were then made with distilled water. It will be seen that the highest concentration used is above the optimum. By plotting the concentration against growth produced, the concentration of the indene acid producing growth equal to that given by the indole acid solution was determined. Its value was 4.3 $\gamma$ per cc., and this is therefore biologically equal to 0.313 $\gamma$ per cc. of indole-3-acetic acid; the activity is therefore in this case 7.3 % of the latter. In view of the variation between experiments, no great significance can be attached to this exact value, but it is higher than that obtained by curvature, and the other experiments with sections point the same way, showing an activity of 3 to 5 % of that of indole-acetic acid. *The ratio of activities of these substances therefore depends on the method of testing.* A more remarkable case of this kind will be found with coumaryl-1-acetic acid.

TABLE V.

Growth of Avena coleoptile sections in sodium indene-3-acetate, compared with water and indole-3-acetic acid.

Growth measurements in percentage of initial length during the period stated.

| Solution | Concentration | 1 hr. | 15 hrs. | Total |
|---|---|---|---|---|
| Sodium indene-3-acetate | 0.0190 mg./cc. | 1.05 | 8.16 | 9.21% |
| | 0.0063 | 3.71 | 6.74 | 10.45% |
| | 0.0019 | 2.29 | 5.20 | 7.49% |
| | 0.00063 | 2.71 | 3.53 | 6.24% |
| Indole-3-acetic acid | 0.000313 mg./cc. | 2.58 | 6.77 | 9.53% |
| Water | | 2.18 | 2.90 | 5.08% |

3. *Curvature of Pisum.*

Another reaction of growth substances is the curvature elicited in split stems of etiolated pea seedlings; this was described as a quantitative test by WENT (1934). Sections of stem, split down the middle, are immersed in the solution of growth hormone for 24 hours and then photographed. The inward curling, or curvature, of the stem sections is approximately proportional to the logarithm of the concentration of the active substance.

Since this is a procedure of immersion, and not only of diffusion longitudinally from the cut surface, indene-acetic acid might be expected to show higher activity with this than with the agar technique.

The curvatures, one set of which is given in Table VI, were found to be just as large as those produced by auxin *A* or indole-3-acetic acid, i.e. there is no phenomenon comparable to the small maximum angle of *Avena*.

TABLE VI.
Comparison of curvatures of etiolated Pea stem sections.
Mean of 8 plants in each case.

| Indene-acetic acid | | Indole-acetic acid | |
|---|---|---|---|
| Concentration mg. per cc. | Angle degrees | Concentration mg. per cc. | Angle degrees |
| 0.141 | 287 | 0.016 | 209 |
| 0.0332 | 182 | 0.0016 | 88 |
| 0.0083 | 127 | 0.0004 | 54 |
| 0.00083 | 5 | | |
| 0 | −37 | 0 | −37 |

Further, the relative activity of indene-acetic acid is higher by this method than on *Avena*. Although the curves of curvature against log. concentration are not superimposable for the two substances, comparison can be made by determining the concentration necessary to give the same curvature in different regions of the curve. Four such comparisons from the figures of table VI give the activity of indene-3-acetic acid as 6.7 %, 15.0 %, 32.1 % and 36.7 % of that of indole-3-acetic acid. Comparisons from other experiments indicate a figure about 20 % as the mean relative activity for this method, as against 7 % with straight growth of *Avena* and only 1 % with *Avena* curvature. While it is hard to see why *Pisum* stems should show higher relative activity than *Avena* coleoptiles, it is at least clear that immersion methods give higher relative activity than the curvature method. This is undoubtedly due to the slow or imperfect transport of the indene acid.

4. *Root formation on Pisum.*

As stated in the introduction, the three growth hormones so far known all lead also to the formation of roots. This raises the following question; do these substances set in motion a number of different processes, which lead respectively to elongation, root formation, bud inhibition, etc., or are all these physiological effects the result of one primary reaction? If the former is true, then growth-promoting substances need not necessarily cause root formation, — if the latter is true, then root formation is an essential property of any growth-promoting substance, given the right

accessory conditions. If new growth-promoting substances are always found to induce the formation of roots, the view that both effects arise from the same primary reaction is made most probable. The activity of indene-3-acetic acid on root formation, using the method of WENT (1934) on standard etiolated pea cuttings, supports the latter view.

Table VII, part *A*, shows that indene-3-acetic acid has slight but definite activity in promoting root formation on this material. However, in the same experiments indole-acetic acid produced 60—70 roots per 10 plants, at its optimal concentration. Higher concentrations of indene-acetic acid

TABLE VII.

Root formation on etiolated pea cuttings with indene-3-acetic acid.
All means rounded off to whole numbers.

*A. Application at tip.*

| Date | Concn. mg. per cc. | Roots per 10 plants | Date | Concn. mg. per cc. | Roots per 10 plants |
|---|---|---|---|---|---|
| 28.I.35 | 0.830 | 31 | 27.II.35 | 0.144 | 17 |
| | 0.166 | 21 | | 0.029 | 19 |
| | 0.042 | 22 | | 0.006 | 7 |
| | 0.008 | 12 | | | |
| | 0 | 14 ± 1 | | 0 | 10 ± 2 |

*B. Application at base.*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 12.III.35 | 0.0360 | 116 ± 25 | 20.III.35 | 0.0360 | 98 |
| | 0.0072 | 80 ± 13 | | 0.0072 | 88 |
| | 0.0014 | 41 ± 4 | | 0.0014 | 64 |
| | 0.0003 | 40 ± 1 | | 0.0003 | 45 |
| | 0 | 30 ± 2 | | 0 | 25 |

In above tests indole-3-acetic acid 0.01-0.02 mg. per cc. applied at tip produced 60-70 roots per 10 plants. Applied at base produces from 10 to 20 roots only.

could not be used, as they had a toxic effect. It was therefore suspected that the small response was due to imperfect transport from the tip to the base of the cuttings. The substance was therefore applied directly at the base of the cutting, and this, as part *B* shows, gives a large response. The substance is of the order of 100 times as active from the base as from the tip. This is in strong contrast to indole-acetic acid, which has very little activity when applied at the base, even though it may be shown that the solution has actually been absorbed into the plant. Thus this provides further proof that indene-3-acetic acid, although it has the growth-promoting and root-forming properties of the other "auxins", is not so readily transported as these substances.

It may be added that when applied from the base, indene-acetic acid powerfully inhibited the elongation of the roots produced. Instead of the normal length of 10—50 mm., the roots in the highest concentrations were only 1—4 mm. long, though the length increased with decreasing concentration. The substance therefore has another property in common with the "auxins", i.e. it inhibits the elongation of roots. The short roots so produced were not abnormally thick.

Indene-3-acetic acid is therefore active, within its limitations of transport, in forming new roots.

*Coumaryl-1-acetic acid.*

1. *Curvature of Avena.*

By the standard agar-block technique no curvature was produced by coumaryl-1-acetic acid in any concentration. On leaving the plants up to 5 hours with the blocks in place no curvatures appeared at any time. There was no apparent toxic effect.

2. *Straight growth of Avena.*

*Avena* coleoptile sections immersed in shallow layers of coumaryl-1-acetic acid solutions showed very marked growth acceleration. The optimum concentration was 0.01—0.02 mg. per cc., and higher concentrations gave less growth.

To avoid the possibility of an acid effect, as discussed above, further experiments were carried out with a carefully neutralised solution. This had essentially the same effect. The results of three experiments are summarised in Table VIII, only the final measurements after long periods

TABLE VIII.

Growth of Avena coleoptile sections in sodium coumaryl-1-acetate, compared with indole-3-acetic acid.

Each figure the mean of about 12 sections.

Growth measurements in percentage of initial length during the period stated.

| Solution | Concentration mg. per cc. | Experiment I | | II | III |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2.5 hrs. | 20 hrs. | 17 hrs. | 48 hrs. |
| Na coumaryl-1-acetate | 0.0460 | | | 5.46 | |
| | 0.0184 | 5.00 | 11.11 | 8.62 | 22.70 |
| | 0.0092 | | | | 24.50 |
| | 0.0061 | 3.32 | 12.62 | | |
| | 0.0020 | 2.77 | 10.47 | | |
| Indole-3-acetic acid | 0.000313 | 7.94 | 20.06 | | |
| | 0.000060 | | | 5.75 | |
| Water | | 2.52 | 7.75 | 3.67 | 6.70 |

being given. The most effective concentration depends on the time of the experiment, the highest concentrations used giving the greatest growth in the first hour, but subsequently less growth than the lower concentrations. The optimum is 0.006—0.009 mg. per cc. The activity is below 1 % of that of indole-3-acetic acid, although on account of the accumulating toxic effect an exact comparison could not be made. It is nevertheless clear that there is a real growth-promoting effect, although there is no activity as determined by *Avena* curvature.

3. *Curvature of Pisum.*

On split sections of etiolated *Pisum* stems coumaryl-1-acetic acid produces large curvatures. The effect is not so great as that of the indene acid, however. Since simple treatment of these sections with mineral acid, with or without infiltration, produces no curvatures at all, the effect of coumaryl-1-acetic acid is not an acid effect. Unlike the other growth-promoting substances a marked supraoptimal effect could be observed with the coumaryl acid. Concentrations above 0.05 mg. per cc. gave a smaller curvature than the maximum; the optimal concentration is thus 3 or 4 times higher than with *Avena*. It was pointed out by WENT (1934) that one of the convenient features of the *Pisum* curvature reaction was that the curvatures did not decrease at high concentrations; this evidently is not true for all active substances.

TABLE IX.

Curvature of etiolated pea stems, before and after oxidation with hydrogen peroxide.

| Dilution from stock soln. | Concentration mg. per cc. | Mean curvature in degrees | |
|---|---|---|---|
| | | Original soln. | After treatment with $H_2O_2$ |
| INDOLE-3-ACETIC ACID. | | | |
| 10% | 0.01410 | 273 | 50 |
| 2% | 0.00282 | 165 | 27 |
| 0.4% | 0.00056 | 97 | — 3 |
| 0.1% | 0.00014 | 58 | —20 |
| 0.02% | 0.00003 | 12 | —23 |
| COUMARYL-1-ACETIC ACID | | | |
| 10% | 0.02920 | 137 | —17 |
| 2% | 0.00584 | 63 | —34 |
| 0.4% | 0.00117 | — 5 | |
| 0 | Water | —27 | —34 |

The effect of hydrogen peroxide on the activity of coumaryl-1-acetic acid was determined with this test method, and these curvatures are quoted in Table IX. By plotting them against log. concentration the activity of coumaryl-1-acetic acid is found to be 3.5—4.0 % of that of indole-3-acetic acid.

The treatment with $H_2O_2$ (30 mols per mol. of the compound tested; time of reaction 1 hour, followed by boiling,) reduces the activity of the 10 % solution of indole-acetic acid to about that of the 0.1 % solution, i.e. 99 % destruction. The activity of the 10 % coumaryl-acetic acid is reduced to about that of the 0.4 % or less, i.e. a similar degree of destruction. The coumaryl-acetic acid, unlike the corresponding indene derivative, is therefore destroyed by $H_2O_2$.

4. *Root formation on Pisum.*

Applied to the tip of the standard *Pisum* cuttings, coumaryl-1-acetic acid was practically inactive in root formation. Applied to the base it showed marked toxicity in the higher concentrations, but a distinct root-forming effect in the middle concentrations. The maximum number of roots, 44, (see Table X), is less than the maximum given by indole-3-acetic acid.

TABLE X.

Root-forming activity of coumaryl-1-acetic acid.

| Concentration mg. per cc. | Roots (per 10 plants) when applied to | |
|---|---|---|
| | Tip | Base |
| 0.2320 | 14 | 0 |
| 0,0464 | 17 | 20 |
| 0.0116 | 17 | 44 |
| 0.00232 | 22 | 44 |
| 0.00046 | 26 | 14 |
| 0.00009 | 26 | 8 |
| 0.00002 | 18 | 8 |
| 0 | 13 | 13 |

In the same experiment, indole-3-acetic acid, 0.0456 mg. per cc., gives, when applied at the tip, 72 $\pm$ 1 roots per 10 plants.

probably due to the persistence of a toxic effect at these concentrations. The tissue, in fact, showed signs of injury. No attempt was therefore made to determine quantitative relations; it suffices to note that a definite root-forming activity is shown, provided it is not necessary for the substance to pass through a long stretch of stem.

*Bud inhibition.*

In the course of the experiments on root formation it was noticed that the buds on the etiolated pea stems used were inhibited by the higher concentrations of both indene-3-acetic and coumaryl-1-acetic acid. In an experiment with indene-acetic acid, the buds on the water controls had an average length after the 15 days of 2.5—3.5 mm., while those treated with 0.007 mg. per cc. and higher concentrations showed no growth at all. Lower concentrations allowed a small amount of growth. A corresponding experiment with the coumaryl derivative showed complete inhibition down to a concentration of 0.0023 mg. per cc. Now indole-3-acetic acid under the same conditions inhibits completely down to 0.0001 mg. per cc., so that if we take the limiting concentrations for complete inhibition as biologically equivalent we find that indene-acetic acid has a relative activity of 14 %, and coumaryl-acetic acid 4 %, of that of indole-3-acetic acid. The comparison is, of course, only rough.

Table XI records an experiment (kindly carried out for me by F. SKOOG) in which the two substances were applied, in lanolin paste, at two different

TABLE XI.

Inhibition of bud growth by indene-3-acetic and coumaryl-1-acetic acids, applied at two different dis·ances from the bud.

| Compound | Concentration mg. per g. of lanum anhydrum | Control | | Experiment | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Distance from decapitation point to bud | Length of bud atter 8 days | Distance from decapitation point to bud | Length of bud after 8 days |
| Indole-3-acetic acid | 10 | 3.7 cm | 15.3 | 2.5—3.5 cm. | 0 |
| Indene-3-acetic acid | ca 1 | 6.1 | 11.9 | 5.5 | 7.0 |
| | | 1.2 | 11.0 | 0.9 | 1.5 |
| Coumaryl-1-acetic acid | 10 | 5.5 | 15.4 | 5.7 | 9.3 |
| | | 0.6 | 23.1 | 0.7 | ca 2 |

distances from the bud. Of the two buds present, only the upper developed under the conditions of the experiment. The plants were grown and kept in the dark throughout. The length of the measured bud after 8 days shows that the inhibition, while it is in each case measurable, is greater when the compound is applied close to the bud than when it is applied at the tip. This difference is not due to the position of the decapitation itself, as the controls show. The inhibiting effect of these substances is therefore reduced when the point of application is far from the bud, — in

other words, their transport is imperfect. This fits in satisfactorily with all the other experiments of this paper.

*Other furane derivatives.*

In view of the activity of the coumarane derivative discussed above, it was thought of interest to examine some simple furane derivatives for biological activity. However, furoic acid, furylacrylic acid, and the mono- and di-methyl esters of a methylhydroxyfurandicarboxylic acid were all completely inactive on *Avena*, both for curvature and for straight growth. A systematic search might, of course, reveal some active substances.

## DISCUSSION AND SUMMARY.

1. The substances discussed in this paper were selected on account of their possession of the unsaturated five-membered ring, fused to benzene, with an acetic sidechain. While it does not of course follow that this configuration, either fused to benzene or else with suitable alkyl substituents, is necessary for biological activity, it is at least interesting that the two substances selected both show activity, particularly in view of the large number of substances which have been tested at various times without result.

2. The *Avena* curvature technique involves a highly specialised reponse which not all growth-promoting substances may elicit. Coumaryl-1-acetic acid, while it is evidently a true growth-promoting substance, fails to produce any curvature on *Avena*; this must be *either* because its transport is not polar, i.e. it becomes spread out all over the plant and not confined to the side at which it is applied, or because its permeability is very low and consequently its transport in the tissue is too slow. Both factors, of course, may operate together. Indole-3-acetic acid, and the $C_{18}$-auxins, on the other hand, are transported in a rapid and a strictly polar manner, and thus give rise to well-developed curvatures. Indene-3-acetic acid is evidently an intermediate case.

3. The physiological experiments by which the existence of the auxins or growth hormones was proved depend for their success on the rapid and polar transport of the substances. Were the two compounds here discussed to be secreted in the plant they would act as hormones only in a very limited way, since the conception of hormone involves as an essential part the ability of the substance to be carried from the site of its manufacture to other parts of the plant, where it brings about the response. Nevertheless, these two compounds both bring about the essential response in the cells which they reach. We are thus able to separate for the first time the faculty of *being transported* from that of being simply a *stimulative substance*. The possession of the second property alone may easily escape

detection unless sought for by special methods, and it may be fairly widespread among organic compounds of certain types. It will be necessary to reexamine some of those compounds previously found to be inactive.

4. None of the effects here studied is due to *pH*. The acid effect has been carefully excluded throughout, and it is worth noting that in any such study the possibility of permeable acids having an apparent growth-promoting or other stimulative effect, due to their acid nature alone, must be as completely excluded. It is also important that none of the effects here studied can be due to interference with the transport of the growth hormones already in the plant. The tissues are as nearly as possible free from hormones, being separated from the storage and hormone-productive organs, and kept in the dark. The work of HITCHCOCK (1935) and of ZIMMERMANN and WILCOXON (1935), carried out on green, hormone-rich material in the light, is subject to objection on this score.

5. Lastly, one of the questions for which this study was undertaken is answered. Both these active substances possess all the kinds of activity previously exhibited by the known hormones. They both produce cell-elongation, root-formation, root-growth inhibition, and bud inhibition. This strongly confirms the previously expressed view that all these functions arise from one primary reaction in the cell; which physiological effect is produced depends upon the nature and position of the tissues affected. The actual primary reaction becomes, then, of greater interest than ever. It is a kind of master-reaction governing the activities of the cell.

6. The relative activities of the two substances here studied, expressed as percentage of the activity of indole-3-acetic acid, are summarised for the various effects in Table XII. The figures are approximate, but give a good idea of the difference in activity with different methods of assay.

TABLE XII.

Summary of relative activities.

Approximate activity expressed as % of that of indole-3-acetic acid.

| | By Avena curvature | By Avena straight growth | By Pisum curvature | By Pisum bud inhibition |
|---|---|---|---|---|
| Indene-3-acetic acid | 1 | 7 | 20 | 14% |
| Coumaryl-1-acetic acid | 0 | ca. 0.3 | 4 | 4% |

LITERATURE.

BONNER, J. J. Gen. Physiol., **17**, 63, 1933.
——— Protoplasma, **21**, 406, 1934.
BONNER, J. and THIMANN, K. V. J. Gen. Physiol., **18**, 649, 1935.

HITCHCOCK, A. E. Contrib. Boyce-Thompson Inst., **7**, 87, 1935.
KÖGL, F., HAAGEN-SMIT, A. J. and ERXLEBEN, H. Zeit. Physiol. Chem., **228**, 90 and 104, 1934.
KÖGL, F. and ERXLEBEN, H. Zeit. Physiol. Chem., **227**, 51, 1934.
KOSTERMANS, D. G. F. R. Dissertation, Utrecht, 1935.
REICHSTEIN, T. and REICHSTEIN, I. Helv. chim. Acta, **13**, 1275, 1930.
STRUGGER, S. Ber. deut. botan. Ges., **50**, 77, 1932.
THIELE, J. and RUDIGER, M. Annalen, **347**, 275, 1906.
THIMANN, K. V. and KOEPFLI, J. Nature, **135**, 101, 1935.
THIMANN, K. V. and SKOOG, F. Proc. Roy. Soc. (London), B, **114**, 317, 1934; Proc. Nat. Acad. Sci., **20**, 480, 1934.
THIMANN, K. V. and WENT, F. W. Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam, **37**, 456, 1934.
WENT, F. W. Proc. Kon. Akad. Amsterdam, **37**, 445 and 547, 1934.
ZIMMERMAN, P. W. and WILCOXON, F. Contrib. Boyce-Thompson Inst., **7**, 209, 1935.

---

**Embryology.** — *Gebiss- und Zahnentwicklung bei der Irisforelle (Salmo irideus). I. Unterkiefer.* Von B. VAN DER EYKEN. (Communicated by Prof. M. W. WOERDEMAN.)

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

## LITERATUR.

Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Arbeit, scheint es mir angebracht, eine Besprechung einiger Begriffe vorangehen zu lassen. Weil diese meine Untersuchungen sich denjenigen WOERDEMANs [1]) anschliessen und ich seine Nomenklatur übernommen habe, so muss ich zunächst einige von BOLK und WOERDEMAN eingeführte Begriffe erwähnen. Den Teil der Kieferschleimhaut, der Zähne aus sich entstehen lässt, bezeichnet BOLK [2]) als „Zahnfeld". Von gewissen Stellen dieses Zahnfeldes aus, entwickeln sich beim Hechte die ersten Zahnanlagen, welche nach den Untersuchungen FRIEDMANNs [3]) in die Tiefe sinken, ohne jedoch ihre Verbindung mit dem Zahnfeldepithel aufzugeben; mittels eines Zellstranges bleiben sie mit der Schleimhaut verbunden. Die Anlage der Ersatzzähne geht aus dem Epithelstrange hervor und stammt also von derselben Zahnbildungsstätte. Diese Gruppen von Epithelzellen, welche also Zahn und Ersatzzähne erzeugen, nennt BOLK „Zahnmatrices". Jeder Zahn bildet mit den zu ihm gehörenden Ersatzkeimen eine „Zahnfamilie".

Bei den Selachiern zeigen die Zahnanlagen eine bestimmte Anordnung und zwar so, dass sie in mehreren Längsreihen dem Kieferrande entlang liegen, während die einzelnen Elemente alternieren (die sogen. Quincunxstellung). Den Zahnreihen, welche dem Kiefer parallel gestellt sind, gibt BOLK den Namen „Odontostichos"; die Zahnreihen, welche senkrecht oder nahezu senkrecht zum Kieferrande gestellt sind, bezeichnet er als Zahnfamilien. Von diesen letzteren sagt BOLK [4]): „Jeder Zahn einer solchen Reihe stellt eine

---

[1]) M. W. WOERDEMAN: Beiträge zur Entwicklungsgesch. von Zähnen u. Gebiss der Rept. I—V. Archiv. f. microsc. Anat. Bd. **92**, Abt. I 1919 u. Bd. **95**, Abt. I 1921.

[2]) L. BOLK: Odontologische Studien I—III, Jena, Gustav Fisher 1913—14.

[3]) E. FRIEDMANN: Beiträge zur Zahnentw. der Knochenfische. Morph. Arb. VII. 1897.

[4]) L. BOLK: Welcher Gebissreihe gehören die Molaren an? Zeitschr. f. Morph. u. Anthropol. Bd. XVII H. 1. 1914.

Generation dieser Familie dar, jünger, je nachdem er weiter vom Kieferrande entfernt liegt. Die jüngsten Generationen der Zahnfamilien sind in einer bei den verschiedenen Selachii wechselnden Zahl, vom Operculum [1]) bedeckt. Ein Odontostichos besteht also aus einer Menge gleichaltriger Glieder von einer grossen Zahl von Zahnfamilien, ebenso wie jede Zahnfamilie an dem Aufbau einer grossen Zahl von Odontostichi beteiligt ist".

Bei seinen Untersuchungen über das Reptiliengebiss fand WOERDEMAN, dass hier eine Entwicklung des Gebisses in mesio-distaler Richtung vorliegt und in Bezug hierauf sagt er (Beitrag II): „Um aber der mesio-distalen Entwicklungsrichtung des Gebisses Rechnung zu tragen, muss BOLKs Definition: „Ein Odontostichos besteht also aus einer Menge gleichalteriger Glieder von einer grossen Zahl von Zahnfamilien" in folgender Weise abgeändert werden: „Ein Odontostichos besteht aus den gleichnamigen Gliedern einer grossen Zahl von Zahnfamilien". WOERDEMAN selber fasst diese „Abänderung" von BOLKs Definition also als eine kleine Korrektion auf, ohne dass dadurch der Begriff „Odontostichos" wesentlich verändert wird. ADRIANA VORSTMAN jedoch ist der Meinung, dass der Stichos WOERDEMANs von demjenigen BOLKs grundverschieden ist.

Wie gesagt, entwickelt sich das Reptiliengebiss in mesio-distaler Richtung, die mesialen Zähne sind also die ältesten und werden zuerst ersetzt. „Der Zahnersatz greift nun in der Weise statt, dass das ganze Zahnfeld allmählich — wie von HERTWIG sehr treffend ausgedrückt wird — um den Kieferrand wie herumgewalzt wird". (BOLK) Hierbei ist aber zu bedenken, dass die Matrixzellen selbst auf ihrer Stelle bleiben, um ständig neue Keime anzulegen. Die Ersatzzähne, welche jetzt in Funktion treten, schieben also nach dem Kieferrande zu und dies geschieht zuerst im mesialen Teile des Kiefers. Nach einiger Zeit haben sich dadurch die Verhältnisse so geändert, dass die Odontostichi nicht mehr dem Kieferrande parallel laufen, sondern von distal und lingual nach mesial und labial älter werdend, am Kieferrande aufhören, weil der mesiale Teil des Stichos schon verschwunden ist. Diesem Kieferrande entlang finden sich jetzt Elemente, welche gleichalterig sind, aber zu verschiedenen Odontostichi (WOERDEMANs) gehören. VORSTMAN nun meint, dass BOLK mit seinem Odontostichos die Reihe dieser Elemente gemeint hat. (Siehe das Schema [Fig. 1], das der Arbeit VORSTMANs [2]) entnommen ist und in welchem die auf einander folgenden Zähne ○ ⊙·· die Stichi WOERDEMANs darstellen, während die dem Kieferrande entlang stehenden ○○○ den angeblichen Stichos BOLKs darstellen sollen). In der Tat entsprechen diese Elemente der „Definition", welche BOLK gegeben hat, weil sie „eine Menge gleichalteriger Glieder von einer grossen Zahl von Zahnfamilien" darstellen. Hat BOLK aber wirklich mit seinem Begriffe Odontostichos diese Reihe von Zähnen gemeint? Ich glaube nicht. Mit seiner Äusserung hat BOLK, wie auch wohl aus dem Zitierten hervorgeht, überhaupt keine Definition zu geben versucht. Seite 109 sagt er: „bei den Säugern schliesslich funktioniert nur ein einziger Odontostichos, es werden jedoch in den meisten Fällen zwei angelegt, welche sukzessive funktionieren,....." Est ist klar, dass der Begriff Odontostichos in dieser Äusserung nicht mit der Definition übereinstimmt, weil das funktionierende Gebiss der Säuger gar nicht aus gleichalterigen Elementen besteht. Ich glaube darum, dass wir irren, wenn wir BOLKs „Definition" anders als eine unglücklich formulierte, ja sogar unrichtige Äusserung auffassen. Meiner Ansicht nach hat BOLK mit seinem Begriffe Odontostichos dieselbe Zahnreihe gemeint wie WOERDEMAN und die Abänderung, welche letzterer Untersucher in der Definition angebracht hat, muss darum nur als Korrektion aufgefasst werden.

Dass VORSTMAN in ihrer Arbeit auch den Begriff „Odontostichos (WOERDEMAN)" wiederholt unrichtig anwendet, geht aus verschiedenen ihrer Figuren hervor; so soll z.B. ihre Fig. 13*a* (S. 17) die Deutung der Fig. 13 wiedergeben. Sie verbindet hier benachbarte Zähne zu einem Odontostichos, während aus der Arbeit WOERDEMANs

---

[1]) Eine Schleimhautfalte, welche bei den Selachiern in linguo-labialer Richtung über das Zahnfeld wächst.

[2]) A. G. VORSTMAN: Über die Anordnung u. die Entw. der Zähne bei Teleostiern. Verhandl. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, 1922.

deutlich hervorgeht, dass ein Odontostichos nur aus Elementen von geraden, oder von ungeraden Zahnfamilien zusammengesetzt sein kann, weil das Gebiss aus zwei Reihen von Matrices entsteht, deren Elemente alternieren (vergl. z.B. Beitrag II, Fig. 5, S. 195).

Von weiterer Kritik an der Arbeit VORSTMANs werde ich mich enthalten, weil darin die Begriffe „Odontostichos" nach BOLK und WOERDEMAN m.E. unrichtig verwendet werden.

Es ist jetzt wohl genügend betont worden, dass die Begriffe „Odontostichos (BOLK)" und „Odontostichos (WOERDEMAN)" dieselben Zahnreihen wiedergeben wollen, so dass in der Folge die Angabe „Odontostichos" an sich genügt.

## UNTERKIEFER.

Alle Präparate wurden in Serien frontaler Schnitte von 10 $\mu$ zerlegt, ausser dem Präparate 49, das horizontal geschnitten wurde.

Für meine Untersuchungen über die Gebissanlage habe ich von den frontal geschnittenen Präparaten mittels eines Zeichenspiegels graphische Rekonstruktionen hergestellt, welche die Verhältnisse in Aufsicht darstellen.

Bei der Larve *E*, noch vor dem Ausschlüpfen, sind im Unterkiefer links und rechts je drei Zahnkeime vorhanden.

Die meist mesial gelegene Anlage ist winzig klein und deutlich jünger als die meist distal gelegene, die eine gut ausgeprägte Papillenform zeigt. Der mittlere Zahn ist in Entwicklung am meisten fortgeschritten und ist auf mehrere Schnitte zu verfolgen. Dieser Zahn hat sich offenbar zuerst angelegt, danach der distale und zuletzt der mesiale Keim.

Diese Larve war sehr schief geschnitten und zwar so, dass die Zähne der linken Kieferhälfte eher getroffen wurden als die der andern Seite. Durch den leicht konvex gewölbten Verlauf der Unterkieferränder wurden der erste und zweite Keim links ungefähr gleichzeitig angeschnitten, wonach der dritte erst mehrere Schnitte weiter getroffen wurde, während die Anlagen rechts ungefähr gleichgrosse Zwischenräume aufwiesen. Weil ausserdem nichts von einer Alternation der drei Keime zu sehen ist, so nehme ich an, dass sie zur selben Zahnreihe gehören und so gedeutet werden müssen wie schematisch in der Fig. 2*a* angegeben ist.

Stadium *F* (7 Tage nach dem Ausschlüpfen) zeigt an beiden Seiten vier Zähne, welche links und rechts je gleichen Alters sind; also eine schön symmetrische Gebissentwicklung.

Der meist mesial gelegene Keim ist schon in einem weiter fortgeschrittenen Papillenstadium, weist aber noch keine Spur von Dentin auf. Elf Schnitte weiter distalwärts finden wir einen grossen Zahnkeim, in welchem schon deutlich eine Dentinscherbe zu sehen ist und der also älter als sein schon erwähnter Nachbar sein muss. Der Zahn, den wir wieder ungefähr vierzehn Schnitte weiter finden, ist auch kräftig entwickelt, zeigt aber noch nicht deutlich Dentin, ist also etwas jünger als der vorangehende. Der meist distale Zahnkeim, der nach etwa zwölf Schnitten folgt, ist wieder etwas jünger, ist aber doch etwas kräftiger entwickelt, als der meist mesial gelegene.

Die Zähne dieses Stadiums gehören deutlich zu einem Stichos und haben sich in einer mesio-distalen Reihenfolge angelegt, wonach sich der meist mesiale Keim als vierte Anlage vor den drei andern entwickelt hat. [Fig. 2*a*; vergl. auch Fig. 4.]

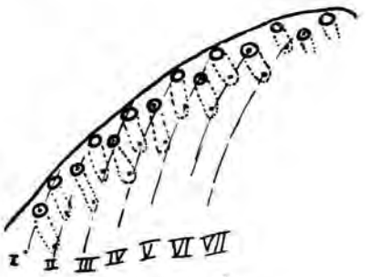



Fig. 1.

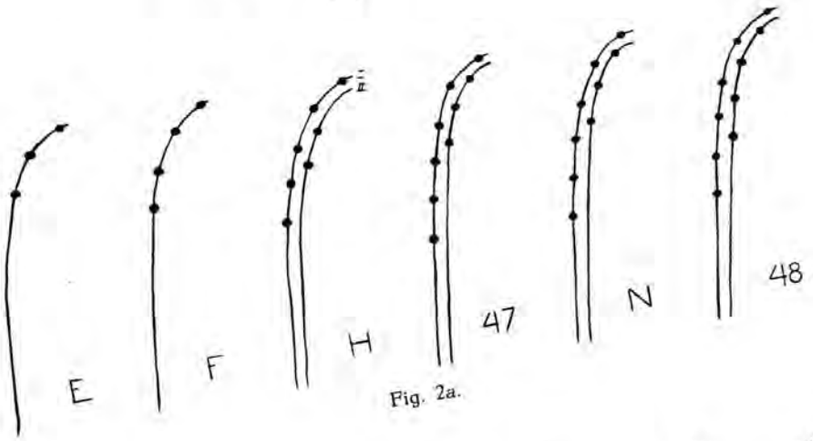



Fig. 2a.

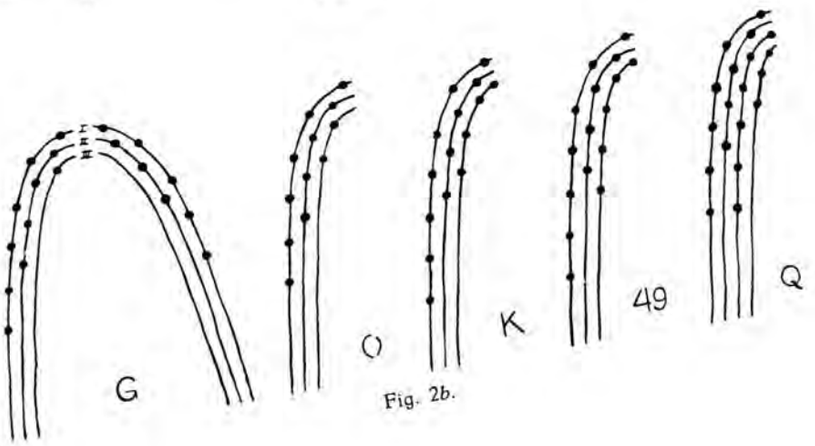



Fig. 2b.

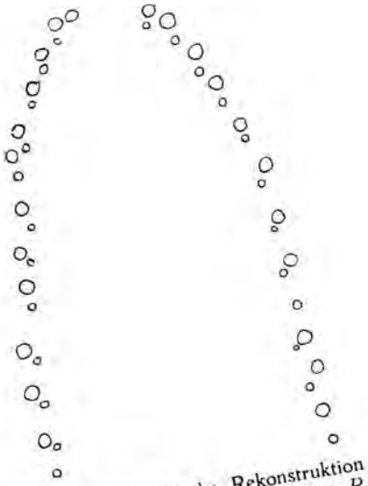


Fig. 2c. Graphische Rekonstruktion des Unterkiefergebisses der Larve *R*.

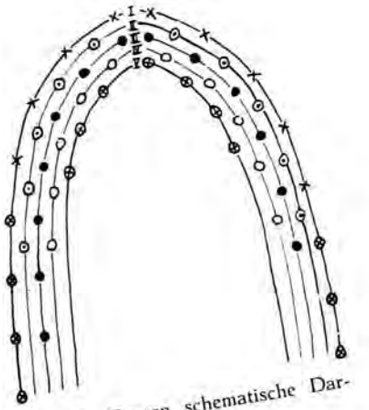



Fig. 2d. Dessen schematische Darstellung.

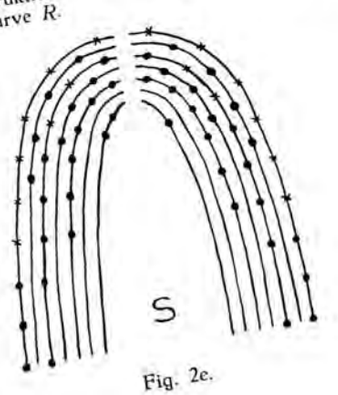



Fig. 2e.

Fig. 3. Vergr. ± 60 ×. Horizontalschnitt durch den Unterkiefer (Präp. 49). Rechts oben ein Teil des Zwischenkiefers.

Fig. 4.

Beträchtliche Fortschritte in der Entwicklung des Unterkiefergebisses finden wir im Stadium *H*. (20 T. n. d. Ausschl.) Hier sind beiderseits sieben Anlagen vorhanden.

Wenn ich den meist mesialen Zahn wieder den ersten nenne und distalwärts weiter zähle, so kann ich sagen, dass dieser erste Keim schon eine Dentinscherbe aufweist, aber bestimmt jünger ist, als der zweite, der mit einem dicken Dentinmantel versehen ist. Die dritte Anlage dagegen ist wieder viel jünger, hat gar kein Dentin und ist nur auf vier Schnitte zu verfolgen, während der vorangehende Zahn auf sieben Schnitten getroffen war. Der vierte Zahnkeim ist wieder gross und dentinreich, aber gegenüber dem zweiten etwas in Entwicklung zurück; er ist auch nur in sechs Schnitten getroffen. Die nächstfolgende Anlage ist ein Papillenstadium, das nur auf einem einzigen Schnitte zu sehen ist und also ein sehr junges Stadium der Zahnentwicklung darstellt. Der sechste Zahn hat wieder eine beträchtliche Grösse und zeigt deutlich Dentin, obwohl nicht so reichlich wie der vierte. Der meist distale Zahnkeim schliesslich ist eine grosse Papille, ohne Dentin, die in zwei Schnitten sichtbar ist.

Die Elemente des Gebisses in diesem Stadium *H* haben sich also in scheinbar willkürlicher Reihenfolge angelegt und eine Deutung dieses Stadiums wäre sehr schwierig, wenn nicht unsere graphische Rekonstruktion imstande wäre nähere Auskünfte zu geben. Wenn wir nämlich die Abstände der aufeinanderfolgenden Anlagen in Schnittzahlen messen, so finden wir Zwischenräume von bez. 13, 9, 9, 9, 8, und 12 Schnitten. Sofort auffallend sind die relativ grossen Abstände, welche den ersten Zahn vom zweiten und den sechsten vom letzten trennen. Ich glaube mich nicht zu irren, wenn ich darum den ersten, zweiten, vierten, sechsten und siebenten Zahn zum ersten Odontostichos rechne, in welchen sich die dritte und fünfte Anlage, als Elemente der zweiten Zahnreihe, eingeschoben haben.

Da der zweite Keim [O I 2] [1]) 18 Schnitte vom vierten [O I 3] und dieser 17 Schnitte vom sechsten [O I 4] entfernt ist, so wäre zu erwarten, dass auch die Abstände zwischen dem ersten Zahn [O I 1] und dem zweiten [O I 2] und gleichfalls zwischen dem sechsten [O I 4] und dem siebenten [O I 5] ungefähr 17 oder 18 Schnitte betragen würden. Dass das erste Intervall nicht mehr als 13 Schnitte beträgt, ist wohl so zu erklären, dass das meist mesial gelegene Element der zweiten Zahnreihe, das sich zwischen O I 1 und O I 2 anlegen wird, wie wir in den nächstfolgenden Stadien sehen werden, sich nur auf kurzem Abstand vor diesem O I 2 entwickelt. Der Zwischenraum zwischen O I 1 und O II 1 ist dann ebenso gross wie zwischen zwei willkürlichen benachbarten Zähnen der beiden Reihen; der Abstand zwischen O II 1 und O I 2 ist verkürzt; der totale Zwischenraum zwischen O I 1 und O I 2 ist also geringer.

Das letzte jeweilige Element der ersten Reihe entwickelt sich gewöhnlich in schwankenden Abständen zum vorangehenden, meistens näher dabei als zu erwarten wäre, wie auch in diesem Stadium der Fall ist.

Dieses Präparat wurde sehr schief geschnitten und zwar so, dass die Zähne der rechten Kieferhälfte wie zusammengedrängt erscheinen, während die Elemente der linken Seite sich anscheinend in einer längeren Linie gedehnt haben. Dieser Fehler in der Technik ist wohl die Ursache, dass an der rechten Seite die beiden Anlagen der zweiten Reihe deutlich lingualwärts einspringen, so dass ein Alternieren der Elemente der beiden Stichi sofort auffällt und die Zähne die sogen. Quincunx-Stellung zeigen, welche links weniger ausgeprägt erscheint, obwohl sie auch hier sichtbar ist.

Wie aus der Fig. 2a hervorgeht, muss dieses Stadium *H* also so inter-

---

[1]) Unter O I 2 u. O I 3 ist zu verstehen das zweite bez. dritte Element des ersten Odontostichos wobei von mesial ab gerechnet wird. Über die Reihenfolge der Anlage wird dadurch nichts gesagt. Ebenso bezeichnet O II 1: den ersten Zahn der zweiten Reihe u.s.w.

pretiert werden, dass die Elemente des ersten Odontostichos sich wieder in mesio-distaler Reihenfolge angelegt haben und dass O I 1 sich als vierte Anlage dieser Reihe vor den andern entwickelt hat; dass weiter zwei Elemente der zweiten Zahnreihe sich angelegt haben und sich zwischen O I 2 u. O I 3, bez. O I 3 u. O I 4 geschoben haben.

Das Larvenstadium, das als **47** (12 T. n. d. Ausschl. 16 mm totale Länge) bezeichnet ist, enthält links und rechts je neun Zahnanlagen. Auch hier kann man die Elemente zweier Reihen unterscheiden, welche leicht alternieren, weil die Keime der zweiten Reihe etwas lingualwärts einspringen.

O II 1 hat sich auch angelegt und zwar, wie schon kurz hervorgehoben wurde, auf geringer Entfernung und etwas lingualwärts von O I 2, so dass in demselben Schnitt, wo man O II 1 zum letzten Male trifft, gerade labialwärts davon und etwas tiefer gelegen O I 2 im Bilde erscheint. Auch in diesem Stadium ist O I 1 jünger als O I 4 und älter als O I 5, hat sich also als vierte Anlage an die Spitze der ersten Reihe gestellt. O I 1—4 haben alle Dentin; O I 5 ist eine grosse Papille ohne Dentin; O I 6 ist nur eine winzige Papille. O II 2 ist die älteste Anlage der zweiten Reihe und zeigt eine dicke Dentinscherbe. O II 1 und O II 3 sind ungefähr gleichalterig und müssen sich also zur gleichen Zeit angelegt haben; sie sind grosse Papillen und haben kein Dentin. [s. Fig. 2*a*].

Stadium *N* (4 T. n. d. Ausschl. 19 mm totale Länge) ist genau eben so alt wie 47. Auch hier sind sechs Zahnanlagen der ersten Reihe vorhanden und drei der zweiten Reihe.

O I 1 hat sich auch in diesem Stadium als vierte Anlage angelegt. O I 5 zeigt schon ein wenig Dentin, während O I 6 sich noch in einem frühen Papillenstadium befindet. O II 2 ist wieder der älteste Vertreter des zweiten Stichos, O II 1 ist der jüngste.

Im Schema sieht dieses Stadium aus wie Fig. 2*a* zeigt.

Im Stadium **48** (20 T.; 15 mm.) [Fig. 2*a*] ist die Gebissentwicklung wieder ein wenig weiter fortgeschritten.

Es hat sich hier O II 4 angelegt, obwohl dieser Keim noch winzig klein ist und nur von einer kleinen Papille und einigen angehäuften Bindegewebszellen dargestellt wird. O I 5 enthält deutlich Dentin; O I 6 ist als eine kräftig entwickelte Papille vorhanden.

Die Quincunx-Stellung der beiden Reihen ist deutlich ersichtlich in der Rekonstruktion, obwohl wenig ausgeprägt; die jüngsten Elemente der zweiten Reihe springen noch am meisten lingualwärts ein. Es ist also eine Neigung der Zähne dieses Stichos vorhanden sich allmählich zwischen die der ersten Reihe zu schieben. Bei der Betrachtung der Rekonstruktion springt sofort wieder die typische Lage des O II 1 bezüglich des O I 2 ins Auge.

Bei der Forelle G (12 T) weisen die Kieferhälften einige Differenzen in der Zahnentwicklung auf; so sind links elf, rechts nur acht Zahnkeime angelegt.

An der linken Seite sind sechs Elemente der ersten Zahnreihe vorhanden, welche alle, ausser O I 6, schon einen Dentinmantel besitzen. Der zweite Stichos hat in diesem Stadium vier Vertreter, von denen O II 1 der jüngste ist, obwohl er mit O II 4 in Entwicklung nur

wenig differiert; beide zeigen die Papillenform, sie müssen sich also nahezu gleichzeitig angelegt haben. O II 1 ist wieder nahe bei O I 2 gelegen. Eine neue Erscheinung ist eine winzig kleine Papille, welche lingual- und distalwärts von O I 2 zu finden ist; diese ist der erste Ersatzzahn, wie aus dem sehr deutlichen Epithelverband mit O I 2 hervorgeht, und also der erste Vertreter der dritten Zahnreihe. Dass O I 2 zuerst einen Ersatzzahn bekommt, war zu erwarten, ist O I 2 doch das älteste Element seiner Reihe, während O I 1 sich auch in diesem Präparate wieder jünger erweist als O I 2 und O I 3. Wie schon erwähnt, ist die rechte Kieferhälfte etwas in Entwicklung zurückgeblieben; hier ist O I 5 der meist distalwärts gelegene Zahnkeim, ist also der erste Stichos weniger weit fortgeschritten als in der linken Kieferhälfte. Auch vermissen wir den O II 4 der noch nicht die Lücke zwischen O I 4 und O I 5 ausfüllt. Auf dieser Seite ist auch noch keine Spur von einem Ersatzzahn nachzuweisen. [Fig. 2*b*.]

An dieses Stadium schön anschliessend, hat sich das Gebiss der Larve O (7 T.; 21.5 mm) wieder eine Stufe weiter entwickelt.

Hier sind nämlich zwei Ersatzzähne vorhanden und zwar O III 2 und O III 3, welche schon kräftig entwickelt sind, aber noch kein Dentin besitzen. Durch eine leichte Beschädigung des Präparates ist schwer zu entscheiden, welcher der beiden Ersatzkeime der ältere ist; zu erwarten ist aber, dass O III 2 sich zuerst angelegt hat. Bei genauer Betrachtung ist auch schon bei O I 4 eine Andeutung eines Ersatzzahnes zu beobachten; wir sehen nämlich, dass die Zellen des äusseren Schmelzepithels zur lingualen Seite sich etwas in die Länge dehnen und dass schon einige Bindegewebszellen sich anzuhäufen beginnen. Die Elemente der ersten Zahnreihe legten sich wieder in derselben Reihenfolge an, wie in den vorangehenden Stadien; O II, von dem vier Vertreter vorhanden sind, entwickelte sich derartig, dass O II 1 sich als dritter Keim anlegte, O II 2 als erster, O II 3 als zweiter, wonach sich O II 4 distalwärts der Reihe anschloss. Dieses letzte Zähnchen ist zwar schon gut entwickelt, hat aber noch kein Dentin. [Fig. 2*b*] Auffallend ist auch in diesem Stadium der geringe Zwischenraum zwischen O II 1 und O I 2.

Das Präparat *K* (35 T.) bietet in der Rekonstruktion wieder ein ganz regelmässiges und leicht zu deutendes Bild. Beiderseits sind fünfzehn Unterkieferzähne angelegt, von denen sieben zur ersten Reihe gehören.

Die ältesten Keime haben sich zu grossen, mit kräftigen Dentinmänteln versehenen, Zähnen entwickelt und sind schon fest mit dem Unterkieferknochen verwachsen. Auch O I 6 zeigt eine Dentinscherbe; O I 7 dagegen hat sich gerade erst angelegt und ist eine kleine Papille. Die vier Elemente des zweiten Stichos haben alle Dentin, der zuletzt entstandene O II 4 natürlich am spärlichsten. O II 2 ist der in Entwicklung am weitesten fortgeschrittene Keim dieser Reihe, O II 3 ist der zweitälteste. O II 1 hat sich als Nummer drei angelegt. In diesem Falle finden wir also, wie wir schon wiederholt gesehen haben, dass das meist mesial gelegene Element des O II sich als drittältester Keim der Reihe anlegt.

Mit der immer weiter fortschreitenden Entwicklung und massenhafteren Dentinbildung lässt sich selbstverständlich immer schwerer sagen, in welcher Reihenfolge sich die Glieder des O I angelegt haben. Doch ist bei der Larve *K* wohl noch zu sehen, dass der Entwicklungsgrad des O I 1 zwischen dem des O I 4 und O I 5 gelegen ist. Auch hier liegt eine deutlich mesio-distalwärts fortschreitende Entwicklung der Zähne vor, mit Ausnahme des O I 1, der sich als vierter mesial vor den anderen anlegte. Ein besseres Kriterium für die Altersbestimmung liefern die Ersatzzähne, von denen in diesem Stadium vier vorhanden sind und welche zu den vier meist mesialen Zähne der ersten Reihe gehören. Der älteste Ersatzzahn hat schon deutlich ein Dentinscherbchen und gehört zu O I 2. O I 3 hat einen Ersatzzahn, in welchem kaum Dentin zu erkennen ist und der also etwas jünger sein muss. Noch jünger ist das Zähnchen, das später O I 4 ersetzen wird;

hier ist keine Spur von Dentin vorhanden, obwohl eine gut entwickelte und schön geformte Papille vorliegt. O I 1 hat in diesem Stadium auch ein Ersatzzähnchen, das aber noch sehr jung ist und von einer winzig kleinen Papille dargestellt wird. [Fig. 2*b*.]

Wir sehen also, dass die Ersatzzähne sich genau in derselben Reihenfolge anlegen wie die Elemente, welche zu ersetzen sie bestimmt sind, und dass die dritte Zahnreihe gewissermassen eine Wiederholung der ersten ist.

Das horizontal geschnittene Präparat **49** (ung. 35 T.; 23 mm.) bietet viel Interessantes dar. [Fig. 2*b*.] Es sind sieben Elemente der ersten Zahnreihe vorhanden, von denen fünf mächtige Dentinmäntel besitzen, die in den horizontalen Schnitten als hellbraune Ringe sichtbar sind.

In O I 6 ist auch schon etwas Dentin vorhanden, während der siebente Keim dieses Stichos hierfür noch zu jung ist. Die fünf mesial liegenden Zähne des O I haben sämtlich Ersatzzähne, welche lingual- und distalwärts von ihren Vorgängern liegen und zusammen mit ihnen in der äusseren Schmelzepithelschicht eingeschlossen erscheinen. In den horizontalen Schnitten lässt sich nichts Sicheres über das Alter der Elemente der ersten Reihe sagen; der Ersatzzahn O III 1 aber ist deutlich jünger als O III 2 und O III 3 und muss sich ungefähr zur gleichen Zeit wie O III 4 angelegt haben, weil er nahezu denselben Entwicklungsgrad erreicht hat als dieses Zähnchen. O III 2 und O III 3 haben sehr reichlich Dentin; O III 1 und O III 4 sind noch völlig dentinlos, ebenso wie O III 5, der winzig klein ist und nur in einem Schnitt sichtbar ist. Die vier Elemente der zweiten Reihe alternieren sehr schön mit denen der ersten und dritten. Sie haben schon sämtlich Dentin, O II 4 am spärlichsten, weil dieser der jüngste ist. Typisch ist es, dass die drei ersten Vertreter der zweiten Reihe eine deutliche Neigung zur Ersatzzahnbildung zeigen, weil nämlich die äussere Schmelzepithelschicht sich lingual- und distalwärts ausgebuchtet hat und deren Zellen hier eine höhere Gestalt angenommen haben.

Fig. 3 ist eine Photographie eines Schnittes der rechten Unterkieferhälfte und gibt ein gutes Bild von der Regelmässigkeit der Gebissanlage in diesem Mundteile. Auffallend ist die deutlich ausgeprägte Quincunx-Stellung der Zähne der verschiedenen Zahnreihen. Von einer abweichenden Lage des O II 1 bezüglich des O I 2 ist hier nicht mehr die Rede, ebensowenig wie in den Stadien, welche wir noch zu besprechen haben.

Die Fig. 2*b* zeigt auch noch schematisch die Gebisskonstruktion der Larve Q (15 T.; 21 mm.) und wir ersehen daraus, dass alle sechs Zähne der ersten Reihe mit Ersatzzähnchen versehen sind, welche schon sämtlich Dentin besitzen. Auch die drei mesialen Elemente des O II haben, wie wir jetzt zum ersten Male finden, Ersatzzähne bekommen. Wir werden uns keine Mühe mehr geben die Reihenfolge des Entstehens der Glieder der ersten zwei Stichi zu bestimmen, weil die Differenzen in der Entwicklung mehr oder weniger ausgeglichen sind und wir werden uns auf die Altersbestimmung der Keime des dritten und vierten Stichos beschränken:

O III 2 ist das älteste Element seiner Reihe auf welches distalwärts allmählich jünger werdende Zähnchen folgen. Das Alter des O III 1, also des meist mesial gelegenen Ersatzzahnes, ist nicht leicht zu bestimmen, weil dieser quer getroffen wurde und dadurch schwer mit den andern longitudinal angeschnittenen Keimen zu vergleichen ist. Seine Dentinmasse erscheint mir annähernd gleich mächtig entwickelt zu sein wie die des

O III 4 oder O III 5; möglicherweise hat sich also O III 1 als viertes Element seiner Reihe angelegt. Alle Zähnchen des dritten Stichos zeigen hier schon einen Dentinmantel. Mit grosser Genauigkeit dagegen ist die Reihenfolge des Entstehens der Elemente, welche zur vierten Zahnreihe gerechnet werden müssen, zu bestimmen. O IV 1 hat sich gerade angelegt und ist im Stadium, das von WOERDEMAN, wegen der Ähnlichkeit mit einer Geschmacksknospe, Gemma-Stadium genannt wurde. Die Epithelzellen, welche später zur inneren Schmelzepithelschicht werden sollen, haben sich beträchtlich in die Länge gedehnt, von der Mitte aus nach der Seite der Anlage allmählich niedriger werdend. Von einer Bindegewebsanhäufung, als Anfang der Zahnpulpa-Bildung, ist noch nichts zu entdecken. O IV 2 ist eine weit entwickelte Papille, welche schon eine Dentinscherbe besitzt, während im O IV 3 die Odontoblasten gerade mit der Dentinformung angefangen haben. Zweifellos haben diese Ersatzzähnchen sich also in der Reihenfolge O IV 2, O IV 3, O IV 1 angelegt. Von O IV 4 ist noch keine deutliche Anlage nachzuweisen.

Die alternierende Lage der zuerst geformten Zähne ist nur wenig ausgeprägt, wenn wir aber die Ersatzzähne der aufeinanderfolgenden Zahnreihen betrachten, so springt die Quincunx-Stellung dieser Zähne sofort ins Auge.

Die Bezahnung der Forelle *R* (28 T.; 24 mm.) weist in den Unterkieferhälften einige Differenzen auf, was unter Berücksichtigung der immer fortschreitenden Gebissentwicklung kaum verwundern kann [Fig. 2*c* u. 2*d*.]

Wenn wir uns zuerst zum linken Kieferteil wenden, so fällt uns zunächst auf, dass die mesialen Elemente der Reihe, die sich, gerechnet nach dem meist mesialen Zahne, als erste Reihe darbietet, jünger sind, als ihre Nachbarn der zweiten Reihe, während diese sich doch beträchtlich später angelegt haben. Der meist mesial gelegene Zahn hat nicht einmal einen Ersatzkeim. Wenn wir den scheinbaren „ersten Stichos" weiter verfolgen, so finden wir, dass sein viertes Element eine winzig kleine Ersatzzahnanlage hat, während der folgende fünfte Zahn mächtig gross entwickelt ist und einen sehr grossen, reichlich mit Dentin versehenen, Ersatzzahn besitzt. Das darauf folgende Element des scheinbaren „O I" ist zwar etwas jünger, aber doch kräftig entwickelt und hat einen grossen, dentinreichen, Ersatzkeim. Auch der Ersatzzahn des scheinbaren „O I 7" hat schon Dentin, nur die achte Anlage zeigt noch gar keinen Nachfolger. Wie ist es nun zu erklären, dass wir bei einer, mit Ausnahme des meist mesialen Zahnes, in genau mesio-distaler Richtung fortschreitenden Gebissentwicklung, auf einmal bei der fünften Zahnanlage auf ein älteres Element stossen? Die auf der Hand liegende Erklärung dieses Phänomens ist diese, dass die vier mesialen Zähne des scheinbaren „O I" nicht zur ersten, sondern zur dritten Reihe gehören und die vorangehenden Glieder ihrer Zahnfamilie schon ersetzt haben. Nicht nachzuweisen, wohl aber zu erwarten war es, dass O I 2, als ältester Zahn, zunächst ausgefallen und O I 1 als vierter ersetzt worden ist. Ganz in Übereinstimmung hiermit ist die Tatsache, dass O V 2, O V 3 und O V 4 sich offenbar in derselben Reihenfolge angelegt haben und dass O V 1 noch gar nicht vorhanden ist. Die zweite Zahnreihe, von der hier fünf Vertreter vorhanden sind, zeigt genau dieselben Verhältnisse, wie in den vorangehenden Stadien; hier sind also noch keine Elemente verloren gegangen. Alle Zähne dieses Stichos besitzen Ersatzkeime, welche, nach deren Alter zu urteilen, sich wieder in mesio-distaler Reihenfolge angelegt haben, mit Ausnahme des O IV 1, der sich als drittes Element mesial von den andern entwickelt hat.

Die rechte Kieferhälfte weicht nur in sofern von der linken ab, dass sich rechts auch O V 1 als winzig kleine Papille angelegt hat und ungefähr gleichalterig ist wie O V 4. Auf dieser Seite ist auch schon O I 5 von O III 5 ersetzt worden; von O V 5 ist aber noch keine Spur vorhanden. Auch vermissen wir rechts den O III 7, der offenbar in Entwicklung zurückgeblieben ist.

In Fig. 2*d* habe ich schematisch wiedergegeben, wie m.E. das Gebiss von Stadium *R* im Unterkiefer zusammengesetzt ist. Die Elemente der verschiedenen Reihen sind auf verschiedener Weise angegeben. In Fig. 2*c* sieht man, wie der Zustand in Wirklichkeit war; die laterale Zahnreihe besteht also aus Elementen von 2 Odontostichi. Aus dieser Figur geht deutlich hervor, dass man aus der graphischen Rekonstruktion allein keine Schlüsse ziehen kann, sondern dass man dazu auch die Schnitte selbst vergleichen muss um über den Bau des Gebisses klar zu werden.

Im Präparate *S* (40 T.; 23 mm.) liegen wieder kompliziertere Verhältnisse vor [Fig. 2*e*.] Die Zähne haben fast alle einen Ersatzzahn.

Wenn wir mit der Untersuchung der vier Elemente des zweiten Odontostichos anfangen, so finden wir, dass hier noch keine Zähne verloren gegangen sind. Die drei mesialen Zähne dieser Reihe haben Ersatzkeime, von denen sich der meist mesiale als Nummer drei angelegt hat. O II 4 hat noch keinen Ersatzzahn. Die Verhältnisse in den Reihen O II und O IV sind also ganz einfach. Wenden wir uns jetzt den ungerade numerierten Zahnreihen zu, so sehen wir, dass eine ununterbrochen fortlaufende Reihe von dem Ersatzzahn des ersten Elementes, den ältesten Gliedern der dritten u. fünften Zahnfamilie von mesial gerechnet, und den Ersatzzähnen der siebenten, neunten und zehnten Elemente, ebenfalls von mesial gerechnet, gebildet wird. Diese Zähne müssen zum O V gehören und zeigen, nach ihrem Alter zu urteilen, dieselbe Reihenfolge des Entstehens, wie wir bisher regelmässig in jedem Präparate gefunden haben. O III 1, O III 4, O III 5, und O III 6 sind im Präparate noch vorhanden. Der zuletzt genannte besitzt einen Ersatzzahn, der gerade angelegt ist und kein Dentin zeigt. Das Element, das distalwärts folgt, ist älter und hat einen Ersatzkeim der reichlich mit Dentin ausgerüstet ist; sie gehören also zu einer älteren Zahnreihe und können als O I 7 bez. O III 7 klassifiziert werden. Auf O I 7 folgen noch O I 8 und O I 9.

Das älteste Element der fünften Zahnreihe, O V 2 hat ein Ersatzzähnchen, das eine Papillenform zeigt und ein deutliches Dentinscherbchen besitzt. Auch neben O V 3 ist ein Ersatzkeimchen vorhanden, das aber nur winzig klein ist und keine Spur von Dentin zeigt. Diese zwei Anlagen sind also die ersten Elemente der siebenten Zahnreihe, (die sechste, zu der die Ersatzzähne des O IV gehören müssen, hat sich noch nicht angelegt) und wir sehen, dass die Keime sich immer noch in derselben Reihenfolge entwickeln. Vom O I sind, wie aus dem Schema hervorgeht, sechs Elemente ausgestossen und ersetzt worden; vom O III sind nur O III 2 und O III 3 verloren gegangen. Eine Unregelmässigkeit in der Gebissanlage finden wir am distalen Ende, wo O I 9 schon einen dentinhaltigen Ersatzkeim besitzt, während der Ersatzzahn des O I 8 ganz fehlt. Auf der rechten Kieferhälfte finden wir ausserdem, dass sich hier O VII 2 noch nicht entwickelt hat, während O VII 3 schon als kleine Papille vorhanden ist. Die Zahnfamilie, von der O I 3 der Stammvater ist, hat offenbar die Entwicklung bis zur vierten Generation ein wenig schneller durchlaufen als die des O I 2.

Das letzte Präparat *L*, das zu meiner Verfügung stand, war nach der Angabe eine ungefähr 30 mm lange Forelle, während das nächst kürzere Exemplar meiner Serie 24 mm lang war [*R*]. Obwohl die Länge des Tieres kein Massstab für die Entwicklung des Gebisses bilden kann, so ist es doch selbstverständlich, dass hier eine grosse Lücke vorhanden ist und *L* nicht schön an das zuletzt besprochene Stadium anschliesst.

Im mesialen Teil des Unterkiefers sind die Zähne jetzt durch die Schleimhaut durchgebrochen und in Funktion getreten. Alle Zähne haben einen einzigen Ersatzzahn, ausser

einer Familie auf der rechten Seite welche drei Generationen aufweist. Mehrere Zähne zeigen schon deutlich Zeichen der Resorption, an andern Stellen finden wir relativ junge Zähnchen, welche gerade ihre Vorgänger ersetzt haben; auch sehen wir an einer Stelle eine abgelöste Zahnspitze in der Schleimhaut liegen. Dies sind alles Zeichen des intensiven Zahnwechsels, dessen Anfang sich in den vorangehenden Präparaten leicht zeigen liess.

Von diesem Stadium ein Schema zu geben wäre vielleicht noch möglich, weil das Ergebnis aber zu spekulativ ausfallen und die Beweiskraft der Schemata der schön aufeinander folgenden Entwicklungsstadien beeinträchtigen würde, so unterlasse ich die Deutung dieser Rekonstruktion.

## SCHLÜSSE:

Die Zähne des Unterkiefergebisses entwickeln sich in Zahnreihen, welche sich in labio-lingualer Richtung anlegen (Odontostichi). Die Elemente eines Stichos entstehen in einer von mesial nach distal fortschreitenden Reihenfolge. Nur der meist mesiale Zahn des ersten, dritten, u.s.w. Stichos legt sich ungefähr als vierter Keim an, derjenige der zweiten, vierten, u.s.w. Reihe entsteht ungefähr als dritte Anlage. Die Elemente der dritten Zahnreihe stehen mit den übereinstimmenden Zähnen der ersten deutlich in Epithelverband und ersetzen die Zähne dieser ersten Zahnreihe, während diejenigen der vierten Reihe in demselben Verhältnis zu denjenigen des zweiten Stichos stehen u.s.w. Die Zähne der aufeinander folgenden Stichi zeigen eine deutliche Alternation, worauf die Einteilung in Odontostichi beruht.

Fig. 4 zeigt noch einmal schematisch, in welcher Reihenfolge sich die Elemente der ersten vier Zahnreihen anlegen.

In folgenden Mitteilungen wird die Entwicklung andrer Gebissabschnitte beschrieben.

---

**Neurology.** — *An anatomical study in familial olivo-ponto-cerebellar hypoplasia in cats.* By KNOX H. FINLEY, M.D. (Boston, Mass.), Fellow of the National Research Council. From the neurological laboratory of the University of Amsterdam. (Communicated by Prof. B. BROUWER).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

In 1934 B. BROUWER [1]) reported the observations of two cats (brother and sister of the same litter) which showed a pure cerebellar syndrome. The female cat, sacrificed shortly after birth, was reported with a complete anatomical description. The male animal was allowed to live in order to further study the cerebellar syndrome. This animal died from an illness 22 months after birth and the anatomical findings in the central nervous system of this cat are to be described in the present article.

Both animals, born in Juli 1933, were observed soon after birth by Prof. A. KLAARENBEEK and Dr. A. DE KLEIJN who were impressed by the marked ataxia. The animals were sent to this laboratory for further study. Prof. G. RADEMAKER kindly consented to cooperate in analyzing the disorder of movements and reflexes and to compare them with those in cats in which he had extirpated the cerebellum. For the detailed report of this analysis we refer to the communication of B. BROUWER [1]). It will be sufficient here to state that the clinical picture of the male cat did not alter during the 22 months of life and further to point out the two most striking points of the syndrome. The first important sign was a marked cerebellar ataxia and the second the absence of asthenia and hypotonia.

## ANATOMICAL DESCRIPTION.

*Macroscopic findings.*

The post mortem examination of the animal reveals a bilateral circumscribed ulcerative urethritis and a hemorrhagic cystitis. The remaining visceral organs are normal.

The cerebral hemispheres and the spinal cord are normal in size and contour. No abnormalities are noted in the convolutional pattern of the hemispheres. The cut surfaces of the forebrain and the cord are not abnormal. The ventricular system is not widened.

The entire cerebellum is smaller than normal, this change being most

---

[1]) BROUWER, B. Familial olivo-ponto-cerebellar hypoplasia in cats. Psychiatrische en Neurologische Bladen, No. 3 en 4, 1934.

marked in the hemispheres. Fig. 1 shows the relative difference in size and contour of the abnormal and normal cat's cerebellum. The lobus anterior

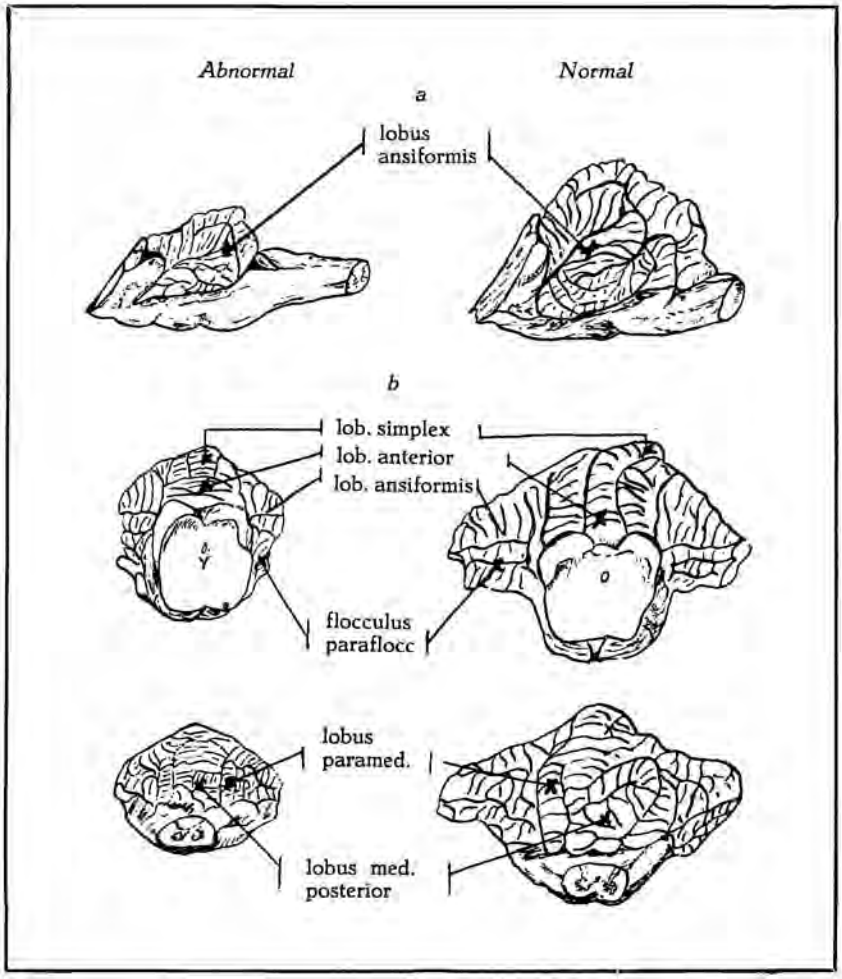



Fig. 1.
Size and shape of the abnormal cerebellum as compared with a normal.

and the sulcus primarius are easily recognized, though both are too small. The diminished size of the lobus is most striking in the longitudinal direction. Its length, width and the number of transverse sulci are much less than that of the normal cerebellum (fig. 1—*a*). The lobus simplex is recognizable and again much smaller than in the normal (fig. 1—*b*). The lobus medianus posterior is small but has the same number of gyri and sulci as in the normal (fig. 1—*c*). The lobus paramedianus and the formatio vermicularis (flocculus and paraflocculus) are present on both sides but diminished in size. The lobi ansiformes show the most marked lack of development in both size and the number of sulci and gyri (fig. 1-*a*-*b*-*c*).

The following table shows the comparative measurements and weights of the abnormal and a normal cerebellum:

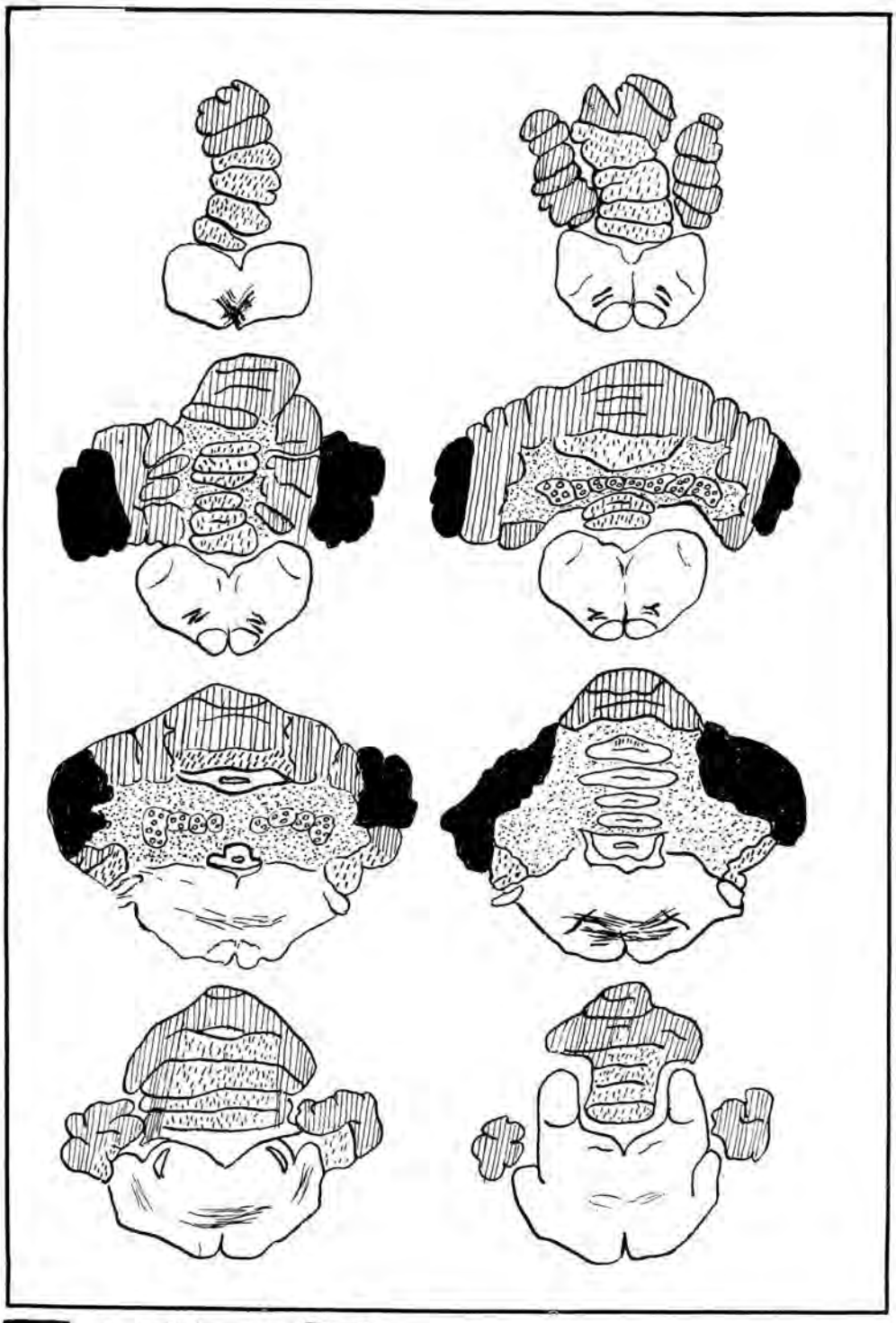
| | *Normal* | *Abnormal* |
|---|---|---|
| Width | 1.5 cm. | 1.0 cm. |
| Length | 1.3 cm. | 1.0 cm. |
| Weight | 7.0 grms. | 4.0 grms. |

All parts of the cerebellum can therefore be recognized but all are smaller than normal. This lack of apparent development is most striking in the lateral parts of the cerebellum where there is not only a smallness of structure but also a simplification in the design of the sulci and gyri.

*Microscopic description:*

The brain and cervical cord were fixed in formalin. Small pieces of tissue were excised from the neo- and paleo-cerebellum and stained by the Bielschowsky silver method. The brain-stem with the intact cerebellum was divided from the forebrain through the junction of the pons and the midbrain. The former was then sectioned through the sagittal midline. Frontal serial sections were made from both halfs, the left portion being stained after Nissl and alternate sections of the right portion prepared after Weigert-Pal and van Gieson methods. The same was done with the forebrain including the striate body, optic thalamus and midbrain. The upper cervical cord was likewise sectioned serially and alternate sections stained by Weigert-Pal and van Gieson methods.

*Cerebellum*: — There is a marked absence of nerve cell elements in all layers of the cortex throughout the cerebellum. This decrease of cells, which can best be described as a hypoplasia, is not of equal intensity in all parts however. From fig. 2 it will be seen that we have distinguished 4 degrees of hypoplasia. The two most marked (black and lined areas in fig. 2) are present in the lateral hemispheres and the dorsal portion of the vermis. Fig. 3, a lobulus of the left hemisphere, is characteristic of the region indicated in black Fig. 2. The molecular layer is narrower than normal and the granular layer shows a marked decrease in the number of granular elements. Normal appearing Purkinje cells are totally absent. Where Purkinje cells are normally present is seen a thin layer of small stellate cellular elements in which is dispersed an occasional larger cell. None of these latter cellular elements however approach the size or shape of Purkinje cells. The Bielschowsky stain shows a total absence of tangential fibers in the molecular layer of the hemisphere. Turning now to the less hypoplastic parts of the cerebellar cortex we find these regions limited to the ventral portion of the vermis and the medial part of the flocculi. These parts are indicated in fig. 2 as stippled and untouched areas. In the stippled areas only an occasional Purkinje cell is found while in the untouched areas Purkinje cells are numerous though fewer than normal.



= marked

= moderate

= slight

= minimal

= central white matter

Fig. 2.

Frontal sections through the metencephalon showing the distribution of the different degrees of cortical hypoplasia.

The number of nerve elements in the molecular and granular layers of these two regions is essentially the same. From fig. 2 it is seen that the best part of the cerebellar cortex is present in the most ventro-medial portion of the vermis, i.e. the uvula and the immediate adjacent parts. That the granular layer of the uvula contains more nerve cells than the same layer in the hemispheres is self-evident by comparing fig. 4 of the uvula with fig. 3 of the hemisphere. Furthermore the Purkinje cells are present in the

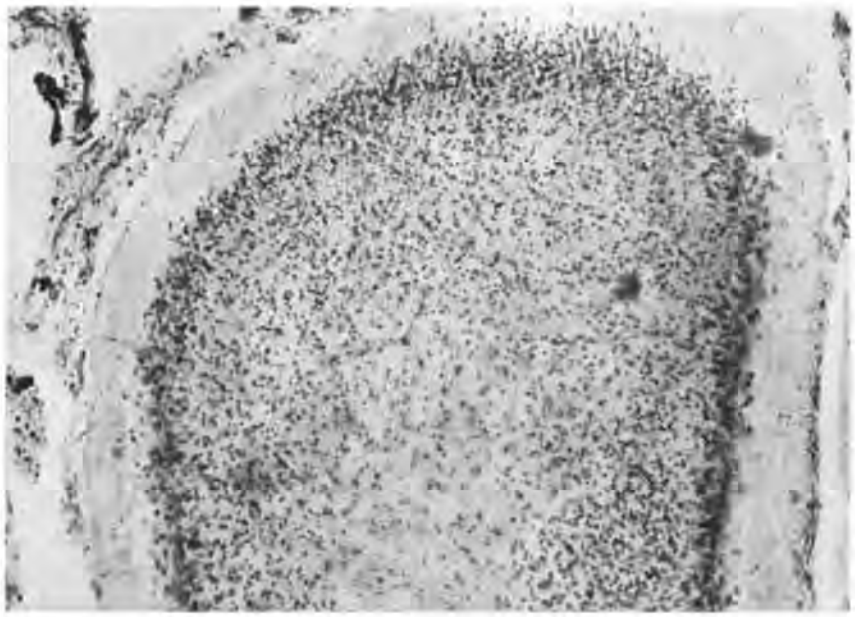


Fig. 3.
Section of the cerebellar hemisphere (NISSL stain).

uvula. The Bielschowsky silver stain of the vermis discloses the presence of a few tangential fibers in the molecular layer (fig. 5). It is interesting to note that where Purkinje cells are present the number of small stellate cells, as seen in the similiar region of the hemispheres, is less numerous (compare fig. 3 with fig. 4). Whether these small cells are glial elements of Bergmann's layer or embryonal nerve cells we are unprepared to say. All the central cerebellar nuclei contain normal numbers of well formed ganglion cells. In the Weigert-Pal sections these nuclei are paler than in the normal series.

*Spinal cord*: — No pathological changes are found in the spinal cord. Especially is there no degeneration of the spinocerebellar tracts and the posterior columns.

*Medulla oblongata and tegmentum of the pons Varolii*: — The nucleus lateralis medullae oblongatae, the nuclei of Deiters and Bechterew, the

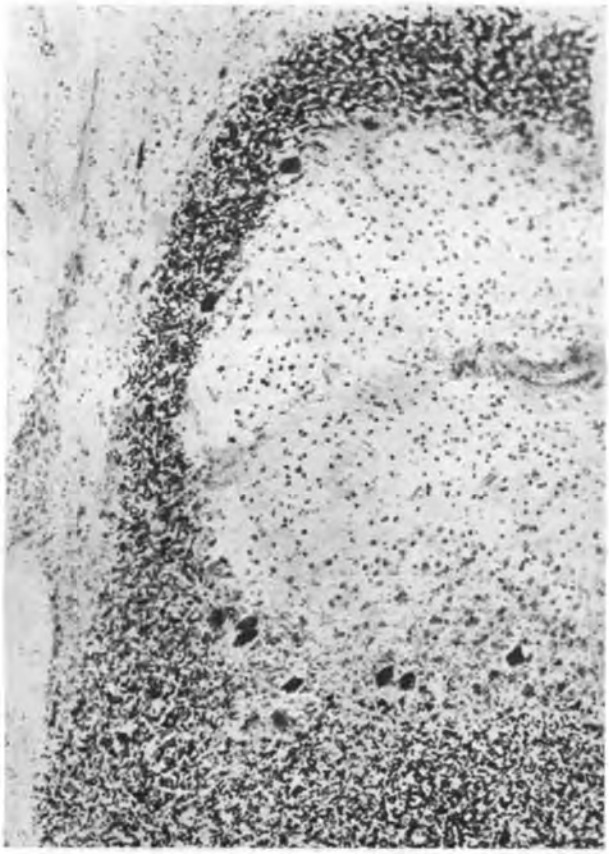


Fig. 4.
Section of the uvula
(NISSL stain).

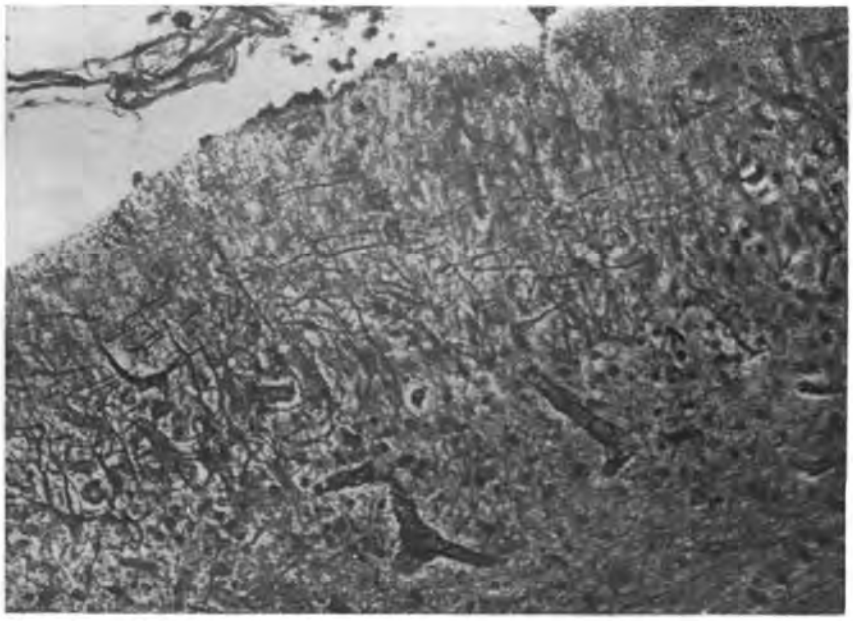
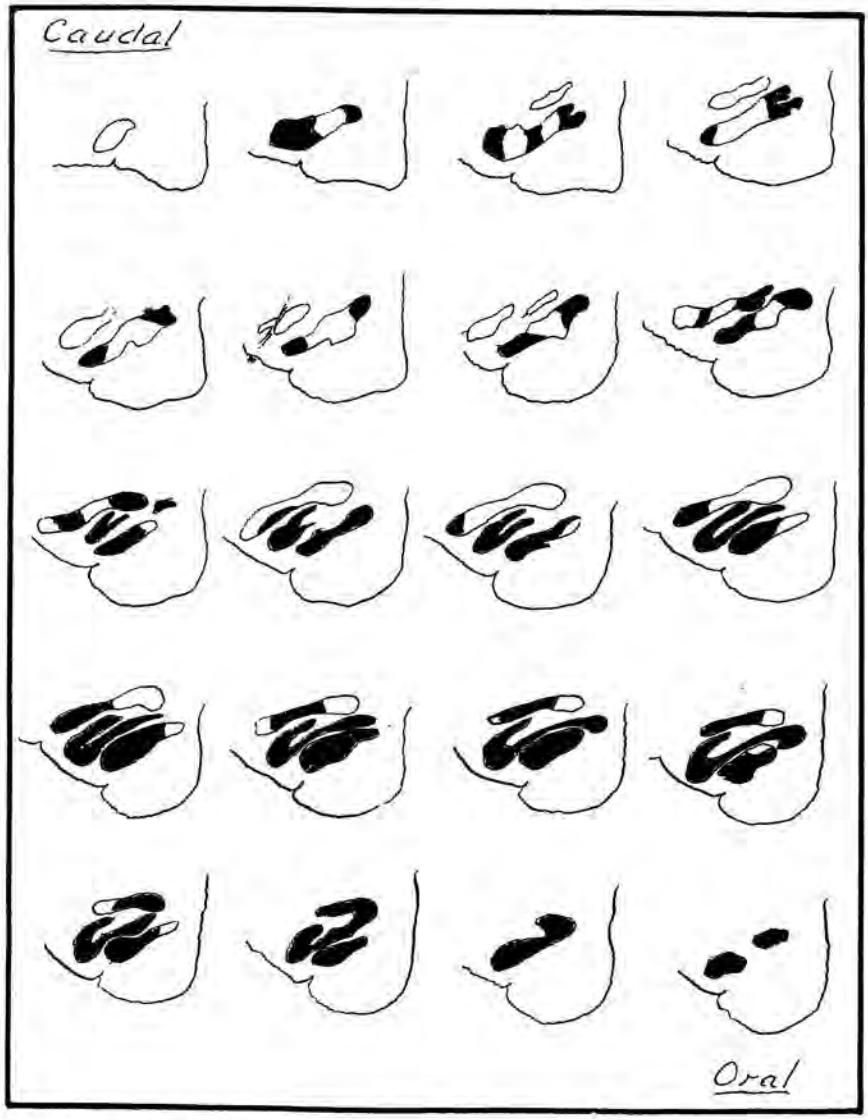


Fig. 5.
Cortex of the vermis with diminished numbers of tangential fibers in the molecular layer (BIELSCHOWSKY stain).

vestibular nuclei as well as the other nuclei of the oblongata (inferior olives excepted) are normal. The fasciculus longitudinalis posterior, the formatio reticularis, the lemnisci and the corpus trapezoideum show no alteration.

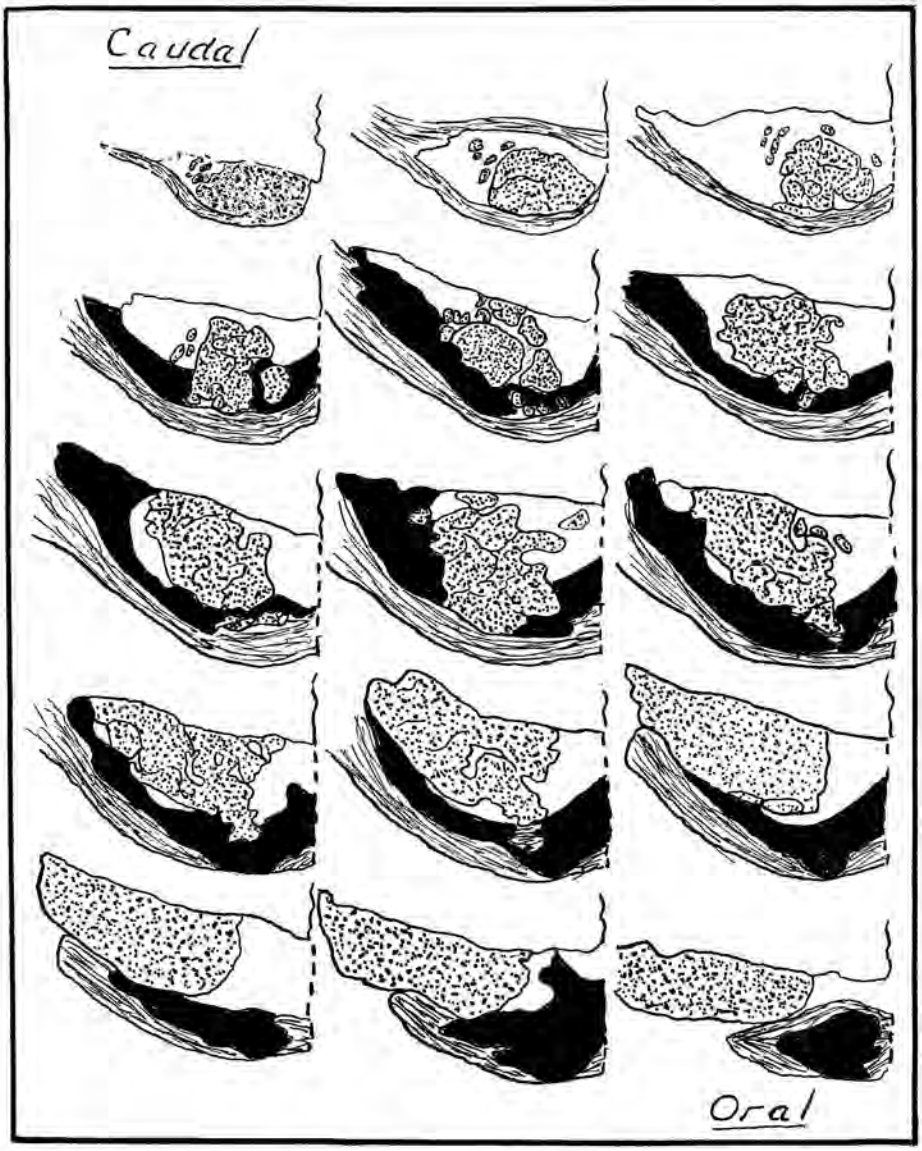
*Inferior olives*: — There is hypoplasia throughout the entire system of both inferior olives. However, as fig. 6 illustrates, this hypoplasia is more marked in some regions than in others. On the other hand the degree of decrease in cell numbers is in general the same when similiar regions of the




= total absence of cells = cells present

Fig. 6.
Sections through the inferior olives indicating the absence and presence of ganglion cells.

two olives are compared one with the other. The principal olives are everywhere totally hypoplastic. The dorsal and medio-ventral acessory olive show an increase in cells in an oral-caudal direction, the dorsal accessory olive being the less hypoplastic of the two. In the Weigert-Pal series it is apparent that the number of olivo-cerebellar fibers is less than normal.




= marked hypoplasia = slight hypoplasia = cerebro-cerebellar and pyramidal tracts

Fig. 7.
Frontal sections through equally spaced levels of the pons Varolii indicating the degree and location of hypoplasia.

*Pons Varolii*: — Hypoplasia is also present in a part of the pontine nuclei. The black areas of fig. 7 represent a marked decrease to total absence of ganglion cells, while the unshaded parts indicate the presence of many normal cells. The hypoplasia is most marked in the ventral portion of the pons. The hypoplasia is less in the caudal than in the oral levels of the pons. No increase of glial cells is found in the pons.

*Cerebellar peduncles*: — The corpus restiforme shows no clear cut decrease in size when compared with a normal cats brain, but there is a small yet definite decrease in the size of the brachium pontis. The brachium conjunctivum is normal in size and well stained bilaterally.

*Midbrain, optic thalamus, striate body, pallium*: — The study of the serial sections through the midbrain, optic thalamus, striate body and pallium reveals no unusual changes. Especially it may be noted that the cerebro-cerebellar tracts and the nucleus ruber are normal. The architecture of the cortex of the telencephalon does not differ from the normal.

## Discussion.

For the review of the literature we refer to the above quoted article of B. Brouwer.

Our case is particularly interesting when we compare it with the anatomical findings in the central nervous system of the sister of this animal. As already stated above the neurological syndrome of these cats was identical.

The anatomical study of both animals reveals a decrease of nerve elements in all three layers of the cortex in the entire cerebellum, without a proliferation of glia. In both also the alteration is more marked in the hemispheres than in the vermis while the cells of the cerebellar nuclei are well developed. The inferior olives and the pontine nuclei are partially hypoplastic, while the remaining parts of the central nervous system are normal in both. It is true, there are differences between these two brains. The distribution of the various degrees of hypoplasia is not exactly the same in the vermis, the inferior olives and the pons in our case as in the first animal. In general however the similarity is very striking. When we compare, for example, fig. 6 of this paper with fig. 9 of the report of Brouwer it is obvious that the decrease of cells in the inferior olives of both cases runs in a caudal-oral direction. The same parallelism is found in the pons.

Familial hypoplasia of the cerebellum in cats has already been described by Jelgersma [1]). In these cases however the main lesions were present in the zona granulosa where many ganglion cells were missing. The Purkinje

---

[1]) Jelgersma, G.: Drei Fälle von Cerebellar-Atrophie bei der Katze: nebst Bemerkungen über das cerebro-cerebellare Verbindungssystem. „Journal f. Psychologie und Neurologie", Bd. **23**, 1918.

cells were only slightly atrophic, especially in the areas where the granular layer was most intensively degenerated. The pons Varolii was involved but the inferior olives were normal. In two of these three cases there was also a slight secondary hypoplastic meningitis. This type of cerebellar hypoplasia differs in many respects therefore from those described here. We are led to the conclusion that our two cases are very systematic in character only the cerebellar cortex, inferior olives and pons being affected without any evidence of encephalitis or meningitis.

Systemic degeneration of the cerebellar cortex together with the inferior olives and pons Varolii in man is a very well known clinical entity called olivo-ponto-cerebellar degeneration. This condition, however, is acquired and in so far as we know there is no case of familial olivo-ponto-cerebellar hypoplasia in the literature of human pathology.

---

**Psychology.** — *Contribution to the study of the haptic perception of proportions.* By G. BLOMHERT. (From the Psychological Laboratory of the University of Amsterdam). (Communicated by Prof. B. BROUWER).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

*Introduction.*

On trying to get an impression of the proportion of an object *by touching only* we shall find that this is exceedingly difficult, in many cases even almost impossible. If subsequently we look at the haptically perceived object, it appears — also in those cases where we had the subjective impression to have succeeded fairly well — that not only an inaccurate image of the proportion was obtained but even that more than once the haptically perceived proportion does not agree with the optical one. The same fact may be beautifully demonstrated if plastic artists are made to model blindfold; the poor proportion of the result is surprising. I myself was able to state this likewise at an investigation where the subjects haptically had to copy simple wire figures. This is the more striking if we consider the long duration of the observation and the great pains which the subjects evidently took over it. On the ground of these and similar results RÉVÉSZ [1]) comes to the conclusion that the haptic sense lacks the faculty to perceive proportions. According to him the cause is to be found in the character of the sense of touch, which always compares and estimates and rather intends to fathom the geometrical *structure* of the objects than the *form*. Whereas optically the *form* is observed and, for example, at a glance may be decided whether the proportion of an image

---

[1]) G. RÉVÉSZ, Ueber die Natur der optischen und der haptischen Formwahrnehmung. Kon. Akad. v. Wetensch. Proceedings Vol. XXXIV, N⁰. 5, 1931.

See further also: Het psychologisch ruimteprobleem, Amsterdam 1932.

is good and beautiful, we shall haptically, by trying to compare the various details of the image, at most get an insight into the manner in which the object is built up out of its component parts. This conception is undoubtedly correct as far as the haptic perception of complex objects is concerned. However, it should not be concluded from this that it is impossible to perceive a proportion haptically. It is, namely, conceivable that of simple objects, where consequently no multitude of details have a disturbing effect, indeed haptically a fairly correct proportional impression might be obtained.

It seemed, therefore, advisable to investigate the haptic perception of proportions in simple figures and for this purpose we chose the *rectangle*.

We now tried as much as possible to make our subjects indeed observe the shape and to prevent that, simply by comparing length and breadth, possibly measuring, they would only notice the geometrical structure. We tried to obtain this:

1. by prohibiting measuring as much as possible.
2. by explaining the meaning of the investigation to the subjects.

From the course of the examination it will, moreover, be seen that the problems could not or only with the greatest difficulty be solved without perception of the form proportion.

*Principal experiment.*

The subjects had the instruction to indicate what was the proportion of a small rectangular wooden board haptically perceived by them, viz.

*a.* by choosing the corresponding one in proportion from a series of rectangles exclusively by touching: "*haptic choice*".

*b.* by constructing a rectangle with corresponding proportion on an apparatus, but now *at sight*: "*optical construction*".

The course of the experiment was the following:

I. *Haptic perception of a rectangular wooden board.*

The subjects received the following rectangles for examination:

| | | |
|---|---|---|
| I. | 4,2 × 3 cm : | proportion 1 : 1,4 |
| II. | 10,8 × 6 cm | 1 : 1,8 |
| III. | 7,2 × 3 cm | 1 : 2,4 |
| IV. | 9 × 3 cm | 1 : 3 |
| V. | 8 × 2 cm | 1 : 4 |
| VI. | 9,8 × 7 cm | 1 : 1,4 |
| VII. | 18 × 10 cm | 1 : 1,8 |
| VIII. | 16,8 × 7 cm | 1 : 2,4 |
| IX. | 18 × 6 cm | 1 : 3 |
| X. | 20 × 5 cm | 1 : 4 |

The subjects were absolutely free as to the manner in which they wanted to touch; however, *measuring was not allowed.*

II. *Haptic choice.*

For comparison were used a series of rectangles (likewise made of wood) of the following proportions (the height was always 4 cm):

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. 1. | 1 : 1,0 | No. 9. | 1 : 1,8 | No. 17. | 1 : 3,3 |
| 2. | 1,1 | 10. | 1,9 | 18. | 3,6 |
| 3. | 1,2 | 11. | 2,0 | 19. | 4,0 |
| 4. | 1,3 | 12. | 2,2 | 20. | 4,4 |
| 5. | 1,4 | 13. | 2,4 | 21. | 4,8 |
| 6. | 1,5 | 14. | 2,6 | 22. | 5,2 |
| 7. | 1,6 | 15. | 2,8 | 23. | 5,7 |
| 8. | 1,7 | 16. | 3,0 | 24. | 6,3 |

In order to avoid that the subjects would be needlessly confused by the large number, we divided this series into 6 sections (1—5; 6—10; 11—15; 16—18; 19—21; 22—24). The subject first received the numbers 1, 6, 11, 16, 19, 22 and with the aid of these he picked out the section to which the perceived rectangle belonged. From this section then he made his definite choice.

The sections were fastened on boards, so that the subjects always had a well-arranged material at their disposal.

III. *Optical construction.*

The subjects now tried to indicate at sight what was the proportion of the perceived rectangle. This was done on a special apparatus where the subject could vary the length of a rectangle with a fixed height. In order to give the opportunity here also to touch the object continually, the position of the instrument was such that a cloth concealed the tactual movements and the rectangle from the subject, while the construction apparatus was placed above it (fig. 1).

Fig. 1

Each one of the three parts of our experiment yielded some data, viz.:

I. concerning the process of perception, in so far as this might be objectively observed by the experimenter, in particular concerning the manner of touching.

II. concerning the possibility to compare proportions haptically.

III. concerning the possibility to compare haptic proportional impressions with optical ones and concerning the relation of the haptic to the optical proportional impression.

*ad. I.* Although also the optical comparison of proportions of rectangles, particularly if the objects somewhat differ in size, is not nearly so easy as might be expected on the ground of BÜHLER's investigations [1]) and consequently already for this reason we are not inclined to expect a particularly quick performance of the subject, yet it is surprising how very long the subjects take to arrive at a result which to them seems satisfactory. If at the same time we notice the expression of their faces, we may clearly read from it how difficult the problem is to them. This laboriousness has its cause in the manner in which it is tried to perceive an object haptically. Whereas optically at once the whole is perceived and consequently all details *simultaneously*, however not as separate elements but as component parts of the whole, haptically it is necessary to observe the details *successively* as separate elements, in which case it is striking in how many different ways these details are approximated. Optically it is only possible to perceive in one way, haptically a multitude of tactual movements are made, which even in case of these simple figures are at first sight confusing. This polymorphism is probably the expression of the fact that haptically not, as in optical examination, one criterium is used (viz. the impression of bidimensional extension), but numerous criteria ("space-time" impression, distance impression, and also the impression of bidimensional extension).

If the subjects are left entirely free, it appears how strongly the tendency predominates to be satisfied with the perception of the geometrical structure and not to try to perceive the form in its proportion. It was namely striking how spontaneously all subjects began to measure by using a finger or part of the hand as a measure. Here it was frequently remarked that it was actually sufficient to perceive two of the four sides. However, on the ground of theoretical considerations we have, as has been remarked above, no longer permitted this manner of touching during the experiments.

By means of film exposures and by accurate observation we analysed the tactual movements which now spontaneously developed.

Here the following became apparent:

1. Individual differences are present, but are restricted to small variations and consequently of no importance; the similarity in touching of all subjects was indeed conspicuous.

---

[1]) K. BÜHLER, Die Gestaltwahrnehmungen I. 1913.

2. If the subject is left free, he never touches in only one stereotypic manner. When a special tactual movement is prescribed to the subjects, they indicate that it is not satisfactory and that they greatly feel the need to try it also in other ways. Some subjects even said that they had a feeling of not having finished if they only touched in one way.

3. Generally 3 tactual movements appeared to occur, which without a too artificial analysis might be easily distinguished:

*a*. Left and right hand hold the corresponding heights between thumb and forefinger (fig. 2).

*b*. Initial position as in fig. 3*a*, where the height was held between thumb and forefinger; then both fingers moved to the two opposite angles (fig. 3*b*), while subsequently the forefinger running along the side was brought to the thumb (fig. 3*c*). I do not feel entitled to analyse this comparatively complex movement into still smaller ones, since it appeared that the component parts as an undissoluble whole always occurred in the same order of succession. Variations, however, were not rare. The principal ones were:

1. Left and Right hand both began in the middle and then symmetrically finished the movement.

2. The last part (movement of forefinger to thumb) was omitted. Moreover, the remaining fingers made secondary movements (varying from case to case).

*c*. One finger, generally the forefinger of the right hand, was run along the outline. Frequently only two sides were taken here; these were then touched quickly after one another, as it were in two pulls.

A closer examination of these tactual movements shows that in all three cases it is tried as much as possible to perceive length and breadth simultaneously: in *a* the breadth by means of the sensation of the spread between thumb and forefinger, the length simultaneously by the sensation of distance between both hands; in *b* the length by running the fingers along it, the breadth simultaneously by the sensation of the spread between thumb and forefinger; in *c* no simultaneous perception occurs, but yet it is tried to approximate this by two rapidly succeeding movements.

Consequently, by merely studying the manner of touching, the impression is already made that here a process is in progress which does not intend to perceive a series of details successively but indeed has the aim to perceive the *whole*. The subjects indeed indicated that they obtained a proportional impression, but at the same time declared that this was totally different from the optical impression. What this impression actually was and how the process of perception proceeded was naturally very difficult for them to explain. Besides, since the answers were rather different, I further leave this problem, which in itself is highly interesting, undecided. To us, however, the *facts* mentioned here are of great importance, since it appears from them that the "form proportion" always was the aim of the perception.

Fig. 3a

Fig. 3c

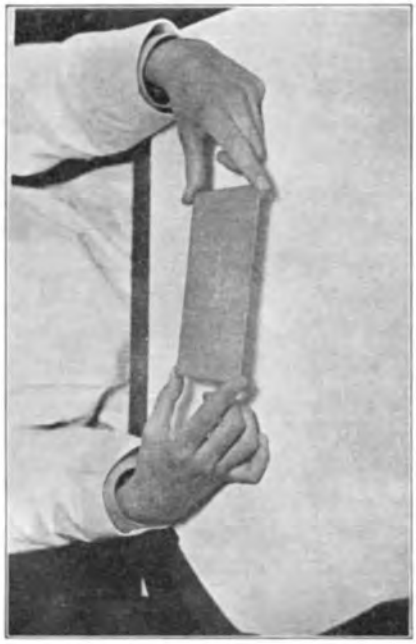


Fig. 2

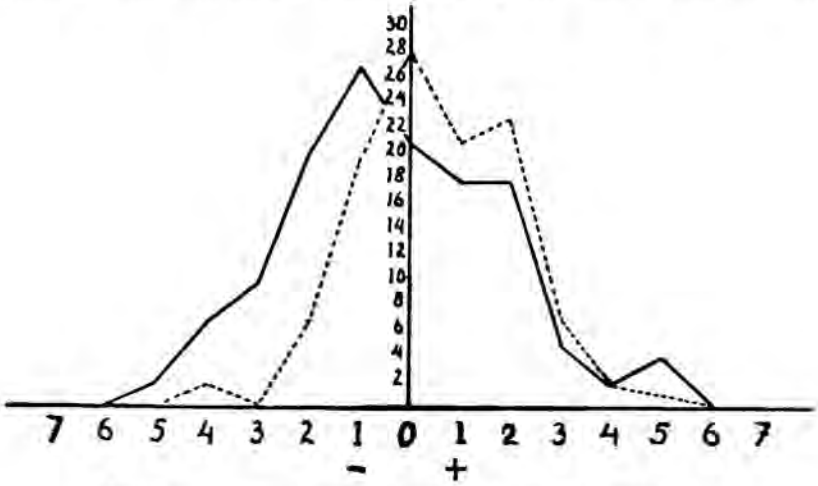
Fig. 3b

*ad II.* Is it indeed possible to compare proportions haptically, in other words, may the haptic proportional impression be transposed?

Although the subjects particularly in the beginning clearly showed that the task was not an easy one, yet it never happened that a subject called it "impossible" and could not come to a result. Especially after some practice the choice was not too difficult. Here it has to be taken into consideration that haptically it is of course impossible to compare simultaneously, but it is necessary to touch the objects one after another. Yet, a great deal of uncertainty appeared to exist. Occasionally it even happened that a subject had a feeling that the object which he examined during the perception *did not remain constant in proportion.*

For the working out of the quantitative results we took as basis the series of 24 rectangles which has been mentioned on p. 933. The number of places in the series which the chosen rectangle was removed from the objectively correct value served as a measure for the correctness of the choice. If the chosen rectangle lay higher in the series than the correct one, consequently was it taller, we spoke of a deviation in positive sense; the other direction, to the less tall side, was called negative. In this way the results of all rectangles might be collected. Since the series shows a gradual and (taking into consideration WEBER's law) also an almost equal rise, we felt entitled to this method.

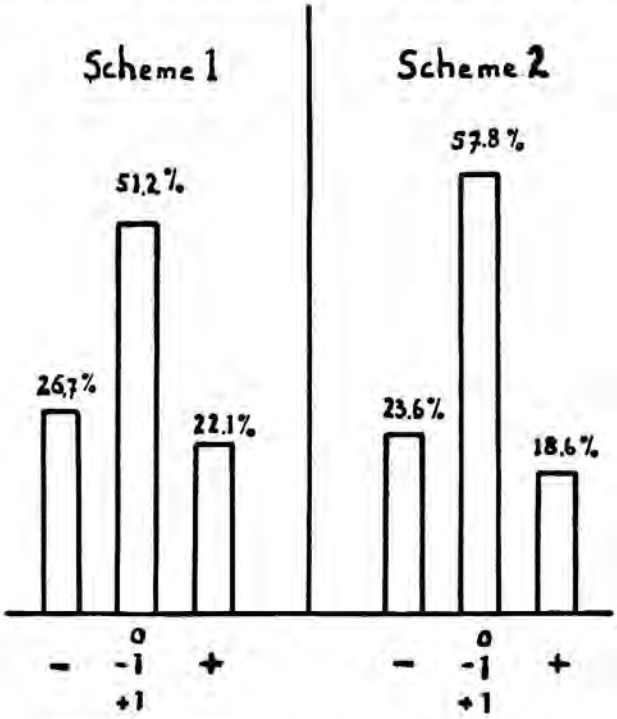
The results have been taken together in curve 1. Here has been set out horizontally the deviation in positive or negative sense from the correct




Curve 1 ——— haptical choice after haptical perception
Curve 1a ------ optical choice after optical perception

value (0), expressed in "places in the series", vertically the number of times that the choice was made. From this curve the following may be read: The greater part of the observations lies at —1, little less at 0. The number of observations which is correct or lies in the immediate neighbourhood of the correct one consequently is very large. This is particularly striking if

the values at 0, — 1 and + 1 are compared to all other values (scheme 1). However, there seems to be a tendency to choose rather a little less tall, which appears not only from the asymmetric situation of the maximum but also from the general asymmetric form of the curve. The origin of this




deviation is unknown to me; in any case it may be said that the tendency is not pronounced.

Consequently the following may be concluded:

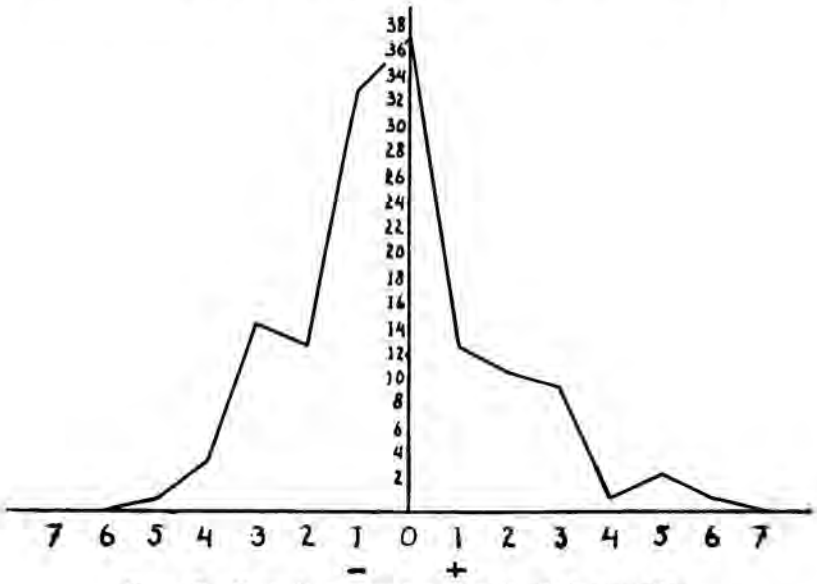
It is possible to recognize haptically as congruent two rectangles of the same proportion but of a different size, in other words, *the haptic proportional impression may be transposed.*

At a closer examination of the curve, however, it becomes apparent that although the number of correct observations predominates, yet there is a large number of "incorrect" ones and that further the scattering of the results is fairly considerable. In order to be able to estimate this fact at its true value, we investigated how the curve turned out if under the same conditions proportions are compared optically. We repeated the experiments, therefore, with the same material (on this occasion the rectangles were not cut out in wood but drawn on paper). The result has been embodied in curve 1*a*. It is to be seen that this curve shows great resemblance to 1 (Here, however, a slight shifting to the right is found). It appears that, although many "correct" observations have been made, the "incorrect" ones have by no means disappeared. The scattering of the results too is still fairly great here, towards the positive side even equally great as in curve 1.

These results will, after BÜHLER's researches [1]), be considered by many as inexplicable. It should, however, be remembered that BÜHLER on subjects who were highly trained in optical proportional observation, under exceedingly favourable circumstances, investigated how subtle the capacity to distinguish proportions can be. Our aim on the other hand was to investigate how subjects, who for this experiment were not specially trained but were skilled in psychological observation in general, under more or less *ordinary* conditions compared proportions. Thus these observations might be compared with those of curve 1, which also intended to give an insight into the *ordinary normal* perception and not to see of what haptic perception might be capable.

From all this it may be concluded that *haptic proportional comparison is not only possible but even has an accuracy which is only slightly exceeded by the optical one.* Since a similar result was not to be expected if haptically only the geometrical structure was observed, this fact at the same time points out that indeed the form proportion also can be the *object* of haptic observation.

*ad III.* It was remarkable that the comparison of a haptic proportional impression with an optical one was not nearly so difficult as that between two haptic proportional impressions. This appeared from the shorter duration of the observation as well as from the remarks of the subjects. It was another argument in favour of the form proportion, actually even stronger than the one mentioned under II. Thus the quantitative results here also are of great importance. They are collected in curve 2. (In this curve too the series of 24 rectangles has been used as basis, so that it may




Curve 2 Optical construction after haptical perception.

[1]) loc. cit.

be entirely compared with the other curves). Here also the number of observations which are correct or in the immediate neighbourhood of the correct one is very large (however, as in 1 a slight shifting to the negative), whereas the number of incorrect observations is comparatively inconsiderable. If again the values at 0, — 1, + 1 are compared to the rest, this is even more pronounced (scheme 2).

The great similarity between the curves 1, 1a and 2, in addition to the fact that the maximum lies at 0, further indicates that *the haptic proportional impression quantitatively corresponds with the optical one.*

Summarizing we may, therefore, say that this experiment shows that *it is possible haptically to obtain a proportional impression of a rectangle which may be transposed in the haptic space (ad II) and which further, although in essence different from the optical impression (remark of the subjects), yet may be compared with this and at any rate quantitatively corresponds with it.*

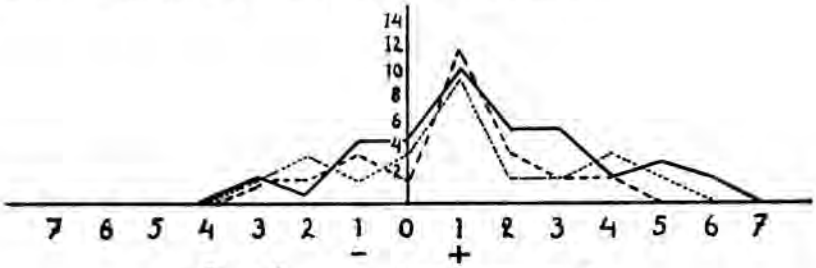
*The significance of the tactual movement for the proportional perception.*

It appeared that the subjects often thought that, if they altered the tactual movement, the form impression changed as well. Since the opinions were not clearly expressed and besides not always unanimous, we decided to investigate the tactual movements more closely.

Here we started from the natural tactual movements *a*, *b* and *c* in order to avoid artificial circumstances as much as possible.

For orientation we made the following experiment:

The subject touches by one of the methods *a*, *b*, *c* and then makes a haptic choice while he touches absolutely freely. The results are embodied in curves (curve 3 for *a*, curve 4 for *b*, curve 5 for *c*).




Curve 3 ····· tactual movement *a*
Curve 4 - - - - - tactual movement *b*
Curve 5 ——— tactual movement *c*

As may be seen, all these tactual movements together give the same results, a distinct shifting however being found to the positive, so to the taller side. This shifting is the more conspicuous if it is remembered that in curve 1 there was rather a tendency to the negative.

Consequently there is a distinct difference between the results obtained by one-sided tactual movement and that of free movements.

In order to check this peculiar fact some other experiments were made. Since it appeared above that all tactual movements, provided they were carried out one-sidedly, yielded the same result, we only applied one, viz. *c*. To make sure that the other tactual movements were not carried out, we made the subjects touch on an apparatus where *a* and *b* could not possibly be applied. See fig. 4. By shifting *AB* and *CD* rectangles of different pro-

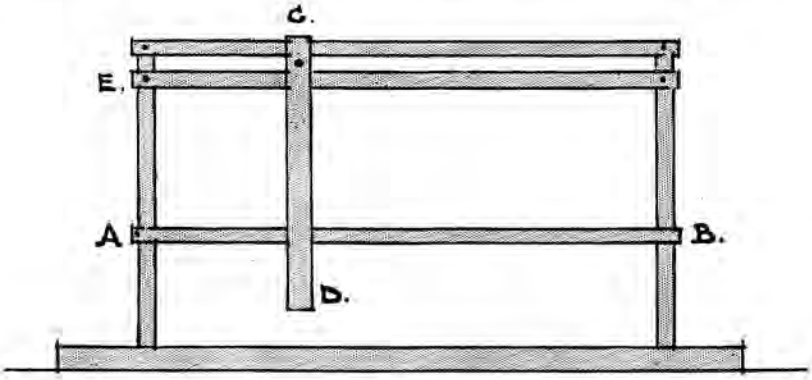



Fig 4

portions might be constructed. The subject now touched by tracing the inner side of this rectangle with one finger, according to tactual movement *c*.

The following experiments were now made (here we made the subjects choose optically, since this, as appeared above, was easier to them than a haptic choice):

1. *Haptic perception, then optical choice from the series of 24 rectangles.*

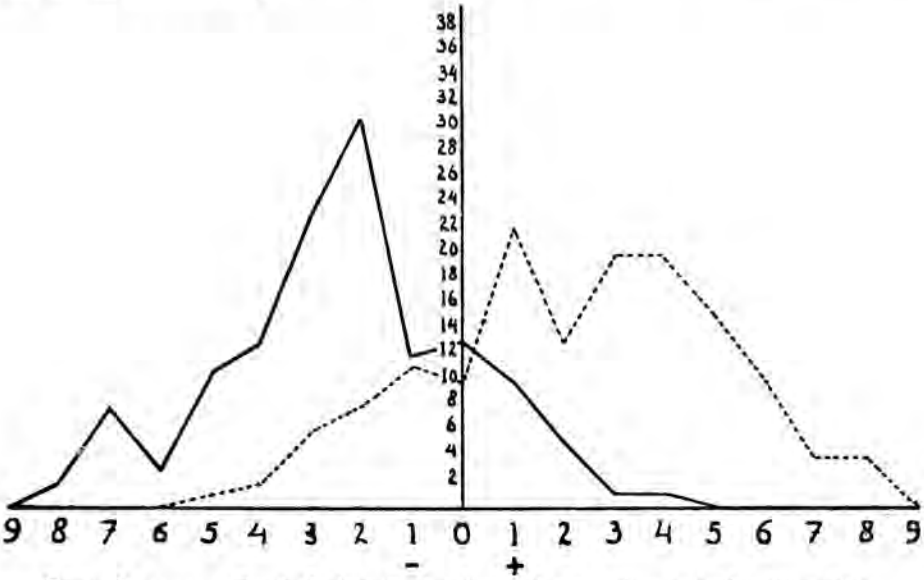
Result in curve 6. As may be seen, there is here also a shifting to the positive (taller) side, even more distinct than in the exploratory experiment, which probably is due to the better position of the instrument. The double top of the curve very likely is accidental, owing to the rather small numbers. That the subjects in this experiment had a greater subjective uncertainty than in case of the free tactual movement has been remarked before; however, it also appears here from the clearly greater scattering of the results.

2. *Haptic construction during optical perception.*

On the apparatus the height *AE* was fixed. By shifting *CD* the subject now could give any desired proportion to the rectangle. He then received the instruction to construct *haptically* a rectangle of the same proportion as one he observed optically (a cloth here concealed the apparatus from the subject, the rectangle to be observed was placed visibly above the cloth).

Result put down in curve 7. We see: a distinct shifting to the negative (broader) side. This was to be expected, for here the process takes a course opposite to that of experiment 1. Since a shifting to the positive took place there, consequently one to the negative must be found here. This control experiment, therefore, corroborates experiment 1.

In both experiments it is seen that the objectively correct perceptions are by far in the minority.




Curve 6 ------ "optical choice" after haptical perception, tactual movement c
Curve 7 ——— haptical construction after optical perception, tactual movement c

*Touching by one-sided tactual movement consequently yields another result than by free movement; the latter produces an objectively fairly correct perception, whereas the former makes the observed rectangle seem taller.*

It is interesting (see p. 935) that the subjects also unconsciously preferred the free tactual movement.

Evidently it is possible by haptic perception — according to the method of touching, so probably according to the arrangement — to arrive at different results.

*Summary.*

1. It is possible haptically to perceive the proportion of a rectangle. This appeared from:
   a. the fact that the subjects themselves thought that they indeed perceived a proportion.
   b. the fact that this proportional impression might be transposed, with hardly more difficulty than the optical one.
   c. the fact that this haptic proportional impression without great difficulty could be compared with the optical impression of the same rectangle.
2. The haptic proportional impression of a rectangle is *quantitatively similar to the optical one*, but *qualitatively different*.
3. According to a prescribed, consciously one-sided tactual movement a rectangle seems taller than it is geometrically.

**Chemistry.** — *Researches on fat metabolism.* VII. *β-Oxidation of normal saturated dicarboxylic acids administered per os.* By P. E. VERKADE, J. VAN DER LEE, A. J. S. VAN ALPHEN and M. ELZAS. (From the Laboratory of the Dutch Commercial University and the State Serum Institute at Rotterdam). (Communicated by Prof. J. BÖESEKEN).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

§ 1. In a previous communication on fat metabolism VERKADE and VAN DER LEE [1]) considered it justifiable to give the following general scheme for the degradation of the normal saturated fatty acids in the living organism:

$$\begin{array}{ccc}
CH_3-(CH_2)_n-COOH & \xrightarrow{\omega} & HOOC-(CH_2)_n-COOH \\
\downarrow\beta & & \downarrow\beta \\
CH_3-(CH_2)_{n-2}-COOH & \xrightarrow{\omega} & HOOC-(CH_2)_{n-2}-COOH \\
\downarrow\beta & & \downarrow\beta \\
CH_3-(CH_2)_{n-4}-COOH & \xrightarrow{\omega} & HOOC-(CH_2)_{n-4}-COOH \\
\downarrow\beta & & \downarrow\beta \\
\text{etc.} & \xrightarrow{\omega} & \text{etc.}
\end{array}$$

It should be remarked here in passing that the possibility of the existence of still further mechanisms for the degradation of these acids was in no way excluded.

As far as the dicarboxylic acids are concerned, this scheme was then based on the following facts:

1. The phenomenon of the *ω-oxidation* of the fatty acids discovered in the laboratory of one of us (V.). The administration of certain simple triglycerides, particularly of tricaprin and triundecylin, preferably together with a liberal amount of carbohydrate, to healthy subjects, leads to accumulation in the blood of the dicarboxylic acid produced by methyl-group oxidation of the component fatty acid (*dioic acid-acidosis*) and excretion thereof in the urine (*diaciduria*) [2]). The same thing was later found with mixed glycerides, which contain a strongly *diacidogenic* fatty acid in sufficient quantity as a component acid [3]).

2. The presence in the urine of typical lower odd or even dicarboxylic

---

[1]) VERKADE and VAN DER LEE, Z. physiol. Chem. **227**, 213 (1934).

[2]) VERKADE, ELZAS, VAN DER LEE, Miss DE WOLFF, Mrs. VERKADE—SANDBERGEN and VAN DER SANDE, ibid. **215**, 225 (1933); VERKADE and VAN DER LEE, Biochem. J. **28**, 31 (1934).

[3]) VERKADE and VAN DER LEE, Z. physiol. Chem. **225**, 230 (1934); VERKADE, VAN DER LEE and HOLWERDA, ibid. **234**, 21 (1935).

acids besides the odd or even dicarboxylic acid formed by $\omega$-oxidation. After administration of tricaprin VERKADE and VAN DER LEE[1]) found in the urine of their subjects besides a large amount of sebacic acid also small amounts of suberic acid and adipic acid ($C_{10}$—$C_8$, $C_6$), while after administration of triundecylin the urine contained besides a large amount of undecanedioic acid also azelaic acid and pimelic acid ($C_{11}$—$C_9$, $C_7$) in small amounts.

Thus the occurrence of *$\beta$-oxidation of the normal saturated dicarboxylic acids* included in the above scheme was then not proved by means of *in vivo* experiments. In our opinion conclusive evidence can be supplied only by such experiments; *in vitro* experiments have little or no value. VERKADE and VAN DER LEE then contented themselves with considering and finally rejecting the possibility that dicarboxylic acids should be formed exclusively by $\omega$-oxidation of fatty acids and should not be intermediate products, but by-products of fat catabolism, which further play no part. In such a case the scheme given below would represent our present knowledge of the degradation of saturated fatty acids in the living body.

$$\begin{array}{ccc}
CH_3-(CH_2)_n-COOH & \xrightarrow{\omega} & HOOC-(CH_2)_n-COOH \\
\downarrow \beta & & \\
CH_3-(CH_2)_{n-2}-COOH & \xrightarrow{\omega} & HOOC-(CH_2)_{n-2}-COOH \\
\downarrow \beta & & \\
CH_3-(CH_2)_{n-4}-COOH & \xrightarrow{\omega} & HOOC-(CH_2)_{n-4}-COOH \\
\downarrow \beta & & \\
\text{etc.} & \xrightarrow{\omega} & \text{etc.}
\end{array}$$

Obviously it was necessary to attempt to detect this postulated occurrence of $\beta$-oxidation of dicarboxylic acids in the organism; VERKADE and VAN DER LEE had already pointed this out in their above mentioned paper and had in connection herewith drawn attention to the markedly increased excretion of oxalic acid in the urine after administration of adipic acid, observed by MORI[4]) on rabbits and by ANDERSEN[5]) on men and dogs. We have now been able to furnish this required proof in a convincing manner.

§ 2. Two adult healthy dogs of 12 and 13 kg weight respectively served us for the experiments in question. These received twice a day at always the same times (11 h. and 17 h.) for three successive days 2,5 g of the disodium salt of sebacic acid or undecanedioic acid as an addition to their meal which usually consisted of as nearly as possible equal amounts of dog biscuit (20—30 g) and lean horseflesh (10—15 g). As much water as they desired was supplied. A part of the dicarboxylic acid administered was excreted in the urine. We leave this phenomenon without further discussion here; we shall deal with it separately in our next paper in

[4]) J. Biol. Chem. **35**, 341 (1918).

[5]) Comp. FLASCHENTRÄGER, Z. physiol. Chem. **159**, 299 (1927).

which we wish to prove that the way of degradation of the normal saturated fatty acids found by us is by no means restricted to the lower members of this series, as has been suggested from different sides in recent literature *). The urine was either passed freely by the experimental animals or if necessary obtained by catheterization. Tests were made in our usual way — namely by acidifying the urine with concentrated hydrochloric acid or phosphoric acid — for the presence of sebacic acid or undecanedioic acid in the successive portions. The collection of the urine was suspended after this test had come out negative for a considerable time; a stay of 6 days in all in the test-cages was always found sufficient.

Two such experiments were made with each dog with each of the two acids. The dogs thus received in total 30 g of each disodium salt, that is, 24.6 g sebacic acid and 24.9 g undecanedioic acid, administered per os. The urines of both dogs were worked up separately and furnished qualitatively — and we are only concerned with that aspect here — the same results.

*After administration of sebacic acid ($C_{10}$) the urine was found to contain suberic acid ($C_8$) and adipic acid ($C_6$); after administration of undecanedioic acid ($C_{11}$), azelaic acid ($C_9$) and pimelic acid ($C_7$) were found to be present. A convincing proof is thus furnished that β-oxidation of dicarboxylic acids occurs in the dog.* Therefore in our opinion it cannot be in doubt that this process also occurs in the human body — it seems unnecessary to us to prove this by special experiments — and the suberic acid, for example, found in the urine of the test subjects after administration of tricaprin (see § 1) is certainly, at any rate partially, produced by β-oxidation of sebacic acid, the ω-oxidation product of capric acid.

The ratio in which the dicarboxylic acids $C_{10}$, $C_8$ and $C_6$ or $C_{11}$, $C_9$ and $C_7$ are present in the urine, is not the same with different test animals or even in different experiments with the same test animal; however, the dicarboxylic acid $C_{10}$ or $C_{11}$ always predominates to a marked extent. In working up the urine one must consequently deal with it according to the circumstances and there is no object in describing in detail the methods we used. It will be enough to add the following remarks on it.

The urine was heated to boiling and then treated with an excess of concentrated hydrochloric acid. On cooling an appreciable amount of sebacic acid or undecanedioic acid separated out in an easily filtrable form. The filtrate was evaporated as far as possible on a water-bath. The residue was treated with concentrated hydrochloric acid and again evaporated as far as possible; this treatment was repeated several times. Then water was added and the mass made strongly alkaline with caustic potash; it was then again evaporated to dryness as far as possible on a water-bath. Finally the above mentioned treatment with concentrated hydrochloric acid was repeated several times. This preliminary treatment of the urine was

*) A recent paper by FLASCHENTRÄGER and BERNHARD [Helv. chim. acta **18**, 962 (1935)] has forced us to discuss this question in a preliminary paper to be published in the November issue of the Rec. trav. chim.

in the first place with the object of hydrolysing possibly present condensation products of the partial degradation products of sebacic acid or undecanedioic acid sought by us with glycine, glucuronic acid, etc.; furthermore hippuric acid is removed hereby, this acid being sometimes very troublesome in the further operations and less darkly coloured etherial extracts are thus obtained. The residue was now rinsed with water into an extractor and extracted continuously for several days with ether. The mass, remaining after distilling off the ether, was dried and subsequently extracted several times with 125 $cm^3$ of boiling benzene. On distilling off the benzene a mass of crystals soaked with syrup ($A$) remained.

From this product ($A$) the above mentioned partial degradation products of sebacic acid, or undecanedioic acid could be isolated, mainly by fractional crystallization from water and from a mixture of acetone and petroleum ether and further, among other things, by fractional precipitation of the copper salts. Some data regarding the products isolated are given below.

*Adipic acid.*

M.P. of the acid isolated 151—152°; the mixed M.P. with a preparation of adipic acid obtained by oxidation of cyclohexanol with nitric acid and melting at 153°, was 151—152°.

120.7 mg → 17.13 $cm^3$ 0.0965 n NaOH. Equiv. wt. **73.0**; calc. 73.04
3.713 mg → 6.73 mg $CO_2$ and 2.21 mg $H_2O$; C **49.4** %, H **6.7** %
Calc. for $C_6H_{10}O_4$: C 49.29 %, H 6.90 %

*Suberic acid.*

M.P. 140—141°; mixed M.P. with a preparation made from castor oil and also melting at 140—141° unaltered.

162.9 mg → 19.24 $cm^3$ 0.0965 n NaOH. Equiv. wt. **87.7**; calc. 87.06
3.892 mg → 7.91 mg $CO_2$ and 2.74 mg $H_2O$; C **55.4** %, H **7.9** %
4.295 mg → 8.72 mg $CO_2$ and 2.99 mg $H_2O$; C **55.4** %, H **7.8** %
Calc. for $C_8H_{14}O_4$: C 55.14 %, H 8.11 %

*Pimelic acid.*

M.P. of the product isolated 102—104°; the mixed M.P. with a pimelic acid preparation made by VON BRAUN's method and melting at 104.5—105° was 103—104°.5.

138.2 mg → 17.76 $cm^3$ 0.0965 n NaOH. Equiv. wt. **80.6**; calc. 80.05
3.604 mg → 7.00 mg $CO_2$ and 2.45 mg $H_2O$; C **53.0** %, H **7.6** %
3.635 mg → 7.04 mg $CO_2$ and 2.47 mg $H_2O$; C **52.8** %, H **7.6** %
Calc. for $C_7H_{12}O_4$: C 52.47 %, H 7.56 %

*Azelaic acid.*

M.P. 105—107°. The mixed M.P. with an azelaic acid preparation made from castor oil and melting at 106°.5—107°.5, was 106—107°; with an undecanedioic acid preparation synthesized by WALKER and LUMSDEN's method and melting at 110° (ratio of the weights about 1 : 1), it was about 90—96°.

81.6 mg → 8.08 $cm^3$ 0.1054 n NaOH. Equiv. wt. **95.8**; calc. 94.06
4.210 mg → 8.89 mg $CO_2$ and 3.20 mg $H_2O$: C **57.6** %, H **8.5** %
3.867 mg → 8.18 mg $CO_2$ and 2.96 mg $H_2O$: C **57.7** %, H **8.6** %
Calc. for $C_9H_{16}O_4$: C 57.41 %, H 8.56 %

It is perhaps useful to refer here to the following. HALLE [6]) in his investigations on the high molecular acids of Japan wax pretends to have observed that mixed melting point determinations are completely untrustworthy with high molecular homologous dicarboxylic acids; no depressions of the melting points were found in mixtures of certainly not identical dicarboxylic acids (with only slightly differing melting points). Very definite depressions were however found with the lower members of the series of normal saturated dicarboxylic acids in which we are at present interested — such is seen above to be the case already for azelaic acid + undecanedioic acid — and identification of these acids is thus very well possible in this way.

We have not attempted to attain a more or less quantitative determination of the amounts of adipic acid and suberic acid, or pimelic acid and azelaic acid present in the urine. These amounts were small in comparison with the amounts of sebacic acid or undecanedioic acid catabolised by the test animals; in general some per cent by weight of the acid administered were excreted in the form of lower dicarboxylic acids.

We have looked also for the presence of *succinic acid* in the urine passed after administration of sebacic acid, however without positive results. We refer to communication IX of this series in which we shall make some observations on the role of succinic acid in fat catabolism.

§ 3. Some years ago FLASCHENTRÄGER [7]) incidentally raised the question whether the normal saturated dicarboxylic acids are or are not attacked in the organism by $\beta$-oxidation and even made the experiments on animals which might have enabled him to answer this question. For example this investigator injected subcutaneously 10 g of sebacic acid as sodium salt in doses of 0.5 g twice a day into a normal dog of 21.2 kg weight. It is very probable — there is no single basis for an *essential* distinction in this respect between dicarboxylic acid administered per os and subcutaneously — that the urine collected in this experiment will have contained lower dicarboxylic acids besides unchanged sebacic acid by the animal. Curiously enough it does not appear from FLASCHENTRÄGER's paper that this question has further occupied his attention. It is only mentioned very summarily that 61 % of the sebacic acid administered is excreted in the urine.

Feeding experiments on normal dogs have been carried out by SMITH [8])

---

[6]) Diss. Leipzig, 1928, p. 56.

[7]) Z. physiol. Chem. **159**, 297 (1927).

[8]) J. Biol. Chem. **103**, 531 (1933); Comp. VERKADE and VAN DER LEE, Z. physiol. Chem. **230**, 214 (1934).

with large quantities of sodium azelate. It should certainly have been possible to detect the presence of pimelic acid in the urine. However this investigator has also satisfied himself with a study of the excretion of unchanged azelaic acid.

§ 4. It should not remain unnoticed that PONSFORD and SMEDLEY—MAC LEAN [9]), in their investigations on the oxidation of several normal saturated dicarboxylic acids by hydrogen peroxide at 60° in the presence of a copper salt, have been able to isolate some products which must be considered as $\beta$-oxidation products of these acids. Thus acetone was obtained from glutaric acid, acetonylacetone from suberic acid. In the latter case $\beta$-oxidation has thus taken place at both ends of the dicarboxylic acid molecule. Correctly or incorrectly — we leave this at present quite undecided — hydrogen peroxide is frequently considered as the oxidizing agent whose action closely agrees with the oxidation processes taking place *in vivo*.

§ 5. As a consequence of the simple *in vivo* experiments here described the scheme for the degradation of the normal saturated fatty acids given at the beginning of § 1 may now be considered as completely established. As has already been pointed out in § 2, we shall discuss the general validity of this scheme in communication VIII of this series. In a brief discussion of our work ARTOM [10]) has, without any explanation, put forward a small extension to this scheme; he reproduced it as follows:

$$\begin{array}{l} CH_3-(CH_2)_n\ -COOH \xrightarrow{\omega} HOOC-(CH_2)_n\ -COOH- \\ \quad\ \downarrow\beta \qquad\qquad\qquad\qquad\ \downarrow\beta \\ CH_3-(CH_2)_{n-2}-COOH \xrightarrow{\omega} HOOC-(CH_2)_{n-2}-COOH \\ \quad\ \downarrow\beta \qquad\qquad\qquad\qquad\ \downarrow\beta \\ CH_3-(CH_2)_{n-4}-COOH \xrightarrow{\omega} HOOC-(CH_2)_{n-4}-COOH \leftarrow \end{array} \quad \beta\,\beta$$

The intention of this small change of the scheme is not clear to us. Perhaps ARTOM desires to put forward the possibility that a dicarboxylic acid with $(x-4)$ carbon atoms is produced from a dicarboxylic acid with $x$ carbon atoms by perfectly simultaneous $\beta$-oxidation at both ends of the molecule; thus without the dicarboxylic acid with $(x-2)$ carbon atoms — or an active form of it — occurring as intermediate product. Such a perfectly simultaneous course of both $\beta$-oxidations requires a mutual dependence of the two oxidation processes, that is to say, a very complicated reaction mechanism which is certainly extremely improbable. We should then be inclined to think rather of possibility of a $\delta$-oxidation.

We thank the VAN 'T HOFF Fund of Amsterdam and the HOOGEWERFF Fund at The Hague for financial support in the execution of these researches.

[9]) Biochem. J. **28**, 892 (1934).

[10]) Annual Review of Biochemistry **4**, 216 (1935).

**Mathematics.** — *Untersuchungen der zwei- und dreidimensionalen* FINSLER*schen Räume mit der Grundform* $L = \sqrt[3]{a_{ikl}\, x'^i\, x'^k\, x'^l}$ [1]).

Von J. M. WEGENER (Communicated by Prof. R. WEITZENBÖCK).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

## § 1. *Binäre und ternäre kubische Formen.*

Eine *binäre* kubische Form

$$f = \sum_{i,k,l}^{1,2} a_{ikl}\, z^i\, z^k\, z^l = a_0\, z_1^3 + 3\, a_1\, z_1^2\, z_2 + 3\, a_2\, z_1\, z_2^2 + a_3\, z_2^3 \quad . \quad . \quad (1)$$

hat [2]) eine Invariante

$$R = (a_0\, a_3 - a_1\, a_2)^2 - 4\,(a_0\, a_2 - a_1^2)\,(a_1\, a_3 - a_2^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

(vom Gewicht „6") und zwei Kovarianten

$$\triangle = (a_0\, a_2 - a_1^2)\, z_1^2 + (a_0\, a_3 - a_1\, a_2)\, z_1\, z_2 + (a_1\, a_3 - a_2^2)\, z_2^2 \text{ (vom Gewicht „2")} \quad (3)$$

und

$$\left.\begin{aligned} Q = {} & (a_0^2\, a_3 - 3\, a_0\, a_1\, a_2 + 2\, a_1^3)\, z_1^3 + 3\,(a_0\, a_1\, a_3 - 2\, a_0\, a_2^2 + a_1^2\, a_2)\, z_1^2\, z_2 \\ & - 3\,(a_0\, a_2\, a_3 - 2\, a_1^2\, a_3 + a_1\, a_2^2)\, z_1\, z_2^2 - (a_0\, a_3^2 - 3\, a_1\, a_2\, a_3 + 2\, a_2^3)\, z_2^3 \\ & \text{(vom Gewicht „3").} \end{aligned}\right\} \quad . \quad (4)$$

Wenn $R \neq 0$ ist, dann hat die Form $f$ drei verschiedene Nullstellen. Ist $R = 0$, aber $\triangle \not\equiv 0$, so hat $f$ zwei verschiedene Nullstellen. Den Fall $\triangle \equiv 0$, für den $f$ ein vollständiger Kubus ist, müssen wir, wie unten gezeigt wird, ausschliessen.

Was den *ternären* Fall anbelangt, so kommt man zu einer Einteilung der Form

$$f = \sum_{i,k,l}^{1,2,3} a_{ikl}\, z^i\, z^k\, z^l$$

dadurch, dass man die $z^i$ als homogene Koordinaten einer Ebene deutet,

---

[1]) Diese Arbeit bildet einen Abschnitt einer im März 1935 an der Deutschen Universität in Prag fertiggestellten Dissertation.

[2]) Vgl. A. CLEBSCH, Theorie der binären algebraischen Formen, Leipzig 1872, S. 127—134.

in der dann durch $f=0$ eine Kurve dritter Ordnung gegeben ist. Es ist dann möglich, $f$ entweder auf die Normalform

$$f = a_1 z_1^3 + a_2 z_2^3 + a_3 z_3^3 + 6 b z_1 z_2 z_3 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

oder auf die Normalform

$$f = 3 a z_1 z_3^2 + b z_2^3 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

zu bringen. Gleichung (6) stellt die Kurven mit einer Spitze dar, während die anderen Fälle in (5) enthalten sind. Die aus der Theorie der Kurven dritter Ordnung bekannten Fälle lassen sich aus der Normalform (5) durch Klassifikation nach den Komitanten [3]) gewinnen [4]). Man erhält so die Normalformen:

(I) $f = a_1 z_1^3 + a_2 z_2^3 + a_3 z_3^3 + 6 b z_1 z_2 z_3$,
charakterisiert durch $R \neq 0$, $S \neq 0$,

(II) $f = a_1 z_1^3 + a_2 z_2^3 + a_3 z_3^3$, charakterisiert durch $R \neq 0$, $S = 0$,

(III) $f = a_1 z_1^3 + a_2 z_2^3 + 6 b z_1 z_2 z_3$,
charakterisiert durch $R = 0$, $S \neq 0$, $Y \neq 0$,

(IV) $f = a_1 z_1^3 + 6 b z_1 z_2 z_3$,
charakterisiert durch $R = 0$, $S \neq 0$, $Y = 0$, $C \neq 0$,

(V) $f = 6 b z_1 z_2 z_3$, charakterisiert durch $R = 0$, $H = \varrho f$, $Q = -3\varrho P$.

In diese Klassifizierung ordnet sich die Normalform (6) als (VI) ein, denn für sie ist $S = T = 0$ charakteristisch [5]). In dieser Aufzählung sind alle Koeffizienten von Null verschieden angenommen. Es ist dann (I) die HESSEsche Normalform der Kurven ohne Doppelpunkt, (II) stellt die äquianharmonischen Kurven dar, (III) sind die Kurven mit einem Doppelpunkt, im Falle (IV) zerfällt die Kurve in einen regulären Kegelschnitt und eine Gerade, im Falle (V) besteht sie aus drei geraden Linien. Die weiter ausgearteten Fälle sind hier nicht von Interesse, da für sie die HESSEsche Kovariante $H$ verschwindet, während wir später deren Nichtverschwinden voraussetzen müssen.

Im folgenden werden wir diese Ergebnisse auf Differentialformen anwenden, d.h. auf Formen der Gestalt

$$f = a_{ikl}(x)\, dx^i\, dx^k\, dx^l,$$

wobei die $a_{ikl}$ reguläre Funktionen der $x^i$ sein sollen. Den folgenden

---

[3]) A. CAYLEY, On the 34 Concomitants of the Ternary Cubic, Amer. Journ. of Math. **4**, (1881).

[4]). Vgl. S. GUNDELFINGER, Ueber die Ausartung einer Kurve dritter Ordnung, Math. Ann. **4**, 1871.

[5]) Vgl. F. DINGELDEY, Math. Ann. **31**, (1888), S. 174.

Betrachtungen liegen die Untersuchungen von E. CARTAN [6]) zugrunde, dessen Bezeichnungen wir auch benutzen werden.

## § 2. *Der zweidimensionale Fall.*

Durch Lösung des Variationsproblems

$$\delta \int \sqrt[3]{a_{ikl} \frac{dx^i}{dt} \frac{dx^k}{dt} \frac{dx^l}{dt}}\, dt = 0$$

erhält man die Differentialgleichungen der Extremalen in der Form

$$\frac{d^2 x^i}{ds^2} + 2 G^i \left( x, \frac{dx}{ds} \right) = 0$$

mit:

$$G^i = \frac{B^i_{pqst}\, x'^p\, x'^q\, x'^s\, x'^t}{\triangle (x, x')} \qquad (i, p, q, s, t = 1, 2),$$

wo die $B^i_{pqst}$ ganze rationale Funktionen von $a_{ikl}$ und $\frac{\partial a_{ikl}}{\partial x^m}$ sind. $\triangle$ ist die durch (3) definierte HESSEsche Kovariante der Form $f$, sie wird im folgenden stets als von Null verschieden vorausgesetzt. Wir haben nun die beiden Fälle

$$\text{(I)} \quad R \neq 0 \quad , \quad \text{(II)} \quad R = 0$$

zu trennen, wo $R$ durch (2) definiert ist. Im Falle (I) haben wir drei verschiedene Scharen von Nullinien von $f$, im Falle (II) dagegen nur zwei. Wir untersuchen zunächst den Fall (I). Da $R \neq 0$ ist, so kann $\triangle$ nicht identisch verschwinden und hat zwei getrennte Scharen von Nullinien, die wir als Parameterlinien $x^i = const.$ einführen [7]). Es musz dann $a_1 = a_2 = 0$ sein. Wir haben somit für $f$ die Normalform

$$f = a_0\, x_1'^3 + a_3\, x_2'^3 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

erhalten.

Wir fragen, wann diese Räume keine Streckenkrümmung [8]) haben. Dazu muss die Invariante $I_{11}$ verschwinden [9]). Eine längere Rechnung zeigt, dass dies für

$$\frac{\partial a_0}{\partial x_2} = \frac{\partial a_3}{\partial x_1} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

---

[6]) E. CARTAN, Les espaces de FINSLER, Paris 1934.

[7]) Das bedingt eventuell das Rechnen in komplexen Koordinaten. A. CLEBSCH (loc. cit. S. 129) zeigt, dass entweder die Nullinien von $f$ oder die von $\triangle$ reell sind, so dass die folgenden Rechnungen auch ganz im reellen Gebiet geführt werden könnten. Der Durchgang durchs Komplexe vereinfacht die Rechnungen jedoch wesentlich.

[8]) Vgl. L. BERWALD, Ueber zweidimensionale allgemein-metrische Räume, Crelles Journal **156**, (1927).

[9]) Vgl. E. CARTAN, Sur un problème etc., Mathematica **4** (1930), S. 132.

der Fall ist. Durch die Koordinatentransformation

$$\bar{x}_1 = \int_a^{x_1} \sqrt[3]{a_0(\xi_1)}\, d\xi_1 \quad , \quad \bar{x}_2 = \int_b^{x_2} \sqrt[3]{a_3(\xi_2)}\, d\xi_2$$

geht die Form $f$ in

$$f = \bar{x}_1'^3 + \bar{x}_2'^3$$

über. Damit ist gezeigt, dass *der Fall (I) ($R \neq 0$) zwei Typen von* FINSLERschen *Räumen darstellt, nämlich entweder ganz allgemeine Räume, für die keine Invariante verschwindet, oder* MINKOWSKIsche *Räume.* Für die Invariante $I$ ergibt sich[10])

$$I = \tfrac{1}{4} \sqrt{2}\, Q\, \Delta^{-3/2},$$

wo $Q$ durch (4) definiert ist. Der *Hauptskalar* dieser Räume ist also nie konstant.

Wir wenden uns nun dem Fall (II) ($R = 0$) zu. $f$ hat jetzt, wie schon oben bemerkt wurde, zwei Scharen von Nullinien, die wir zu den Parameterlinien $x^i = const.$ machen. Es ist dann $a_0 = a_3 = 0$ und wegen $R = 0$ z.B. auch $a_2 = 0$. Wir erhalten somit

$$f = 3\, a_1\, x_1'^2\, x_2' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

In diesem Falle werden die $G^i$ quadratische Formen in den $x'^i$, d.h. *der Fall (II) liefert nur affinzusammenhängende Räume*[11]). Es ist hier stets

$$I = -\tfrac{1}{2} \sqrt{2} = const.$$

Für den Krümmungsskalar[12]) erhält man den Wert

$$K = -\tfrac{9}{8} f^{-2/3} \frac{\partial^2 \log a_1}{\partial x_1\, \partial x_2}\, x_1'\, x_2',$$

so dass die Räume (II) dann und nur dann MINKOWSKIsche *Räume* werden, wenn

$$\frac{\partial^2 \log a_1}{\partial x_1\, \partial x_2} = 0,$$

d.h.

$$a_1 = a_1'(x_1)\, a_1''(x_2)$$

ist.

---

[10]) $I$ unterscheidet sich vom Berwaldschen Hauptskalar nur um einen Zahlenfaktor.

[11]) Vgl. L. BERWALD, Crelles Journal **156**, S. 208. — E. CARTAN, Sur un problème etc., S. 138.

[12]) Vgl. L. BERWALD, loc. cit. — E. CARTAN, loc. cit.

## § 3. *Der dreidimensionale Fall.*

Wir haben bereits oben (§ 1) die sechs Normalformen für die Form

$$f = a_{ikl}\, x'^i\, x'^k\, x'^l \qquad (i, k, l = 1, 2, 3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

angegeben und mit (I) bis (VI) bezeichnet. Für die $G^i$ erhalten wir Ausdrücke der Form [13]):

$$G^i = \frac{B^i_{pqrst}\, x'^p\, x'^q\, x'^r\, x'^s\, x'^t}{H(x, x')},$$

wo $H$ die HESSEsche Kovariante [14]) der Form (10) ist und die $B^i_{pqrst}$ ganze rationale Funktionen der $a_{ikl}$ und $\frac{\partial a_{ikl}}{\partial x^m}$ sind. Wir untersuchen zunächst, wann die $G^i$ quadratische Formen in den $x'$ sind, d.h. wann die Räume affinen Zusammenhang haben. Man findet dafür die folgenden Bedingungen:

im Falle (I): $a_i = a_i(x_i)$ , $b^3 = c\, a_1\, a_2\, a_3$ $(i = 1, 2, 3)$,

im Falle (II): $a_i = a_i(x_i)$ $(i = 1, 2, 3)$,

im Falle (III): $a_i = a_i(x_i)$ , $b^3 = a_1\, a_2\, g(x_3)$ $(i = 1, 2)$,

im Falle (IV): $a_1 = a_1(x_1)$ , $b^3 = a_1\, h(x_2, x_3)$,

im Falle (VI): $a = a(x_1, x_3)$ , $b = b(x_2)$.

Darin bedeuten $g(x_3)$ und $h(x_2\, x_3)$ willkürliche Funktionen ihrer Argumente, $c$ eine willkürliche Konstante.

Der Fall (V) gibt immer affinzusammenhängende Räume. In den Fällen (I), (II) und (III) sind alle affinzusammenhängenden Räume MINKOWSKI*sche Räume*. Man kann nämlich in den Fällen (I) und (II) durch die Transformation

$$\bar{x}_i = \int_{\alpha_i}^{x_i} \sqrt[3]{a_i(\xi_i)}\, d\xi_i \qquad (i = 1, 2, 3),$$

im Falle (III) durch die Transformation

$$\bar{x}_i = \int_{\alpha_i}^{x_i} \sqrt[3]{a_i(\xi_i)}\, d\xi \quad (i = 1, 2) \quad , \quad \bar{x}_3 = \int_{\alpha_3}^{x_3} \sqrt[3]{g(\xi_3)}\, d\xi_3$$

---

[13]) Die Bedeutung der $G^i$ ist hier die gleiche wie in § 2.

[14]) Vgl. A. CAYLEY, loc. cit.

für die Form $f$ die folgenden Formen erhalten:

(I) $$f = \bar{x}_1'^3 + \bar{x}_2'^3 + \bar{x}_3'^3 + 6c\,\bar{x}_1'\,\bar{x}_2'\,\bar{x}_3',$$

(II) $$f = x_1'^3 + \bar{x}_2'^3 + \bar{x}_3'^3,$$

(III) $$f = x_1'^3 + \bar{x}_2'^3 + 6\,\bar{x}_1'\,\bar{x}_2'\,\bar{x}_3'.$$

Um in den anderen Fällen die MINKOWSKIschen Räume zu finden, hat man das Verschwinden des Krümmungsskalars zu untersuchen. Man findet die Bedingungen:

im Falle (IV): $h(x_2, x_3) = h_2(x_2)\; h_3(x_3)$,

im Falle (V): $b = b_1(x_1)\; b_2(x_2)\; b_3(x_3)$,

im Falle (VI): $a = A_1(x_1)\; A_3(x_3)$.

Wir können nun leicht zeigen, dass *alle* LANDSBERG*schen Räume, die im Vorstehenden auftreten, affin zusammenhängen.* Die LANDSBERGschen Räume sind nämlich durch die Bedingung [15])

$$\frac{1}{3}\frac{\partial f}{\partial x'^p}\frac{\partial G^p_{kh}}{\partial x'^r} = a_{mnp}\frac{\partial G^p_{kh}}{\partial x'^r}x'^m x'^n = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

bestimmt. Da die

$$\frac{\partial G^p_{kh}}{\partial x'^r} = \frac{Z^p_{khr,t_1t_2\ldots t_{11}}\,x'^{t_1}x'^{t_2}\ldots x'^{t_{11}}}{H^4}$$

sind, so kann man für (11) auch schreiben

$$a_{mnp}\,Z^p_{khr(t)} = 0, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

wobei

$$Z^p_{khr,t_1t_2\ldots t_{11}} = Z^p_{khr(t)}$$

gesetzt worden ist. (12) kann man als drei Systeme von je drei linearen Gleichungen mit den Determinanten

$$D_n = \begin{vmatrix} a_{11n} & a_{12n} & a_{13n} \\ a_{12n} & a_{22n} & a_{23n} \\ a_{13n} & a_{23n} & a_{33n} \end{vmatrix} \quad (n = 1, 2, 3)$$

auffassen. In den Fällen (I), (III) und (IV) ist $D_1 = -a_1 b^3 \neq 0$, also hat (12) nur die triviale Lösung $Z^p_{khr(t)} = 0$. In den Fällen (II) und (VI) reduziert sich das System (12) selbst auf

$$Z^p_{khr(t)} = 0.$$

[15]) Vgl. L. BERWALD, Untersuchung der Krümmumg usw., Math. Ztschr. **25** (1926), S. 54.

Der Fall (V) ist hier nicht zu berücksichtigen, da er nur affinzusammenhängende Räume liefert.

Zusammenfassend hat sich ergeben: *durch die Normalformen (I), (II), (III) werden entweder nicht-*LANDSBERG*sche allgemeine Räume oder* MINKOWSKI*sche Räume dargestellt. In den Normalformen (IV) und (VI) sind nicht-*LANDSBERG*sche allgemeine Räume, nicht-*MINKOWSKI*sche affinzusammenhängende und* MINKOWSKI*sche Räume enthalten. Die Normalform (V) gibt immer affinzusammenhängende Räume, die insbesondere auch* MINKOWSKI*sch werden können.*

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN
TE AMSTERDAM

# PROCEEDINGS

**VOLUME XXXVIII**

**No. 9**

President: J. VAN DER HOEVE
Secretary: B. BROUWER

## CONTENTS

W. H. KEESOM and B. G. DAMMERS: "On the construction of platinum thermometers and the determination of their basic points", p. 958.

W. H. KEESOM and B. G. DAMMERS: "Comparison of some platinum thermometers with the helium thermometer between 0 and — 183° C.", p. 959.

J. DE GIER and P. ZEEMAN: "The Isotopic Constitution of Iron", p. 959. (With one plate).

D. COSTER and F. BRONS: "On the dissociation energy of CO", p. 961.

A. A. NIJLAND: "Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen. XXV. V 20 = ST Cygni", p. 964. (With one plate).

F. M. JAEGER and J. A. VAN DIJK: "On Some Complex Dipyridyl-Salts of Nickel and Copper", p. 972.

ERNST COHEN und J. J. A. BLEKKINGH Jr.: "Der Einfluss des Dispersitätsgrades auf physikalisch-chemische Konstanten". (Fünfte Mitteilung), p. 978.

F. A. H. SCHREINEMAKERS and J. P. WERRE: "An osmotic complex with two stationary liquids", p. 982.

C. U. ARIËNS KAPPERS: "The degree of the changes in the cephalic index correlated with age and environment", p. 989. (With two tables).

P. J. HARINGHUIZEN and D. A. WAS: "Research on thin layers of tin and other metals. I. The influence of thin metal layers on the deterioration of technical insulating oils". (Communicated by Prof. L. S. ORNSTEIN), p. 1002.

V. HLAVATÝ: "Zur Konformgeometrie. III. Anwendung auf die Kurventheorie". (Communicated by Prof. J. A. SCHOUTEN), p. 1006.

J. BEINTEMA: "On the Crystal-Structure of Cerium tungstate". (Communicated by Prof. F. M. JAEGER), p. 1011.

J. BEINTEMA: "On the Crystal-Structure and the Composition of Sodiumdihydro-pyrostibiate". (Communicated by Prof. F. M. JAEGER), p. 1015.

W. KLEIN: "The degree of the developmental changes in the length-breadth index of the head of Dutch Askenasim Jews". (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS), p. 1021.

G. STIASNY: "Die Tornarien der Snelliusexpedition". (Communicated by Prof. H. F. NIERSTRASZ), p. 1026.

N. POSTMA: "Tonus phenomena in the foot of the snail (Helix pomatia)". (Communicated by Prof. H. J. JORDAN), p. 1036.

SVEN MAGNUS BERGGREN: "Anatomical study of a case of unilateral section of the Bracchium conjunctivum cerebelli in the dog, with remarks concerning the existence of cerebellopetal fibres in this Bracchium". (Communicated by Prof. C. WINKLER), p. 1040. (With one plate).

---

**Physics.** — *On the construction of platinum thermometers and the determination of their basic points.* By W. H. KEESOM and B. G. DAMMERS. (Abstract of Communication N⁰. 239*d* from the KAMERLINGH ONNES Laboratory at Leiden).

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

In 1927 the 7th General Conference of Weights and Measures decided to fix a temperature scale, called the "International Temperature Scale", which for temperatures from —190° C to 660° C depends on readings of the platinum thermometer. As a result of an analysis of the experimental basis on which the definition of the international temperature scale rests, the KAMERLINGH ONNES laboratory decided not to accept that scale. So the Leiden Laboratory continued to compare its platinum thermometers directly with the helium thermometer.

At the same time we decided to construct from wires of different origin a number of platinum thermometers which satisfy the exigencies mentioned in the definition of the international temperature scale, and to compare them from 0 to —183° C with the helium thermometer. This paper contains the details of construction and measurement of the basic points.

The optimum annealing temperature lies at 840 to 850° C.

The oxygen point was taken at —182.98$^{3}$° C, derived as an average of previous Leiden determinations recalculated with recent values of the fundamental pressure coefficient and of the second virial coefficients of helium. A new determination gave —182.98$^{5}$° C.

The accuracy of the calibration of the platinum thermometer at the ice-, steam- and oxygen-points appears to be about 0.002 to 0.003 degree.

**Physics.** — *Comparison of some platinum thermometers with the helium thermometer between 0 and —183° C.* By W. H. KEESOM and B. G. DAMMERS. (Abstract of Communication N°. 239e from the KAMERLINGH ONNES Laboratory at Leiden).

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

Five platinum thermometers, which satisfy the conditions stipulated in the definition of the international temperature scale, were compared with the helium thermometer between 0° C and —183° C in a cryostat giving a temperature constant and uniform within 0.002 degree.

The readings of three of the thermometers (two of wire from HERAEUS, one of wire we obtained from the Bureau of Standards) agree within 0.003 degree. The fourth thermometer, made from wire furnished by JOHNSON and MATTHEY and not directly compared with the others, agrees with those mentioned within the accuracy of the readings of the helium thermometer.

The fifth thermometer, from HERAEUS wire, gives readings which differ 0.03 degree at —138° C from those of the first mentioned set.

The international temperature scale lies for temperatures between 0° C and —100° C below the thermodynamic scale to an amount of about 0.04 degree at —80° C.

Between —120 and —183° C the international temperature scale lies above the thermodynamic scale. Maximum deviation between —130 and —140° C. Amount of the deviation as shown by the four first mentioned thermometers 0.01 to 0.02 degree.

---

**Physics.** — *The Isotopic Constitution of Iron.* By J. DE GIER and P. ZEEMAN.

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

Looking at an isotopic table of 1934, one will perceive that iron as well as nickel are still tabulated with two isotopes. Titanium and chromium, the two elements of even atomic number that immediately precede have five respectively four isotopes. And the following elements such as zinc and germanium are known to consist of five isotopes each.

Such a point of view made it already apparent that more isotopes of nickel and iron will exist. The difference could easily be explained by the experimental difficulties in examining these substances.

Attempts to systematize the isotopic table, such as MATTAUCH's [1]) rules, consequently predicted several isotopes in this region as well.

Meanwhile the isotopic constitution of nickel has been settled, four even numbered isotopes [2]) being identified.

Iron now examined by us, was early dealt with by ASTON [3]) by means of volatile carbonyl. He reported on two isotopes of mass numbers 56 and 54 with an estimated abundance of 95 % and 5 %.

Recently [4]), in using a particularly pure sample of the carbonyl, ASTON discovered a third isotope of mass number 57. The values obtained for the relative abundance were:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mass numbers | 54 | 56 | 57. |
| % abundance | 6.5 | 90.7 | 2.8. |

A line of mass number 58 was also present but weakened as the work proceeded and was, according to ASTON, most probably due to traces of nickel still left in the tube from the preceding nickel experiments.

Already during the summer we made experiments with iron. The carbonyl was used, but as we had only the disposal of a sample dissolved in paraffin, the experiments were not conclusive.

Exposures with intensities sufficient to obtain all three isotopes were taken. Lines for the monocarbonyls of these isotopes were equally present as well as several higher carbonyls from the strongest isotope.

But nevertheless line 58, though always present, could not be identified with sufficient certainty.

The cause was that the solvent had too high a vapour pressure. The carbonyl got greatly contaminated by the vapour of the paraffin. So the photos exhibited strong series of carbonhydrides, which series often reached beyond the iron group.

This was demonstrated by the frequent presence of 55 and by the enhanced intensity of 57 and 58.

At the same time much hydrogen was liberated in the tube by the action of the discharge, and the formation of ironhydride could not always be excluded.

A generous gift of the I. G. Farbenindustrie at Frankfurt helped us out of this trouble. A free sample of very pure carbonyl was sent to us, for which we are highly grateful.

Yet it was by no means easy to obtain photos with sufficient intensity. The discharge with the pure sample was much more difficult to manage than in the case of nickelcarbonyl. To keep the tube steady, it required diluting with much oxygen. While nickel gave a black deposit all over the

---

[1]) J. MATTAUCH, Zeitschr. f. Phys., **91**, 361, 1934.

[2]) J. DE GIER and P. ZEEMAN, These Proceedings, page 810.

[3]) F. W. ASTON, Phil. Mag., **45**, 940, 1923. Ibid. **49**, 1198, 1925.

[4]) F. W. ASTON, Proc. Roy. Soc. London, **149**, 402, 1935.

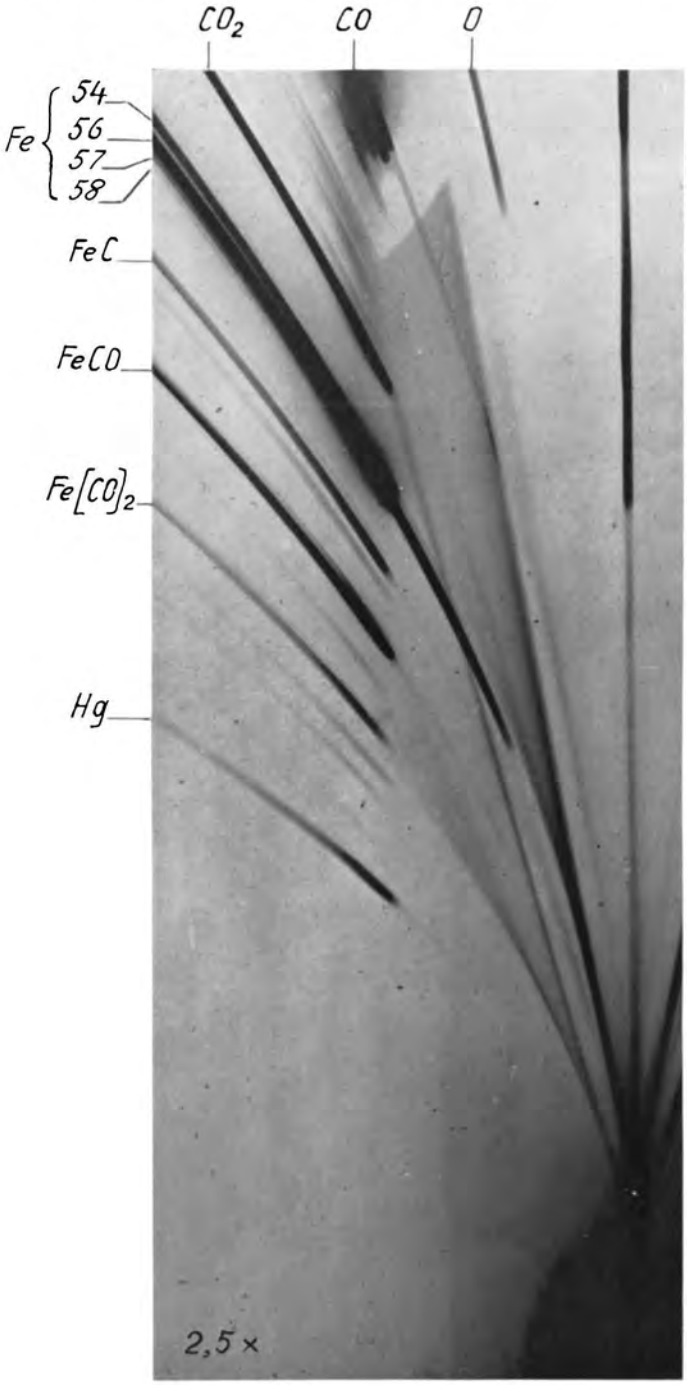



Fig. 1.

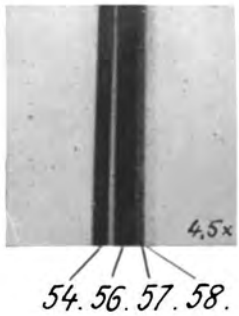



Fig. 2.

wall of the heated tube, iron by the action of the discharge mainly deposited in the cathodic region, causing a quick disturbance of the bundle.

On the other side too much oxygen soon reduced the iron intensity. The more so as the carbonyl contains five CO groups the concerning line being by far the most intensive one.

Added to this it was difficult to keep the discharge conditions constant for a long time.

With properly chosen canals the intensity of the iron lines could be increased so far that isotope 58 can be seen in the reproduction (fig. 1 and 2). The photo — taken with the pure sample — could easily be interpreted now. Iron hydrides were not feared further and all compounds in this region have disappeared.

The appearance of line 58 could now be followed closely when varying the circumstances of the experiments. In this way we obtained several most convincing plates of the new isotope.

The abundance relative to 57 was estimated by varying the time of exposure. On account of the wide canals however the resolving power of the apparatus is only just great enough to separate 56 and 57. The shadow of the principal isotope made it difficult to give a figure. But surely we will not be far from the correct value if we take the abundance of 58 relative to 57 at 1 : 6. With this figure the table runs as follows:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mass numbers | 54 | 56 | 57 | 58 |
| % abundance | 6.5 | 90.2 | 2.8 | 0.5 |

*Laboratory „Physica" of the University of Amsterdam.*

Oct. 1935.

---

**Physics.** — *On the dissociation energy of CO.* By D. COSTER and F. BRONS.

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

Figure 1 gives the level diagram of the *CO*-molecule at which we arrived in our recent investigations. The position of the dissociation states relative to the electronic levels is based upon the observation of predissociation phenomena in the *CO*-bands. Formerly [1]) we already observed predissociation in the upper level ($B^1\Sigma$) of the ÅNGSTRÖM-bands at 11.08 volts above the normal state of the molecule. At first we interpreted this predissociation as due to the dissociation state $^3P + {}^1D$ and arrived in this manner at a dissociation energy of the normal level ($X^1\Sigma$) of 9.82 volts. Later on we revised this view and ascribed the predissociation in $B^1\Sigma$

[1]) D. COSTER and F. BRONS, Physica **1**, 155, 1934.

to the dissociation state $^3P + {}^1S$, which gives 8.41 volts [1]) for the dissociation energy of the normal state. This interpretation, which is also given in

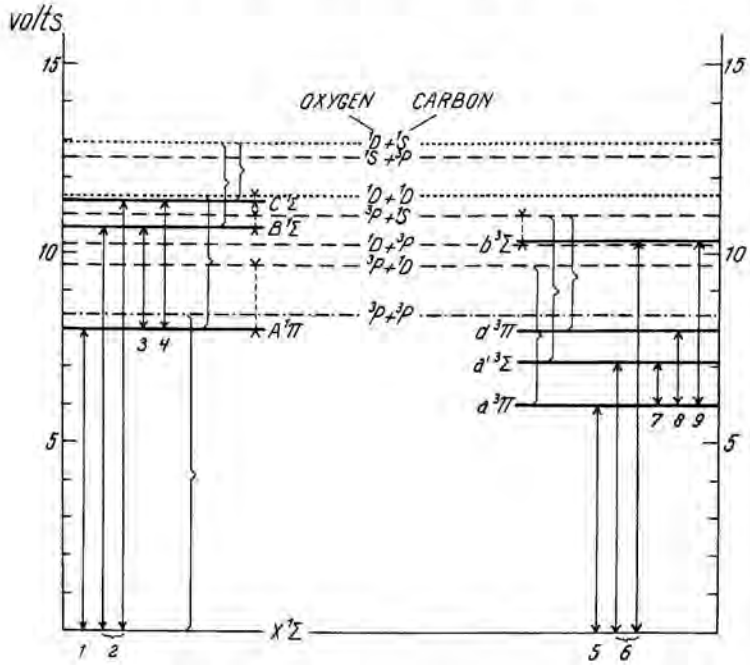



Fig. 1. Level diagram of the CO-molecule.

The singlet levels are the horizontal fully drawn lines to the left, the triplet levels those to the right of the figure. The dotted and dashed horizontal lines are the energy states of the molecule dissociated into different excited atoms. ($^3P$ (oxygen) $+ {}^3P$ (carbon) give rise to singlet, triplet and quintet molecular levels; $^3P + {}^1D$, $^1D + {}^3P$; $^3P + {}^1S$ and $^1S + {}^3P$ only to triplet levels, $^1D + {}^1D$ and $^1D + {}^1S$ only to singlet levels). The brackets join the molecular levels with the atomic states into which they respectively dissociate. The vertical dotted lines join the molecular levels with the dissociation states which cause predissociation in them. The vertical arrows give the observed possible transitions; they are:

1 fourth positive carbon group
2 absorption bands of HOPFIELD-BIRGE
3 ANGSTRÖM-bands
4 HERZBERG-bands
5 CAMERON-bands
6 absorption bands of HOPFIELD-BIRGE
7 ASUNDI-bands
8 so-called triplet-bands
9 third positive carbon group.

figure 1, is in better agreement with the value of the dissociation energy of the $A^1\Pi$-level found by extrapolation of the vibrational formula for the fourth positive group. Still the dissociation energy of $CO$ remained uncertain. The question would be settled if it were possible to find a predissociation in one of the $CO$-bands caused by another dissociation state. This was tried by SCHMID and GERÖ [2]). They found a sudden decrease in

[1]) D. COSTER and F. BRONS, Physica **1**, 634, 1934.

[2]) R. SCHMID and L. GERÖ, Zs. f Phys. **96**, 546, 1935.

intensity of the HERZBERG-band-lines, which they interpreted as due to a predissociation in the upper level $C^1\Sigma$ at a height of 0.48 volts above the level which causes predissociation in the $B^1\Sigma$-level of the ÅNGSTRÖM-bands. They compared this energy difference with the energy difference of the atomic states: $^1D$ (oxygen) + $^1D$ (carbon) and $^3P$ (oxygen) + $^1S$ (carbon), which amounts to 0.54 volts, and came in this way also to a dissociation energy of the normal $CO$-molecule of 8.41 volts. The difference between the measured value of 0.48 volts, however, and that given by their interpretation of the dissociation states (0.54 volts) seems rather large: indeed the value $^1D$ (oxygen) + $^1S$ (carbon) — $^1S$ (oxygen) + $^3P$ (carbon) = 0.46 volts would fit better with the measured value. This would give a much lower dissociation energy, viz. 6.90 volts. For this reason it seemed to us that by the work of SCHMID and GERÖ the question is not finally settled.

During the course of an investigation of the rotational structure of the fourth positive group one of us (F. BRONS) found a sudden disappearance of the lines which combine with the vibrational level $v' = 10$ of the upper level $A^1\Pi$. This place was found to be 9.67 volts above the $X^1\Sigma$ ($v = 0$, $J = 0$)-state of the molecule, thus giving a difference of 11.08 — 9.67 = 1.41 volts with the energy of predissociation in the ÅNGSTRÖM-bands. This energy difference exactly agrees with the energy difference between the states of the carbon atom $^1S$—$^1D$ (= 1.41 volts). By this beautiful agreement the level diagram of figure 1 is definitely proved to be the right one; it gives 8.41 volts for the dissociation energy of $CO$, or 193.9 kcal per mol. [1]). For the other molecular states we find the dissociation energies of table 1.

TABLE 1.
Dissociation energies.

| Molecular state | Dissociation into: | Energy of dissociation |
|---|---|---|
| X $^1\Sigma$ | $^3$P (O) + $^3$P (C) | 8.41 volts |
| A $^1\Pi$ | $^1$D + $^1$D | 3.58 „ |
| B $^1\Sigma$ | $^1$D + $^1$S | 2.28 „ |
| a $^3\Pi$ | $^3$P + $^1$D | 3.68 „ |
| a' $^3\Sigma$ | $^3$P + $^1$S | 3.94 „ |
| d $^3\Pi$ | $^3$P + $^1$S | 3.18 „ |

We will still point to the fact that on the whole in 4 band-systems of $CO$ the phenomenon of predissociation has been found. Besides the three cases mentioned above, a predissociation has still been detected in the third

[1]) That it cannot be lower than this value, will be discussed in detail in a paper soon to appear in Physica.

positive group [1]). This is caused by the same level which is responsible for predissociation in the ÅNGSTRÖM-bands (see figure 1).

From the value of the dissociation energy of $CO$ we are able to calculate the heat of sublimation of solid carbon. We use the well-known equation:

$$C_{diam.} + \tfrac{1}{2} O_2 = CO + Q,$$

where $Q$ is the heat of combustion. It then follows that:

$$Q = D_{CO} - \tfrac{1}{2} D_{O_2} - S_C,$$

where $D$ is the dissociation energy and $S$ is the heat of sublimation. Taking for $Q$ the value 27.6 kcal, for $D_{CO}$ the above value of 193.9 kcal and for $D_{O_2}$ the value of 5.09 volts = 118.4 kcal according to HERZBERG [2]), we find for $S = 107.6$ kcal., which is much lower than the value found by other methods [3]).

*Natuurkundig Laboratorium der Rijksuniversiteit te Groningen.*

---

[1]) F. BRONS, Nature **135**, 873, 1935.

[2]) G. HERZBERG, Zs. f. phys. Chem. **10**, 189, 1930.
R. FRERICHS, Phys. Rev. **36**, 398, 1930.

[3]) 139 kcal by H. KOHN and M. GUCKEL, Zs. f. Phys. **27**, 305, 1924, and 177 kcal by A. L. MARSHALL and F. J. NORTON, J. Amer. Chem. Soc. **55**, 431, 1933.

---

**Astronomy.** — *Mittlere Lichtkurven von langperiodischen Veränderlichen.* XXV. *V* 20 = *ST Cygni.* Von A. A. NIJLAND.

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

Instrumente $S$ und $R$. Da der Stern im Maximum selten heller als $10^m$ wird, wurde der Sucher nur ausnahmsweise benutzt. Die Beobachtungen wurden alle auf $R$ reduziert; die Reduktion $R$—$S$ beträgt —$0^m.35$. Spektrum M6e (HA **79**, 190). Gesamtzahl der Beobachtungen 673 (von 2416936 bis 2428077). Es wurden wieder, wie in allen früheren Mitteilungen, die in zwei Instrumenten angestellten Schätzungen nur einmal gezählt. Zwei Beobachtungen wurden verworfen (2424966 und 7676), und so bleiben 671 Schätzungen für die Reduktion übrig.

Karte: HAGEN, *Atlas Stell. var. Series VII.*

Die Tabelle I gibt eine Übersicht der benutzten Vergleichsterne. Die Wahl passender Objekte bot in dem reichen Felde keinerlei Schwierigkeiten, und ich fühlte mich deshalb bei der Beobachtung dieses Sterns recht sicher. Stern *a* ist BD + 54°.2375; seine in Potsdam gemessene Helligkeit, $9^m.46$, verdanke ich einer brieflichen Mitteilung von weiland G. MÜLLER. Für die

TABELLE I. Die Vergleichsterne.

| * | HAGEN | St. | GRAFF | HA 74 *red.* | PD *red.* | *H* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 11 | 41.8 | — | $9^{m}.50$ | $9^{m}.29$ | $9^{m}.44$ |
| *b* | 19 | 35.2 | $10^{m}.14$ | 10.30 | Grenze | 10.14 |
| *c* | 39 | 29.3 | 10.65 | — | $11^{m}.01$ | 10.75 |
| *d* | 44 | 23.2 | 11.49 | — | — | 11.39 |
| *e* | 45 | 23.0: | 11.58 | — | — | 11.41: |
| *f* | 48 | 17.8 | 11.99 | 11.83 | — | 11.96 |
| *g* | 50 | 13.0 | — | — | — | 12.47 |
| *h* | 57 | 7.7 | — | — | — | 13.03 |
| *j* | — | 3.7: | — | — | — | 13.45: |
| *l* | 60 | 2.7 | 13.38 | — | — | 13.56 |
| *k* | 59 | 2.1 | — | — | 13.50 | 13.62 |
| *ξ* | 61 | 0.0 | 13.84 | — | — | 13.84 |
| *m* | — | — | — | — | — | 13.91: |

Reduktion auf das System der HP wurde $-0^{m}.17$ genommen. Die Sterne *e*, *j* und *m* kamen nur ausnahmweise zur Verwendung; *j* und *m* trifft man nicht bei HAGEN an; ihre Koordinaten in bezug auf den Veränderlichen sind:

$$j: \ \Delta\alpha = +0'.4, \qquad \Delta\delta = -2'.6,$$
$$m: \qquad -0.7 \qquad\qquad +1.6.$$

Die Sterne *c* und *d* wurden 3-mal (2417153, 7207 und 7712) an die Grenze von *S* angeschlossen. Für *c* ergibt sich hieraus der Wert $11^{m}.01$. Stern *k* wurde im Laufe der Jahre oft, als der Veränderliche im Minimum war, an die Grenze von *R* angeschlossen; als Mittel aus 17 Schätzungen erhielt ich $13^{m}.50$. Die photometrischen Helligkeiten von GRAFF wurden dem *Atlas Stell. var.* entnommen. Die Grössen aus HA 74 erhielten zur Reduktion auf die GRAFFschen Zahlen eine Nullpunkts-Korrektion von $+0^{m}.67$. Wie aus der Tabelle I ersichtlich, steht die Stufenskala in sehr befriedigendem Einklang mit den photometrischen Helligkeiten der Vergleichsterne. Sie bezieht sich auf die Grösse $12^{m}.0$; der Stufenwert ist $0^{m}.105$.

Es liegen nur 20 Schätzungen der Farbe vor, meistens aus den Jahren 1905 bis 1909. Die Farbe wurde immer $3^{c}$ oder $4^{c}$ geschätzt, und zwar bei einer Helligkeit des Veränderlichen zwischen den Grenzen $9^{m}.8$ und $11^{m}.1$. Das allgemeine Mittel ist $3^{c}.55$.

Die *Figur 1* enthält die Beobachtungen, alle auf *R* reduziert. Die Reihe der Abweichungen (Beobachtung minus Kurve) zeigt 204 Plus-, 264

Minuszeichen, 203 Nullwerte, 185 Zeichenfolgen, 282 Zeichenwechsel. Das Mittel der absoluten Werte der Abweichungen ist $0^m.087$. Sehr auffallend ist der grosse Überschuss der Zeichenwechsel; die Kurve folgt scheinbar den eingetragenen Punkten der Graphik zu genau und hätte glätter gezogen werden können. Dafür sprechen auch die grosse Zahl von Nullwerten, und der geringe Wert der durchschnittlichen Abweichung.

Ein Einfluss des Mondscheines auf die Helligkeitsschätzung ist kaum nachweisbar. Es verteilen sich auf 151 bei Mondschein angestellte Beobachtungen die Abweichungen wie folgt: 47 Plus-, 62 Minuszeichen, 42 Nullwerte.

Die Tabelle II enthält die aus der Kurve abgelesenen Epochen der Minima *m* und der Maxima *M*. Die Spalte *R* wurde mit den Elementen:

$$2422305^d + 334^d\, E \text{ (für die Minima)}$$

und

$$2422473 + 334\, E \text{ (für die Maxima)}$$

gerechnet. Die übrigbleibenden *B*—*R* sind zu gross und sie zeigen überdies einen stark systematischen Charakter. Dabei fällt es auf, dass der sonst meistens so deutlich ausgesprochene Parallelismus zwischen Minima und Maxima hier fehlt, namentlich am Ende der Reihe. Bei den Minima würde die Reihenfolge der Vorzeichen (anfangs überwiegend +, in der Mitte — oder um Null herum, am Ende wieder +) auf eine Verlängerung der Periode weisen — etwa von $330^d$ zu $337^d$ in dem hier diskutierten Zeitraum 1905—1935. Bei den Maxima könnte man eher auf eine konstante Periode schliessen, welche dann aber etwas kleiner als $334^d$ genommen werden müsste. Sehr deutlich ist allerdings die Abnahme der *B*—*R* von + nach — hier nicht ausgesprochen. Und so habe ich es trotz der auf der Hand liegenden Unsicherheit gewagt, die beiden Reihen *B*—*R* in eine Graphik zu kombinieren, und sie durch eine Parabel darzustellen. Das Resultat ist das Elementensystem *F*:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Minima:} & 2422295^d \\ \text{Maxima:} & 2464\end{array}\right\} + 334^d\, E + 0^d.098\ (E-3)^2.$$

Obwohl die Berücksichtigung des quadratischen Gliedes die Quadratsummen der Abweichungen für die Minima und die Maxima zusammen von 13877 auf 9248 herabdrückt, ist die Darstellung der beobachteten Epochen durch die Formel *F* keineswegs befriedigend zu nennen.

Die *G und L* (II, 277) gibt für die aus 17 Maxima abgeleitete Periode $333^d.5$, mit der Bemerkung, dass die Periodenlänge wahrscheinlich Schwankungen unterworfen ist; doch sei hervorgehoben, dass sich unter diesen Maxima 10 von mir beobachtete vorfinden. Auch bei diesem Stern tritt wieder deutlich zutage, dass ein Zeitraum von 30 Jahren zu einer einigermassen befriedigenden Diskussion der beobachteten Epochen nicht ausreicht; diese muss späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

PRAGER's Katalog für 1935 gibt den Periodenwert $333^d.3$, und das aus

A. A. NIJLAND: MITTLERE LICHTKURVEN VON LANGPERIODISCHEN VERÄNDERLICHEN. XXV. V 20 = ST CYGNI.

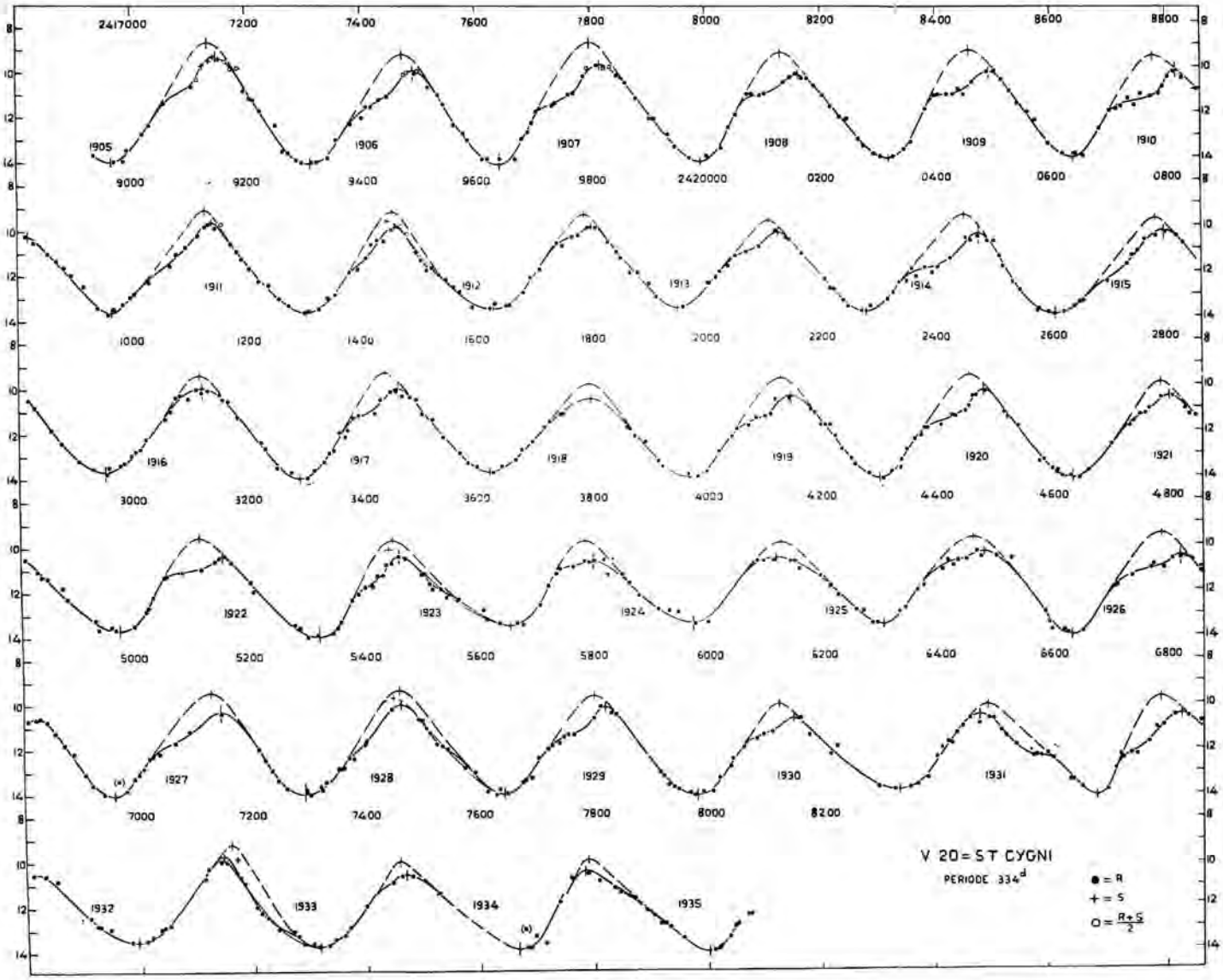



Fig. 1.

TABELLE II.

| E | Minima m | | | | | Maxima M | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B | v | R | B−R | B−F | B | v | R | B−R | B−E |
| − 16 | 241 6964 | m 14.0 | 6961 | + 3 | −22 | 241 7149 | m 9.4 | 7129 | +20 | − 6 |
| − 15 | 7312 | 14.1 | 7295 | +17 | − 5 | 7492 | 10.0 | 7463 | +29 | + 6 |
| − 14 | 7642 | 14.1 | 7629 | +13 | − 5 | 7816 | 9.8 | 7797 | +19 | 0 |
| − 13 | 7991 | 14.1 | 7963 | +28 | +13 | 8162 | 10.2 | 8131 | +31 | +15 |
| − 12 | 8317 | 14.0 | 8297 | +20 | + 8 | 8494 | 10.2 | 8465 | +29 | +16 |
| − 11 | 8638 | 14.0 | 8631 | + 7 | − 2 | 8817 | 10.2 | 8799 | +18 | + 8 |
| − 10 | 8964 | 13.6 | 8965 | − 1 | − 8 | 9139 | 9.6 | 9133 | + 6 | − 2 |
| − 9 | 9305 | 13.6 | 9299 | + 6 | + 2 | 9458 | 9.9 | 9467 | − 9 | −14 |
| − 8 | 9629 | 13.5 | 9633 | − 4 | − 6 | 9800 | 9.9 | 9801 | − 1 | − 4 |
| − 7 | 9948 | 13.5 | 9967 | −19 | −19 | 242 0125 | 10.2 | 0135 | −10 | −11 |
| − 6 | 242 0276 | 13.7 | 0301 | −25 | −23 | 0473 | 10.3 | 0469 | + 4 | + 5 |
| − 5 | 0606 | 13.9 | 0635 | −29 | −25 | 0795 | 10.2 | 0803 | − 8 | − 5 |
| − 4 | 0950 | 13.7 | 0969 | −19 | −14 | 1119 | 10.0 | 1137 | −18 | −14 |
| − 3 | 1290 | 14.0 | 1303 | −13 | − 7 | 1462 | 10.0 | 1471 | − 9 | − 4 |
| − 2 | 1620 | 13.7 | 1637 | −17 | −10 | 1797: | 10.5: | 1805 | − 8 | − 2 |
| − 1 | 1967 | 14.0 | 1971 | − 4 | + 4 | 2145 | 10.4 | 2139 | + 6 | +13 |
| 0 | 2297 | 14.0 | 2305 | − 8 | + 1 | 2480 | 10.2 | 2473 | + 7 | +15 |
| + 1 | 2634 | 14.0 | 2639 | − 5 | + 5 | 2803 | 10.5 | 2807 | − 4 | + 5 |
| + 2 | 2972 | 13.7 | 2973 | − 1 | + 9 | 3150 | 10.4 | 3141 | + 9 | +18 |
| + 3 | 3320 | 13.9 | 3307 | +13 | +23 | 3460 | 10.4 | 3475 | −15 | − 6 |
| + 4 | 3653 | 13.5 | 3641 | +12 | +22 | 3798 | 10.6 | 3809 | −11 | − 2 |
| + 5 | 3971 | 13.4 | 3975 | − 4 | + 6 | 4116 | 10.5 | 4143 | −27 | −18 |
| + 6 | 4301 | 13.5 | 4309 | − 8 | + 1 | 4480 | 10.3 | 4477 | + 3 | +11 |
| + 7 | 4630 | 14.0 | 4643 | −13 | − 5 | 4820 | 10.4 | 4811 | + 9 | +16 |
| + 8 | 4959 | 14.0 | 4977 | −18 | −11 | 5143 | 10.3 | 5145 | − 2 | + 4 |
| + 9 | 5290 | 14.0 | 5311 | −21 | −15 | 5460 | 10.0 | 5479 | −19 | −14 |
| + 10 | 5640 | 14.0 | 5645 | − 5 | 0 | 5816 | 10.1 | 5813 | + 3 | + 7 |
| + 11 | 5976 | 14.1 | 5979 | − 3 | + 1 | 6144 | 10.6 | 6147 | − 3 | 0 |
| + 12 | 6330 | 13.8 | 6313 | +17 | +19 | 6469 | 10.5 | 6481 | −12 | −11 |
| + 13 | 6673 | 14.1 | 6647 | +26 | +26 | 6821 | 10.5 | 6815 | + 6 | + 5 |
| + 14 | 6994 | 13.5 | 6981 | +13 | +11 | 7146 | 9.9 | 7149 | − 3 | − 6 |
| + 15 | 7316 | 13.8 | 7315 | + 1 | − 3 | 7466 | 10.5 | 7483 | −17 | −22 |
| + 16 | 7666: | 14.0: | 7649 | +17 | +10 | 7779 | 10.4 | 7817 | −38 | [−46] |
| + 17 | 8001 | 14.0 | 7983 | +18 | + 9 | | 10.22 | | | ± 9 |
| | | 13.85 | | | ±10 | | | | | |

sämtlichen von mir seit d. J. 1905 in den *Astr. Nachr.* mitgeteilten Epochen der Minima und Maxima abgeleitete allgemeine Mittel ist $334^d$.

Die extremen Werte des Lichtwechels sind:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Minimum: } 13^m.85 \pm 0^m.043 \\ \text{Maximum: } 10\ .21 \pm 0\ .050\end{array}\right\} \text{(m.F.)}$$

Die Amplitude beträgt somit $3^m.64$. Beim Maximum zeigt die Reihe der Abweichungen vom Mittelwert ein Zuviel an Zeichenfolgen. Man bekommt den Eindruck, dass das grösste Licht in den Jahren 1905—1935 etwas schwächer ist geworden, etwa von $10^m.3$ bis $10^m.8$.

Die Bildung einer mittleren Kurve war bei diesem Stern mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft. Die Betrachtung der *Figur 1* lehrt, dass sich bei vielen Maxima im Aufstieg mehr oder weniger deutlich ausgeprägte Verzögerungen bemerkbar machen. Bei den Maxima 2417816, 8162, 8494, 8817, 2420473, 1462, 2145, 2480, 3150 und 6821 bilden sie sich zu wirklichen Buckeln heraus. In diesen und auch noch in vier weiteren Fällen (2417492, 2423460, 5816 und 7146) lässt sich der Wendepunkt ziemlich sicher bestimmen. Es bleiben dann aber 19 Maxima übrig, bei denen der Wendepunkt entweder gar nicht existiert, oder kaum festzulegen ist. Dazu kommt nun die oben schon genannte Tatsache, dass in den Abweichungen Beobachtung minus Kurve die Zeichenwechsel abnormal stark überwiegen. Ich habe die Kurve so gelassen, wie ich sie nun einmal gezeichnet hatte, stehe aber den sehr flauen sekundären Wellen etwas misstrauisch gegenüber: hätte ich die Kurve glätter gezogen, wozu mir der Überschuss der Zeichenwechsel das vollste Recht gibt, so wären mehrere der nicht überdeutlichen Wendepunkte ganz und gar verschwunden.

Auch der absteigende Ast zeigt hier und da eine Verzögerung: beim Maximum 2426469 ist sie durch zahlreiche Beobachtungen vollkommen verbürgt, bei den Maxima 2419458, 2423460, 5460, 7146 und 7779 gilt aber wieder die Bemerkung, dass man die Wendepunkte und damit ein Paar überzählige Zeichenwechsel los wird, wenn man die Kurve etwas gerader zieht.

Schliesslich habe ich bei der Bildung der Kurve die Wendepunkte ganz ausser Acht gelassen. Sie spielen selbstverständlich dennoch ihre Rolle in der mittleren Kurve (Tabelle III), welche sich aus den beiden Teilkurven, der Kurve des grössten und der Kurve des kleinsten Lichtes, zusammenstellt.

Ich war etwas enttäuscht, erfahren zu müssen, dass sich bei *V* 20 *Cygni* die beiden Teilkurven nicht befriedigend an einander anschliessen. Der Fall hat sich in meinen bisherigen Bearbeitungen der mittleren Lichtkurven noch nie dargeboten und ist m.E. dem Non-Parallelismus der beiden Hauptepochen zuzuschreiben, von dem oben die Rede war.

Es wurde nun wieder versucht, die Kurve von der „Störung" zu befreien. Obwohl es bei mehreren Maxima, namentlich denjenigen wo kein Wendepunkt vorhanden ist, fraglich erscheinen kann, ob der Stern bei der

TABELLE III. Die mittlere Lichtkurve.

| Phase | $v$ | Phase | $v$ | Phase | $v$ | Phase | $v$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $-90^d$ | $12.05^m$ | 0 | $13.85^m$ | $+90^d$ | $11.67^m$ | $+180$ | $10.32^m$ |
| $-80$ | 12.32 | $+10^d$ | 13.78 | $+100$ | 11.49 | $+190$ | 10.54 |
| $-70$ | 12.60 | $+20$ | 13.64 | $+110$ | 11.35 | $+200$ | 10.80 |
| $-60$ | 12.86 | $+30$ | 13.42 | $+120$ | 11.17 | $+210$ | 11.08 |
| $-50$ | 13.11 | $+40$ | 13.11 | $+130$ | 10.97 | $+220$ | 11.37 |
| $-40$ | 13.33 | $+50$ | 12.78 | $+140$ | 10.74 | $+230$ | 11.66 |
| $-30$ | 13.52 | $+60$ | 12.40 | $+150$ | 10.47 | $+240$ | 11.95 |
| $-20$ | 13.68 | $+70$ | 12.12 | $+160$ | 10.30 | $+250$ | 12.22 |
| $-10$ | 13.80 | $+80$ | 11.87 | $+170$ | 10.21 | | |

Aufhellung wirklich eine Störung erleidet, so stehen diesen zweifelhaften oder vielleicht sogar negativen Fällen so viele Fälle von ausgesprochen positiver Evidenz gegenüber — siehe z.B. in der *Figur 1* die obere Reihe — dass ich, wie früher bei *S Ursae Majoris* und *R Cygni*, angenommen habe, dass sämtliche Aufhellungen einer Störung unterliegen. Sie tritt dann meistens im Aufstieg auf, mitunter aber unweit des Maximums, und wenigstens einmal im Abstieg (beim gut kontrollierten Maximum 2426469); die Maxima 2419458, 2423460, 5460, 7146 und 7779 bleiben nach der oben bei der Besprechung der Wendepunkte gemachten Bemerkung zweifelhaft.

Wie dem auch sei, ich habe sämtliche Maxima so gut wie möglich nach dem bisher immer innegehaltenen Prinzip vervollständigt, dass der ungestörte Kurvenzug sich dem beobachteten sowohl beim Auf- wie beim Abstieg tunlichst gut anzuschmiegen hat (Tabelle IV). Es kam mir aber ratsam vor, die 5 zweifelhaften Maxima in der weiteren Diskussion ausser Acht zu lassen, so wie auch die an und für sich schon recht unzuverlässigen Maxima 1797 und 4116. Die übrigen (26 Stück) wurden mit den Elementen $R$:

$$2422457^d + 334^d\,E$$

und den Elementen $F$:

$$2422446^d + 334^d\,E + 0^d.098\,(E-3)^2$$

verglichen.

Die maximale Helligkeit wird jetzt: $v = 9^m.50 + 0^m.060$ (m.F.).

Die Teilkurve $A$ der ungestörten Maxima (*Fig. 2*) schliesst sich der-

TABELLE IV. Ungestörte Maxima.

| E | B | v | R | B−R | B−F | E | B | v | R | B−R | B−F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| −16 | 241 7131 | m 8.7 | 7113 | +18 | − 6 | + 1 | 242 2787 | m 9.9 | 242 2791 | − 4 | + 7 |
| −15 | 7473 | 9.3 | 7447 | +26 | + 5 | + 2 | 3110 | 9.6 | 3125 | −15 | − 4 |
| −14 | 7799 | 8.8 | 7781 | +18 | + 1 | + 3 | [3448 | 9.7] | 3459 | — | — |
| −13 | 8131 | 9.3 | 8115 | +16 | + 2 | + 4 | 3783 | 9.8 | 3793 | −10 | + 1 |
| −12 | 8459 | 9.2 | 8449 | +10 | − 1 | + 5 | [4126: | 9.9:] | 4127 | — | — |
| −11 | 8777 | 9.5 | 8783 | − 6 | −14 | + 6 | 4460 | 9.7: | 4461 | − 1 | + 9 |
| −10 | 9126: | 9.1 | 9117 | + 9 | + 3 | + 7 | 4788 | 9.5 | 4795 | − 7 | + 2 |
| − 9 | [9454: | 9.2] | 9451 | — | — | + 8 | 5127 | 9.4 | 5129 | − 2 | + 6 |
| − 8 | 9787 | 9.4 | 9785 | + 2 | + 1 | + 9 | [5456: | 9.4] | 5463 | — | — |
| − 7 | 242 0107 | 9.7 | 0119 | −12 | −11 | +10 | 5797 | 9.6 | 5797 | 0 | + 6 |
| − 6 | 0447 | 9.5 | 0453 | − 6 | − 3 | +11 | 6119 | 10.0 | 6131 | −12 | − 7 |
| − 5 | 0780 | 9.7 | 0787 | − 7 | − 2 | +12 | 6483 | 10.0 | 6465 | +18 | +21 |
| − 4 | 1114: | 9.4: | 1121 | − 7 | − 1 | +13 | 6785 | 9.7 | 6799 | −14 | −13 |
| − 3 | 1440 | 9.3 | 1455 | −15 | − 8 | +14 | [7160 | 9.2] | 7133 | — | — |
| − 2 | [1794: | 9.8:] | 1789 | — | — | +15 | 7455 | 9.9 | 7467 | −12 | −15 |
| − 1 | 2127 | 9.6 | 2123 | + 4 | +13 | +16 | [7785: | 9.9] | 7801 | — | — |
| 0 | 2455 | 9.5 | 2457 | − 2 | + 8 | | | m 9.50 | | | ± 6 |

jenigen der Minima sehr gut an. Für die Schiefe der ungestörten Kurve findet man

$$\frac{M-m}{p} = 0.452.$$

Zum Schluss wurde die Differenzkurve *A*—*B* gebildet, welche für den grösseren Teil symmetrisch verläuft. Das Minimum, zu $1^m.14$, fiele auf 2422426, also 20 Tage vor dem ungestörten Maximum; der Veränderliche würde beim Aufstieg eine Verfinsterung erleiden, welche ihn von 65 % seines Lichtes beraube. Dass es von $+180^d$ an so lange dauert, bis die beiden Kurven *A* und *B* sich wieder berühren, liegt grössenteils an dem abnormalen Verlauf der zweifelhaften Maxima. Ich habe deshalb mit Ausschaltung der schon bei der Diskussion der Tabelle III ausgeschlossenen Maxima sowie des abnormalen Maximums 6469 auch die einzelnen Differenzkurven *A*—*B* bestimmt, zusammen 25 an der Zahl. Bringt man die Minimal-Epochen dieser Differenzkurven zur Deckung, und bildet man die mittlere Kurve *D*, so gestaltet sich diese ( s. die *Fig. 2*) fast

vollkommen symmetrisch. Der Unterschied gegen die Kurve C ist klein. Das Minimum fällt jetzt etwas später (2422430 oder 16 Tage vor dem

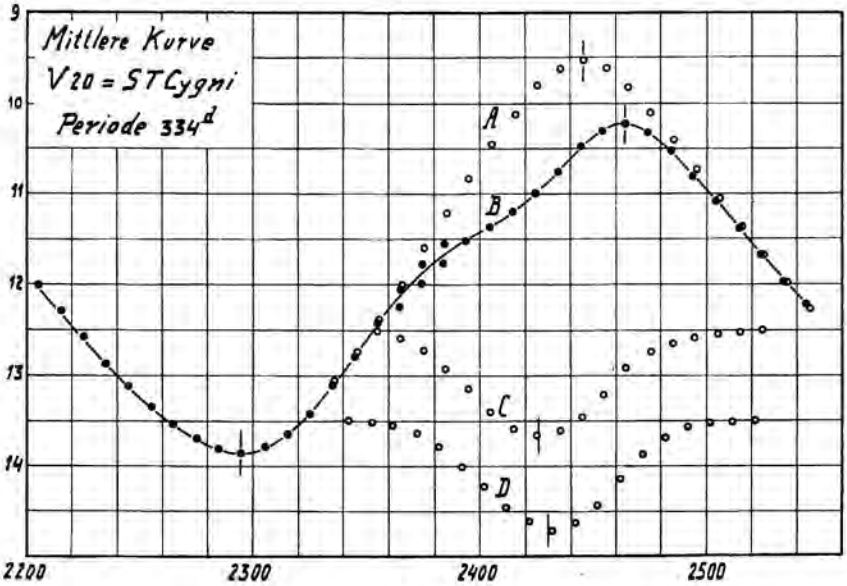



Fig. 2.

ungestörten Maximum) und die Verfinsterung ist etwas tiefer ($1^m.20$), so dass der Lichtverlust etwas grösser ist (67 %). Ich halte die zweite Lösung für die wahrscheinlichere.

Alles zusammengenommen, das abweichende Maximum 6469, die stark verfrühte Epoche 2427779 ($E = +16$), der unbefriedigende Anschluss der beiden Teilkurven, die Unsicherheit in der Bildung der ungestörten Kurve, macht *V 20 Cygni* den Eindruck eines langperiodischen Veränderlichen, bei dem die sekundären Unregelmässigkeiten stärker als sonst hervortreten. An der Qualität der Schätzungen liegt es m.E. sicher nicht: die reiche Auswahl passender Vergleichsterne verleiht dem Beobachter bei diesem Stern ein Gefühl der Sicherheit.

*Utrecht*, Oktober 1935.

**Chemistry.** — *On Some Complex Dipyridyl-Salts of Nickel and Copper.* By F. M. JAEGER and J. A. VAN DIJK.

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

§ 1. As a completion of the data previously published [1]) about the complex salts of *dipyridyl* and bivalent *nickel*, we here give a review of the results obtained in the study of the interaction of the base mentioned with *nickel nitrate* and *nickel chloride*. At the same time a correction of the crystallographical data [2]) concerning *tridipyridyl-copper chloride* $(+7H_2O)$ is inserted at the end of this paper.

§ 2. *Nickel nitrate.* If to a solution of *nickel nitrate* one, two or three equivalents of dipyridyl respectively are added, these solutions on slow evaporation at room-temperature all in the first instance will deposit a red salt, which on analysis proves to be a *tridipyridyl-nickel nitrate* of the composition [3]): $\{Ni\ (Dipyr)_3\}\ (NO_3)_2 + 5H_2O$; analysis yielded: 7.87 % $Ni$; 12.00 % $H_2O$ and 15.20 % $N$; calculated: 7.92 % $Ni$; 12.15 % $H_2O$ and 15.12 % $N$.

The compound: $\{Ni\ (Dipyr)_3\}\ (NO_3)_2 + 5H_2O$ crystallizes from its concentrated aqueous solutions at room-temperature in the shape of red, elongated tables. The crystals are badly built; all occurring faces, except those of the basis, are striated parallel to the basal plane and yield very bad, multiple reflections.

The crystals are optically uniaxial; the double refraction is positive.

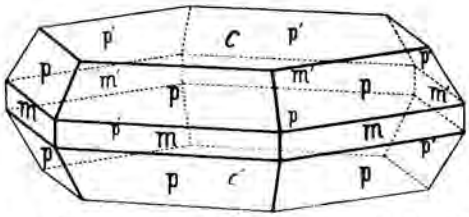



*Fig. 1. Tri-dipyridyl-Nickel nitrate* $(+5H_2O)$.

*Hexagonal (di-)-bipyramidal.*

$a : c = 1 : 0.802.$

*Forms observed* : $c = \{0001\}$, lustrous and ordinarily well reflecting; $p = \{20\bar{2}1\}$, broader than $m = \{1010\}$, both yielding very dull reflections; in some cases $\omega = \{10\bar{1}1\}$ was indicated, but extremely small.

---

[1]) F. M. JAEGER and J. A. VAN DIJK, these Proceedings, **37**, (1934), 10.

[2]) Ibidem, **37**, (1934), 399, 400.

[3]) P. PFEIFFER and K. QUEHL give $6H_2O$, Berl. Ber. **64**, (1931), 2667, etc.; cf. also: Zeits. f. Anorg. Chemie, **215**, (1933), 278. We never found more than $5H_2O$.

| *Angular Values:* | *Observed:* | *Calculated:* (from spectrogr. data) |
|---|---|---|
| $c:p = (0001):(20\bar{2}1) =$* | $60°19'-61°40'$ | $61°38'$ |
| $p:m = (20\bar{2}1):(10\bar{1}1) =$ | $29\ 41-28\ 20$ | $28°22'$ |
| $c:\omega = (0001):(10\bar{1}1) =$ | $43°\ \ -48°$ (estimated) | $47°43'$ |

From oscillation-spectrograms round [0001] (*Fe-α*-radiation), the dimensions of the elementary cell were found to be: $a_0 = 13.5$ A.U. and $c_0 = 10.8$ A.U.; from a LAUE-pattern on {0001} the dihexagonal symmetry could be deduced with a fair probability. The cell contains two molecules of the salt; $d$ (calculated) = 1,435; value observed: 1,46.

§ 3. From the solution with 2 equivalents of dipyridyl, after deposition of some tridipyridyl-salt, pale violet prisms or needles are obtained, which in most cases form intergrowths and clusters of crystals. Because their angular values oscillate within rather wide limits, they can only be measured with difficulty; thus for instance their vertical zone is rather badly built and shows vicinal forms. Analysis yielded: 10.85 % *Ni*; 22.53 % $(NO_3)$; 15.12 % *N*. The salt is the *di*-dipyridyl-salt of the composition: $\{Ni\,(Dipyr)_2\}\ (NO_3)_2 + 3H_2O$; theoretically: 10.69 % *Ni*; 22.59 % $(NO_3)$; and 15.3 % *N*.

*Monoclinic-prismatic.*

$$a:b:c = 0.3912:1:0.3825;\ \beta = 73°\ 43'.$$

*Forms observed*: $a = \{100\}$, mostly predominant; $m = \{110\}$, narrow, well reflecting; $p = \{210\}$ and $s = \{610\}$, both very narrow and yielding

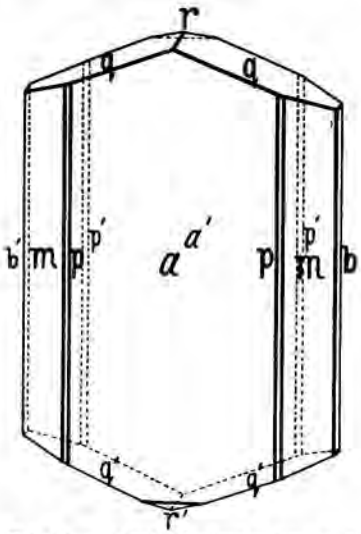



*Fig. 2. Di-dipyridyl-Nickel nitrate (+ 3 $H_2O$).*

bad reflections; $b = \{010\}$, extremely narrow, reflecting better than $s$ and $p$; $q = \{011\}$, yielding good reflections; $r = \{\bar{4}03\}$, small and dull. The habitus is flat prismatic (Fig. 2).

| *Angular Values:* | *Observed:* | *Calculated:* |
|---|---|---|
| $a : m = (100) : (110) =$* | 20° 35′ | — |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$* | 40 18 | — |
| $m : q = (110) : (011) =$* | 68 27 | — |
| $r : q = (\bar{4}03) : (011) =$ | 64°—65° | 64° 52½′ |
| $m : p = (110) : (210) =$ | 8°— 9° | 9 57 |
| $p : s = (210) : (610) =$ | ca. 7° | 6 38 |
| $s : a = (610) : (100) =$ | ca. 3½° | 4 0 |
| $b : m = (010) : (110) =$ | 69 25 | 69 25 |
| $m : m = (110) : (\bar{1}10) =$ | 138 50 | 138 50 |
| $b : q = (010) : (011) =$ | 69 51 | 69 51 |
| $m : r = (\bar{1}10) : (\bar{4}03) =$ | ca. 47° | 46 57 |

The crystals are very brittle, but no distinct cleavage was observed. The optical axial plane is horizontal; on a normal extinction. The crystals are strongly dichroïtic: on $\{100\}$ for vibrations parallel to the $c$-axis pale pink, for those perpendicular to these, blue.

§ 4. From the solution with 1 equivalent of dipyridyl, which originally assumes a lilac-red colour, but gradually turns a dark blue, first some red crystals of the *tri*dipyridyl-salt are deposited. Later on blue crystals appear. On analysis they proved to yield: 14.81 % *Ni*: 13.89 % *N* and 30.91 % $(NO_3)$. Although they evidently are not yet quite pure, there can be no doubt that they represent the *monodipyridyl*-salt of the composition:

$\left\{Ni \begin{matrix}(Dipyr)\\(H_2O)_2\end{matrix}\right\} (NO_3)_2 + H_2O$, which requires: 14.94 % *Ni*; 14.26 % *N* and 31.57 % $(NO_3)$.

Hitherto this compound could not be obtained in the form of measurable crystals.

*Nickel nitrate:* $Ni(NO_3)_2 + 6H_2O$, therefore, proves to be able of generating all *3* types of complex dipyridyl-salts.

§ 5. *Nickel chloride.* From the aqueous solutions with 3 or 2 equivalents of the base we hitherto could isolate only the *tridipyridyl*-salt in beautiful, flat, dark red crystals of the composition: $\{Ni\ (Dipyr)_3\}\,Cl_2 + 7H_2O$; analysis yielded the following results: *Ni* : 8.10 %; *N* : 11.51 %;

$H_2O$ at 100° C.[1]) : 17.3 %; theoretically: $Ni$: 8,11 %; $N$: 11.61 %; $H_2O$: 17.4 %.

The crystals have the shape of thick parallelograms or of elongated, hexagonally bordered needles. They are soft and easily deformable.

*Monoclinic-prismatic.*

$$a:b:c = 0.6113:1:2.0981;\ \beta = 72°55\tfrac{1}{2}'.$$

*Forms observed*: $c = \{001\}$, predominant, very lustrous and yielding excellent reflections; $m = \{110\}$, broad and giving sharp images; $q = \{011\}$, well developed, yielding good reflections; $o = \{112\}$, always

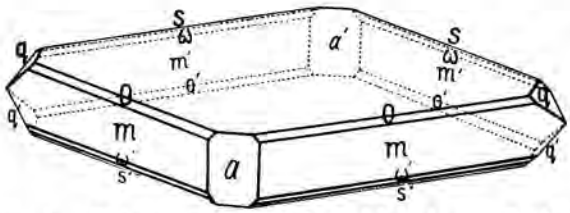



*Fig. 3. Tri-dipyridyl-Nickel chloride (+ 7 $H_2O$).*

present, narrow, well measurable; $a = \{100\}$, narrow, often absent, but if present, yielding weak but good reflections; $\omega = \{\bar{1}12\}$ and $s = \{\bar{1}14\}$, narrow, well measurable, $\omega$ ordinarily broader than $s$. The habitus is tabular parallel to {001}, either somewhat elongated parallel to the $b$-axis or, rarely, parallel to the $a$-axis.

| *Angular Values*: | *Observed*: | *Calculated*: |
|---|---|---|
| $c:m = (001):(110) =$* | 75° 19′ | — |
| $c:q = (001):(011) =$* | 63 30 | — |
| $a:m = (100):(110) =$* | 30 18 | — |
| $c:o = (001):(112) =$ | 51 41 | 51° 57⅓′ |
| $o:m = (112):(110) =$ | 23 18 | 23 21⅔ |
| $m:\omega = (110):(11\bar{2}) =$ | 28 58 | 29 8 |
| $\omega:s = (11\bar{2}):(11\bar{4}) =$ | 23 30 | 23 26⅓ |
| $c':s = (00\bar{1}):(11\bar{4}) =$ | 52 0 | 52 6⅔ |
| $m:q = (110):(012) =$ | 55 42 | 55 37½ |

Imperfectly cleavable parallel to {001}.

[1]) The water content (7 $H_2O$) is in perfect accordance with the isomorphism of this salt with corresponding *zinc*- and *copper*-salts. In the literature (G. T. MORGAN and F. H. BURSTALL, Journ. Chem. Soc. London, (1931), 2213) is given: 6 $H_2O$; but the salt loses over $P_4O_{10}$ only 6 molecules of water, the seventh however at 100° C.

The crystals are feebly dichroïtic: for vibrations parallel to {010} on {001} paler red than for those parallel to the *b*-axis. The axial plane is perpendicular to {010}; on {001} two axial images at the border of the field and no exactly determinable extinction. The first bisectrix is almost perpendicular to {001}.

The crystals are isomorphous with the corresponding *zinc-* and *copper-*salts.

By heating of the tridipyridyl-salt, a loss of 38.62 % was observed; this corresponds (38.97 %) to ($1\ Dipyridyl + 7H_2O$). The product generated is the anhydrous *di-dipyridyl*-salt of PFEIFFER and TAPPERMANN[1]). which is not stable in solutions. If brought into water, its colour changes to a dark blue and it then dissolves to a blue or lilac solution, which gradually assumes a redder hue, finally giving the red *tri-dipyridyl*-salt.

§ 6. From a solution of *nickel chloride* with 1 equivalent of dipyridyl, a solution was obtained which originally had a reddish blue colour, turning rather dark blue after some time. After a primary deposition of the red *tri*-dipyridyl-salt, the colour of the solution turns a still darker blue and finally it deposits *green* crystals, which on analysis proved to be an impure *monodipyridyl*-salt: 15.61 % $Ni$; 18.5 % $Cl$; 9.23 % $N$ and 12.42 % $H_2O$. The last mother-liquor is dark green: from it a dull green, crystallized product was obtained, which proved to be the nearly pure salt: $\left\{ Ni \begin{matrix} (Dipyr) \\ (H_2O)_2 \end{matrix} \right\} Cl_2$, as the analysis yielded: 17.74 % $Ni$; 21.77 % $Cl$; 8.58 % $N$ and 12.89 % $H_2O$; theoretically: 18.2 % $Ni$; 22.0 % $Cl$; 8.71 % $N$ and 11.20 % $H_2O$. The salt is highly hygroscopic.

Evidently, in aqueous solutions, only the *mono-* and *tri-dipyridyl*-salts are stable; the former, however, has a tendency to change into the latter under the influence of the solvent.

§ 7. *Tridipyridyl-Copper chloride*: $\{Cu\ (Dipyr)\}_3\ Cl_2 + 7\,H_2O$ was formerly described as *rhombic*. A closer examination of some better developed crystals has, however, shown that the crystals are geometrically and optically pseudo-rhombic, in reality *monoclinic-prismatic*, just as the *zinc-* and *nickel*-salts.

Axial ratio:

$$a : b : c = 0.6114 : 1 : 2.1278\ ;\ \beta = 72^\circ\ 54\tfrac{1}{2}'.$$

The violet, hexagonally bounded, flat crystals show the following forms: $c = \{001\}$, very lustrous and predominant; $m = \{110\}$, well developed, yielding good images; $q = \{011\}$, narrow, often striated parallel to the *a*-axis, giving dull reflections; $b = \{010\}$, often absent, but otherwise

[1]) P. PFEIFFER and F. TAPPERMANN, Zeits. f. Anorg. Chemie, 215, (1933), 277.

broader than $q$; $o = \{112\}$, very narrow, weakly reflecting like $\omega = \{11\bar{4}\}$ and $s = \{11\bar{2}\}$, which are often absent.

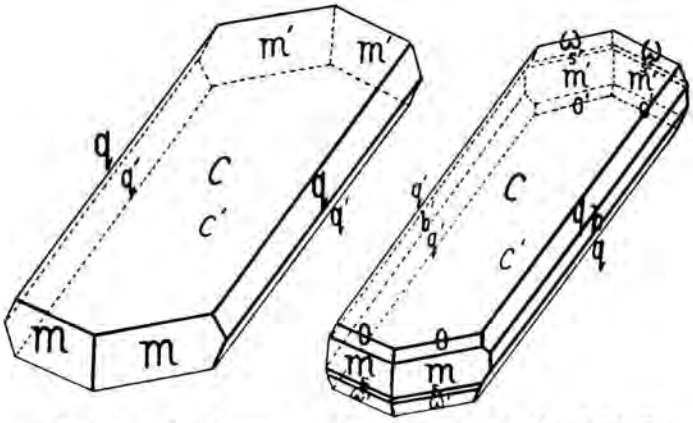



*Fig. 4. Tri-dipyridyl-Copper chloride (+ 7 $H_2O$).*

| *Angular Values:* | *Observed:* | *Calculated:* |
|---|---|---|
| $c : m = (001) : (110) =$* | 75° 18′ | — |
| $c : q = (001) : (011) =$* | 63 49 | — |
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$* | 60 36 | — |
| $q : b = (011) : (010) =$ | 26 11 | 26° 11′ |
| $c : o = (001) : (112) =$ | 52 20 | 52 9 |
| $o : m = (112) : (110) =$ | 23 34½ | 23 45½ |
| $b : m = (010) : (110) =$ | 59 42 | 59 42 |
| $\omega : c' = (11\bar{4}) : (00\bar{1}) =$ | 52 40 | 52 38 |
| $m : q = (011) : (110) =$ | 55 39 | 55 48 |
| $m : s = (110) : (11\bar{2}) =$ | 28 40 | 28 34 |
| $s : \omega = (11\bar{2}) : (11\bar{4}) =$ | 23 17 | 23 12 |

No distinct cleavability was observed.

The crystals are upon {001} only weakly dichroïtic, but very strongly on {010}: for vibrations parallel to the *a*-axis violet blue, for such parallel to the *c*-axis, bluish green. The plane of the optical axes is perpendicular to {010}; the first bisectrix is practically perpendicular to {001}. The apparent optical angle is only small.

All these salts: *nickel-, zinc-* and *copper*-salts are pseudo-rhombic, which is clearly shown when $m$ is taken as {111} and $a = \{101\}$: then the angle $\beta$ is very close to 90°; also in their optical behaviour they betray this approximation to rhombic symmetry.

*Groningen, Laboratory for Inorganic and Physical Chemistry of the University.*

**Chemistry.** — *Der Einfluss des Dispersitätsgrades auf physikalisch-chemische Konstanten.* (Fünfte Mitteilung.) Von ERNST COHEN und J. J. A. BLEKKINGH JR.

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

## EINLEITUNG.

In unserer vierten Mitteilung [1]) über den im Titel genannten Gegenstand wurde nachgewiesen, dass die Dichte des KCl bei gegebener Temperatur innerhalb der Versuchsfehler ($\pm$ 0.0004 in den Einzelbestimmungen) denselben Wert aufweist falls es sich um Kristalle handelt deren mittlerer Durchmesser 0.1 mm bezw. 5 mm beträgt.

Da sich bei Untersuchungen über die Löslichkeit der Salizylsäure [2]) ergeben hatte, dass sich durch Abschrecken einer bei 100° C. gesättigten Lösung der Säure auf Zimmertemperatur die Bildung eines feindispersen Materials erzielen lässt, haben wir untersucht ob eine Differenz zwischen der Dichte (bei 25.00° C.) der so hergestellten Kristalle und der des grob kristallinischen Materials nachweisbar ist.

## DER EINFLUSS DES DISPERSITÄTSGRADES AUF DIE DICHTE DER SALIZYLSÄURE.

### *A. Das verwendete Material.*

1. Es gelangte bei unseren Versuchen ausschliesslich die bereits früher benutzte Säure der Firma POULENC, Usines du Rhône (puriss. cryst. grave) zur Verwendung, nachdem dieselbe ein Mal aus destilliertem Wasser umkristallisiert war. Durch Einwägen der während mehrerer Wochen über $P_2O_5$ in Vakuo getrockneten Säure, welche täglich aufs Neue zerrieben wurde und Titration derselben mit Barytlauge (0.01160 n), welche auf Adipinsäure [3]) eingestellt war, überzeugten wir uns von der Reinheit unseres Produktes.

### *B. Das Verfahren zur Dichtebestimmung der festen Salizylsäure.*

2. Auch in diesem Falle, wie beim KCl, kam das ANDREAEsche Dilatometerverfahren zur Verwendung, dessen allgemeiner Gang in § 2

---

[1]) Proc. Acad. Sci. Amsterdam **38**, 842 (1935).

[2]) ERNST COHEN und C. THÖNNESSEN, Proc. Acad. Sci. Amsterdam **35**, 441, 798, (1932); ERNST COHEN und W. A. T. COHEN—DE MEESTER, Proc. Acad. Sci. Amsterdam **37**, 270 (1934).

[3]) Vergl. F. TH. VAN VOORST, Chem. Weekblad **25**, 22 (1928).

unserer vierten Mitteilung beschrieben wurde. Da das Instrument in der von ANDREAE benutzten Form bisher nur zur Bestimmung der Dichte leichtlöslicher Stoffe mit grossem Temperaturkoeffizienten der Löslichkeit verwendet worden ist, handelte es sich in erster Linie darum ein Verfahren ausfindig zu machen, das uns in Stand setzt es auch in Fällen zu benutzen, in welchen der zu untersuchende Stoff (Salizylsäure) nur eine geringe Löslichkeit aufweist. In solchen Fällen gelingt es nicht eine grössere Menge des festen Stoffes aus der selbst bei höherer Temperatur gesättigten Lösung im Dilatometer auskristallisieren zu lassen, und da die Genauigkeit der Dichtebestimmung von der Menge des vorhandenen festen Stoffes abhängt, waren Massnahmen zu treffen, die dessen ungeachtet, das Erreichen hoher Genauigkeit ermöglichten.

Wir bestimmten, wie bereits beim KCl angegeben wurde, in jedem Versuch die Dichte der Lösung, welche sich im Dilatometer befand, sowie deren Konzentration durch Titrieren mit der genannten Barytlösung.

In dem hier vorliegenden Falle war ausserdem der Tatsache Rechnung zu tragen, dass die Salizylsäure mit Wasserdampf flüchtig ist, sodass Verdampfen des Wassers der im Dilatometer vorhandenen gesättigten Lösung zur Erzielung von Kristallen zu vermeiden war.

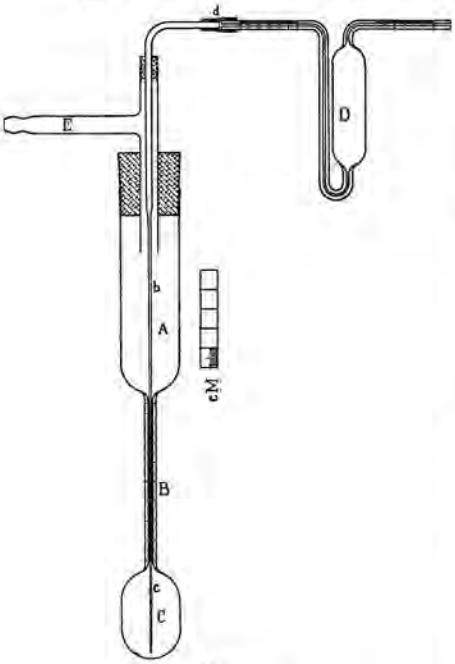


Fig. 1.

3. Folgendes Verfahren führte zum Ziel:

Man gibt etwa 1.5 g der scharf getrockneten Säure (vergl. § 1) in die Kugel *C* des zuvor gewogenen Apparates (Fig. 1) und wägt denselben aufs Neue. Sodann setzt man siedendes destilliertes Wasser in kleinen Mengen zu, wobei nur der untere Teil von *C* in einem Glyzerinbad erwärmt wird. Findet Sublimation der Säure statt, so setzt sich dieselbe wieder im Rohre *B* ab; mittels heissen Wassers lässt sich die sublimierte Säure in *C* spülen. In dieser Weise gelang es die Lösung in *C* und einem Teil von *B* unterzubringen. Sollte ein Teil derselben sich durch Zugabe von zu viel Wasser auch in *A* befinden, so brachten wir dieselbe mittels einer Kapillarpipette aus *A* und einem Teil von *B* in ein kleines Jenabecherglas, spülten mit Wasser nach, welches ebenfalls in das Becherglas gebracht wurde, und titrierten dessen Inhalt mit Barytlauge (und Neutralrot als Indikator) um die Menge der Säure, welche nicht in das Dilatometer gelangt war, festzustellen.

Nachdem sich nunmehr in der sogleich zu beschreibenden Art und Weise kleine, bezw. grosse Kristalle in dem Dilatometer gebildet hatten, ermittelten wir durch Ausführung der in unserer vierten Mitteilung (§§ 6—10) beschriebenen Manipulationen, die Grössen, welche zur Berechnung der Dichte des festen Stoffes ($D^{4°}_{25.00°}$) erfordurt wurden.

## C. *Die Herstellung und Messung von Kristallen verschiedener Dimension.*

### 1. *Kleine Kristalle.*

4. Nachdem das Dilatometer in der oben beschriebenen Art und Weise mit heiss gesättigter Lösung gefüllt war, erzielten wir die Bildung sehr kleiner Kristalle durch Abschrecken der Lösung in kaltem Wasser. Die Dimension der so gebildeten Kristalle ermittelten wir durch Ausmessen derselben unter dem Mikroskop[1]) (20 Messungen). Während die geringste Dicke 0.01 mm betrug, war die grösste 0.11 mm. Als Mittelwert fanden wir 0.05 mm. Es ergab sich ferner, dass die Kristalle nicht von Mutterlauge durchsetzt waren, sondern massiv und sehr spröde. Bei leiser Berührung zerfielen die Nadeln, welche ursprünglich etwa zehn Mal so lang als breit waren, in unzähliche Teilchen.

Die mit dem so hergestellten Material erhaltenen Werte sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Bedeutung der Buchstaben ist in unserer vierten Mitteilung angegeben.

TABELLE 1.

Dichte der Salizylsäure bei 25.00° C.

Mittlere Dicke der Kristallnadeln 0.05 mm.

| Versuchsnummer | $m_1$ | $m_2-m_1$ | 100 c | $V$ | $d$ | $D$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.5333 | 20 0826 | 0.2144 | 21.2111 | 0.99765 | 1.4356 |
| 2 | 1.4129 | 20.1452 | 0.2145 | 21.1918 | 0.99765 | 1.4330 |
| 3 | 1.2414 | 20.1552 | 0.2147 | 21.0822 | 0.99765 | 1.4330 |
| 4 | 1.3020 | 20.2352 | 0.2150 | 21.2042 | 0.99765 | 1.4339 |

Mittelwert $D^{4°}_{25.00°} = 1.4339 \pm 0.0017$

5. Zu dieser Tabelle bemerken wir, dass sich der grösste Versuchsfehler in $d$ zu $\pm$ 0.00002, in 100 c zu $\pm$ 0.0015 und in $D$ zu $\pm$ 0.0015 berechnet.

---

[1]) Vergl. unsere vierte Mitteilung § 3.

## 2. *Grössere Kristalle.*

6. Zur Darstellung grösserer Kristalle verfuhren wir folgendermassen. Nachdem das Dilatometer mit heisser, gesättigter Lösung gefüllt war (vergl. § 3), verschlossen wir den Trichter *A* mittels eines Gummipfropfens und hielten den Apparat in einem Glyzerinbad von etwa 100° C. Mittels eines darunter gestellten Mikrobrenners war es möglich die Abkühlung des Bades (besonders zu Anfang) äusserst langsam stattfindenzulassen, wobei ein in das Bad getauchtes Thermometer uns in Stand setzte die Temperatur fortwährend zu kontrollieren. So bildeten sich im Versuche 5 (Tabelle 2) aus der nur schwach übersättigten Lösung im Laufe von 24 Std. grössere Kristalle, deren Dicke zwischen 0.2 und 1.0 mm (8 Messungen) lag, im Mittel aber 0.6 mm betrug, während in den Versuchen 6 und 7 (Tabelle 2) die Dicke der Nadeln (8 Messungen) 0.6 bis 1.1 mm, im Mittel 0.8 mm war.

Wir bemerken, dass während die Kristalle von 0.8 mm im Mittel etwa 15 Mal so dick waren als die kleinen Nadeln von 0.05 mm, das Verhältnis zwischen den äussersten Werten der Dicke der untersuchten Kristalle mehr als 100 betrug.

7. Unsere Tabelle 2 enthält die Ergebnisse der Messungen, wobei das in § 5 mitgeteilte über den grössten Versuchsfehler jeder Einzelbestimmung gilt.

TABELLE 2.
Dichte der Salizylsäure bei 25.00° C.
Mittlere Dicke der Kristallnadeln 0.6—0.8 mm.

| Versuchsnummer | $m_1$ | $m_2-m_1$ | 100 $c$ | $V$ | $d$ | $D$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 1.3581 | 20.0698 | 0.2163 | 21.0770 | 0.99766 | 1.4343 |
| 6 | 1.3943 | 20.0832 | 0.2149 | 21.1154 | 0.99766 | 1.4346 |
| 7 | 1.3439 | 20.1514 | 0.2157 | 21.1497 | 0.99764 | 1.4337 |

Mittelwert $D^{4°}_{25.00°} = 1.4342 \pm 0.0005$

Es liegt hier also eine völlige Übereinstimmung mit den Werten von $D^{4°}_{25.00°}$ aus Tabelle 1 vor.

8. Nebenbei sei bemerkt, dass den in der Literatur vorhandenen Werten für *D* (nach FR. RÜDORFF [1]) 1.442, nach H. SCHRÖDER [2]) 1.483, nach A. COLSON [3]) 1.437) keine Bedeutung zukommt, da dieselben nach nicht

[1]) Ber. 12, 251 (1879).
[2]) Ber. 12, 1611 (1879).
[3]) Bull. Soc. Chim. 46, 3 (1886).

genau angegebenen Verfahren und unter nicht genau beschriebenen Verhältnissen ermittelt wurden.

ZUSAMMENFASSUNG.

Es wurde nachgewiesen, dass Salizylsäurekristalle von etwa 0.01 mm Dicke (bei 25.00° C.) dieselbe Dichte aufweisen, wie solche deren entsprechende Dimension 1.0 mm beträgt. Innerhalb der Versuchsfehler ist $D^{4°}_{25\,00°} = \mathbf{1.4340}$.

VAN 'T HOFF-*Laboratorium*.

*Utrecht*, Okt. 1935.

---

**Chemistry.** — *An osmotic complex with two stationary liquids.* By F. A. H. SCHREINEMAKERS and J. P. WERRE.

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

## § 1. *Introduction* [1].

First we take an osmotic complex.

$$inv.\, i_1 \,|\, L(z) \,|\, inv.\, i_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

with the invariant liquids $i_1$ and $i_2$ and one variable liquid $z$ only. If we leave this complex alone, it will depend upon different factors whether it will pass into an osmotic equilibrium, a stationary or another state.

We now assume that the variable liquid $z$ has a given constant pressure $P_c$ and that it contains only substances, which may diffuse through both membranes. We shall represent the stationary state into which (1) then may pass, by

$$inv.\, i_1 \left| \begin{array}{c} m \times stat.\, L(s) \\ P_c \text{ given } \triangle m \lesseqgtr 0 \end{array} \right| inv.\, i_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

in which the stat. liq. $s$ has a definite composition, which does not change

---

[1]) Comp. F. A. H. SCHREINEMAKERS, These Proceedings **34**, 78, 341, 524 and 823 (1931); **36**, 516, 717, 779 (1933).
F. A. H. SCHREINEMAKERS and J. P. WERRE, Rec. Trav. Chim. des Pays Bas **51**, 51, (1932).
J. P. WERRE, Dissertation, Leiden.
F. A. H. SCHREINEMAKERS and H. H. SCHREINEMACHERS, These Proceedings **35**, 1241 (1932); **36**, 629 (1933).

any more during the rest of the osmosis. The signs $\longleftrightarrow$ indicate that the osmosis is not over yet, but that each of the diffusing substances is still passing through both membranes; the diffusing quantities, however, have regulated themselves in such a way that the composition of liq. $s$ does not change anymore. The quantity $m$ of this liq. $s$, however, does change during the stat. osmosis; it may continuously increase or decrease, as has been indicated by $\triangle m \lesseqgtr 0$. (For examples compare l.c.)

The composition of this stat. liq. is determined by:

*a.* the composition and the pressure of the inv. liqs. $i_1$ and $i_2$.

*b.* the nature of the two membranes and the ratio of their surfaces.

*c.* the given constant pressure $P_c$.

When the var. liq. $z$ of complex (1) does not yet contain all the diffusing substances of the liqs. $i_1$ and $i_2$, they will be absorbed during the transition to the stat. state. (For examples comp. l.c.)

When the variable liquid $z$ contains other diffusing substances besides those occurring in $i_1$ and $i_2$, they will disappear during the transition to the stationary state (comp. § 3).

During the osmosis the variable liquid proceeds along a path, ending always in points $s$, no matter what composition this liquid $z$ may have at the beginning of the osmosis. If e.g. this liquid should have respectively the compositions $a$, $b$, $c$ etc., it will proceed along the paths $as$, $bs$, $cs$ etc. resp. (For examples comp. l.c.)

## § 2. *There are two stationary liquids.*

We now take an osmotic complex

$$inv.\, i_1 \mid L(z) \mid L'(u) \mid inv.\, i_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

with the two variable liquids $z$ and $u$; again we assume that they have respectively a constant pressure $P_c$ and $P'_{c'}$, which may of course be the same or differ from each other; further we assume again that $z$ and $u$ contain only substances which may diffuse through the three membranes. We now can represent the stationary state by:

$$\underset{\longleftrightarrow}{i_1 \left| \begin{array}{l} m \times stat.\, L(s) \\ P_c \text{ given } \triangle m \gtreqless 0 \end{array} \right.} \underset{\longleftrightarrow}{\left| \begin{array}{l} m' \times stat.\, L'(s') \\ P'_{c'} \text{ given } \triangle m' \gtreqless 0 \end{array} \right.} \underset{\longleftrightarrow}{\left. i_2 \right.} \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

in which each of the liquids $s$ and $s'$ will have a definite composition which does not change anymore during the rest of the osmosis. The signs $\longleftrightarrow$ also indicate here that each of the diffusing substances is still passing through each of the three membranes, so that the osmosis is going on all the time.

As has been indicated by $\triangle m \gtrless 0$ and $\triangle m' \gtrless 0$ the quantities $m$ and $m'$ of the stat. liquid do change during this stationary osmosis.

The composition of the stationary liquids $s$ and $s'$ is defined by the same factors $a$, $b$ and $c$ (§ 1); in $b$ "both membranes" must now be replaced, however, by "the three membranes" and in $c$ the two pressures $P_c$ und $P'_{c'}$ are found. During the osmosis each of the variable liquids $z$ and $u$ will proceed along paths, ending respectively in the points $s$ and $s'$. The composition, these liquids $z$ and $u$ may have at the beginning of the osmosis, is of no account here.

## § 3. *An osmotic complex of $NaCl + Na_2CO_3 + H_2O$ with two stationary liquids.*

In the osmotic complex

$$i_1\,(W)\,|\,L\,(z)\,|\,L'\,(u)\,|\,i_2\,(20.32\,\%\,NaCl) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

with three membranes of pig's bladder the inv. liquid $i_1$ consisted of pure water and the inv. liq. $i_2$ had the composition

$$20.32\,\%\,NaCl + 79.68\,\%\,W.$$

During the osmosis the inv. and the var. liquids were under a pressure of one atmosphere.

When the liquids $z$ and $u$ contain other diffusing substances (e.g. $Na_2CO_3$) besides $NaCl + W$, they will be absorbed and carried away in the course of the osmosis by $i_1$ and $i_2$; (5) then passes into a stat. complex

$$\begin{array}{c|c|c|c} \textit{inv. } i_1 & \textit{stat.} & \textit{stat.} & \textit{inv. } i_2 \\ (\textit{water}) & L\,(s) & L'\,(s') & (20.32\,\%\,NaCl) \end{array} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

in which the stat. liquids $s$ and $s'$ contain $NaCl + W$ only.

1. At the beginning of the osmosis we gave the same composition to the liquids $z$ and $u$, viz.

$$9.89\,\%\,NaCl + 7.09\,\%\,Na_2\,CO_3 + 83.02\,\%\,W \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

If we put $NaCl = X$ and $Na_2CO_3 = Y$ then we may imagine these liquids $z$ and $u$ represented by point $a$ in the schematical fig. 1 and the liquids $i_1$ and $i_2$ by the points $W$ and $i_2$.

It now appeared that during the osmosis liq. $z$ proceeded along a path $as$ and liq. $u$ along a path $as'$ (fig. 1).

We can draw these paths accurately with the aid of table 1. In column 1 we find the number of the determinations, in column 2 the time in days,

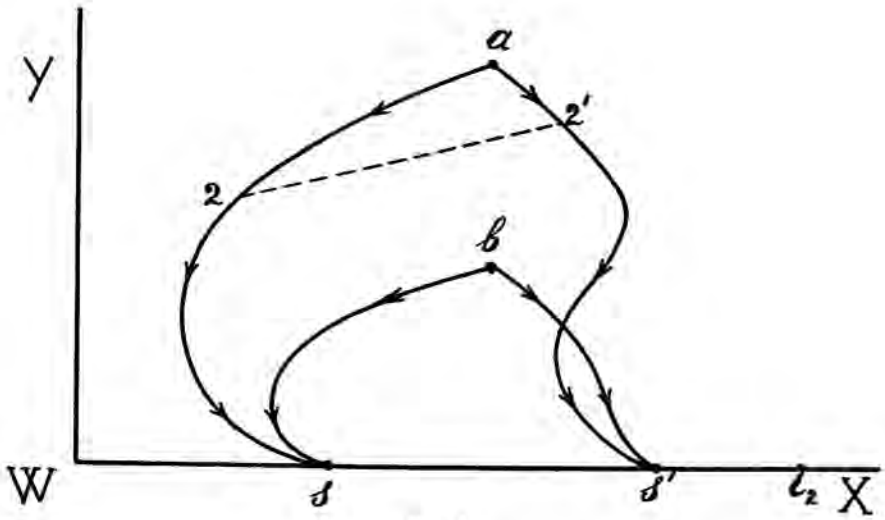



Fig. 1

passed after the beginning of the osmosis; in columns 3 and 4 we find the composition of the variable liquid $z$ and in 5 and 6 the composition of the variable liquid $u$.

It appears from this table that after 36 days $z$ and $u$ had got respectively the compositions,

$$6.38\,\%\ NaCl + 0.05\,\%\ Na_2CO_3 + 93.57\,\%\ W \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

$$13.37\,\%\ NaCl + 0.09\,\%\ Na_2CO_3 + 86.54\,\%\ W \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

As the two liquids had been changing their compositions only very slowly during the last 10 days and as the $Na_2CO_3$ had almost disappeared already, we may assume that the liquids $z$ and $u$ have almost reached the stationary points $s$ and $s'$.

It appears from table 1 and the shape of the paths $as$ and $as'$ that during the osmosis the $NaCl$-amount of liquid $z$ passes through a minimum and that of liquid $u$ first through a maximum and afterwards through a minimum.

If we call 2 liquids, present in an osmotic complex at the same moment, conjugated liquids, then a definite liquid of path $as'$ is conjugated with each liquid of path $as$ and reversally; e.g. liq. 2 with 2' (viz. N⁰. 2 of table 1). As it appears from table 1 that liq. $z$ always has a smaller $Na_2CO_3$-amount than liq. $u$, all conjugation-lines will incline towards the left. (comp. 2, 2')

TABLE 1

| No. | $t$ in days | Comp. of $L(z)$ | | Comp. of $L(u)$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | % Na Cl | % $Na_2CO_3$ | % Na Cl | % $Na_2CO_3$ |
| 1 | | 9.89 | 7.09 | 9.89 | 7.09 |
| 2 | 2 | 5.58 | 5.00 | 10.99 | 5.99 |
| 3 | 4 | 4.24 | 3.55 | 11.74 | 4.65 |
| 4 | 6 | 3.93 | 2.31 | 11.99 | 3.54 |
| 5 | 8 | 4.28 | 1.64 | 11.21 | 2.83 |
| 6 | 10 | 4.39 | 1.23 | 10.92 | 2.26 |
| 7 | 12 | 4.68 | 0.95 | 11.06 | 1.72 |
| 8 | 16 | 5.33 | 0.54 | 12.05 | 0.94 |
| 9 | 20 | 5.96 | 0.31 | 12.70 | 0.50 |
| 10 | 26 | 6.18 | 0.13 | 13.09 | 0.20 |
| 11 | 36 | 6.38 | 0.05 | 13.37 | 0.09 |

2. For a new series of determinations the composition

$$9.92\,\%\,NaCl + 4.16\,\%\,Na_2CO_3 + 85.92\,\%\,W \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

was given to the two liquids $z$ and $u$ at the beginning of the osmosis; in fig. 1 this is represented by point $b$. It now appeared that during the osmosis liquid $z$ proceeded along path $bs$ and liquid $u$ along path $bs'$; these paths can be drawn accurately with the aid of table 2, arranged in the same way as table 1.

It appears from the table that after 27 days the liquids $z$ and $u$ had obtained respectively the compositions

$$6.84\,\%\,NaCl + 0.02\,\%\,Na_2CO_3 + 93.14\,\%\,W \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

$$14.05\,\%\,NaCl + 0.03\,\%\,Na_2CO_3 + 85.92\,\%\,W \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

It appears from table 2 and the shape of the paths $bs$ and $bs'$ that the $NaCl$-amount of liquid $z$ once more passes through a minimum during the osmosis; path $bs'$, however, followed by liquid $u$, shows neither a maximum nor a minimum any more, but does show a point of inflection.

3. It appears from (8), (9), (11) and (12) and the determinations (14) and (15) to be discussed later on, that the stationary liquids $s$ and $s'$

TABLE 2

| No. | $t$ in days | Comp. of $L(z)$ | | Comp. of $L(u)$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | % Na Cl | % $Na_2CO_3$ | % Na Cl | % $Na_2CO_3$ |
| 1 | | 9.92 | 4.16 | 9.92 | 4.16 |
| 2 | 2 | 5.67 | 2.55 | 12.18 | 2.99 |
| 3 | 4 | 5.12 | 1.63 | 12.47 | 2.13 |
| 4 | 6 | 5.33 | 1.09 | 12.65 | 1.50 |
| 5 | 10 | 5.94 | 0.53 | 12.97 | 0.75 |
| 6 | 16 | 6.28 | 0.19 | 13.50 | 0.27 |
| 7 | 27 | 6.84 | 0.01 | 14.05 | 0.03 |

contain approximately $\pm$ 7 % and $\pm$ 14.1 % of *NaCl* and of course no $Na_2CO_3$. We now represent this stat. state by:

$$\begin{array}{c|c|c|c} \textit{inv. } i_1 & m \times \textit{stat. } (7) & m' \times \textit{stat. } (14{,}1) & \textit{inv. } i_2 \\ (W) & \triangle m < 0 & \triangle m' > 0 & (20.32) \\ & \rightarrow W & \rightarrow W & \rightarrow W \\ & \leftarrow NaCl & \leftarrow NaCl & \leftarrow NaCl \end{array} \quad . \quad . \quad (13)$$

in which the numbers indicate the procents of *NaCl*. It appears from the determinations that the quantity of the left stat. liquid decreased ($\triangle m < 0$) and that of the right liquid increased ($\triangle m' > 0$). Through each of the three membranes a *W*-current flows and a *NaCl*-current; if we pay attention to $\triangle m < 0$ and $\triangle m' > 0$, it appears that the strongest water-current and the weakest *NaCl*-current pass through the central membrane.

4. When a complex contains one variable liquid only, this liquid will, during the transition towards the stationary state proceed along a path, the shape of which does not depend on the quantity of the liquid; this quantity namely influences only the velocity with which the liquid proceeds along that path.

In a complex with 2 (or more) variable liquids the shape of the path does depend upon the quantity of each of the var. liquids. In a complex with one var. liq. only it is situated between the inv. liquids $i_1$ and $i_2$; in complex (3) $z$ is situated between $i_1$ and $u$, and $u$ is situated between $z$ and $i_2$.

As $z$ is situated between $i_1$ and $u$, the change of $z$ therefore will depend at any time upon the composition of $u$, which changes at a quicker or a slower rate, in accordance with the quantity being smaller or greater. The same rate obtains for liquid $u$, situated between $z$ and $i_2$. From the above follows that the shape of the paths of liqs. $z$ and $u$ will depend on

the quantities of this liquid. The final state of the complex (viz. the composition of the stat. liquids $s$ and $s'$, the direction in which the substances pass through the membranes during the osmosis, etc.) does not depend on these quantities of course.

In order to prove this, the paths starting from point $a$ (fig. 1) were determined once more, but with other quantities of the liquids $z$ and $u$. It appears from table 3 that the liquids $z$ and $u$ had after 29 days got resp. the compositions:

$$6.54\,\%\,NaCl + 0.03\,\%\,Na_2CO_3 + 93.43\,\%\,W \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

$$13.69\,\%\,NaCl + 0.06\,\%\,Na_2CO_3 + 86.25\,\%\,W \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

If we draw these paths in fig. 1 with the aid of table 3, we see that they are situated quite differently from the paths drawn already.

TABLE 3

| No. | $t$ in days | Comp. of $L(z)$ | | Comp. of $L(u)$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | % Na Cl | % $Na_2CO_3$ | % Na Cl | % $Na_2CO_3$ |
| 1 | | 9.87 | 7.09 | 9.87 | 7.09 |
| 2 | 2 | 5.14 | 4.10 | 11.33 | 5.00 |
| 3 | 4 | 4.37 | 2.60 | 11.69 | 3.63 |
| 4 | 6 | 4.44 | 1.75 | 11.98 | 2.63 |
| 5 | 8 | 4.77 | 1.21 | 11.74 | 1.91 |
| 6 | 10 | 5.01 | 0.84 | 12.17 | 1.33 |
| 7 | 14 | 5.62 | 0.43 | 12.65 | 0.65 |
| 8 | 20 | 6.05 | 0.15 | 13.20 | 0.23 |
| 9 | 29 | 6.54 | 0.03 | 13.69 | 0.06 |

We then see that the $NaCl$-amount of liquid $z$ once more passes through a minimum indeed, but that this new path $as$ is situated entirely within the concave side of the first. The $NaCl$-amount of liquid $u$ passes through a maximum and minimum indeed which are only faintly marked however; the new path $as'$ intersects the first in a point between the maximum and minimum.

*Schaarsbergen* (near Arnhem).

*Leiden, Lab. of Inorg. Chemistry.*

**Anatomy.** — *The degree of the changes in the cephalic index correlated with age and environment.* By C. U. ARIËNS KAPPERS.

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

In a preceding paper I called the attention to the frequent occurrence of the 78(79)—81 and 83—86 peaks in the cephalic index curves of Asiatic population groups north of the Himalaya and north of the 40th parallel in Europe[1]). In a second paper[2]) it was suggested that, although an approximately equal height of all four peaks in one group is very rare in Asia as well as in Europe, yet their not rarely combined occurrence seems to suggest that the groups showing the meso-subbrachycephalic peaks and those showing the brachyhyperbrachycephalic peaks might be related at their roots and that the 79—81 and 83—86 peak groups may be two different offshoots of an originally meso-subbrachycephalic Eurasian stem that by special circumstances, of endocrine and nutritive character probably, has differentiated into two branches.

For this supposition I found some support in the data recorded by BOAS[3]), GUTHE[4]) and HIRSCH[5]), from which it appeared that the American born sons of Russian Jews show an increase of the 79—81 or paleo-Asiatic peaks, even in the adult, at the expense of the 83—86 Central-Asiatic[6]) peaks, in comparison to the foreign born sons of the same parents (BOAS) or in comparison to their fathers (GUTHE).

Since this was published I had the honour to meet Prof. BOAS and to receive from him all the measurements relating to his work on American immigrants of various origin, Sicilians, Central Italians, Russian Jews, Bohemians, Hungarians, Slovakians, Poles and some relating to Scottish

---

[1]) The Central-Asiatic barrier and the distribution and associated occurrence of cephalic index peaks in Asiatic-European races. These proceedings, Vol. **37**, 1934.

[2]) Stability and variability of Central and paleo-Asiatic index peaks and some remarks on the Greenland Eskimo. These Proceedings, Vol. **38**, 1935.

[3]) FR. BOAS. Abstract of report on changes in bodily form of descendants of immigrants. Government printing offices. Washington D.C. 1911. The same American Anthropologist, Vol. **1**, and Kultur und Rasse, Leipzig, 1914.

[4]) Notes on the cephalic index of Russian Jews in Boston. Am. Journ. of phys. Anthrop., Vol. **1**, 1918.

[5]) HIRSCH. Researches on the cephalic index of American born children of three groups. Ibidem, Vol. **10**, 1927.

[6]) Since it is probable that the so-called Central-Asiatic index type, although ontogenetically earlier, with adults is a phylogenetically later feature, it might be better to oppose this index type to the paleo-Asiatic type as neo-Asiatic. This would have also the advantage that the adjective Central-Asiatic — which does not at all indicate its spread — is done away with.

immigrants, alltogether about 14600 individuals[1]. I have used this material for studying the predilections in the changes with age and under the special circumstances, connected with immigration. For the changes correlated with age I also used the individual data published by F. REUTER. PEARSON and TIPPETT, GRÜTZNER, FRETS and others.

For the study of the predilection of certain indices in different age groups of various races, WELCKER's[2]), LANDSBERGER's[3]), BONNIFAY's[4]), RANKE's[5]) and RÖSE's[6]) papers do not contain enough individual data. Working on the dolicho- and mesocephalic skulls from Halle a/S, WELCKER found with the male skulls an increase of the 1/br. index from birth to the end of the 1st year from 75—76.4. After this the increase continued and at the age of 20 years he noted an index of 80.4. His female skulls did not show such a gradually increasing index, the female indices of various ages exhibiting a good deal of irregularity, although some increase from the 2nd to the 14th year is noted. LANDSBERGER, BONNIFAY, RANKE and RÖSE expressed the results of their large material in averages only. BONNIFAY examining 1093 individuals of the largely brachycephalic population from the surroundings of Marseilles from birth to the age of 24 years, found an increase of the index from the second month (78, 20) to the end of the second year (83, 95) and after this a decrease to 82.42 at the age of 22—24 years. RANKE, (l.c. p. 174), working on 2509 children of the largely brachycephalic population[7]) of the German Holstein province, stated an increase of the male cephalic index from birth (81.5) to the second year (82.5). Here also this increase was followed by a gradual decrease, so that on the fifteenth year the index is again 81.5. Similarly his girls showed an increase in the first two years from 80.7 to 84.7 and after this a decrease to 81.3 in the 14th years[8]).

RÖSE's researches on boys and girls of 6—14 years of various districts of Germany and neighbouring countries (see spec. his part 1, p. 718 ff.) were specially intended to find the differences in length and breadth of the skull in both sexes. The arrangement of his enormous material (41086 cheldren) does not, however, allow a conclusion concerning the distribution of special index numbers in each year of both sexes in the various districts and countries examined.

FREEMAN[9]) does not give individual data but the averages of his large American material show a decrease of the index starting with boys before the 2nd year (82—81) to 79—78 on their 14th year. The same is seen with his girls. Curiously also here both groups again show a slight increase in their 15th year (see footnote 8).

In the paper by PEARSON and TIPPETT: "On stability o fthe cephalic indices within the race", Biometrika Vol. 16, 1924, p. 118, a great number of individual data concerning

---

[1]) FRANZ BOAS. Materials for the study of inheritance in man: Columbia University Contributions to Anthropology, Vol. 6, 1928.

[2]) WELCKER. Untersuchungen über Wachstum und Bau des menschlichen Schädels, Teil 1, Leipzig, 1862.

[3]) Das Wachstum im Alter der Schulpflicht Arch. f. Anthrop., Bnd. 17, 1888, p. 229.

[4]) BONNIFAY. Du développement de la tête au point de vue de la céphalométrie depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte. Thèse de Lyon, 1897.

[5]) RANKE, O. Beiträge zur Frage des kindlichen Wachstums. Arch. f. Anthropologie, Bnd. 31, 1905.

[6]) RÖSE, Beiträge zur Europäischen Rassenkunde etc. Arch. f. Rassen- und Gesellschaftsbiologie, Bnd. II, 1905 und Bnd. III, 1906.

[7]) For the population of this region see also: KEITER, Schwansen und die Schlei. Schleswigsche Bauern und Fischer, Jena, Gustav Fischer, 1931.

[8]) His 15th year female group again had a higher index.

[9]) FREEMAN (R. G.), Skeletentwicklung und Wachstum im Alter von 2—18 Monaten, von 2—7½ Jahren und von 8—14½ Jahren Anthropolog. Anzeiger Jhrg 10. 1933, p. 185.

English individuals of various ages of both sexes occur. Their data concerning the children below 10 years, however, are not very numerous. I shall refer to them later on [1]).

In my latest paper I already said something about GUTHE's and HIRSCH' work.

Referring for a discussion of GUTHE's work on Russian Jews to his curves added to my last paper, here I shall first compare the results of BOAS' and HIRSCH' work on Russian Jews. For the study of this material I again use the method of frequency curves, the only method that gives an insight into the question of predilection.

In the thick contin. line of the adjoining textfigure I plotted the American born Russian Jewish sons measured by HIRSCH. As these sons ranged from 6 to 16 years, I selected the American born Jewish sons of the same ages from BOAS' American born Russian Jews (crossed curve) and the same ages of his foreign (Russian) born Jewish sons (combed curve), so that the data might be comparable as far as age is concerned [2]).

Furthermore in the thin continuous line I added the frequency curve of the cephalic indices of all the Russian born Jewish fathers of BOAS [3]) and in the double continuous line the indices of the Russian born Jewish fathers of his American sons of 6—16 years only. As may be expected the fathers of BOAS' American born sons practically have the same indices as all the Jewish fathers immigrated into America, in so far as with both paternal groups the chief peak is at 82.

With BOAS' American born sons of 6—16 years we find three peaks, the middle one, the modulus of the curve, being also at 82. Of the two additional peaks one is less brachycephalic (80), the other more brachycephalic (84), this peak being also slightly indicated in their fathers.

Besides, with these sons there is a steep rise of the curve at 86, failing with their fathers. As will be confirmed below, the elevation at 86 is to be correlated with the age of these boys [4]).

Turning to the combed curve of BOAS' Russian born sons of the same

---

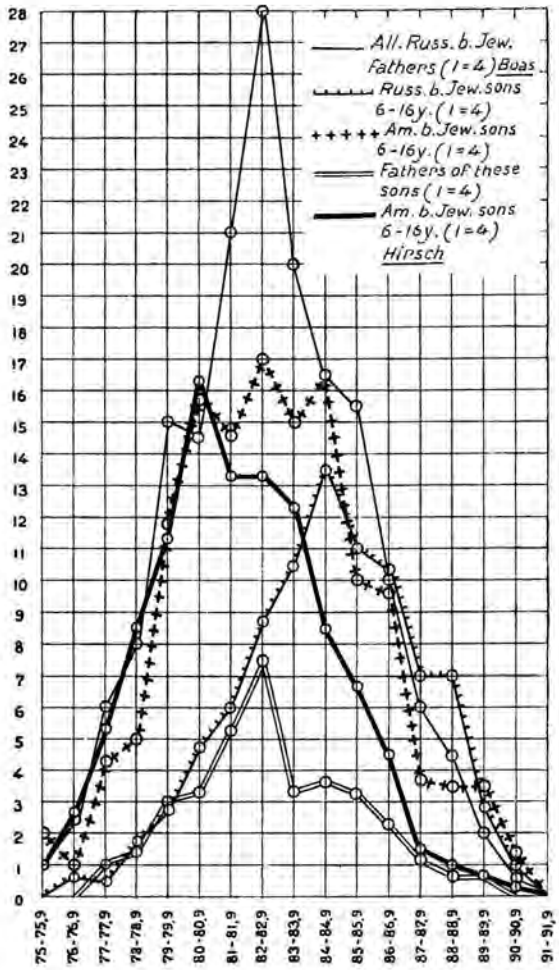
[1]) For what reason these authors criticized Prof. BOAS' work so positively, even without reexamining his extensive material, is not clear from this paper. In my opinion BOAS' work is a masterpiece that cannot be done away with so easily.

[2]) The amount of material in each case is large enough to give a reliable picture of the relations, each point in these curves standing for four individuals. The number of HIRSCH' American born boys is 428, of BOAS' American born boys 538, and of BOAS' foreign born boys 353.

[3]) In HIRSCH' paper data concerning the parents of his boys do not occur.

[4]) That BOAS' foreign born sons keep the infantile indices longer than his American born sons also appears from a comparison of the higher age individuals of these groups, the American born 10 years and more groups having only one peak at 81—82, the foreign born two peaks at 82 and 84. This may be explained by the fact that the sons born before the immigration of their parents are probably brought up in the most unfavourable conditions, so that this phenomenon may be considered as a growth inhibition. This supposition is supported by the lesser stature of these children compared with the American born ones (see BOAS: l.c. 1911, p. 38 and 43).

age group we find that the number of 86 indices is somewhat higher than with his American born boys, although the number of foreign born sons




measured (353) is considerably smaller than the number of American born sons (538). Contrary to the curve of his American born sons the curve of his Russian born sons only shows one peak, viz. at 84, corresponding with the most brachycephalic one of the three American born peaks.

Since the greater degree of brachycephaly with this race is an expression of a longer persistence of a childish skull shape, it appears from these curves that BOAS' foreign born Jewish boys are backward in development compared with his American born boys of the same ages [1]).

Comparing HIRSCH' American born sons with BOAS' we find that with

[1]) See also KLEIN's paper in this issue of the Proceedings on the degree of the developmental changes of the length-breadth index of the head of Dutch Askenasim Jews.

HIRSCH' sons the 84 elevation, still present in BOAS' American born sons, fails and that the 82 index only gives a slight elevation. The outstanding peak in his curve corresponds with BOAS' 80 peak. From this it results that a greater number of the American born boys measured by HIRSCH have attained the lowest (80) index peak than of BOAS' sons, a feature explained by HIRSCH by the longer American citizenship, i.e. the longer improvement of environmental circumstances for the parents of his boys, in connection with the point, advanced by BOAS, that the longer the parents are in America the more the brachycephaly of the children decreases.

The comparison of 6—16 years children, as expressed in my text figure, was due to my wish to give a visual comparison of the results of the abovementioned authors.

For the curves in fig. 1 and 2 of the adjoining table I used another, more instructive grouping, dividing the material into adults (fathers and mothers) and children below 10 years.

Fig. 1 of my table gives a comparison of all the immigrant Russian Jewish fathers (continuous line) with their American born (crossed line) and Russian born (combed line) sons below 10 years. Comparing this figure with my text figure, we see that the chief difference shown by the Russian born sons below 10 years with the same group of 6—16 years (indicated by the same combed line in my text figure) is that the 86 elevation is higher with the younger group of Table I in which the 86 index even gives an outstanding peak, thus confirming the infantile character of this index. The American born sons of this age group and the 6—16 years group of my text figure (both indicated by a crossed line) show an analogous difference, the 86 elevation (compared with the other peaks) being again relatively higher with the younger group in Table I, fig. 1. Besides, the 80 peak has not yet attained the height it has in the 6—16 years group of the text figure.

Turning to BOAS' Jewish females[1]) (fig. 2), we see an analogous contrast between the Russian born and American born daughters below 10 years as observed with the sons, the foreign born girls below 10 years retaining a very high 86 peak, failing with the American born ones of the same age group.

Besides, the foreign born daughters have an ultra-brachycephalic peak at 89—90, also failing with the American born ones.

I may refer here to what I said concerning this ultrabrachycephalic peak in the Armenian women measured by Prof. KRISCHNER and failing with CHANTRE's and my Armenian women. Apparently in KRISCHNER's material (nearly all adults) we had a standstill of infantile indicial relations probably due to the very unfavourable environmental endocrine circumstances

---

[1]) The continuous line in this figure gives the indices of all the foreign born Jewish mothers, the combed line indicates the foreign born, the crossed line the American born daughters below 10 years.

of these Turkish fugitives. I referred to an analogous contrast between Tyrolese skulls measured by TAPPEINER and those measured by FRIZZI (these Proceedings, Vol. 37, Table III, fig. 2 and 4).

For the rest fig. 2 shows that with both the foreign and American born Jewish daughters below 10 years, in addition to the maternal (i.e. adult) 82 peak, there still occurs an even slightly higher 84 peak (present also in the sons of that age), a phenomenon to be explained again by their age.

As with the Poles (fig. 3) recorded by BOAS, the children below 10 years were not numerous enough to deal with the males and females separately, I took both sexes together doing the same with the parents (continuous line). However since also the divisions of foreign and American born children would be too small, if taken apart, I grouped (in the combed line) the foreign born children below 10 years with the American born children of that age [1]), in order to get at least a sufficient number to show the influence of the age factor.

The differences between the children and adults of this group shows that in the individual development a Central-Asiatic index curve may, at least partially, revert to a paleo-Asiatic one.

Studying fig. 3 we find a typical Central-Asiatic index curve with the children below 10 years whereas the adult parental curve has a more paleo-Asiatic character. The children have an 83 and 86 peak and in addition a small hyperbrachycephalic elevation at 89—90 [2]). With the adults the latter peak fails, similarly the 86 peak. The only peaks in the parental curves are the 83 and especially the paleo-Asiatic 81 peak, the latter having developed apparently at the expense of the more brachycephalic indices.

Analogous differences between children below 10 years and adults are observed with the Hungarians and Slovaks [3]) measured by BOAS (fig. 4), for whom I used the same grouping as with the Poles. Here also the children below 10 years (combed line fig. 4) have typical Central-Asiatic peaks at 83 and 86 and in addition show a high ultrabrachycephalic peak at 89 [2]). With the adults (parents) the latter peak fails and the 86 peak, though still very outstanding, has relatively decreased in comparison with the 84 peak. Besides, a considerable paleo-Asiatic 82 peak occurs.

The decrease of the 86 index is also observed with the Pomeranian

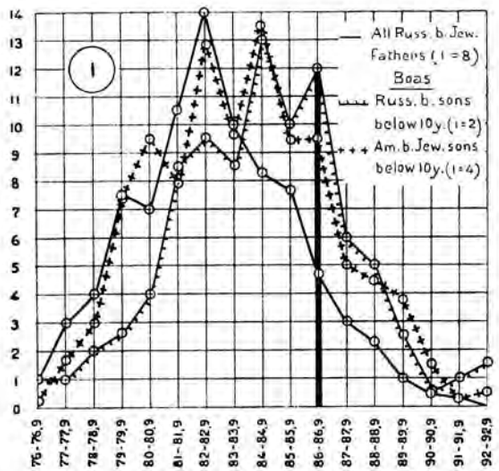
---

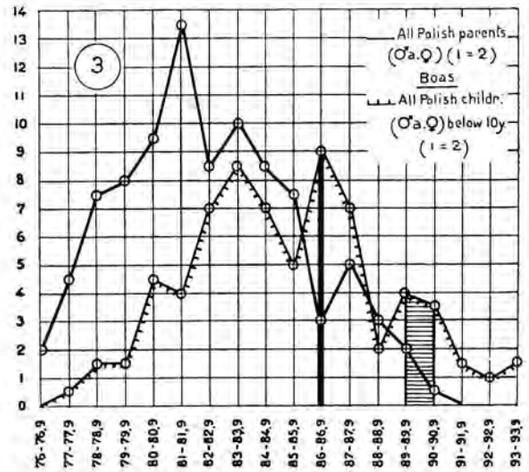
[1]) This grouping of the Polish and American born children is not so very misleading as the difference between these children in BOAS' material is not so striking as it is with the Jews.

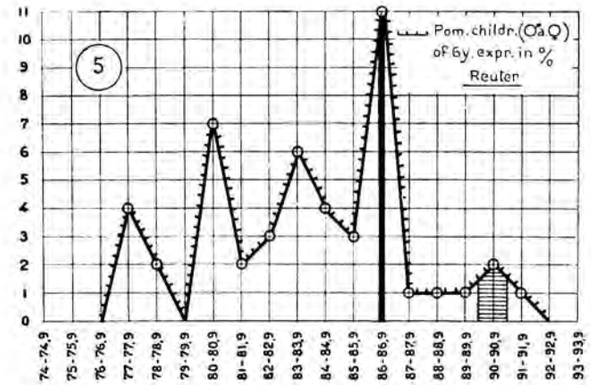
[2]) In connection with my remark (these Proceedings, Vol. **37**, 1934, p. 606(7) that the hyperbrachycephalic peak specially occurs if the 86 peak is very high, it is interesting to note that the 86 peak is about as high as the 83 peak.

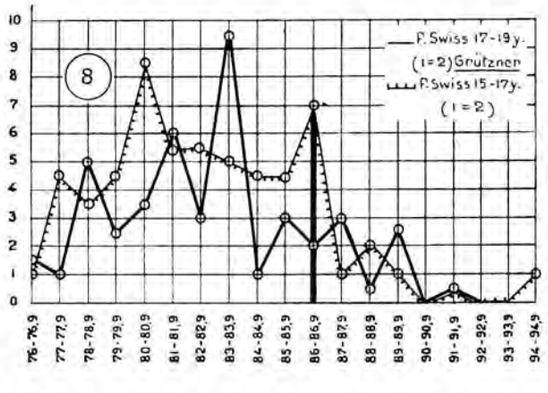
[3]) I may leave aside the question if the grouping together of Hungarians and Slovakians as done by BOAS is allowed. The point concerned here is the relationship between the indices of the children and those of their parents. For individual data of Hungarians only I refer to BARTUCZ' paper: "A mal magyarság "cephal-index" -éröl." in A Magyar Nemzeti Múzeum Néprajzi Osztályának ERTESITÖJE. Budapest 1912.

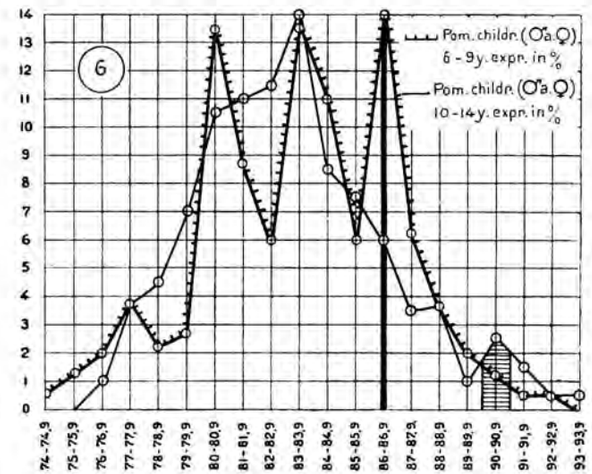
# Table I

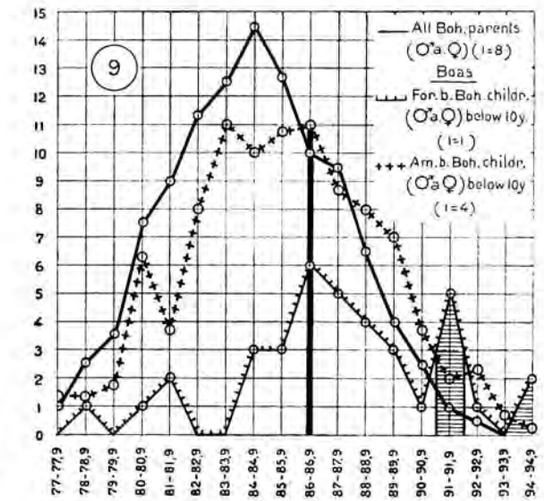

1
All Russ. b. Jew. Fathers (1 = 8)
Boas
Russ. b. sons below 10y. (1=2)
Am. b. Jew. sons below 10y. (1=4)

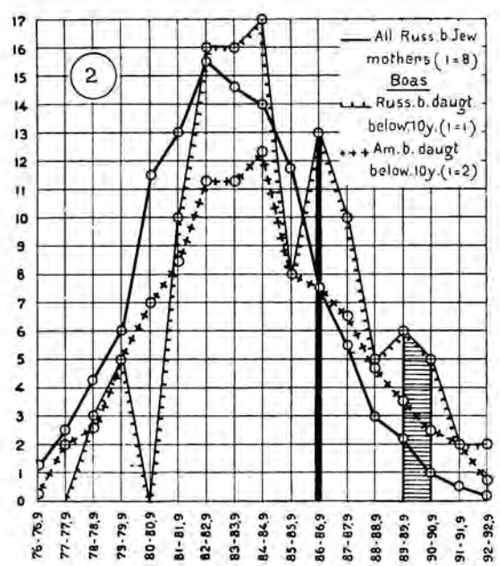

3
All Polish parents (♂a.♀) (1 = 2)
Boas
All Polish childr. (♂a.♀) below 10y (1 = 2)

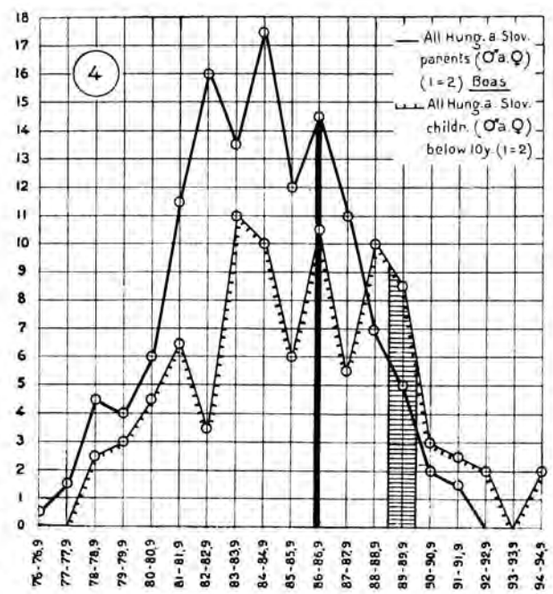

5
Pom. childr. (♂a.♀) of 6y. expr. in %
Reuter

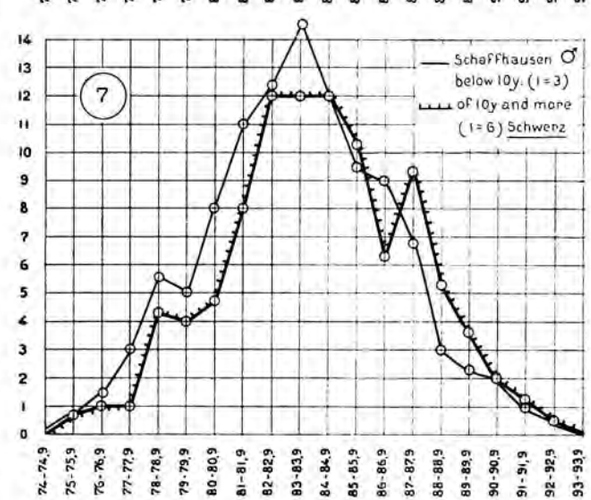

8
F. Swiss 17-19 y. (1=2) Grützner
F. Swiss 15-17y. (1 = 2)

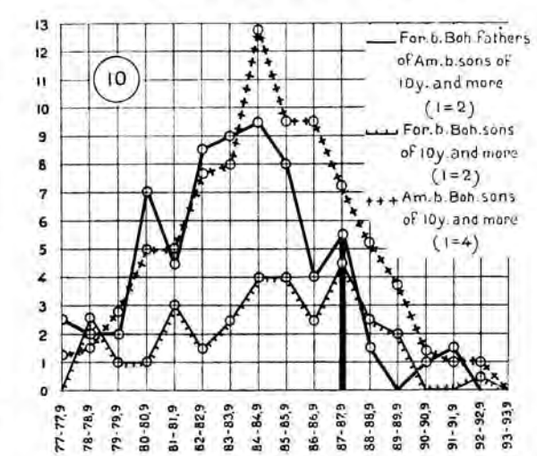

6
Pom. childr. (♂a.♀) 6-9y. expr. in %
Pom. childr. (♂a.♀) 10-14y. expr. in %


9
All Boh. parents (♂a.♀) (1=8)
Boas
For. b. Boh. childr. (♂a.♀) below 10y. (1=1)
Am. b. Boh. childr. (♂a.♀) below 10y (1=4)


2
All Russ. b. Jew mothers (1=8)
Boas
Russ. b. daugt. below 10y. (1=1)
Am. b. daugt below 10y. (1=2)


4
All Hung. a. Slov. parents (♂a.♀) (1=2) Boas
All Hung. a. Slov. childr. (♂a.♀) below 10y. (1=2)


7
Schaffhausen ♂ below 10y. (1=3)
of 10y and more (1=6) Schwerz


10
For. b. Boh. fathers of Am. b. sons of 10y. and more (1=2)
For. b. Boh. sons of 10y. and more (1=2)
Am. b. Boh. sons of 10y. and more (1=4)

children examined by REUTER[1]). Though REUTER also combines the boys and girls in his curves, his data have the great advantage that his material is separated into three important age groups, viz. a group of 6 years, a group of 6—9 and a group of 10—14 years.

Looking at his curves (reproduced in fig. 5 and 6) we see that at the age of 6 years (fig. 5) three peaks occur, at 80, 83 and 86, the latter being by far the highest (22 % of the whole group). In his group of 6—9 years (combed line fig. 6) the 86 index, though still very outstanding, is represented by 14.5 % only, the 80 and 83 peaks having considerably increased, and nearly attaining the same height as the 86 peak. With the children of 10—14 years (continuous line fig. 6) the 86 peak has entirely disappeared[2]) and the 83 peak has considerable increased.

It is a curious difference between the Polish and Hungarians (with Slovakians) on the one hand and the Pomeranians on the other that with the first mentioned peoples the older (in casu adult) stages show a tendency of the subbrachycephalic indices (81 and 82) to increase, whereas the subbrachycephalic index (in casu 80) of the Pomeranians of 10—14 years does not show this increase, the percentage of 80 indices in REUTER's 10—14 years material being only 10.5 % against 13.5 % in the preceding group. This may be different with the adult Pomeranians, but unfortunately I could not find sufficient individual data of adult Pomeranians.

Analogous changes are observed if we compare SCHWERZ' data [3]) concerning the indices of the Schaffhausen boys below ten years and of 10 years and more (fig. 7). Also in this case the hyperbrachycephalic (in casu 87) index of the younger group looses its outstanding character in the older group while the 83 index increases.

The same conclusion may be drawn from Miss GRÜTZNER's data[4]) on Swiss girls from Zürich although this authors material only includes groups from 15 to 19 years. Fig. 8 shows that the 86 index, still very outstanding with her girls of 15 to 17 years (combed line), has practically disappeared in her girls of 17 to 19 years (continuous line) with whom the 83 index is by far the highest.[5])

---

[1]) F. REUTER. Beiträge zur Anthropologie Hinterpommerns. Arch. f. Anthrop. Bnd. 28, 1903, p. 289.

[2]) The percentage of 86 indices is only 6 % in this age group.

[3]) F. SCHWERZ. Untersuchungen über das Wachstum des Menschen. Arch. f. Anthropologie. Bnd. 38, 1911, p. 1.

[4]) G. GRÜTZNER. Körperwachstum und Körperproportionen 15—19-jähriger Schweizerinnen. Dissertation Zürich, 1928.

[5]) The infantile character of the 86 (87) index also appears from ENGELSPERGER's researches on Munich boys and girls of 6 years, the most outstanding peak in this age with the boys being 86 with the girls 87. As however ENGELSPERGER did not examine children of higher ages the further fate of this index in the evolution of his material does not appear from his work. See his Dissertation, Zürich 1905: Beiträge zur Kenntnis der physischen und psychischen Natur des sechsjährigen in die Schule eintretenden Kindes.

The relations with BOAS' Bohemians more or less resemble those of the Pomeranians and Swiss.

Unfortunately BOAS' Bohemian material, though very numerous, does not contain enough foreign born Bohemian children below 10 years to deal separately with the boys and girls of this group. I therefore grouped both sexes of this age together in the combed curve of fig. 9. Although even then the number of individuals of this group is still small, the curve resulting from it evidently shows its highest elevation at 86. Besides, it has a pronounced ultrabrachycephalic elevation at 91 and some 94 indices. The typical adult (parental) 84 index is indicated in the foreign born children below 10 years only by a sudden rise of the combed curve.

With the American born children below 10 years (crossed line, fig. 9) the ultrabrachycephalic peak fails, the 86 peak is still indicated, but in addition there are a great many 83, 84 and 85 indices. Comparing these curves with that of the adults (parents: continuous line), we see that with the latter the number of 86 indices is relatively smaller, the 84 index being the only outstanding one.

Analogous differences are observed in comparing the foreign and American born Bohemian sons of 10 years and more (fig. 10). With the foreign born sons (combed line fig. 10) the highest peak is at 87, an almost equally high one at 84—85. With the American born sons of 10 years and more (crossed line in fig. 10) an outstanding 87 peak (though indicated in their Bohemian born fathers) fails, the main peak being at 84 which also with their fathers shows the highest elevation.

Leaving the prevailingly brachycephalic races I now shall deal with some prevailingly mesocephalic peoples (Table II), starting with the Dutch with whom there still is a distinct brachycephalic component.

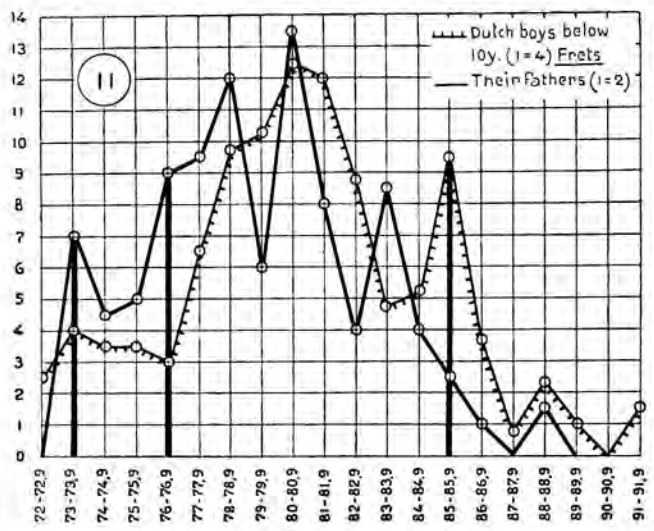
With FRETS [1]) Dutch sons below 10 years (fig. 11, combed curve) only two peaks occur: a high 85 and a still higher 80(81) peak. With their fathers (continuous line) a 85 peak fails but is substituted (if that expression is allowed) by a lower Central-Asiatic peak (83). Besides, the paleo-Asiatic 80 peak has increased, and in addition a high mesocephalic peak (78) occurs with them.

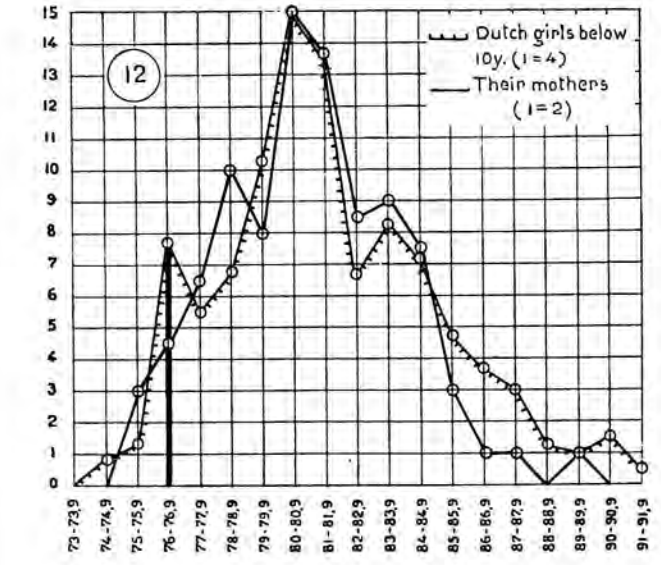
Contrary to his males the females, measured by FRETS (fig. 12) hardly show any difference in the age groups. Both the girls below 10 years (combed curve) and their mothers (continuous line, fig. 12) have an 83 and an 80—81 peak; with the mothers the 83 peak is even slightly higher. On the other hand the typically Nordic 78 peak of the mothers is not indicated in the girls who, however, have a distinct 76 elevation to which I shall return later.

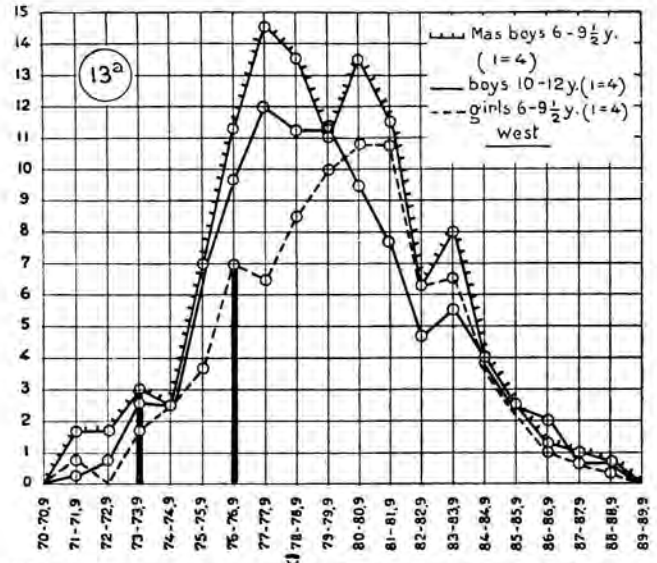
A comparison of both curves in fig. 12 shows that with the females the

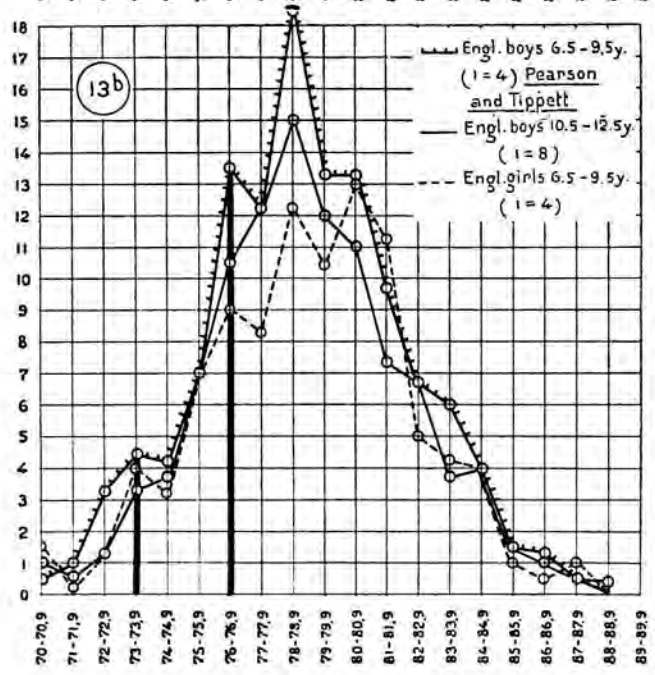
[1]) G. P. FRETS. Heredity of the head form in man. Genetica Vol. III, 1921, pp. 193—400, and G. P. FRETS, The heredity of the cephalic index. Dissertation Amsterdam. 1924. FRETS' material embraces more than 3600 individuals, of over 360 families.

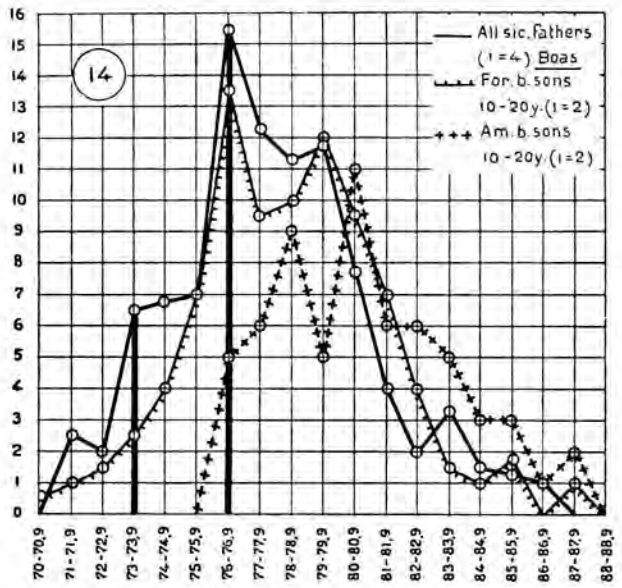
# Table II

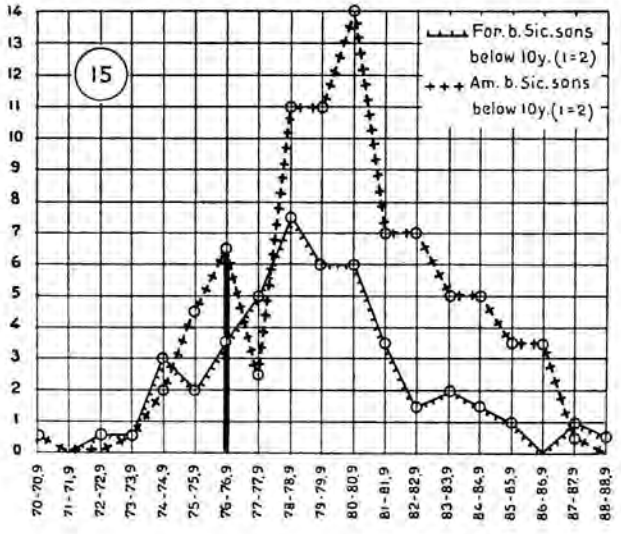

11
Dutch boys below 10y. (1=4) Frets
Their fathers (1=2)

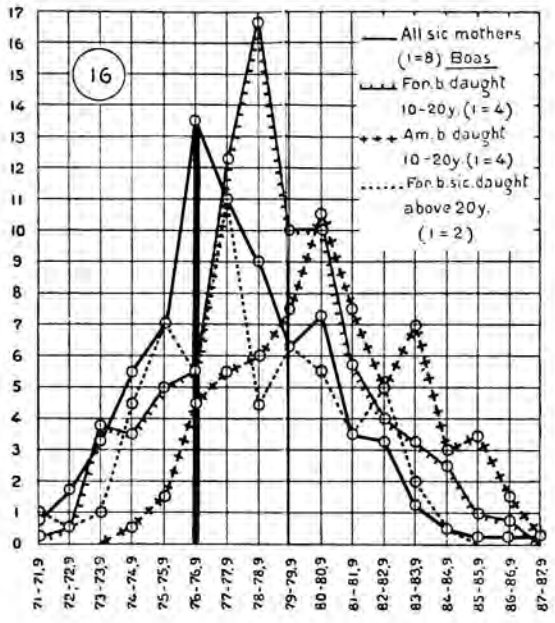

12
Dutch girls below 10y. (1=4)
Their mothers (1=2)

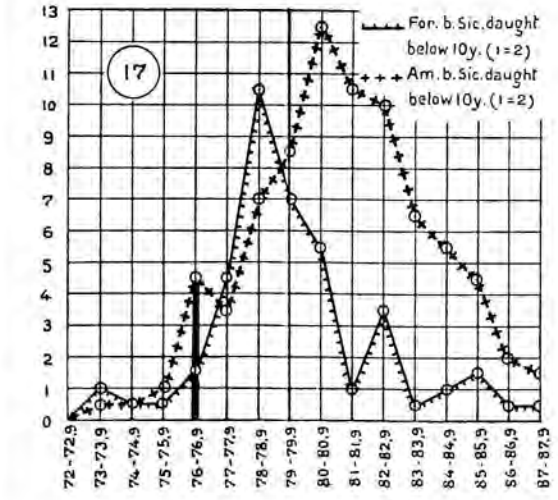

13a
Mas boys 6-9½y. (1=4)
boys 10-12y. (1=4)
girls 6-9½y. (1=4)
west

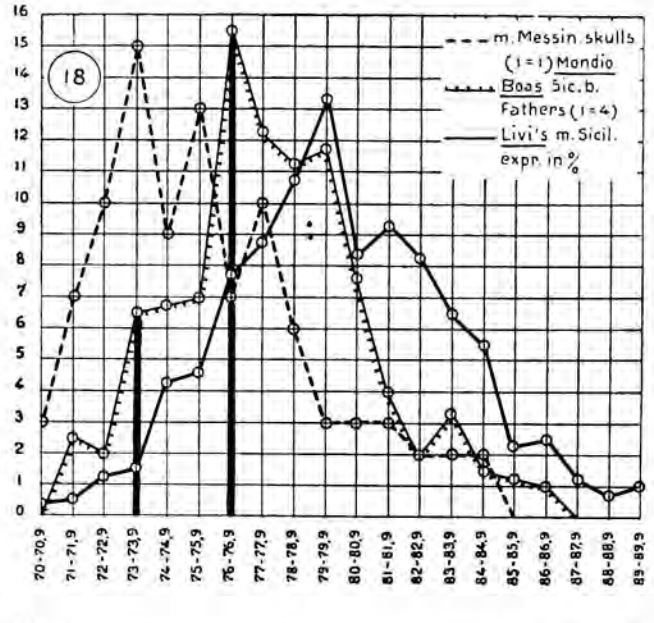

13b
Engl. boys 6.5-9.5y. (1=4) Pearson and Tippett
Engl. boys 10.5-12.5y. (1=8)
Engl. girls 6.5-9.5y. (1=4)

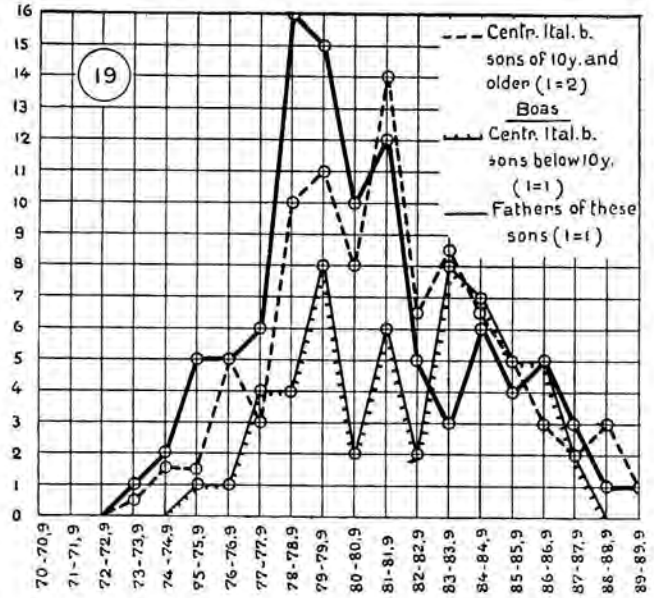

14
All sic. fathers (1=4) Boas
For. b. sons 10-20y. (1=2)
Am. b. sons 10-20y. (1=2)


15
For. b. Sic. sons below 10y. (1=2)
Am. b. Sic. sons below 10y. (1=2)


16
All sic mothers (1=8) Boas
For. b. daught 10-20y. (1=4)
Am. b. daught 10-20y. (1=4)
For. b. sic. daught above 20y. (1=2)


17
For. b. Sic. daught below 10y. (1=2)
Am. b. Sic. daught below 10y. (1=2)


18
m. Messin. skulls (1=1) Mondio
Boas Sic. b. Fathers (1=4)
Livi's m. Sicil. expr. in %


19
Centr. Ital. b. sons of 10y. and older (1=2)
Boas
Centr. Ital. b. sons below 10y. (1=1)
Fathers of these sons (1=1)

difference between the adult and infantile relations is not so great as with the males or — in other words — that the infantile characteristics tend to persist more with females than with males.

It is interesting to observe that the mother and father curves resemble each other, both having an 83, 80 and 78 peak, the chief difference being that with the fathers the 78, with the mothers the 80(81) peak is relatively higher and that both Mediterranean elevations (73 and 76[1])) are indicated with the fathers while the mothers only show the 76 elevation.

With the English children and with those of Massachussets (New-England) the relations are analogous to those of the Dutch. I shall first deal with WEST's data[2]) concerning Massachussets boys (fig. 13*a*) since with them, as with the Dutch, there still is a distinct 83 peak which, however, is more outstanding with the boys below 10 years than with those of 10, 11 and 12 years. The prevailing index of the latter is mesocephalic (77). With the boys below 10 years also a high 80 index occurs which in the girls of that age even is the only one, apart from a small 76 peak to which I shall return later.

With the English children the age changes in the cephalic index resemble those of the last two groups with this difference that an 83 peak fails here. In fig. 13*b* I give the frequency curves of the boys and girls of 6.5 to 9.5 years and of 10.5 to 12.5 years, made after the figures, recorded by PEARSON and TIPPETT (l.c. supra[3])).

In the boys of the 6.5—9.5 years group (combed line) as well as in the girls of this age (interrupted line) four peaks are seen, a 73, 76, 78 and 80 peak. The same four peaks were found with the Dutch. The correspondence of these English groups with the (adult) Dutch males and females also appears in this respect that with the boys the 78 peak is higher than with the girls and with the girls the 80 peak is higher than with the boys. The chief difference with the Dutch curves referred to is that with the Dutch fathers and females a distinct 83 peak occurs, an expression of the so-called Alpine constituent of our race, prevailing even in the province of Zeeland where both Central-Asiatic indices: 83 and 86 stand out very prominently (cf. BOLK, l.c. infra).

With the older: 10.5—12.5 years boys (continuous line, fig. 13b), and also with the girls of that age group, the Mediterranean indices, 73 and 76, are entirely blended by the higher indices. With the boys of this age group the 78 peak is the only one (with the girls of 10—12 years an additional

---

[1]) As I shall show in my next paper, the 73 and 75(6) peaks are typical of the original Mediterranean race as it still prevails on the south coast of the Mediterranean and still is indicated on Sicily (figs. 14—18).

[2]) G. M. WEST. Anthropometrische Untersuchungen über die Schulkinder in Worcester, Mass., Amerika. Arch. f. Anthrop. Bnd. 22, 1894, p. 1.

[3]) I must call the attention to the slightly different arrangments of the index units in PEARSON's and TIPPET's paper (70, 45; 71, 45, etc.), abusively replaced by my customary division (70—70.9; 71—71.9, etc.).

80 peak remains). As stated above with both the English and the Dutch indications of a Mediterranean component are evident.

That the ancient Mediterranean 73 and 75—76 peaks still are typical of some Sicilian groups appears from the data published by BOAS and MONDIO that show that here still large groups occur which for the greater part do not belong to the Eurasian stocks, but are to be grouped together with the North-African races.

Nevertheless, although the oldest population of this island may have been entirely Mediterranean, the present population has been influenced by the same peoples who, coming from the North, invaded the northern shores of the Mediterranean, blending the more ancient population, a process so conspicuous at an early date already in Greece.

This explains that the indices of Sicilians recorded in literature show considerable differences. Whereas the indices of male Messinese skulls measured by MONDIO [1]) (dotted line, fig. 18) show peaks at 73 and 75, corresponding approximately with the cephalic 74 and 76 peaks, the cephalic indices of Sicilian soldiers recorded by LIVI [2]) (continuous line, fig. 18) show peaks at 79 and 81. The latter peaks are typically paleo-Asiatic and are probably due to later invasions of the island.

The indices of the majority of the Messinese skulls are nearer the indices of the original Mediterranean inhabitants (the eneolithic Sicilian skulls have their highest elevations at 72 and 76) [3]).

From the data recorded by BOAS (fig. 18, combed line) it appears that, although an additional 79 peak is not failing with his male Sicilians, yet the index curve of his adult male Sicilians born in Sicily (see also the frequency curve of his adult females: fig. 16, continuous line) shows its highest elevation at 76 and besides a steep elevation at 73.

A comparison with the North-African population [4]) confirms that the 73 and (75)76 indices indicate the ancient Mediterranean component of this people. In other words, BOAS' Sicilian material is more typically Mediterranean than LIVI's.

Proceeding to the Sicilian born and American born offspring of BOAS' Sicilian immigrants (figs. 14—17), I give in fig. 14 the curve of all his Sicilian born fathers migrated to America (continuous line), their Sicilian born sons of 10—20 years [5]) (combed line), and their American born sons of 10—20 years.

---

[1]) MONDIO. Studio sopra duecento teschi Messinesi. Arch. per l'Antrop. e per l'Etnolog. Vol. 27, 1897.

[2]) LIVI. Antropometria militare. This book not being at my disposal, LIVI's figures are quoted from F. and H. BOAS: The head form of the Italians as influenced by Heredity and Environment. American Anthropologist. Vol. XV, 1913.

[3]) See our Introduction to the Anthropology of the Near East in ancient and recent times. Noord-Hollandsche Uitgeversmaatschappij, Amsterdam 1934, fig. 71 at the bottom.

[4]) See my following paper.

[5]) I have taken 20 years as the upper limit of this group to make it more comparable to the adult American born Sicilian sons, few of whom pass this age limit.

Evidently the first two curves run parallel, the only difference being that in addition to the Mediterranean 76 and the non-Mediterranean 79 peak occurring in both curves the Sicilian born sons of 10—20 years also have a Mediterranean 73 peak, failing with their fathers. The relations with the American born Sicilian sons are different. Studying the curve of the American born sons of 10—20 years (crossed line, fig. 14) we find that, although the 76 Mediterranean index is still indicated by a sudden elevation, their prevailing peaks are at 78 and 80.

That this is not occasionally so appears from fig. 15 showing that also the American born sons below 10 years have a low peak at 76 but much higher elevations at 78 and 80.

Apparently there is not much difference between the American born sons below 10 years and those between 10 and 20 years, which shows that the American born sons tend to keep their infantile indices, while the Sicilian born sons in growing up reduce their infantile indices in favor of the ancestral 76 index. This causes both American born groups to differ considerably from the Sicilian born fathers and also from the Sicilian born sons of 10—20 years by a decrease of the Mediterranean and an increase of the 78 and 80 indices. Only BOAS' Sicilian born sons below 10 years (not very numerous) show a close resemblance with the American born sons of the same age than with the Sicilian born sons of 10—20 years [1]).

With the females (fig. 16 and 17) we are struck by a difference between the Sicilian born mothers with their typical Mediterranean 76 and additional 80 peak, and their 10—20 years Sicilian born daughters with whom the 76 peak fails, and who still keep the infantile 78 peak, sharing with their mothers the smaller 80 peak only. It is certainly strange that, whereas the 76 and 79 peaks were almost equally outstanding with the Sicilian fathers and their Sicilian born sons of 10 to 20 years, the Sicilian born daughters of 10 to 20 years show such a difference with their mothers. This, however, shows the longer persistence of the infantile 78 index type with the females, mentioned above.

Comparing fig. 16 with fig. 17 we find again that (as with the American born sons) there is a remarkable constancy in the American born daughters below 10 years and between 10 and 20 years, which means that also the American born daughters keep their prevailing infantile index (80). It is interesting that, while the prevailing index persisting so long in the Sicilian born daughters is 78, the prevailing persisting index with the American born Sicilian daughters is 80.

While both age groups of the American and Sicilian born daughters [2])

---

[1]) If this appears to be a rule, it would mean that the 76 peak develops after 10 years chiefly.

[2]) That in the Sicilian born women the typically Mediterranean 76 peak develops at a later age than in the Sicilian born males is confirmed by the fact that even with BOAS' Sicilian born daughters of 20 years and more (dotted line, fig. 16) the highest peak (77) has not yet reached the 76 point.

confirm the longer persistance of the infantile type in the female sex, the prevailing index is higher in the American than in the Sicilian born daughters.

It is furthermore evident that with the American born sons two indices stand out, the 80 and 78 index, the 80 index prevailing over the 78 one, the 80 peak being the only outstanding one in the American born daughters. Though the amount of adult American born Sicilians recorded in BOAS' publication of 1928 is not yet large enough to show that the 78—80 index type remains the prevailing one in the adults, the evolutional processes discussed show that the index curve of this people, at least in these groups, passes through or even approaches the paleo-Asiatic type.

This phenomenon might be explained in two ways. No group of a population is unmixed and not all of BOAS' Sicilians have a typically Mediterranean index. There are fathers with a paleo-Asiatic index (79) as well as mothers with a paleo-Asiatic index (80), even in BOAS' material, though not so many as among LIVI's soldiers. Now one explanation of the indices observed with BOAS' American offspring would be that the paleo-Asiatic index becomes dominant under favourable circumstances, even to such an extent as to blend almost entirely the Mediterranean index, still indicated by a peak at 76 in the American born sons and daughters below 10 years but by an elevation only with the American born sons and daughters between 10 and 20 years. This fact as well as the fact that even with the 10 to 20 years Sicilian born daughters a 76 peak does not yet occur pleads in favour of the recessive character of the Mediterranean index if the ancestry also contains paleo-Asiatic indices.

We may, however, also consider the developmental differences occurring with the Sicilians offspring under different environmental influences from an other view point. It may be that the prevalence of the 78 and 80 peaks is not an expression of domination in racial mixture. Just as the high adult indices 83—86 of Central-Asiatic groups may be a persistence of the infantile stages of their 78(79)—80(81) index ancestors, the adult 78 and 80 index may represent persistent infantile indices of the Mediterranean (73—76 index peak) component itself.

In other words, while the Eurasian races may *lose* their infantile brachycephalic and hyperbrachycephalik peaks in the course of evolution if this evolution is favoured by good circumstances, the Mediterranean race on the other hand may *keep* its infantile 78 and 80 index peaks if their further existence is favoured by good circumstances. In both cases the skull acquires its optimum condition as far as its contents are concerned.

BOLK [1]) measuring the capacity of 255 Dutch male and female skulls ranging from an index of 70—89, found the greatest capacity to occur with the 77 cranial (78 cephalic) index, and a smaller rise at an index of 82 (83). Also SCHWERZ [2]) found the greatest capacity with his mesocephalic

[1]) L. BOLK. Kraniologische Untersuchungen holländischer Schädel. Zeitschr. f. Morphologie und Anthropologie 1903, Bd. V.

[2]) SCHWERZ. Die Alamannen der Schweiz. Zeitschr. f. Morph. u. Anthrop. Bnd. **14**, 1912.

not with his brachycephalic skulls. DIJKSTRA [1]), reexamining this problem with 124 skulls from Groningen (Holland), found the optimum capacity with males as well as with females at a cranial index of 78 and a second, much smaller rise of the capacity curve at 84.5.

If the second supposition of an adult 78—80 index type as a favourable persistence of an infantile stage of the 73—75(76) index type, and the origin of the 83—86 index type as a less favourable infantile persistence of the 78(79)—80(81) type is right, it would help us to understand the origin of these three main types of index curves from the index type of one common stem, the reindeer race, with its prevailing 71—73 cranial (73—75 cephalic) index type, which nowadays is still prevailing in Africa as I shall show in a following paper.

Further researches will be necessary to decide if the latter supposition is supported by more facts. I only want to add that, although this supposition would fit in SERGI's conceptions of the origin of the Nordics from Mediterraneans [2]) it is no reason to follow him in doing away with the adult index, as one of the most characteristic features of racial differentiation.

I shall not enter here into a detailed discussion of BOAS' Central-Italian group. Especially the females of this group are a mixture that makes it very difficult to draw conclusions from it. On the whole, however, I believe that here also BOAS' conclusions are right.

I only wish to use his male material for showing again the influence of the age factor in this group, which (as far as the males are concerned) largely has a paleo-Asiatic index type, as E. SCHMIDT's Pompeians [3]) already had.

Fig. 19, table II, relating to Italian born Italians, shows that the sons below 10 years have their index peaks at 79, 81 and 83. With the sons of 10 years and more the (78)—79 and especially the 81 peak has increased and with the adults (their fathers) the 78—(79) index is by far the highest.

As with the Eurasian groups discussed before, also in this case the increase of the mesocephalic index with age goes at the expense of the brachycephalic, especially at the expense of the Central-Asiatic (83 and higher) indices (cf. also figs. 1—3 in KLEIN's paper, l.c. supra).

---

[1]) DIJKSTRA. Bijdrage tot de physische anatomie van schedel en hersenen. Geneesk. Bladen uit Kliniek en Laboratorium. Serie XXV, N⁰. 6, 1927.

[2]) S. SERGI. The Mediterranean Race. London, 1901.

[3]) E. SCHMIDT. Die antiken Schädel Pompejis. Arch. f. Anthrop. Bnd. 15, 1884. The curve of the male Pompeian skulls examined by SCHMIDT shows an outstanding 80 peak and additional 77 and 83 peaks, closely corresponding with the cephalic 81, 78 and 84 peaks of BOAS' Central Italian fathers.

**Physics.** — *Research on thin layers of tin and other metals. I. The influence of thin metal layers on the deterioration of technical insulating oils.* By P. J. HARINGHUIZEN and D. A. WAS. (Communicated by Prof. L. S. ORNSTEIN.)

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

*Summary.*

The influence of metals on the deterioration of insulating oils has been studied. It appeared that on both sludge formation and increase of acidity copper has the largest influence, lead less, and tin the least. In some cases tin may act as an anti-oxidant.

The character of the catalysis has also been a subject of investigation.

A fact known in technics is that the deterioration of insulating oil by oxidation in air is influenced by metals.

The aim of our investigation was to compare the action of tin, copper and lead; we used three transformer-oils of different nature, hereafter indicated by *A*, *B* and *C*.

As sludging and acid formation especially diminish their technical qualities, the influence on these phenomena has been measured.

Nature of the oils:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *A* | forming | much sludge, little acid | | | | |
| *B* | ,, | a little | ,, | much | ,, | |
| *C* | ,, | a little | ,, | little | ,, | (etherial acids) |

Samples of these oils were deteriorated in glass basins (9 cm), by heating at 90° C. in an electrical furnace; for studying the action of the metals, glass pieces with thin metal layers were dipped into the oils. The metal layers were obtained by high vacuum evaporation [1]); their area was standardised at 5 cm².

## *Sludge formation.*

Quantities of 50 c.c. of the oils were heated for 1000 hours and the quantity of sludge formed was measured by filtering through a $B_2$ crucible; the sludge being washed out with gasoline was dried at 90° C.

Table I gives the quantities of sludge in mgr. per 50 c.c. oil.

---

[1]) See publication II of this series.

TABLE I.

| Oil | *Sn* | *Pb* | *Cu* | Blank exp. |
|---|---|---|---|---|
| *A* | 6.0 | 9.0 | 19.0 | 6.9 |
| *B* | 4.0 | 4.4 | 5.7 | 2.0 |
| *C* | 0 | 2.7 | 10.2 | 1.1 |

These figures show that copper gives the strongest increase in sludge formation, lead less and tin the least. The fact that the oils *A* and *C* in contact with tin formed even less sludge than in the blank experiment. shows that tin may perhaps act as an anti-oxidant; an analogous result has been found by MARDLES [1]) who studied the effect in lubricants.

*The colour of the oils.*

During the deterioration the oils become darker; now it appeared that after heating for 1000 hours the colours of the (filtered) oils have the same succession as the quantities of sludge.

In the case of oil *A* the authors have determined the colours quantitatively with the aid of the colorimeter constructed by WOUDA [2]).

The values of co-ordinates of the colour points obtained are given in Table II.

TABLE II.

| | Original oil | *Sn* | *Pb* | *Cu* | Blank exp. |
|---|---|---|---|---|---|
| red | 45.1 | 53.7 | 55.4 | 63.1 | 55.9 |
| green | 41.3 | 41.9 | 41.0 | 35.4 | 42.6 |
| blue | 13.4 | 4.5 | 3.6 | 1.4 | 1.5 |

From the figure obtained by plotting these values in the known colour triangle the effective wavelength and the saturation of the colour can be determined (see Table III).

TABLE III.

| | Orig. oil | *Sn* | *Pb* | *Cu* | Blank exp. |
|---|---|---|---|---|---|
| eff. $\lambda$ | 5780 | 5840 | 5860 | 5960 | 5845 |
| saturation | 0.62 | 0.89 | 0.92 | 0.975 | 0.965 |

[1]) E. W. J. MARDLES D. Sc., Techn. Publ. of the Int. Tin Research, Series C N⁰. 2.
[2]) J. WOUDA: Proc. of the Acad. of Amsterdam, Vol. XXXVIII, N⁰. 6, 1935.

From a comparison of this table and table I it can be seen that there is a parallelism between sludge formation and eff. $\lambda$.

The saturation of the colour forms an exception — "blank exp." being near *Cu* —. The conclusion from this result is that perhaps the increase of eff. $\lambda$, which will be caused by polymerisation in the oil, will be followed by sludge formation caused by higher polymerisation of the same complexes. This would explain the parallelism mentioned above.

*Acid formation.*

Quantities of 100 c.c. oil were heated and after every two hundred hours the acid value was measured according to the method given by the V. D. E.

It appeared that the oil *A* forms very little acid, and oil *C* only etherial acids; in both cases the increase of the acid value was less than the experimental error.

As is pointed out in an investigation on the corrosion of the thin layers (see publ. II of this series) the quantity of acid which is necessary for the corrosion of the metal can be neglected.

Fig. 1 shows the increase of the acid value in the case of oil *B* by deterioration under influence of the three metals.

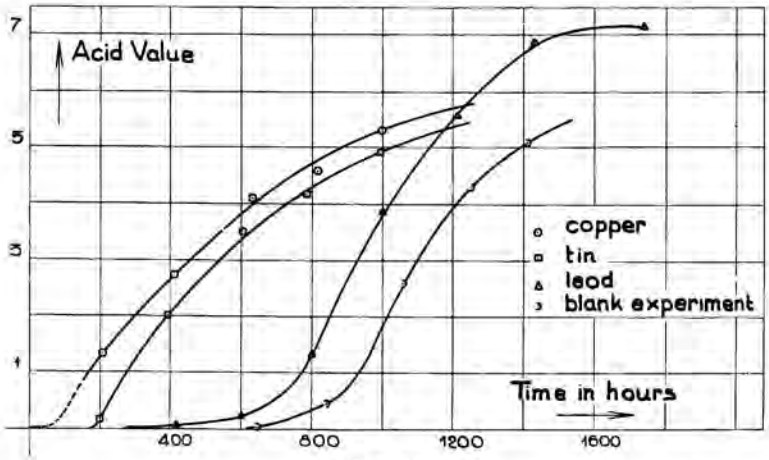



Fig. 1.

It appeared that the increase of acidity due to copper is the greatest; the curve due to tin begins at a later point, after some hundred hours it becomes parallel to that of the one copper. Although the lead curve starts much later, it is much steeper, so that after 1200 hours it even intersects the curves of tin and copper. Parallel to the lead curve runs that of the acid increase in the oil heated without metal.

We have observed a slight increase in acidity in a deteriorated oil, which was left at room temperature without contact with metal; the

relative increase has been found independent of the metal used (see table IV).

TABLE IV.

| | *Sn* | *Cu* | *Pb* |
|---|---|---|---|
| acid value deter. oil . . . . . | 4.94 | 5.31 | 1.34 |
| „ „ after 5 weeks room t. | 5.28 | 5.67 | 1.43 |
| relative increase in % . . . . . | 6.9 | 6.8 | 6.7 |

*The character of the catalytic action of metals on oil deterioration.*

In order to investigate this character, the following experiments were made:

The acid curve due to copper was measured on three samples of oil *B*. Into each sample an equal copper layer was dipped; the first was taken out after 30 hours, the second after 100 and the third after 450 hours.

In the case of a heterogeneous catalytic action, there must be a great difference between each of the three curves; for after removing the metal surface the catalytic action will be stopped.

In the case of a homogeneous action the removing will not influence the curve, if enough copper is dissolved.

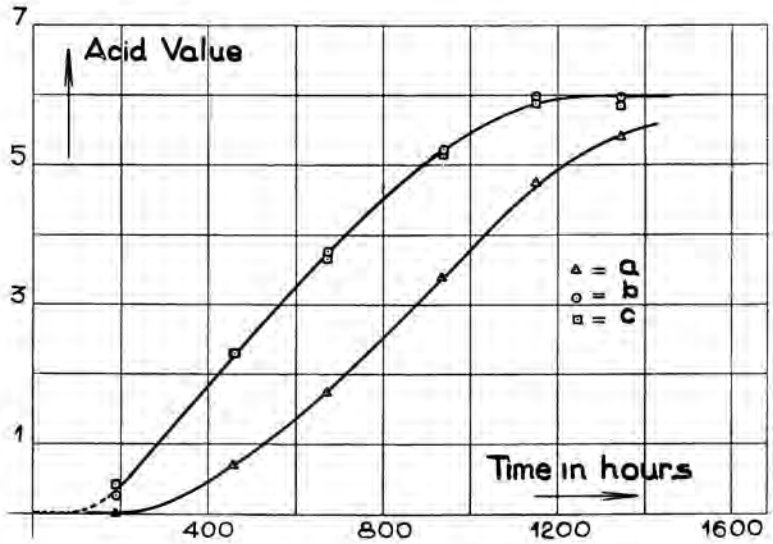



Fig. 2.

The curves *b* and *c* in fig. 2 are the same, so in our case it must be a homogeneous catalysis. The reason that the curve *a* lies lower than *b* and *c*, must be that after 30 hours there is not enough copper dissolved to

reach that range, in which the catalytic action is independent of the quantity of catalysing metal.

In the corrosion investigation (see publ. II) the authors have found subsequently that after about 100 hours copper is no more attacked due to the formation of a protecting film. By this fact it is not excluded that under certain circumstances there can be a heterogeneous catalysis also, viz. if the protecting film is not yet built up or is disturbed by external causes. This will be a subject of further investigation.

The authors wish to thank the International Tin Research and Development Council for permission to publish this work, and for the grant which enabled this work to be carried out. Many thanks are also due to Prof. Dr. L. S. ORNSTEIN for his stimulating interest and to Dr. C. JANSSEN CZN. and Drs. C. KRIJGSMAN for many discussions about the subject.

*Physical Laboratory University of Utrecht.*

---

**Mathematics.** — *Zur Konformgeometrie.* III. *Anwendung auf die Kurventheorie.* Von V. HLAVATÝ. (Communicated by Prof. J. A. SCHOUTEN).

(Communicated at the meeting of September 28, 1935).

In dieser Arbeit werden wir die Konforminvarianten einer Kurve $C(t)$ untersuchen. Dabei benützen wir die Ergebnisse der beiden vorangehenden Arbeiten[1]).

1. Es sei eine Kurve $C(t)$ durch ihre Gleichungen $x^\nu = x^\nu(t)$ in einer $K_n$ gegeben[2]). Diese $K_n$ kann zu einer $\mathring{W}_n$ gemacht werden, in der die Tensordichte $\mathfrak{g}_{\lambda\mu}$ kovariant konstant ist

$$\nabla_\omega \mathfrak{g}_{\lambda\mu} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1,1)$$

(Vergl. K I). Ausgehend von dem Tangentialvektor $dx^\nu$ kann man längs C die eichinvariante Einheitsvektordichte (vom Gewicht $1/n$)

$$\underset{1}{\mathfrak{i}}^\nu = \mathfrak{i}^\nu = \frac{dx^\nu}{\sqrt{|\mathfrak{g}_{\lambda\mu}\, dx^\lambda\, dx^\mu|}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1,2)$$

---

[1]) V. HLAVATÝ, „Zur Konformgeometrie" I (Proc. Vol. 38, p. 281), weitert zitiert als K I und V. HLAVATÝ, „Zur Konformgeometrie" II (Proc. Vol. 38, p. 738) weiter zitiert als K II.

[2]) Nach K I sind die aus $\mathfrak{g}_{\lambda\mu}$ entspringenden quadratischen Formen definit.

konstruieren. Dank der Gleichung (1,1) kann man mit den Begriffen $\mathfrak{g}_{\lambda\mu}$, $\mathfrak{i}^\nu$, $\mathfrak{i}^\mu \nabla_\mu$ genau so verfahren, wie mit den analogen Begriffen in dem metrischen Falle [3]). Man bekommt dann die FRENETschen Formeln

$$\mathfrak{i}^\mu \nabla_\mu \underset{a}{\mathfrak{i}}^\nu = - \underset{a-1}{\mathfrak{k}} \underset{a-1}{\mathfrak{i}}^\nu + \underset{a}{\mathfrak{k}} \underset{a+1}{\mathfrak{i}}^\nu \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1,3)$$

$$(a = 1, \ldots, m \ , \ \underset{0}{\mathfrak{k}} = \underset{m}{\mathfrak{k}} = 0 \ , \ 1 \leqslant m \leqslant n).$$

Die eichinvarianten Einheitsvektordichten $\underset{2}{\mathfrak{i}}^\nu, \ldots, \underset{m}{\mathfrak{i}}^\nu$ bestimmen die Richtungen der ersten, ..., $(m-1)$-ten Normale der Kurve, während die eichinvarianten skalaren Dichten $\underset{1}{\mathfrak{k}}, \ldots, \underset{m-1}{\mathfrak{k}}$ als Krümmungen der Kurve betrachtet werden können. Von den eichinvarianten Einheitsvektordichten $\underset{a}{\mathfrak{i}}^\nu$, $(a = 1, \ldots, m)$ kann man zu den Einheitsvektoren

$$\underset{a}{i}^\nu = \underset{a}{\mathfrak{i}}^\nu \, \mathfrak{g}^{-\frac{1}{2n}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1,4)$$

übergehen, die sämtlich derselben Klasse $-{}^1/_2$ sind ($\mathfrak{g}$ ist dabei der absolute Wert der Determinante von $g_{\lambda\mu}$).

2. Man kann auch die Methode mit dem Operatorkern $\triangle_\mu$ benützen, da auch

$$\triangle_\mu g_{\lambda\nu} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,1)$$

ist. (Vergl. K I). Dazu ist nötig von dem Einheitsvektor der Klasse $-{}^1/_2$ auszugehen

$$\underset{1}{i}^\nu = i^\nu = \frac{dx^\nu}{\sqrt{|g_{\lambda\mu} \, dx^\lambda \, dx^\mu|}} .$$

Die Anwendung des Operators $\frac{dx^\mu}{dt} \triangle_\mu$ auf $\underset{1}{i}^\nu$ und auf die Vektoren, die daraus entspringen, ergibt uns

$$\frac{dx^\mu}{dt} \triangle_\mu \underset{a}{i}^\nu = - \underset{a-1}{k} \underset{a-1}{i}^\nu + \underset{a}{k} \underset{a+1}{i}^\nu \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,2)$$

$$(a = 1, \ldots, m \ , \ \underset{0}{k} = \underset{m}{k} = 0 \ , \ 1 \leqslant m \leqslant n).$$

Die eichinvarianten Skalare $k$ sind mit den früher betrachteten Dichten $\mathfrak{k}$ eng verbunden, während die Vektoren $\underset{a}{i}^\nu$ der Gleichung (1,4) genügen.

---

[3]) Vergl. z.B. D. J. STRUIK, „Grundzüge der mehrdimensionalen Differentialgeometrie . ." (Springer, Berlin, 1922, S. 76).

Um dies einzusehen, gehen wir von der offenbar gültigen Gleichung

$$\underset{1}{\mathfrak{i}}^{\nu} = \underset{1}{i}^{\nu}\, \mathfrak{g}^{\frac{1}{2n}}$$

aus und berechnen das Resultat der Anwendung von $\mathfrak{i}^{\mu} \nabla_{\mu}$ auf $\underset{1}{\mathfrak{i}}^{\nu}$. Es zeigt sich dass

$$\mathfrak{i}^{\mu} \nabla_{\mu} \underset{1}{\mathfrak{i}}^{\nu} = \mathfrak{g}^{1/n} (i^{\mu} \nabla_{\mu} \underset{1}{i}^{\nu} - \tfrac{1}{2} Q_{\mu} i^{\mu} \underset{1}{i}^{\nu}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,3)$$

ist. Anderseits ist

$$i^{\mu} \triangle_{\mu} \underset{1}{i}^{\nu} = i^{\mu} \nabla_{\mu} \underset{1}{i}^{\nu} - \tfrac{1}{2} Q_{\mu} i^{\mu} \underset{1}{i}^{\nu}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,4)$$

weil der Einheitsvektor $\underset{1}{i}^{\nu}$ von der Klasse $-{}^{1}/_{2}$ ist. Der Vergleich von (2,3) und (2,4) lehrt

$$i^{\mu} \triangle_{\mu} \underset{1}{i}^{\nu} = \mathfrak{g}^{-1/n} (\mathfrak{i}^{\mu} \nabla_{\mu} \underset{1}{\mathfrak{i}}^{\nu}). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2,5)$$

Geht man in diese Formel mit dem Wert

$$i^{\nu} = \frac{v^{\nu}}{v} \quad , \quad v = \sqrt{|g_{\lambda\mu} v^{\lambda} v^{\mu}|}$$

ein (wo der Kürze halber $v^{\nu} = \dfrac{dx^{\nu}}{dt}$ gesetzt wurde), so gibt uns der Vergleich von (1,3) und (2,2) erstens

$$\underset{2}{\mathfrak{i}}^{\nu} = \underset{2}{i}^{\nu}\, \mathfrak{g}^{\frac{1}{2n}}$$

und zweitens

$$\underset{1}{k} = v\, \underset{1}{\mathfrak{k}}\, \mathfrak{g}^{-\frac{1}{2n}}.$$

Ganz analog beweist man die Gültigkeit der Formel (1,4) für alle in (2,2) auftretenden Vektoren und ausserdem

$$\underset{b}{k} = v\, \underset{b}{\mathfrak{k}}\, \mathfrak{g}^{-\frac{1}{2n}} \qquad (b = 1, \ldots, m-1) \qquad (2,6)$$

3. Geht man nun von einem anderen Parameter $'t$ aus, so gibt uns das oben angeführte Verfahren (jetzt aber mit dem Operator $\dfrac{dx^{\mu}}{d't} \triangle_{\mu}$) die zu (2,2) analogen Formeln mit den akzentuierten Grössen. Eine leichte Überlegung zeigt, dass für die Bestimmungszahlen der Vektoren $i^{\nu}$, $'i^{\nu}$ und für die Skalare $k$, $'k$ folgende Gleichung gilt:

$$\left| \underset{a}{'i}^{\nu} \right| = \left| \underset{a}{i}^{\nu} \right| , \left| \underset{b}{'k}\, d't \right| = \left| \underset{b}{k}\, dt \right| , \ (a = 1, \ldots, m, \ b = 1, \ldots, m-1).$$

Zusammenfassend können wir also sagen:

Zu jeder Kurve in $K_n$ kann man immer $m-1$ eichinvariante Normalrichtungen[4]), sowie auch $m-1$ eichinvariante Skalare

$$\left| \int \underset{b}{k}\, dt \right| \qquad (b = 1, \ldots, m-1)$$

angeben ($1 \leqq m \leqq n$). Beide Begriffe sind auch gegenüber beliebiger Parametertransformation invariant.

Offenbar sind diese Begriffe von derselben Ordnung in bezug auf die Ableitungen von $x$ nach $t$, wie im metrischen Falle.

4. Bis jetzt haben wir den Begriff des „Bogens" im Sinne eines ausgezeichneten Parameters überhaupt nicht verwendet. Es lässt sich aber zeigen, dass auch in diesem Falle unter allen zulässigen Parametern mindestens einer sich konforminvariant auszeichnen lässt. Zu diesem Zwecke schicken wir folgendes voraus: Der aus den Vektoren

$$i^\nu \,,\; \left(\frac{dx^\mu}{dt} \triangle_\mu\right)^b i^\nu \qquad (b = 1, \ldots, m-1)$$

konstruierte einfache $m$-Vektor, der von der Klasse $-m/2$ ist, bestimmt eindeutig (bis auf das Vorzeichen) einen einfachen kontravarianten $(n-m)$-Vektor, der zu dem ursprünglichen orthogonal ist und die Klasse $-(n-m)/2$ besitzt. Beide Multivektoren bestimmen (bis auf das Vorzeichen) einen $n$-Vektor, der die Klasse $-n/2$ hat. Die dazugehörige Dichte vom Gewicht $-1$ bezeichnen wir mit $\mathfrak{w}$. Geht man nun von einem anderen Parameter $'t$ aus, so gibt uns dasselbe Verfahren die entsprechende Dichte $'\mathfrak{w}$. Eine leichte Rechnung zeigt, dass beide Dichten mittels

$$\mathfrak{w} = \varepsilon \left(\frac{d'\!t}{dt}\right)^{\frac{m(m-1)}{2}} {}'\mathfrak{w} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4,1)$$

gebunden sind. $\varepsilon$ ist dabei $+1$, oder $-1$, je nachdem, ob man in beiden Konstruktionen die selben oder entgegengesetzte Vorzeichen des $(n-m)$-Vektors nimmt. — Die Formel (4,1) gestattet uns den eichinvarianten „Bogen" $'t$ zu definieren. Für diesen verlangen wir nämlich

$$'\mathfrak{w}^2 = \frac{1}{\mathfrak{g}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4,2)$$

was eine invariante und zugleich eichinvariante Forderung darstellt. Nach (4,1) und (4,2) ist dieser Bogen mittels

$$'t = \int_{t_1}^{t_2} (\mathfrak{w}^2\, \mathfrak{g})^{\frac{1}{m(m-1)}}\, dt \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4,3)$$

[4]) Auf die eventuelle Umorientierung dieser Richtungen gehen wir nicht näher ein.

gegeben. Dieser Bogen ist nicht nur von der Wahl des früher erwähnten $(n-m)$-Vektors unabhängig, sondern ist auch eichinvariant. Gegenüber dem metrischen Bogen ist er aber von einer zu hohen Ordnung in bezug auf die Ableitungen von $x$ nach $t$, nämlich von der Ordnung $m$. Im Weiteren machen wir von diesem Bogen keinen Gebrauch mehr.

5. Zum Schluss wollen wir zeigen, wie die übliche geometrische Interpretation der Krümmungen einer Kurve in $R_n$ auch hier ein Analogon hat. Zu diesem Zwecke betrachten wir längs der Kurve $C$ ein Einheitsvektorfeld, das von der Lösung des Systems

$$\frac{d x^\mu}{dt} \triangle_\mu j^\nu = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5,1)$$

mit den Anfangsbedingungen $(j^\nu)_{t=0} = (\underset{a}{i^\nu})_{t=0}$ gebildet wird. [5]) Dann führen wir den Winkel $\underset{a}{\alpha}$ mittels der Gleichung

$$\cos \underset{a}{\alpha} = g_{\lambda\mu} j^\lambda \underset{a}{i^\mu}$$

ein. Weil diese Gleichung eine skalare Gleichung ist, deren jedes Glied die Klasse 0 hat, so ist nach (5,1)

$$\frac{d^p \cos \underset{a}{\alpha}}{dt^p} = g_{\lambda\mu} j^\lambda \left( \frac{dx^\rho}{dt} \triangle_\rho \right)^p \underset{a}{i^\mu} \quad , \quad (p=1, 2, \ldots) \quad . \quad . \quad . \quad (5,2)$$

Für die Entwickelung von $\cos \alpha$ in der Nähe von $t=0$ bekommen wir also nach (2,2) und (5,2)

$$\cos \underset{p}{\alpha} = 1 - \frac{t^2}{2!} (\underset{a-1}{k^2} + \underset{a}{k^2})_{t=0} + \ldots . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5,3)$$

Hier sind die ausgelassenen Glieder mindestens dritter Grössenordnung in bezug auf $t$. Aus dieser Gleichung folgt

$$\lim_{t \to 0} \frac{\underset{p}{\alpha}^2}{t^2} = (\underset{a-1}{k^2} + \underset{a}{k^2})_{t=0} , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5,4)$$

also eine Formel, die ganz analog der entsprechenden Formel in $R_n$ ist, und neuerdings auch für $V_n$ vom H. LEVY berechnet wurde. [6])

---

[5]) Wenn $v^\nu$, von der Klasse 0, eine Lösung von

$$\frac{d x^\mu}{dt} \nabla_\mu v^\nu = \lambda v^\nu$$

darstellt, so zeigt eine leichte Rechnung, dass $j^\nu = \frac{v^\nu}{\sqrt{|g_{\lambda\mu} v^\lambda v^\mu|}}$ der Gleichung (5,1) genügt.

[6]) H. LEVY, „Curvatures in RIEMANNian space". Bull. Amer. Math. Soc. **40**, S. 75—78, (1934). Wir haben oben eine andere, allgemein verwendbare Methode benützt.

6. Die hier auseinandergesetzte eichinvariante Behandlung der Kurven hat nur dann einen Sinn, wenn diese Kurven sich in einer, mit konform veränderlichen Metrik ausgestatteten, $V_n$ befinden, welche zu einer $\mathring{W}_n$ gemacht werden kann. (Vergl. K I.) Diese $\mathring{W}_n$ unterscheidet sich von einer $W_n$ (d.i. von einer $n$-dimensionalen Mannigfaltigkeit, die eine WEYL'sche Konnexion trägt) nur dadurch, dass der Vektor $Q_\alpha$ in $\mathring{W}_n$ ein Gradientvektor ist, während dies in einer $W_n$ nicht der Fall ist. Wir haben aber nirgends diese Eigenschaft der $\mathring{W}_n$ benützt, so dass unsere Betrachtungen Wort für Wort auf die Kurventheorie in einer $W_n$ übertragbar sind, und zwar diesmal ohne jede Einschränkung, bezüglich der Struktur der Konnexion:

Die hier angegebene Behandlung gilt wörtlich auch für Kurven in einer beliebigen $W_n$.

*Prag*, Oktober, 1934.

---

**Chemistry.** — *On the Crystal-Structure of Cerium tungstate.* By J. BEINTEMA. (Communicated by Prof. F. M. JAEGER).

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

§ 1. ZAMBONINI [1]) in a series of investigations first drew attention to the fact that the alcaline earth-metals as well as lead can isomorphously be substituted in their compounds by the rare earth-metals. From his results he concluded that *three* atoms of the metals *Ca*, *Sr*, *Ba* or *Pb* in their compounds can be substituted by *two* atoms of the rare earth-metals. The consequence of this is that in the crystalline structure a number of unoccupied positions must occur. If a relatively small percentage of the rare earth-metal is present in the mixed crystals, it may be assumed that the stability of the grating remains sufficiently great, so as to preserve the original crystal-structure, notwithstanding the perturbations which necessarily must be the consequence of the fact mentioned. But in some cases of this kind the existence of an uninterrupted mixing-series from 0 — 100 % was actually proved by the experiments. Such a case occurs, for instance, in the binary system: $PbWO_4 - Ce_2(WO_4)_3$: the most probable supposition to be made in this case would be to assume for pure *cero-tungstate* a crystalline structure completely isomorphous with that of *scheelite*. If this were true, only two thirds of the positions occupied by the cations would be substituted, while the remaining places would be void of substitutes. In the case of these greater concentrations these

---

[1]) J. F. ZAMBONINI, Bull. soc. franç. min. **38**, 206 (1915).

inoccupied places — for which, therefore, PAULING's electrostatic valence principle [1]) does not hold — would become rather numerous and it seemed very desirable to check the supposed crystalline structure of the *cerium* salt by means of $X$-ray-analysis. Already ZAMBONINI and LEVI [2]) prepared some powder-spectrograms of rare-earth-molybdates and of the corresponding salts of the alkaline earth-metals, by which an analogous structure of these different compounds appeared highly probable; but, as ZAMBONINI assumed a too small elementary cell, his interpretation of the spectrograms obtained was erroneous and only the fact that either the fainter diffraction lines did not occur in his spectrograms or were not taken into account, must be the cause of it having been possible at all to check the images in the usual way.

§ 2. In this paper, therefore, a renewed and more complete investigation of the crystalline structure of *cerium tungstate* is published; this salt was chosen in connection with its true miscibility with $PbWO_4$, this having been demonstrated by ZAMBONINI [3]) as early as 1913. The crystals desired were, according to the prescription of this author, obtained by melting of the salt with sodium chloride as a flux: they had the shape of tetragonal bipyramids, the larger of which were mostly badly developed and showed oscillating angular values; but finally some smaller crystals proved to be better built and sufficiently adapted for the purpose. A series of rotation-spectrograms made with the crystals really manifested the typical character of a *scheelite*-like built structure: thus for instance, reflections $(hkl)$ with $(h+k+l)=odd$, do not occur. Those with $(h+\frac{1}{2}l)=even$ have a great intensity; those with $(h+\frac{1}{2}l)=odd$, on the contrary, either do not occur or are only extremely faint, while those for which $l$ is *odd*, in general show a mediocre intensity. The crystals at our disposal were too small for the purpose of studying their LAUE-images; but from the rotation-spectrograms it readily could be concluded that the deviations from ditetragonal symmetry, — if present at all, — only could be unappreciable, as beforehand might be expected for a *scheelite*-like structure. The elementary cell contains a mass: $Ce^{8/3}(WO_4)_4$; the unoccupied places in the grating must statistically be distributed over the available positions, because a regular distribution necessarily would extend itself over a greater number of cells and this would practically lead to the presence of a greater fundamental cell. However, the latter would involve the manifestation of a series of interjacent accessory spectra in the oscillation-spectrograms, between those actually observed, — of which no indication was found. A powder-

---

[1]) L. PAULING, J. Am. Chem. Soc. **51**, 1010 (1929).

[2]) J. F. ZAMBONINI and R. G. LEVI, Rend. d. R. Accad. dei Lincei **2**, 149, 225, 303, 377, 462 (1925).

[3]) J. F. ZAMBONINI, Rend. d. R. Accad. dei Lincei **12** (5a), 519 (1913).

Powder-spectrogram of $Ce_2(WO_4)_3$ + Silver.

| No. of line | Distance $2l$ in cm | Intensity (visual) | Angle $\theta$ | $sin^2\theta$ observed | $sin^2\theta$ of silver | $sin^2\theta$ corrected | $sin^2\theta$ calculated | Indices $(hkl)$ | Wave-length $\lambda$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.637 | 4 | 9° 4′ | 0.0248 | | 0.0250 | 0.0251 | (101) | $\alpha$ |
| 2 | 5.046 | 2 | 12°35′ | 0.0475 | | 0.0478 | 0.0481 | (112) | $\beta$ |
| 3 | 5.614 | 10 | 14° 0′ | 0.0586 | | 0.0591 | 0.0591 | (112) | $\alpha$ |
| 4 | 6.124 | 3 | 15°17′ | 0.0695 | | 0.0700 | 0.0701 | (004) | $\alpha$ |
| 5 | 6.682 | 5 | 16°40′ | 0.0823 | | 0.0829 | 0.0831 | (200) | $\alpha$ |
| 6 | 6.833 | 2 | 17° 3′ | 0.0860 | 0.0870 | | | | |
| 7 | 7.613 | 10 | 19° 0′ | 0.1060 | 0.1067 | | | | |
| 8 | 8.851 | 8 | 22° 5′ | 0.1413 | 0.1423 | | | | |
| 9 | 9.196 | 7 | 22°57′ | 0.1520 | | 0.1530 | 0.1532 | (204) | $\alpha$ |
| 10 | 9.505 | 2 | 23°43′ | 0.1618 | | 0.1629 | 0.1622 | (116) | $\beta$ |
| 11 | 9.608 | 4 | 23°58′ | 0.1650 | | 0.1661 | 0.1662 | (220) | $\alpha$ |
| 12 | 10.147 | 1 | 25°19′ | 0.1829 | | 0.1841 | 0.1832 | (312) | $\beta$ |
| 13 | 10.397 | 1 | 25°56′ | 0.1913 | | 0.1925 | 0.1913 | (301) | $\alpha$ |
| 14 | 10.591 | 5 | 26°25′ | 0.1981 | | 0.1993 | 0.1992 | (116) | $\alpha$ |
| 15 | 10.990 | 2 | 27°25′ | 0.2120 | | 0.2133 | 0.2133 | (215) | $\alpha$ |
| 16 | 11.318 | 6 | 28°14′ | 0.2238 | | 0.2252 | 0.2252 | (312) | $\alpha$ |
| 17 | 11.624 | 4 | 29° 0′ | 0.2350 | | 0.2364 | 0.2362 | (224) | $\alpha$ |
| 18 | 12.641 | 1 | 31°32′ | 0.2736 | | 0.2751 | 0.2744 | (321) | $\alpha$ |
| 19 | 12.786 | 1 | 31°54′ | 0.2792 | | 0.2808 | 0.2803 | (008) | $\alpha$ |
| 20 | 12.882 | 6 | 32° 8′ | 0.2830 | 0.2846 | | | | |
| 21 | 13.198 | 2 | 32°56′ | 0.2956 | | 0.2972 | 0.2964 | (305) | $\alpha$ |
| 22 | 13.505 | 3 | 33°42′ | 0.3078 | | 0.3094 | 0.3094 | (323) | $\alpha$ |
| 23 | 13.755 | 3 | 34°19′ | 0.3178 | 0.3190 | | | | |
| 24 | 14.063 | 3 | 35° 5′ | 0.3304 | | 0.3321 | 0.3324 | (400) | $\alpha$ |
| 25 | 14.849 | 6 | 37° 3′ | 0.3630 | | 0.3648 | 0.3634<br>0.3653 | (208)<br>(316) | $\alpha$<br>$\alpha$ |
| 26 | 15.477 | 7 | 38°37′ | 0.3895 | 0.3913 | | | | |
| 27 | 15.735 | 5 | 39°16′ | 0.4005 | | 0.4024 | 0.4024 | (404) | $\alpha$ |
| 28 | 16.048 | 4 | 40° 2′ | 0.4138 | | 0.4157 | 0.4155 | (420) | $\alpha$ |
| 29 | 16.303 | 4 | 40°41′ | 0.4248 | 0.4268 | | | | |
| 30 | 16.765 | 3 | 41°50′ | 0.4448 | | 0.4467 | 0.4465 | (228) | $\alpha$ |
| 31 | 17.517 | 4 | 43°42′ | 0.4774 | | 0.4793 | 0.4795 | (1.1.10) | $\alpha$ |
| 32 | 17.664 | 4 | 44° 4′ | 0.4838 | | 0.4857 | 0.4855 | (424) | $\alpha$ |
| 33 | 18.510 | 1 | 46°11′ | 0.5206 | | 0.5225 | 0 5237 | (501)<br>(431) | $\alpha$ |
| 34 | 18.737 | 2 | 46°45′ | 0.5305 | | 0.5324 | 0.5316 | (336) | $\alpha$ |
| 35 | 19.325 | 3 | 48°13′ | 0.5560 | | 0.5579 | 0.5576 | (512) | $\alpha$ |
| 36 | 19.575 | 3 | 48°50′ | 0.5668 | 0.5691 | | | | |

Powder-spectrogram of $Ce_2(WO_4)_3$ + Silver (continued).

| No. of line | Distance $2l$ in cm | Intensity (visual) | Angle $\theta$ | $sin^2\theta$ observed | $sin^2\theta$ of silver | $sin^2\theta$ corrected | $sin^2\theta$ calculated | Indices $(hkl)$ | Wave-length $\lambda$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37 | 20.601 | 2 | 51°24′ | 0.6108 | | 0.6126 | 0.6122 | (408) | $\alpha_1$ |
| 38 | 20.652 | 1 | 51°32′ | 0.6129 | | 0.6147 | 0.6152 | (408) | $\alpha_2$ |
| 39 | 21.386 | 3 | 53°21′ | 0.6438 | | 0.6455 | 0.6451 | (3.1.10) | $\alpha_1$ |
| 40 | 21.440 | 2 | 53°30′ | 0.6461 | | 0.6478 | 0.6483 | (3.1.10) | $\alpha_2$ |
| 41 | 22.109 | 5 | 55°10′ | 0.6737 | 0.6752 | | | | |
| 42 | 22.168 | 4 | 55°17′ | 0.6756 | 0.6786 | | | | |
| 43 | 22.612 | 4 | 56°25′ | 0.6940 | | 0.6955 | 0.6951 | (428) | $\alpha_1$ |
| 44 | 22.693 | 3 | 56°37′ | 0.6972 | | 0.6987 | 0.6986 | (428) | $\alpha_2$ |
| 45 | 23.000 | 5 | 57°23′ | 0.7095 | 0.7107 | | | | |
| 46 | 23.076 | 4 | 57°34′ | 0.7125 | 0.7143 | | | | |
| 47 | 23.308 | 4 | 58° 9′ | 0.7216 | | 0.7230 | 0.7232 | (532) | $\alpha_1$ |
| 48 | 23.381 | 3 | 58°20′ | 0.7244 | | 0.7258 | 0.7268 | (532) | $\alpha_2$ |
| 49 | 23.607 | 4 | 58°54′ | 0.7332 | | 0.7346 | 0.7342 | (444) | $\alpha_1$ |
| 50 | 23.712 | 3 | 59°10′ | 0.7372 | | 0.7386 | 0.7379 | (444) | $\alpha_2$ |
| 51 | 25.292 | 2 | 63° 6′ | 0.7953 | | 0.7963 | 0.7961 | (2.2.12) | $\alpha_1$ |
| 52 | 25.398 | 1 | 63°22′ | 0.7990 | | 0.8000 | 0.8001 | (2.2.12) | $\alpha_2$ |
| 53 | 25.723 | 2 | 64°11′ | 0.8103 | | 0.8113 | 0.8111 | (3.3.10) | $\alpha_1$ |
| 54 | 25.796 | 2 | 64°25′ | 0.8136 | | 0.8146 | 0.8152 | (3.3 10) | $\alpha_2$ |
| 55 | 26.298 | 2 | 65°37′ | 0.8296 | | 0.8305 | 0.8302 | (620) | $\alpha_1$ |
| 56 | 26.441 | 1 | 65°58′ | 0.8341 | | 0.8350 | 0.8344 | (620) | $\alpha_2$ |
| 57 | 27.011 | 5 | 67°24′ | 0.8522 | 0.8528 | | | | |
| 58 | 27.138 | 4 | 67°43′ | 0.8561 | 0.8571 | | | | |
| 59 | 27.361 | 4 | 68°16′ | 0.8629 | | 0.8636 | 0.8632 | (536) | $\alpha_1$ |
| 60 | 27 495 | 3 | 68°36′ | 0.8669 | | 0.8676 | 0.8675 | (536) | $\alpha_2$ |
| 61 | 28.675 | 4 | 71°33′ | 0.8998 | | 0.9003 | 0.9002 | (624) | $\alpha_1$ |
| 62 | 28.841 | 3 | 71°57′ | 0.9041 | | 0.9046 | 0.9048 | (624) | $\alpha_2$ |
| 63 | 31.400 | 6 | 78°21′ | 0.9592 | 0.9594 | | | | |
| 64 | 31.716 | 5 | 79° 8′ | 0.9645 | 0.9643 | | | | |

Effective Radius of Camera: $R = 5.742$ cm.

Wave-length $(Cu_K)$:

$\lambda(\alpha) = 1.538$ Å; $\lambda(\alpha_1) = 1.5374$ Å; $\lambda(\alpha_2) = 1.5412$ Å; $\lambda(\beta) = 1.389$ Å.

Quadratic Equation:

$$sin^2\theta = 0.02077_3(h^2 + k^2) + 0.004379_3 \cdot l^2. \qquad (\alpha)$$

spectrogram, — *silver* being used as a standard of comparison, — yielded: $a_0 = 5.33_6$ Å, $c_0 = 11.62_0$ Å, the axial ratio $a:c$ being $1:2.178$. The calculated value of the specific weight is: $6.81_3$. According to ZAMBONINI the specific weight is *6.78*, so that the assumption concerning the mass present within the elementary cell proves to be right.

## REVIEW.

In this paper the crystalline structure of *Cerium tungstate* was studied by means of *X*-ray-analysis. The substance is tetragonal-bipyramidal and possesses a *scheelite*-like structure, with $a_0 = 5.33_6$ Å, and $c_0 = 11.62_0$ Å, $(a:c = 1:2.178)$ and a mass: $Ce^{2/3}(WO_4)_4$ within its elementary cell. Only $^2/_3$ of the positions of the *lead*-atoms in $PbWO_4$, which forms an uninterrupted mixing-series with it, are occupied by *cerium*-atoms in $Ce_2(WO_4)_3$, the remaining places being void of atoms. Notwithstanding these empty places, the crystal-structure of the mixed crystals of both salts and of the crystals of *cerium tungstate* itself proves to remain sufficiently stable.

This investigation was carried out with the experimental resources and the means of the Laboratory for Inorganic Chemistry of the University.

*Groningen, Laboratory for Inorganic and Physical Chemistry of the University.*

---

**Chemistry.** — *On the Crystal-structure and the Composition of Sodium-dihydro-pyrostibiate.* By J. BEINTEMA. (Communicated by Prof. F. M. JAEGER).

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

§ 1. In connection with the values of the ionic radii calculated by L. PAULING [1]), this author drew the conclusion that pentavalent *antimony* in its compounds would have the co-ordination number *six*. By an investigation of O. ZEDLITZ [2]) concerning the crystal-structure of the minerals *romeite* and *schneebergite* it was, indeed, demonstrated by the author that every *Sb*-ion in its crystalline architecture is surrounded by *six* atoms of *oxygen* situated in the corners of an octahedron, compressed in the direction of one of the trigonal axes. In accordance with this, PAULING suggested that the salt commonly discerned as *sodiumdihydro-pyrostibiate*,

---

[1]) L. PAULING, J. Am. Chem. Soc. **55**, 1895 (1933).

[2]) O. ZEDLITZ, Z. Krist. **81**, 253 (1932).

$Na_2H_2Sb_2O_7 . 5 H_2O$, really would be derived from the hypothetical acid: $HSb(OH)_6$, — its true formula, therefore, being: $NaSb(OH)_6$.

The number of water-molecules of this salt is variously indicated in the literature: from a boiling solution a precipitation is formed which, according to the analysis, has the composition: $Na_2H_2Sb_2O_7 . 5 H_2O$, while at room-temperature a salt with $6 H_2O$ would be formed. However, the water-content seems by no means to be constant, as often values between 5 and $6 H_2O$ are observed.

From the powder-spectrograms the complete identity of the products obtained at lower or at higher temperatures can be deduced; the higher water-content, therefore, most probably seems to be caused by the inclusion of the mother-liquor. This is corroborated by comparison of the specific weight as deduced from spectroscopic measurements with that actually determined.

A tentative is made in this paper to deduce the right composition of this salt by means of $X$-ray-analysis of the crystalline substance.

§ 2. Crystals obtained by slow diffusion of solutions of *sodium chloride* and *potassiumdihydro-pyrostibiate* into each other proved sufficiently large as to allow a detailed investigation. They usually have the form of apparent octahedra with their corners and edges often truncated by other planes. The crystals are in reality *tetragonal* (pseudo-cubic) with the axial ratio: $a : c = 1 : 0{,}983$; they are limited by the forms: $o = \{111\}$ predominant; $c = \{001\}$, well developed; $m = \{110\}$ and $a = \{100\}$, — the latter often being absent. Only occasionally some crystals still showed a subordinate form $s = \{221\}$.

| *Angular Values*: | *Observed*: | *Calculated*: (from the spectroscopical data) |
|---|---|---|
| $o : c = (111) : (001) =$ | 54° 17′ | 54° 16′ |
| $o : m = (111) : (110) =$ | 35 43 | 35 44 |
| $a : m = (100) : (110) =$ | 45 5 | 45 0 |

The crystals were previously measured by HAUSHOFER [1]), who also stated their tetragonal symmetry, but erroneously found the axial ratio $a : c = 1 : 1{,}0079$; the crystallographical as well as the spectroscopical investigation proves that the $c$-axis is *shorter* than the $a$-axis.

The crystals are feebly birefringent with a negative character; the indices of refraction [2]) are: $\varepsilon_{577} = 1.605$; $\omega_{577} = 1.598$.

A crystal tabular to $\{001\}$ in convergent light showed the axial image of a negative, uniaxial crystal without circular polarization.

A LAUE-pattern made perpendicularly at (001) proved the absence of

[1]) K. HAUSHOFER, Z. Krist. **4**, 52, (1880).

[2]) Determined by Dr. P. TERPSTRA.

vertical symmetry-planes. As no piezo-electrical properties could be found, the most probable symmetry of the crystals, — also in connection with their external development, — is the *tetragonal-bipyramidal* one.

The cell-dimensions were deduced by means of some oscillation-spectrograms round [001] and [110] and checked by means of powder-spectrograms, in which *silver* was used as a standard of comparison: $a_0 = 8{,}00_5$ Å; $c_0 = 7{,}86_8$ Å; $a:c$ thus being 1 : 0,983. As the volume of this cell is: $504 \,.\, 10^{-24}$ cm$^3$ and the specific weight determined was 3,20, the cell contains the mass: $(Na_2H_2Sb_2O_7 \,.\, 5\,H_2O)_2$; the calculated specific weight in this case is: 3,22.

As may be seen from the tables I and II, the reflections of great intensities are those for which either all indices are even, or all are odd. Of the reflections with mixed indices only a few, like (301), (231), (103), and (213), show rather good intensities.

Evidently the atoms with the highest diffracting power: the *Sb*-ions, are arranged in a grating, which is centred in all the lateral and basal faces.

§ 3. As to the space-group present, only those need to be taken into account, which correspond to a simple tetragonal grating. As the reflections $(hk0)$ are absent when $(h+k)$ is *odd* and those of the form $(00l)$ when $l$ is *odd*, most probably the space-group $C_{4h}^4$ is the right one, although: $C_{4h}^1$, $C_{4h}^2$ *and* $C_{4h}^3$ are not excluded either with absolute certainty, because the most powerfully diffracting atoms do not occupy the most general positions. However, $C_{4h}^4$ seems to be the most probable one, as only in this group a fourfold position occurs in the form of a grating centred in all its cellular faces.

As in general the reflections with odd indices prove to be feebler than those with even indices, it is feasible to suppose that the four *Na*-ions occupy the fourfold position $4(d)$ in WYCKOFF's Table [1]), when the *Sb*-ions are placed in the position $4(c)$. Thus they form together a *sodium-chloride*-like arrangement, slightly compressed in the direction of the tetragonal *c*-axis. In this way it becomes clear that *no* groups $(Sb_2O_7)$ are present in the structure, but that the anions contain only a single *Sb*-atom. The pseudo-cubic structure as well as the low optical birefringency seem to indicate that these anions are rather highly symmetrical [2]), so that the 24 *O*-atoms must be distributed in space in such a way, that the complexes thus formed really possess a high symmetry. The only way in which this can be done is by making the supposition of each *Sb*-atom being surrounded by 6 octahedrically, or at least approximately octahedrically, arranged *O*-atoms, — exactly as was suggested by PAULING's views about the structure of this salt.

As the *O*-atoms can only occupy three different eightfold positions

---

[1]) L. W. G. WYCKOFF, *The analytical Expression*, etc. p. 81.

[2]) W. A. WOOSTER, Z. Krist. **80**, 495, (1931).

TABEL I.
Powder-spectrogram of Sodiumdihydro-pyrostibiate + Silver.

| No. of line | Distance $2l$ in cm | Intensity (visual) | Angle $\theta$ | $sin^2\theta$ observed | $sin^2\theta$ of silver | $sin^2\theta$ corrected | $sin^2\theta$ calculated | Indices $(hkl)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.865 | 8 | 9°38′ | 0.0280 | | 0.0280 | 0.0280 | (111) |
| 2 | 4.445 | 6 | 11° 4′ | 0.0369 | | 0.0369 | 0.0369 | (200) |
| 3 | 4.516 | 5 | 11°15′ | 0.0381 | | 0.0381 | 0.0382 | (002) |
| 4 | 6.354 | 5 | 15°50′ | 0.0744 | | 0.0743 | 0.0738 | (220) |
| 5 | 6.394 | 5 | 15°56′ | 0 0754 | | 0.0753 | 0.0751 | (202) |
| 6 | 6.892 | 3 | 17°10′ | 0.0872 | 0.0870 | | | |
| 7 | 7.478 | 5 | 18°38′ | 0.1021 | | 0.1018 | 0.1018 | (311) |
| 8 | 7.663 | 10 | 19° 5′ | 0.1070 | 0.1067 | | | |
| 9 | 7.854 | 5 | 19°34′ | 0.1122 | | 0.1119 | 0.1121 | (222) |
| 10 | 8.908 | 6 | 22°12′ | 0.1428 | 0.1423 | | | |
| 11 | 9.079 | 3 | 22°37′ | 0.1479 | | 0.1474 | 0.1476 | (400) |
| 12 | 9.216 | 2 | 22°58′ | 0.1524 | | 0 1519 | 0.1528 | (004) |
| 13 | 10.043 | 4 | 25° 1′ | 0.1789 | | 0.1783 | 0.1783 | (313) |
| 14 | 10.246 | 7 | 25°32′ | 0.1858 | | 0.1852 | 0.1846<br>0.1859 | (420)<br>(402) |
| 15 | 10.375 | 5 | 25°51′ | 0.1901 | | 0.1895 | 0.1898 | (204) |
| 16 | 11.325 | 6 | 28°13′ | 0.2235 | | 0.2228 | 0.2228 | (422) |
| 17 | 11.427 | 5 | 28°28′ | 0.2273 | | 0.2267 | 0.2267 | (224) |
| 18 | 12.068 | 4 | 30° 4′ | 0.2510 | | 0.2503 | 0.2495<br>0.2521 | (511)<br>(333) |
| 19 | 12.245 | 3 | 30°31′ | 0.2577 | | 0.2570 | 0.2573 | (115) |
| 20 | 12.958 | 5 | 32°17′ | 0.2853 | 0.2846 | | | |
| 21 | 13.360 | 3 | 33°17′ | 0.3013 | | 0.3005 | 0.3005 | (404) |
| 22 | 13.975 | 3 | 34°49′ | 0.3260 | | 0.3252 | 0.3233<br>0.3259 | (531)<br>(513) |
| 23 | 14.130 | 3 | 35°12′ | 0.3324 | | 0.3316 | 0.3311<br>0.3322<br>0.3335 | (531)<br>(600)<br>(442) |
| 24 | 14.268 | 3 | 35°33′ | 0.3380 | | 0.3372 | 0.3374 | (424) |
| 25 | 15.060 | 4 | 37°31′ | 0.3710 | | 0.3702 | 0.3705 | (602) |
| 26 | 15.306 | 3 | 38° 8′ | 0.3814 | | 0.3806 | 0.3809 | (206) |
| 27 | 15.563 | 5 | 38°47′ | 0.3923 | 0.3913 | | | |
| 28 | 15.937 | 4 | 39°43′ | 0.4082 | | 0.4073 | 0.4074 | (622) |
| 29 | 16.396 | 3 | 40°51′ | 0.4278 | 0.4268 | | | |

Effective Radius of Camera: $R = 5.749$ cm.

Wave-length: $\lambda_{Cu-K_\alpha} = 1.538$ Å.

Quadratic Equation:

$$sin^2\theta = 0.00922_9 \,.\, (h^2 + k^2) + 0.00955_4 \,.\, l^2.$$

Parameters of the Lattice: $a_0 = 8.00_5$ Å; $c_0 = 7.86_8$ Å.

| Reflections observed on oscillation-spectrograms round [001] with visually estimated intensities. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Principal Spectrum | | 1st Accessory Spectrum | | 2nd Accessory Spectrum | | 3rd Accessory Spectrum | |
| Indices ($hkl$) | Int. | Indices ($hkl$) | Int. | Indices ($hkl$) | Int. | Indices ($hkl$) | Int. |
| (200) | 10 | (301) | 6 | (202) | 10 | (103) | 9+ |
| (400) | 10 | (111) | 9+ | (302) | 3+ | (113) | 10 |
| (600) | 5+ | (311) | 6 | (402) | 10 | (213) | 5 |
| (220) | 10 | (511) | 7 | (602) | 8+ | (313) | 8+ |
| (420) | 10 | (711) | 7 | (112) | 3 | (513) | 6+ |
| (620) | 9+ | (131) | 10 | (312) | 3 | (503) | 2 |
| (330) | 3+ | (231) | 6 | (222) | 10 | (123) | 3 |
| (240) | 10 | (331) | 9+ | (422) | 10 | (133) | 9 |
| (440) | 10 | (531) | 9 | (622) | 8+ | (333) | 9 |
| (640) | 9+ | (731) | 7 | (232) | 3+ | (533) | 7+ |
| (260) | 8+ | (341) | 2+ | (432) | 2 | (153) | 7 |
| (460) | 8+ | (151) | 9 | (142) | 3 | (173) | 7 |
| | | (351) | 7+ | (242) | 10 | (173) | 7 |
| | | (551) | 8 | (342) | 3 | (373) | 7 |
| | | (361) | 3 | (442) | 9+ | | |
| | | (171) | 6 | (642) | 8+ | | |
| | | (371) | 7+ | (262) | 9 | | |
| | | | | (462) | 9+ | | |

$(x_1y_1z_1)$, $(x_2y_2z_2)$ and $(x_3y_3z_3)$, nine parameters must be determined so as to fix their true positions. Certain approximations of these parameter-values can nevertheless be deduced by considering some particular intensities more in detail: for (311) and (600) are relatively less intensive, so that here the *O*- and *Sb*-atoms seem to be in opposite phases. Moreover, the reflections (301) and (103) are exclusively caused by the influence of the *O*-atoms. In this way the following approximate values were finally chosen:

| $x_1$ | $y_1$ | $z_1$ | , | $x_2$ | $y_2$ | $z_2$ | , | $x_3$ | $y_3$ | $z_3$ . |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,35 | 0,15 | 0,20 | | 0,35 | 0,45 | 0,05 | | 0,05 | 0,30 | 0,15 |

Thus the 4 *Sb*-ions in the position 4($c$) are all surrounded by 6 *O*-atoms arranged in the corners of a more or less deformed octahedron.

The structure-factor:

$$|S_{(hkl)}|^2 = |\sum_j \psi_j, e^{2\pi i(hx_j + ky_j + lz_j)}|^2$$

of some reflexions calculated from these parameters is:

$$|S_{(600)}|^2 = 1{,}66 \,.\, 10^4 \,;\; |S_{(620)}|^2 = 9{,}80 \,.\, 10^4 \,;$$
$$|S_{(311)}|^2 = 6{,}76 \,.\, 10^2 \,;\; |S_{(131)}|^2 = 2{,}56 \,.\, 10^4 \,;\; |S_{(301)}|^2 = 6{,}22 \,.\, 10^3.$$

From these data the relatively low intensity of (600) in comparison with that of (620), as well as the difference in intensity of (311) and (131), and the rather great intensity of (301), can readily be deduced, although the values prove to be somewhat deviating from those to be expected, as stated by the rather rough visual estimations.

In broad lines, however, the structure established appears to give a satisfactory explanation of the properties observed with this compound.

## REVIEW.

In this paper the crystal-structure of *sodiumdihydro-pyrostibiate* was investigated. The salt crystallizes in the *tetragonal-bipyramidal* class. The dimensions of the elementary cell are:

$a_0 = 8.00_5$ Å; $c_0 = 7.86_8$ Å and contains a mass: $\{Na_2H_2Sb_2O_7 \,.\, 5H_2O\}_2$

The atomic positions are:

for $4\,Sb : 4\,(c)$ : $\frac{1}{4}\ \frac{1}{4}\ 0$; $\frac{3}{4}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}\ \frac{3}{4}\ 0$; $\frac{1}{4}\ \frac{3}{4}\ \frac{1}{2}$.
for $4\,Na : 4\,(d)$: $\frac{1}{4}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}\ \frac{1}{4}\ 0$; $\frac{3}{4}\ \frac{3}{4}\ \frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}\ \frac{3}{4}\ 0$.
for $24\,O : 8\,(g)$: $x\,y\,z$; $\bar{y}\,x\,z+\frac{1}{2}$; $\bar{x}\,\bar{y}\,z$; $y\,\bar{x}\,z+\frac{1}{2}$;
$\frac{1}{2}-x\ \frac{1}{2}-y\ \bar{z}$; $y+\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}-x\ \frac{1}{2}-z$; $x+\frac{1}{2}\ y+\frac{1}{2}\ \bar{z}$; $\frac{1}{2}-y\ x+\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}-z$.

with
$$x_1 = 0{,}35 \quad y_1 = 0{,}15 \quad z_1 = 0{,}20$$
$$x_2 = 0{,}35 \quad y_2 = 0{,}45 \quad z_2 = 0{,}05$$
$$x_3 = 0{,}05 \quad y_3 = 0{,}30 \quad z_3 = 0{,}15.$$

The cations and anions form a *sodiumchloride*-like grating; in each anion a *Sb*-atom is surrounded by 6 *O*-atoms in an almost octahedral configuration. The structure is in accordance with PAULING's view of the substance having the composition: $NaSb(OH)_6$.

These investigations were carried out with the means and resources of the Laboratory for Inorganic Chemistry of the University.

*Groningen, Laboratory for Inorganic and Physical Chemistry of the University.*

**Anthropology.** — *The degree of the developmental changes in the length-breadth index of the head of Dutch Askenasim Jews.* By W. KLEIN, med. cand., Amsterdam (Communicated by Prof. Dr. C. U. ARIËNS KAPPERS.)

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

It more and more appears that the customary way of expressing the cephalic index, typical of a race or a group of people, by the average of all the indices, its standard deviation and spread, is less accurate than the use of frequency curves. No race whatever being pure, the latter method enables us to detect heterogeneous components.

Besides, this method may teach us a good deal about the natural division, the natural system of indices, i.e. which indices are the most frequent in man. —

Evidently the division of indices, hitherto used, into dolichocephalic (70—74,9), mesocephalic (75—79,9), brachycephalic (80—84,9), hyperbrachycephalic (85—89,9), and ultrabrachycephalic groups (90 and higher) is not based on the object itself, but on our decimal system. We should, however, not dictate nature its divisions, but nature has to dictate us its divisions, preferences, and standards, and evidently we can only understand its language in this matter by spelling its alphabet, i.e. by plotting all the data it gives us, without making averages of these data. —

Another advantage of this method for our purpose is that the changes in the indicial relations from childhood to the adult stage may be more precisely defined in various races and consequently better understood, — which again may cast some light on racial differentiations, as have occurred in the course of millennia, creating a large diversity from a probably less diverse original stock.

In order to contribute a little to the problem of indicial changes in the development of the head and its possible bearing on racial differentiation I examined those changes with the Askenasim population of Amsterdam.

From the researches of BONNIFAY [1]) and RANKE [2]) we know that with the children of brachycephalic races up to 2 or 3 years an increase of the index occurs, followed from the 2nd—3rd year onwards by a decrease.

The latter fact may be also concluded from BOAS' [3]) measurements. BOAS has shown that this decrease may be favoured by special environmental circumstances of the parents (and consequently of the children).

---

1) Thèse de Lyon. 1897.

2) Arch. f. Anthrop. Bnd. **31**. 1905.

3) Columbia University Contributions to Anthropology, Vol. 6, 1928.

The influence of environment on the development of the head was confirmed by GUTHE [1]) and HIRSCH [2]).

From the frequency curves of indices of Jews published by GUTHE, KAPPERS [3]) concluded that certain indices have a predilection, and that these predilections correspond with predilections occurring with the main stocks of the Asiatic population north the Himalaya and in Europe north of the 40th parallel approximately: the so-called paleo-Asiatic (79—81) and Central-Asiatic 83—86 index types. He concluded from this that these two main Eurasian groups, as far as the index is concerned, may be related at their roots, and furthermore showed the wide spread of these indicial types in North and South America. —

The aim of my investigation was to examine in the same way the developmental changes of the cephalic index with the so-called German Jewish, better Askenasim population of Amsterdam, in order to know if the index types prevailing with the main Eurasian stocks mentioned above are found also during the development from childhood to the adult stage in this Jewish population of Amsterdam.

As the decrease of the index (vide supra) starts about the 2nd or 3rd year, I measured 1030 Amsterdam Askenasim, ranging from the age of 3½ years on; 673 males and 357 females.

The results of these measurements are striking and fully confirm the deduction that the Central-Asiatic index type occurs as a transitional type in the development of these people who in the adult stage have a prevailing paleo-Asiatic index curve. —

In order to give a visual representation of my results, I divided my male material into three groups, the boys below 10 years, those of 10—14 years, and adults. With the females — less in number — only two divisions were made, viz. girls below 10 years and adults, the number of girls from 10—14 years measured being too small (37) to give a reliable curve. In figs. 1—4 each point stands for two, in fig. 5 for one individual.

Studying the frequency curves of the males (figs. 1—3), we see that with the boys of 3½—10 years three outstanding peaks occur, the 79, 81 and 83 peak. In addition there is a distinct peak of 86 and a small ultra-brachycephalic elevation at 90 (for the mesocephalic 77 peak see below). The 83 and 86 peaks are typical of a so-called Central-Asiatic index curve, the 79 and 81 of a so-called paleo-Asiatic index curve.

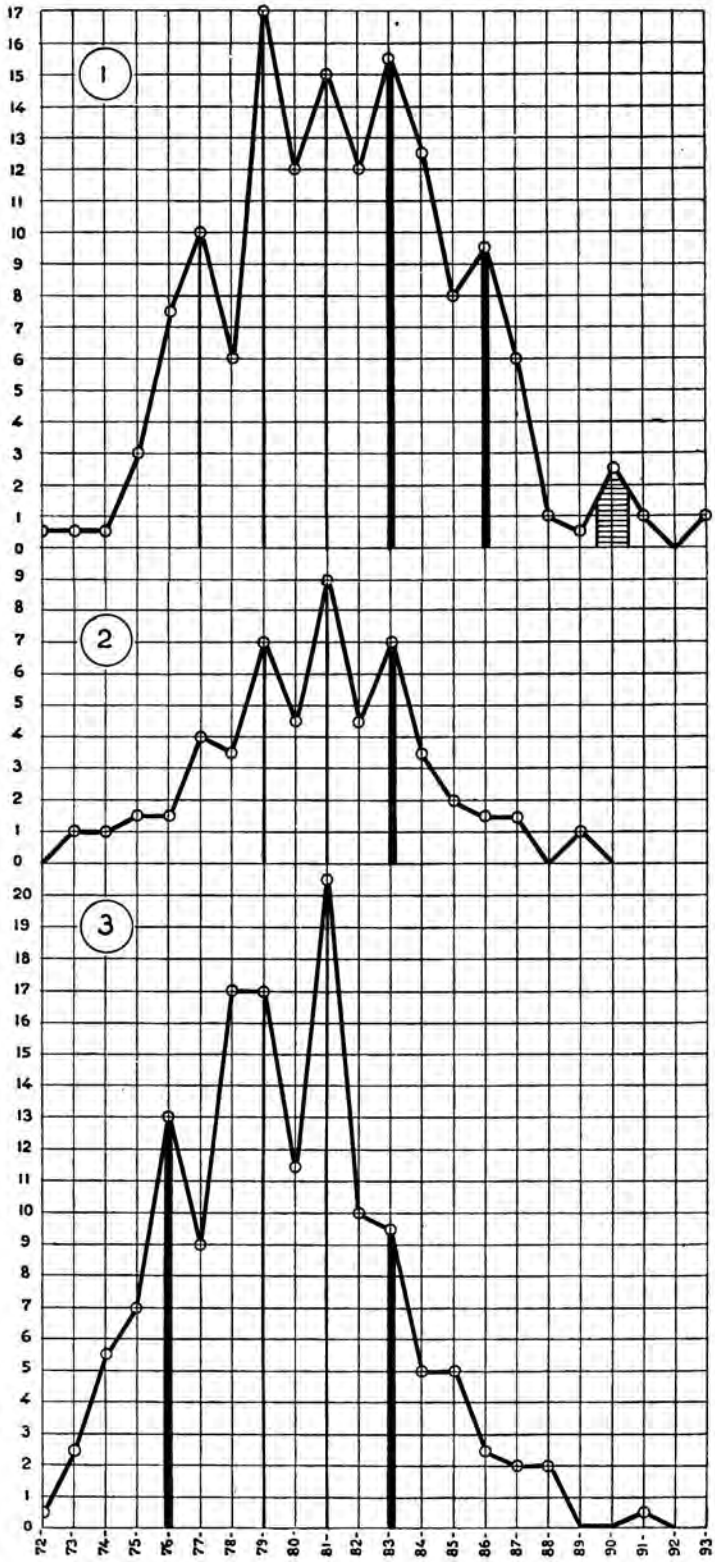
With the boys of 10—14 years the ultrabrachycephalic peak (90) and the hyperbrachycephalic 86 peak have disappeared. Of the so-called Central-Asiatic peaks only the 83 peak remained, thus confirming KAPPERS' statement (l.c. supra) that of the Central-Asiatic peaks the 83 peak has a

---

1) American Journ. of physical Anthropology. Vol. I. 1918.

2) Ibidem. Vol. **10**. 1927.

3) These Proceedings. Vol. **38**. N⁰. 7. 1935, p. 686.


1
2
3
72- 73- 74- 75- 76- 77- 78- 79- 80- 81- 82- 83- 84- 85- 86- 87- 88- 89- 90- 91- 92- 93-

greater constancy than the 86 one and that the 90 peak is still more recessive.

The chief index with the 10—14 years boys is the paleo-Asiatic 81 peak, not the 79 peak, which is represented by a slightly smaller elevation.[1])

Turning to fig. 3, the adult males, we see that with them also the 83 index has greatly decreased, some prevalence of this index being indicated only by a steep rise from 84 to 83. As with the 10—14 years boys the 81 peak is the highest. In reality, however, the greatest increase occurs with the mesocephalic paleo-Asiatic index. The 78 index being nothing but a variation of the 79 index, the number of the paleo-Asiatic 78—79 indices exceeds the 81 peak in this group far more than in the 3½—10 years of fig. 1 (for the 76 peak see below).

Studying our female material (cf. fig. 5 and 6), we find that the developmental changes are not nearly so striking as they are with the boys, a fact confirming that the female sex is much more apt to cling to its infantile characteristics.

Yet, although there is a great similarity between the curves of figs 5 and 6, some differences may be observed: 1⁰. the 3½—10 years girls have a more pronounced 86 peak than the adult women and 2⁰. the ultrabrachycephalic index (90), though small in each, is somewhat more pronounced with the children (1½ %) than with the adults (¾ %). Similarly the 83 index, though not forming a peak in either of the female curves, is more numerous in the 3½—10 years group (10 %) than in the adult group (6.6 %). The greatest contrast, however, is exhibited by the relative frequency of both paleo-Asiatic indices, the 78—79 and 81 indices. In both curves the 81 peak is the highest, but the additional 78—79 peak of the 3½—10 years girls has increased to a much higher elevation in the adults.

I may add a few words about the 76 index, not outstanding in the children of either sex, but represented by a distinct peak in the adult males and by a steep elevation in the adult females.

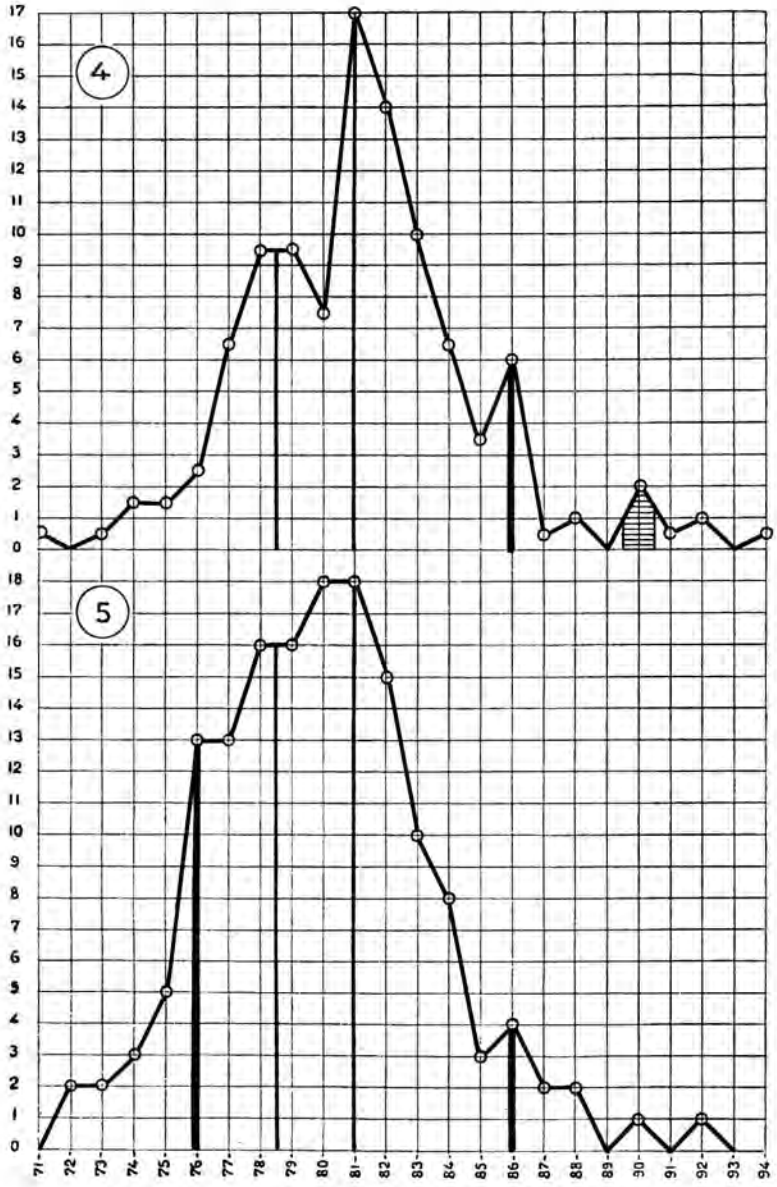
As pointed out by KAPPERS[2]), this index has a pronounced Mediterranean character. Apart from the fact that it is a very regular occurrence with Hamitic and related African peoples, it also occurs with BOAS' Sicilian born Sicilians. With them, however, as well as with our material the 76 index becomes outstanding specially with the adults, and — as with BOAS' Sicilian women (see KAPPERS' paper in these Proceedings Table II fig. 16) — it is preceded by a higher index (77 usually). The same is seen in what may be a Mediterranean admixture to our Askenasim boys, where the 77 index of the male 3½—10 years and 10—14 years groups seems be replaced by a 76 index in the adults. Similarly with the female Askenasim

---

[1]) That in this group the 81 peak prevails over the 79 peak is curious considering the height of the 79 peak with the younger boys.

[2]) These Proceedings. Vol. 38, N⁰. 9, 1935.

the relation of the 76 to the 77 index shows an increase of the 76 index in the adults.




*Résumé.*

Resuming our results we may state that the developmental changes of the index with the Askenasim Jews of Amsterdam is such that the so-called Central-Asiatic indices (83 and 86), quite outstanding in the children, decrease in number and the so-called paleo-Asiatic indices (78—79 and 81), though also present in childhood, increase with age. This phenomenon,

especially evident with boys, may be also observed in the females, although the infantile indices show a greater tendency to persist in this sex.

It furthermore appears that the Mediterranean 76 index becomes pronounced only with adults, being also preceded in childhood by a higher index.

---

**Zoology.** — *Die Tornarien der Snelliusexpedition.* Von G. STIASNY. (Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Leiden.) (Communicated by Prof. H. F. NIERSTRASZ).

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

In den Planktonfängen der Snelliusexpedition fanden sich folgende Tornarien:

Stat. 300. Südl. von Mindanao, Straminpose, 200 m wire, 22. Juni 1930.

1 Ex. vom Typus I (*Balanoglossus/Glossobalanus*), nicht tentakulat, Krohn/Spengel-Stadium. Stark contrahiert, Details nicht erkennbar, 2½ mm hoch. In der Mitte stark eingeschnürt, Analfeld stark vorgewölbt, undurchsichtig. Nicht näher bestimmbar.

Stat. 199. Südl. von Saleyer, Straminpose, 200 m wire, 5. Maart 1930.

4 Ex. *Tornaria snelliusi*, ältere Krohnstadien; schlecht erhalten.

Stat. 275. Nordöstlich von Halmahera, Straminpose, 50 m wire, 25. Mei 1930. 21 uur.

2 Ex. *Tornaria snelliusi*, ältere Krohnstadien, stark geschrumpft.

Stat. 310. Straat v. Makassar, Straminpose, 200 m wire, 5. Juli 1930. 21,15—21,45 uur.

1 Ex. *T. snelliusi*, junges Krohnstadium, ± 2 mm hoch, gut erhalten. Nur Rumpfcoelom vorhanden. Analfeld flach. Lateral-lobus mit nur 8 Tentakeln, davon einige ziemlich lang.

Stat. 241. Bandasee, Nordöstlich von Timor, Straminpose, 200 m wire, 12. April 1930.

214 Ex. *T. Snelliusi*, davon:

10 Metschnikoff-Stadien,
25 junge Krohnstadien,
142 ältere Krohnstadien,
37 Spengelstadien,

meist stark deformiert, die jüngeren Stadien sehr durchsichtig.

Stat. 210. Südl. von Boeroe, Straminpose, 200 m wire, 14. Maart 1930.

17 Ex. *T. snelliusi*, davon:

9 jüngere Krohnstadien,
8 ältere Krohnstadien.

Stat. 199. Südl. von Saleyer, Straminpose, 200 m wire, 5. Maart 1930.
70 Ex. *T. snelliusi*, davon:
9 Metschnikoffstadien,
12 jüngere Krohnstadien,
38 ältere Krohnstadien,
11 Spengelstadien.

Stat. 67. Nördl. vom Soeloe Archipel, Pearlbank, 200 m wire, 8. Sept. 1929.
2 Ex. *T. snelliusi*, ältere Krohnstadien, stark geschrumpft.

Stat. 80. Südl. von Halmahera, Straminpose, als Vertikalnetz, 4000—0 m, 30. Sept. 1929.
1 Ex. *T. snelliusi*, Agassizstadium. (Textfig. 5.) Genauere Beschreibung sieh unten.

Stat. 268. Südl. von Mindanao, Straminpose, 100 m wire, 19. Mei 1930, 21—21,30 uur.
1 Ex. *T. sunieri*, älteres Krohnstadium. Beschreibung sieh unten.

Stat. 222. Nordwestl. von Boeroe, Straminpose, 300 m wire, 22. Maart 1930.
3 Ex. *T. snelliusi*, ältere Krohnstadien, schlecht erhalten.

Stat. 192. Südl. von Celebes, Straminpose, 2000—0 m wire, 16. Feb. 1930.
1 Ex. *T. snelliusi*, älteres Krohnstadium, geschrumpft.

Stat. 230. Südl. von Bandasee, Westl. von Tenimber Eilanden, 600 m wire, 9. Apr. 1930.
2 Ex. *T. snelliusi* u. z.:
1 jüngeres Krohnstadium,
1 älteres Krohnstadium.
Das letztere gut erhalten, 5 mm hoch, zirkulärer Wimperkranz als eine breite Krämpe abstehend, Eichelcoelom sehr gross, Anlage des dorsalen und ventralen Nervenstranges sichtbar.

Stat. 212. Zwischen Boeroe und Celebes, Straminpose als Vertikalnetz, 4800—0 m, 15. Maart 1930.
1 Ex. *T. snelliusi*, älteres Krohnstadium, 4 mm hoch, mit sehr kurzen dichtstehenden Tentakeln.

Stat. 66. Nördl. vom Soeloe Archipel, Straminpose als Vertikalnetz, 3000—0 m, 7. September 1929.
1 Ex. *T. snelliusi*, älteres Krohnstadium, gut erhalten. ± 3 mm hoch, obere ventrale und dorsale Loben sackförmig, nicht gegabelt. Laterallobus mit nur 8 Tentakeln, ziemlich spitzem, dorsalwärts gerichtetem Lateralsattel; kein unterer Dorsallobus. Analfeld flach mit sekundärem Wimperring. Beide Coelome vorhanden, aber schwach entwickelt. Anlage des dorsalen und ventralen Nervenstranges deutlich sichtbar, auch auf dem Analfelde. (Sehr klein, Laterallobus und Sattel abweichend; sieh unten.)

Stat. 222. Nördl. von Boeroe, Straminpose, 300 m wire, 22. Maart 1930.
10 Ex. *T. snelliusi* ältere Krohnstadien, nur mässig erhalten.

Stat. 154. Südl. von Flores, zwischen Soemba und Timor, Straminpose, 200 m wire, 9. Dec. 1929.

1 Ex. *Tornaria* spec. (Textfig. 6), älteres Krohnstadium etwas deformiert. Beschreibung sieh unten.

1 Ex. *T. snelliusi*, junges Krohnstadium, ± 3 mm hoch und breit.

Stat. 299. Nördl. v. Boeroe, Straminpose, 200 m wire, 5. April 1930.

10 Ex. *T. snelliusi*, davon:

8 ältere Krohnstadien mit sehr dünnen, kurzen, dicht stehenden Tentakelchen, obere Loben nicht stets gegabelt. Analfeld bei einzelnen Ex. sehr stark kegelförmig vorgewölbt. Manche sehr gut erhalten.

2 Spengelstadien, geschrumpft, undurchsichtig.

Stat. 175. Balisee, Südl. von Lombok, Straminpose als Vertikalnetz, 2000—0 m, 31. Jan. 1930.

1 Ex. *T. snelliusi*, sehr gut erhalten, jüngeres Krohnstadium, als Type gewählt. (Textfig. 1—4). Beschreibung sieh unten.

Stat. 181. Nördwestlich von Flores, Straminpose, 300 m wir, 6. Febr. 1930.

5 Ex. *T. snelliusi*, ältere Krohnstadien.

Obere Loben schwach oder nicht gegabelt, ein Ex. mit stark vorgewölbtem Analfelde. Dorsaler Nervenstrang sichtbar.

Stat. 234. Bandasee, Südl. von Ceram, Straminpose, 300 m wire, 8. April 1930.

2 Ex. *T. snelliusi*, ältere Krohnstadien, schlecht erhalten.

Stat. 259. Westl. von Obi Major, Soeloe Arch., Straminpose, 300 m wire, 11. Mei 1930.

1 Ex. Tornaria vom Typus 1 (*Balanoglossus/Glossobalanus*), nicht tentakulat, nicht näher erkennbar, schlecht erhalten. Krohnstadium?

Stat. 248. Bandasee, Westl. von Toekang besi eilanden, Straminpose, 200 m wire, 16. Sept. 1929.

2 Ex. *T. snelliusi*, ältere Krohnstadien, schlecht erhalten.

### *Tornaria snelliusi* nov. spec.

(Textfig. 1—4.)

Als Typenexemplar wähle ich das schöne, vortrefflich erhaltene Exemplar von Stat. 175, Balisee, südl. von Lombok, 2000—0 m wire. Es ist ein junges Krohnstadium mit nur peripherem Rumpfcoelom.

Grösse: 5½ mm breit und hoch. *Ptychodera*typus. Grosse, plumpe Form, tentakulat, mit zirka 20—22 meist kurzen, dünnen Tentakeln an jeder Seite der oberen primären Loben. Die apikale Hälfte ein wenig über den zirkulären Wimperkranz überhängend. Analfeld ein flacher Kegel. Sekundärer Wimperring als ein dünner, heller Ring auf dem Analfelde sichtbar in unmittelbarer Nähe des zirkulären Wimperkranzes. Scheitelplatte nicht eingezogen. Augen ganz schwach sichtbar.

Ventralansicht: (Textfig. 1) Die tiefen primären Loben endigen breit gabelförmig. Ventralsattel hoch und schmal, mit keilförmig sich verjüngender Anlage des ventralen Nervenstranges. Ventralband sehr schmal.

Dorsalansicht: (Textfig. 2) primäre obere Loben gabelig endigend. Keine unteren dorsalen Loben. Dorsalporus tief in einer Nische liegend, unterhalb der Körpermitte. Dorsalband schmal.

*Tornaria snelliusi* nov. spec.

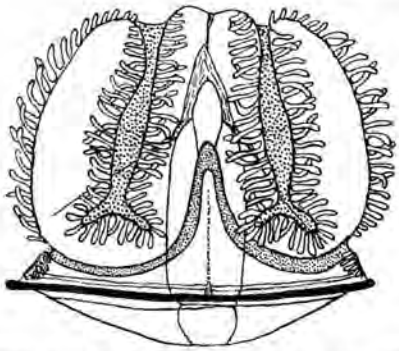


Abb. 1. Ventralansicht des Krohnstadiums

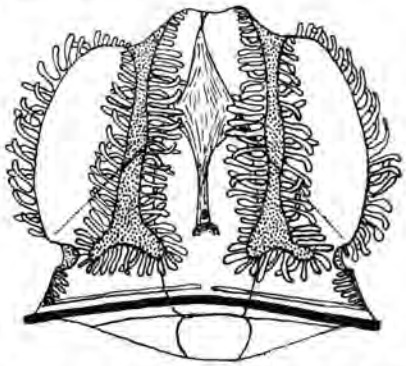


Abb. 2. Dorsalansicht des Krohnstadiums

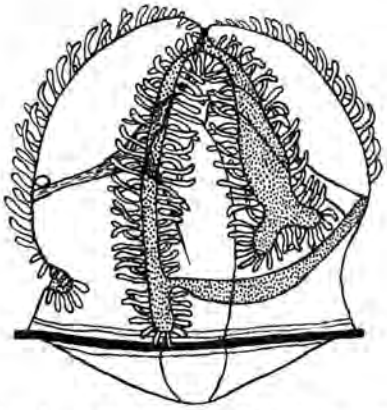


Abb. 3. Lateralansicht des Krohnstadiums

Abb. 4. Habitusbild des Krohnstadiums (Photographie)

Lateralansicht: (Textfig. 3) Lateralloben gut ausgebildet, eine tiefe Bucht, in der Richtung der Längsachse, nicht schräg liegend, mit 10—12 langen dünnen Tentakelchen. Lateralsattel flach. Kein unterer Dorsallobus vorhanden.

Innere Anatomie: schlanker, cylindrischer Magen, gestreckt. Oesophagus stark abgebogen, dünn. Enddarm ein kurzer Kegel. Eichelcoelom schmal, muskulös, auf dem Oesophagus reitend mit 2 langen dünnen Spornen, die stellenweise knotenförmig verdickt sind. Sie ziehen in der

Richtung der Lateralloben und scheinen frei zu endigen. Nur das Rumpfcoelom ausgebildet in Form eines langen dünnen Ringes, dessen schmale Öffnung unterhalb des Hydroporus liegt. Herzblase peripher, oberhalb des Hydroporus, Rüsseldrüse noch nicht entwickelt.

Diagnose: *Ptychodera*typus. Grösse 5½ mm (vielleicht noch etwas grösser), 20 bis 22 meist kurze, dichtstehende Tentakelchen an den meist gabelig endigenden primären Loben. Ventralsattel hoch und schmal. Laterallobus tief, in Längsachse orientiert mit 10—12 Tentakelchen, ohne vorspringenden Lateralsattel. Kein unterer Dorsallobus. Analfeld kegelförmig. Ventral- und Dorsalband schmal. Hydrocoel mit Spornen. Malaischer Archipel (Osthälfte).

Hauptmerkmale: hoher Ventralsattel. Lateralsattel mit 10—12 Tentakelchen ohne vorspringenden Lateralsattel. Kein unterer Dorsallobus.

Metschnikoffstadium: 2½—3 mm hoch, meist ganz durchsichtig. Analfeld flach. Am Laterallobus nur wenige kurze und einige längere Tentakelchen, nie mehr als 8. Sporne ganz kurz.

Jüngere Krohnstadien: 3½—4 mm hoch. Das Ex. von Stat. 175 ist ungewöhnlich gross (5½ mm).

Ältere Krohnstadien: 4—5 mm hoch, Kragencoelom weit entfernt vom Rumpfcoelom. Sporne kurz, blind endigend, durchsichtig.

Spengelstadien: 4½ mm hoch, undurchsichtig, mit dickem Epithel. Tentakel stellenweise reduziert, Analfeld vorgewölbt. Hydrocoel ein dicker, plumper Sack mit langen Spornen.

Agassizstadium: von Stat. 80 (Textfig. 5).

4½ mm hoch, apikale Hälfte keulenförmig verdickt. Epithel stellenweise abgefallen; nur auf der Dorsalseite und dem Analfeld ist ein breiter Streifen davon übrig geblieben, daher der apikale Teil fast ganz durchsichtig. Schwache Spuren der Tentakelchen an den nicht gabelig endigenden oberen Loben. Hoher, schmaler Ventralsattel. Am Laterallobus 10—12 Tentakelchen, gut ausgebildet. Analfeld ein flacher Kegel. Darm schlank, analwärts verschoben; Oesophagus sehr stark winkelig abgeknickt. Das Eichelcoelom ist ein sehr grosser, muskulöser, dickwandiger Sack, mit zahlreichen, parallel verlaufenden, seitlich deutlich vorspringenden Querfalten. Kurzer Ausführungsgang. Sporne schwach ausgebildet(?) Herzblase und Rüsseldrüse gross, tiefliegend. Rumpf und Kragencoelome kräftig entwickelt, weit von einander entfernt liegend. Ventraler Nervenstrang auch auf dem Analfelde gut verfolgbar, dorsaler dagegen undeutlich.

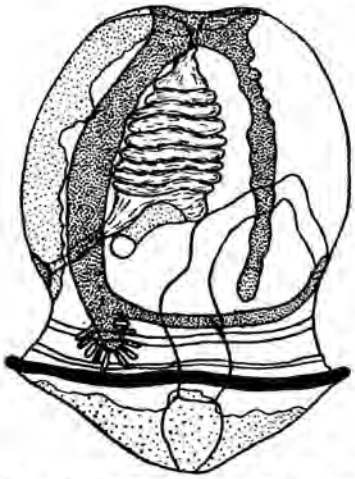


Abb. 5. Lateralansicht des Agassizstadiums.

Die Zugehörigkeit dieser Larve zu *T. snelliusi* lässt sich nur schliessen aus dem übereinstimmend gebauten Laterallobus.

Das ältere Krohnstadium von Stat. 66 weicht in mancher Hinsicht von den übrigen gleichaltrigen Stadien der *T. snelliusi* ab. Es ist gut erhalten, fast nicht deformiert ± 3 mm hoch, also ziemlich klein. Die oberen ventralen und dorsalen Loben sind sackförmig, nicht gegabelt. Laterallobus mit nur 8 Tentakeln und ziemlich spitzem dorsalwärts gerichteten Lateralsattel. Kein unterer Dorsallobus, oder, wenn vorhanden, nur ganz kurz. Analfeld flach, mit secundärem Wimperkranz. Anlage des dorsalen und ventralen Nervenstranges deutlich sichtbar, auch auf dem Analfelde. Kurze Sporne des Eichelcoeloms. Beide Coelome vorhanden, aber schwach entwickelt.

Auffallend ist hier die geringe Grösse, Sackform der primären oberen Loben und die Form des Laterallobus mit 8 Tentakeln und ziemlich spitzem Lateralsattel. Trotz dieser Abweichungen halte ich die Larve für zugehörig an *T. snelliusi*, weil auch die übrigen Exemplare, wenn auch nicht so stark, in Bezug auf das eine oder andrere Merkmal variieren.

Nur das eine Exemplar von Stat. 175 ist so schön erhalten, die meisten übrigen sind mehr oder minder verunstaltet. Es ist ein kugeliges Bläschen (Textfig. 4) mit vollem Turgor, und zeigt alle Merkmale in voller Deutlichkeit.

Variationen. Grösse. Alle anderen Larven sind viel kleiner. Das ältere Krohnstadium von Stat. 66 ist nur ± 3 mm hoch (?) Aber auch das grosse Typenexemplar dürfte volle Grösse nicht erlangt haben (5½ mm), da es sich ja erst im jüngeren Krohnstadium befindet (Nur Rumpfcoelom vorhanden).

Die Tentakel sind bei manchen Exemplaren im älteren Krohnstadium auffallend klein und dünn und stehen sehr dicht. Beim Typenexemplar zeigen sie normale Grösse. Ihre Zahl ist ziemlich konstant. Mehr als 24 Tentakel habe ich nie gezählt.

Die oberen primären Loben endigen manchmal als blinde, runde Säcke, nicht gabelig oder die Gabelung ist nur sehr schwach angedeutet. In meiner Übersichtstabelle II (1934) habe ich Sackform und Gabelung noch als gute Merkmale betrachtet, was jetzt kaum mehr als zulässig erscheint.

Der Laterallobus hat in manchen Fällen nicht die normale Tentakelanzahl, sondern weniger (± 8), auch sind einzelne Tentakel auffallend lang.

Bei dem Krohnstadium von Stat. 66 ist der Lateralsattel ziemlich spitz, sonst ist er stets flach.

Der zirkuläre Wimperkranz sitzt manchmal auf einer sehr breiten Krämpe und wird dadurch sehr auffallend.

Das Analfeld ist öfters ganz flach, der sekundäre Wimperkranz bald sichtbar, bald nicht.

Die Anlagen der Nervenstränge lassen sich in manchen Fällen bis auf das Analfeld verfolgen, in anderen nicht.

Warum ist *Tornaria snelliusi* species nova?

Bei einem Vergleiche mit den anderen sogenannten guten Arten des Typus *Ptychodera*, zu dem wir die Übersichtstabelle II (1934) heranziehen, ergibt sich Folgendes:

Da bei *T. snelliusi* der Laterallobus 10—12 Tentakel trägt, kommen von den 7 bekannten Arten nur 4 in Betracht:

*willeyi*: Mit dieser nur im Agassizstadium bekannten Art kann man natürlich nur das Agassizstadium von Stat. 80 vergleichen. *T. willeyi* ist viel grösser (6 mm), der Ventralsattel ist spitz und kurz. Fundort: Neu Guinea. Beide Formen zeigen grosse Ähnlichkeit! Ich halte Identität beider Stadien für sehr gut möglich.

*chierchiai*: ist etwas kleiner, (4½ mm), Laterallobus mit nur 8 Tentakel; flaches Analfeld, langer unterer Dorsallobus ohne Tentakel.

*morgani*: ist kleiner, (4½ mm), hoher, spitzer, dorsalwärts gerichteter Lateralsattel des schräg liegenden Laterallobus mit 10 (?) Tentakeln. Ventralsattel? (sieh meine Ausf. 1934, p. 15).

*uchidai*: flacher, niedriger Ventralsattel und kurzer unterer Dorsallobus. Daraus ergibt sich das *T. snelliusi* eine neue Art ist und im Krohnstadium der *T. uchidai* aus dem Pacific am nächsten steht.

## *Tornaria spec. valde affinis morgani* Stiasny.

(Textfig. 6).

Von Stat. 154, zusammen mit 1 Ex. von *T. snelliusi*.

Älteres Krohnstadium, ± 4 mm hoch, und breit. *Ptychodera*typus. Hoher Ventralsattel, grosser, schräg liegender Laterallobus mit hohem spitzigen Lateralsattel u. mit ± 16 Tentakeln, ganz ähnlich wie bei *Tornaria morgani* Stiasny von Westindien. Tentakel ziemlich lang. Breiter, unterer Dorsallobus. Rumpf- und Kragencoelom vorhanden. Herzblase tiefliegend, weit entfernt vom Eichelporus. Eichelcoelom mit kurzen Spornen.

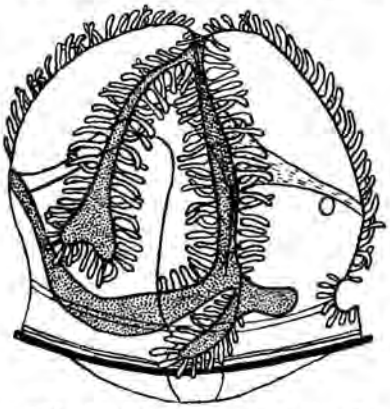


Abb. 6. *Tornaria* spec. valde aff. *morgani* Stiasny. Lateralansicht.

Diese Tornaria steht der *T. morgani* durch den ganz übereinstimmenden Bau des Laterallobus und Lateralsattels nahe, unterscheidet sich aber von ihr durch den breiten unteren Dorsallobus, der bei *morgani* fehlt. Man müsste sie als eine neue Art bezeichnen. Da aber nur ein einziges nicht tadellos erhaltenes Exemplar vorliegt, sehe ich von Aufstellung einer solchen ab.

*Tornaria sunieri* Stiasny.

Das Exemplar von Stat. 268 ist ein älteres Krohnstadium, stark verunreinigt, ± 2 mm hoch, 2½ mm breit. Zirkulärer Wimperkranz auf breiter Krämpe aufsitzend, Analfeld vorgewölbt. An der geringen Grösse, dem hohen, schmalen Ventralsattel, dem breiten, flaschenförmigen Laterallobus ohne Tentakel und den beiden, dem Darme dicht anliegenden Coelomen sofort erkennbar. Anlage des Nervenstänge auch auf dem Analfeld angedeutet.

*Tornarien des Balanoglossus/Glossobalanus*-Typus.

Es ist ungemein bedauerlich, dass beide vorliegenden tentakellosen Tornarien des Typus I von Stat. 259 und 300 in so schlechtem Erhaltungszustande sind, dass man sie nicht näher analysieren kann. Larven dieses Typus sind ja bisher im Archipel noch nicht nachgewiesen, eine adulte Art aber wohl (*Glossobalanus rufficollis* (Willey)). Beide Larven sind im Krohn- oder Krohnspengel-Stadium. Mehr lässt sich über dieselben kaum sagen.

---

Im Ganzen fanden sich in den Fängen der Snelliusexpedition 355 Exemplare von Tornarien. Das ist eine reiche Ausbeute im Vergleich zu den Fangergebnissen der Sibogaexpedition, da von dieser nur einige („eine Anzahl") Enteropneustenlarven gefischt wurden. Von den 355 Exemplaren entfallen 351 auf *Tornaria snelliusi*, 1 Ex. auf *T. sunieri*, 1 Ex. wurde als *Tornaria* spec. valde aff. *morgani* bezeichnet, 2 nicht tentakulate Tornarien, die nicht näher bestimmbar waren, gehören zum Typus *Balanoglossus/Glossobalanus*. Das Tornarienmaterial der Snelliusexpedition muss daher als sehr monoton bezeichnet werden, da die weitaus grösste Anzahl einer einzigen Art angehört. Es ist eine dem *Ptychodera*-typus angehörende Form, die sich von den übrigen bekannten Arten dieses Typus durch einige Merkmale deutlich unterscheidet.

Manche Fänge (von Stat. 199 und 241) enthalten eine überaus grosse Anzahl von Larven in verschiedenen Entwicklungsstadien: es sind geradezu Massenfänge mit 70 resp. 214 Exemplaren. Da dieselben nicht gleichaltrig sind, konnte auch die Entwicklung ein wenig untersucht werden.

Der Erhaltungszustand der meisten Larven ist leider kein besonders guter (Formolkonservierung der ganzen Planktonfänge), sodass die Untersuchung dadurch sehr erschwert war und derselben enge Grenzen gezogen wurde. Nur das Typenexemplar von *T. snelliusi* ist ganz ungewöhnlich gut erhalten und zeigt deutlich, wie Tornarien eigentlich aussehen, wenn sie zufälligerweise gut konserviert sind. Man muss sie eben gleich nach dem Fange herausholen und einzeln konservieren, worauf ich schon bei früherer Gelegenheit dringend hingewiesen habe (1934, p. 15).

Die meisten Exemplare stammen von Oberflächenfängen, die ziemlich gleichmässig über das Untersuchungsgebiet verteilt sind. Doch liegen auch

Exemplare vor aus Tiefenfängen, bei denen das Netz (Straminpose) als Vertikalnetz gebraucht wurde, aus 2000—0 m (Stat. 175), 3000—0 m (Stat. 66), 4000—0 m (Stat. 80) und 4800—0 m (Stat. 212). Es sind dies jedoch keine Schliessnetzfänge, sodass man nicht mit einiger Sicherheit wissen kann, aus welchem Tiefenhorizonte die betreffenden Exemplare stammen. Immerhin entstammt aber das Agassizstadium von Stat. 80 einem derartigen Tiefenfange. Die meisten Exemplare sind wohl erst im letzten Augenblicke des Fanges ins Netz geraten und stammen von der Oberfläche.

Die Tornarien der Snelliusexpedition sind trotz ihres meist schlechten Erhaltungszustandes und der Monotonie des Materiales aus mehreren Gründen interessant. Weniger darum, weil wieder eine neue Art (*snelliusi*), darin enthalten ist, sondern, weil ganz andere Larventypen gefangen wurden, als nach den bisherigen Erfahrungen zu erwarten war. Die Snelliusexpedition arbeitete in der östlichen Hälfte des malayischen Archipels. Das ist ein Teil des Reiches der *Spengelia*-Arten (VAN DER HORST, 1934, p. 396, Fig. 451 und STIASNY-WIJNHOFF und STIASNY, 1927, p. 199/200, Karte 2). Zu erwarten gewesen wären also in erster Linie Larven des *Spengelia* Typus (klein, tentakulat, Coelome dem Darme anliegend). Von diesen wurde jedoch nur ein einziges Exemplar (*Tornaria sunieri*), auf Stat. 268 (östl. v. Mindanao), erbeutet.

Das Gros der gefangenen Enteropneustenlarven gehört jedoch dem Typus *Ptychodera* an (gross, tentakulat, peripher liegende Coelome) und das Genus *Ptychodera* ist im adulten Zustande bisher im Archipel noch gar nicht nachgewiesen! (STIASNY-WIJNHOFF und STIASNY, p. 198). Zwei schlecht erhaltene, nicht tentakulate Tornarien konnten nur als dem Tornarientypus I (*Balanoglossus/Glossobalanus*) zugehörig erkannt werden.

Im malayischen Archipel waren insgesammt bisher 3 verschiedene Tornarien nachgewiesen:

*Tornaria spengeli* Stiasny d.i. *T. sibogae* von Spengel.
Siboga Stat. 144, 165, 185, Molukken, zwischen Damar und Mysol (Spengel, p. 123) . . . . . „eine Anzahl"
*Tornaria delsmanni* Stiasny-Wijnhoff und Stiasny
d.i. „die Tornaria von Madoera",
Strasse von Madoera, bei Soerabaya . . . . 28 Ex.
*Tornaria sunieri* Stiasny
Javasee, zwischen Cheribon und Semarang . . 50 „

Und jetzt kommen noch hinzu die Tornarien der Snelliusexpedition:

*Tornaria snelliusi* Stiasny
von vielen Stat. im östl. Teil des Archipels . . 355 „
*Tornaria* spec. valde aff. *morgani* Stiasny
südl. Flores, zwischen Soemba und Timor . . . 1 „
*Tornaria* spec. des Typus I
südl. Mindahao und westl. Obi Major . . . . 2 „

Davon gehören *Tornaria spengeli, delsmanni* und *sunieri* zum *Spengelia* Typus; *T. snelliusi* und *T. spec. morgani valde aff.* zum *Ptychodera* Typus und T. spec. zum Typus *Balanoglossus/Glossobalanus*.

Von adulten Enteropneusten kennt man aus dem Archipel:

*Spengelia sibogae* Spengel,
*Spengelia amboinensis* Spengel,
*Glandiceps malayanus* Spengel,
*Glossobalanus ruficollis* (Willey).

Wir kennen also aus dem Archipel zwei Arten adulter Enteropneusten des Genus *Spengelia* (*sibogae* und *amboinensis*) und drei Larven des Typus *Spengelia* (*spengeli, delsmanni, sunieri*); eine Art des Genus *Glossobalanus* und eine Tornaria des Typus I; und eine *Glandiceps*art (*malayanus*), aber keine Tornaria des Typus *Glandiceps*.

Daraus ergibt sich Folgendes:

I.) Im Archipel ist höchstwahrscheinlich noch eine bisher unbekannte Art adulter Tiere des Genus *Spengelia* vorhanden.

II.) Es muss im Plankton des Archipels noch eine Tornaria des *Glandiceps*typus zu finden sein.

III.) Mit grosser Wahrscheinlichkeit lässt sich voraussagen, dass das Genus *Ptychodera* auch im ostindischen Archipel vorhanden und daselbst keineswegs selten sein muss. Man wird mit der Annahme nicht sehr fehl gehen, dass auch im Archipel die in den pacifischen Gewässern so häufige und auch im Indic nachgewiesene *Ptychodera flava* Eschscholz vorhanden ist; ja vielleicht noch eine zweite Art des Genus *Ptychodera*!

Vor kurzem habe ich (1934) eine Übersicht der bekannten Tornarien des *Ptychodera*typus gegeben und auf die geringfügigen Unterschiede der sogenannten guten Arten diese Typus hingewiesen. Ich habe dabei auch die Frage erörtert, ob man überhaupt noch berechtigt ist, von verschiedenen Arten zu sprechen. Das abschreckende Beispiel SPENGELs warnt jedoch andrerseits, alle immerhin doch unterscheidbaren Formen unter einen Hut zu bringen. Nur mit Widerstreben habe ich daher *T. snelliusi* als eine neue Art beschrieben; lediglich um konsequent zu bleiben. Ich konnte hier, da reichliches Material vorlag, die Variationsbreite dieser Form näher untersuchen. Leichterdings hätte ich noch eine zweite, ja event. sogar noch eine dritte neue Art aufstellen können. Das schien mir aber doch etwas zu stark, denn im untersuchten Gebiet ist ja überhaupt keine *Ptychodera*, in den angrenzenden pacifischen Gewässern nur die einzige adulte *Ptychodera flava* Esch. bekannt. Auf die grosse Variationsbreite dieser adulten Form haben VAN DER HORST, TREWAWAS, PUNNETT und ich hingewiesen. Auf die Publikation von VAN DER HORST (1932), die ich versehentlich in meiner Diskussion (1934) nicht berücksichtigt habe, mache ich hier noch besonders aufmerksam. Dass auch die Larven sehr variabel sind, wird durch die vorliegende Untersuchung aufs neue bestätigt.

Man muss eben noch im Archipel nach adulten Enteropneusten und Tornarien suchen. Es ist darüber noch lange nicht das letzte Wort gesprochen!

LITERATURVERZEICHNIS.

HORST, C. J. VAN DER, 1932, Die Enteropneusten-Gattung *Ptychodera*. Zoolog. Anz. Bd. **39**.

——— 1934, H. G. Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreiches. Bd. **4**. Vermes. IV. Tentaculata, Chaethognatha und Enteropneusta. **3**. Lief.

SPENGEL, J. W., 1907, Studien über die Enteropneusten der Sibogaexpedition. XXVI. Monogr. Leiden.

STIASNY, G., 1921, Eine neue Tornaria aus dem ostindischen Archipel (*Tornaria sunieri*). Zoolog. Mededeel. Rijksmus. Nat. Hist. Leiden. Deel VI.

——— 1934, Über einige exotische Tornarien. Verh. Kon. Akad. Wetenschappen, Amsterdam. Afd. Natuurk. 2. Sect. Deel XXXIV, No. 2.

STIASNY-WIJNHOFF, G. und STIASNY, G., 1927, Die Tornarien. Kritik der Beschreibungen und Vergleich sämmtlicher bekannter Enteropneustenlarven. Ergeb. u. Fortschr. Zoologie, Bd. **7**.

TREWAVAS, E., 1934, Enteropneusta. Great Barrier Reef Expedition 1928—1929. Scient. Rep. Vol. IV.

Die angewendeten Termini technici der Larventypen, Altersstadien, Teile der Wimperschnüre, Körperregionen, der inneren Anatomie, etc. wurden hier um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, nicht näher erklärt.

Ich muss diesbezüglich auf unsere Revision (1927) und meine Arbeit (1934) verweisen.

---

**Comparative Physiology.** — *Tonus phenomena in the foot of the snail (Helix pomatia).* By N. POSTMA. (From the Laboratory of comparative Physiology of the University of Utrecht). (Communicated by Prof. H. J. JORDAN).

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

*Introduction.*

In smooth muscle there is no constant relation between initial length and tension. When a weight is applied to plain muscle, a long-lasting extension (of an hour or more) follows, till in most cases an approximately constant length is reached. After unloading, a great part of the extension is irreversible. Therefore the tonus of unstriated muscle is measured as a resistance of its substance to extension by recording length (ordinate)-time (abscissa)-curves with the aid of a level and a kymograph (cf. JORDAN). From the snail's foot (ganglia extirpated) we obtain after loading a short stretch of rapid extension, followed by a second phase during which the length increases continuously, the time rate diminishing as the extension proceeds, just as of some plastic inanimate materials (cf. JORDAN 1935*b*). Since the resistance diminishes at higher temperatures, JORDAN has spoken of pheno-

mena of *viscosoid tone*. Subject of his studies were invertebrate-smooth-muscles, which resemble our cavern organs (stomach, bladder, etc.).

New investigations, especially on the snail's foot muscle, made it seem useful to distinguish *tonus plane* (= degree of shortening or length of muscle maintained by the tone, independent of the resistance offered) and *tonus level* (= the measure of resistance, independent of muscle-length).

JORDAN, failing to restore the original length and resistance by stimulating the foot muscle, nerves or centres, limited his investigations to a comparison of the length-time curves of the non-stimulated muscle (so-called *rest curves*). Myograms obtained by motor contractions were also studied to get discrepancies between motor activity (tetanotone) and the viscosoid tonus.

The snail's foot muscle has a certain tonus level. On deviation from this level the foot tries to restore the original tonus level, which requires a comparatively long time (½—1 hour). The tonus level has to be considered (according to JORDAN 1935*a*) as an equilibrium between a *static* and a *dynamic component*, the former being a residuum of a contraction of the slow (or pseudomotor) system; that contraction is the dynamic component.

The static component shows a tendency to disappear extremely tardily, the dynamic one continually compensating the loss. The latter process being disturbed by cooling (35 min. after cooling set in, every resistance is absent in Aplysia) or by isolating the foot muscle from the intestinal sac (3 or 4 days after isolation there is no more resistance — KOSCHTOJANZ on Helix —, the loss of static tonus comes to light.

Static and dynamic components are discriminated from each other by the influence of temperature-alternations. If the foot is cooled for 35 minutes or less, the resistance to extension increases, while higher temperatures are unfavourable: so-called "old viscosity" or the static component. The dynamic component can be made active by heat (cf. also SCHULTZ): on cooling the Aplysia-foot for 35 minutes or more, the muscle becomes impotent to offer any resistance: the static component has disappeared. In this condition rise of temperature is followed by a contraction, and moreover by new resistance, which is immediately abolished, if the muscle is cooled again ("young viscosity" or the dynamic component): low temperatures completely annul the new tonus.

Besides the tonic state, which gives the foot muscle plastic properties (every loading causing an irreversible deformation, without producing enough tension to balance the weight), the snail's foot can show a state in which the foot bears a certain load for a longer or shorter interval of time: *bearing-tonus* (= "Konstanz" — JORDAN —). The extension myogram of this tonus phenomenon is typically different from that of the plastic reaction: the rapid extension-phase at the beginning covers a greater stretch, the course of the second part of the curves being approximately

horizontal (bearing-tonus therefore); the transition from the steep part to the flatter portion is formed by a sudden bend. Thus these curves show a tendency to cross those of the form described before.

The forms of bearing-tonus we know, appearing under different circumstances, are:

*peripherous bearing-tonus*, i.e. constancy, all ganglia being extirpated;

*central tonus*, that is bearing-tonus in the presence of the pedalvisceral ganglia-mass. The latter reaction being different according to the load applied, we distinguish:

"Zentralkonstanz", on application of a relatively greater load;

"Muskelkonstanz", a small load being applied.

### *Technical notes.*

Having succeeded in restoring original length and resistance (tonus plane and tonus level), we could study the so-called *repetition curves*. These curves being congruent, methods of quantitative comparison have been elaborated.

The lengthening-apparatus of VAN SWINDEREN was modified for the purpose of following the tonus phenomena at very low temperatures, if required introducing or removing ice-cooling.

The LUCAS-level was altered with a view to obtain a constant relation between muscle-length and ordinate-length over the whole recording-excursion of the level.

The course of the curves was characterized by angles in relation to definite intervals of time, measured (between a horizontal line and the tangent in points — marking the time-intervals — of the curves) by means of WENT's graduated arc.

### *Results.*

As has already been mentioned, we have succeeded in realizing circumstances under which the stretched snail's foot restored both tonus plane and -level by a so-called tonic contraction evoked by an electric stimulus: every load and friction during the contraction had to be excluded. Thus the problem how the snail can alter its direction while creeping and afterwards restore its original form has been solved (cf. POSTMA 1934, p. 348). The restoration of tonus level is incomplete when the muscle, contracting, had to overcome any friction between level and myogram-paper. In this case, the repetition curves showed a specific alteration when the temperature was raised, quite different from that of rest curves and that of repetition curves with total restoration. In accordance with the rise of the temperature the initial part of the curves slopes much more rapidly (loss of the static component) than the rest curves. The slope of the second part of the repetition curves — in contrast with that of rest curves, which at higher temperature remain steeper over the whole length — diminishes with rising temperature, the transition being formed

by a more sudden bend at higher temperatures (dynamic component) and the curves crossing those obtained at lower temperatures. If the second part is nearly horizontal, the foot is in peripherous bearing-tonus, a peculiar equilibrium between static and dynamic component, the static one being impaired and hyper compensated by the dynamic one.

The tonic contraction has — within reasonable intervals — no spontaneous relaxation: level nor plane are diminished at intervals at the top of the contraction. During extension, however, the internal condition of the foot muscle is altered (increased resistance), which alteration is reduced by unloading during a long interval ($\frac{1}{2}$—1 hour). This is found during rest curves as well as in repetition curves, independent of the complete or incomplete restoration of the muscle tone. In the latter case it was demonstrated that the dynamic component is activated, also causing increase of resistance if the temperature was raised during the interval of unloading.

The repetition curves of the foot muscle in possession of pedal ganglia are only congruent if a definite load — specific per test object — is applied: the so-called threshold load, probably in accordance with a threshold pressure existing in the animal. The constant tonus plane of this central tonus — and the plane of that in rest curves — depends primarily on the length of the foot, when the cerebral ganglia were extirpated (= *plate-length*, because the foot has been stretched a little to that length and then fixed on a wax plate, before the ganglia are cut away). The initial steep stretch is also maintained in the repetition curves: special influence of the pedal ganglia.

Every load larger or smaller than the threshold value alters the plane of bearing-tonus: a smaller load raises the plane ("Muskelkonstanz"), a larger one lowers it in the successive curves ("Zentralkonstanz"). In the first case there is a tendency to shorten the drop at the beginning, a sloping stretch forming the transition from the steep part to the horizontal. With loads larger than the threshold the foot inclines to strengthen the initial drop; the latter may be called into existence by using a larger load, if it be lacking in the rest curve.

Lowering of the "Zentralkonstanz"-plane is furthered at rising temperature. Heat prevents the alteration in "Muskelkonstanz"-plane; lowering of temperature does the same with respect to "Zentralkonstanz". Cooling, however, stimulates the rise of "Muskelkonstanz"-plane.

## LITERATURE CITED

1930. JORDAN, H. J. Der Tonus glatter Muskeln als Funktion der Muskelfluidität. Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam **33**, 788—791.

1933. POSTMA, N. Recherches sur l'allongement du pied de l'escargot, etc. Ibid. **36**, 360—371.

KOSCHTOJANZ, CH. S. Zur Frage nach den Wechselbeziehungen zwischen Tonus und Tetanus in den glatten Muskeln von wirbellosen Tieren. Russ. Zeitschr. f. Biol. Tom. **2**, N⁰. 6, pp. 503—508.

1934. POSTMA, N. Interaction between viscous and tetanic functions in the foot of the snail (Helix Pomatia). Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam **37**, 348—354.

1935*a*. JORDAN, H. J. Tonische Verkürzung und tonisches Festhalten der Verkürzung bei den Muskeln von Aplysia limacina unter Einfluss wechselnder Temperaturen. Ibid. **38**, 358—365.

*b*. ———— Viscosity effects in the living protoplasm and in muscles. First report on Viscosity and Plasticity, Chapter VI. Verhand. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, afd. Natuurk. 1e sectie **15**, 214—255.

POSTMA, N. Onderzoekingen betreffende het herstel van de tonus bij de slakkevoet (Helix Pomatia L) door prikkeling en betreffende de invloed van het centrale zenuwstelsel daarop. Thesis at Utrecht.

---

**Anatomy.** — *Anatomical study of a case of unilateral section of the Bracchium conjunctivum cerebelli in the dog, with remarks concerning the existence of cerebellopetal fibres in this Bracchium.* By SVEN MAGNUS BERGGREN. (Communicated by Prof. C. WINKLER).

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

Through the great kindness of Prof. RADEMAKER I got the opportunity of studying the brain of a dog, in which a cut was made on the right side of the mesencephalon with the intention of cutting through the bracchium conjunctivum cerebelli. A fortnight after the operation the dog was killed and, under the kind directions of Prof. C. WINKLER in his laboratory, the brain was prepared with osmium after the method of MARCHI. Only the brain stem between the nucleus ruber and the decussatio pyramidorum was prepared.

The wound made by this operation reaches in frontal direction to the level of the frontal end of the corpus quadrigeminum posterius, where it has the character of a horizontal fissure placed dorsally from the lemniscus medialis. From here the cut runs in caudal direction, turning somewhat dorsally and extending to the middle line, and on its way it cuts through the bracchium conjunctivum and also other tracts, which will be described later. In the posterior part of the mesencephalon there is a small cut turning in ventral direction, which reaches the dorsal boundary of the lemniscus medialis and cuts through the tractus rubrospinalis. The cut leaves the mesencephalon just behind the corpus quadrigeminum posterius, but can be followed further into the cerebellum, running close to the bracchium conjunctivum and partly destroying the tractus uncinatus and the tractus GOWERS. Through a small channel this cut is connected with a destructed area comprising the anterior part of the nucleus globosus and touching the nucleus emboliformis in its anterio medial part. The cut may be traced in the schematic fig. 1 as well as in the figs. 2, 3 and 5.

Through the section of the bracchium conjunctivum there is a vast degeneration across WERNEKINCK's commissure towards the nucleus ruber on the opposite side (fig. 2). In the direction towards the cerebellum there are also black MARCHI-grains spread over the field of the cut bracchium

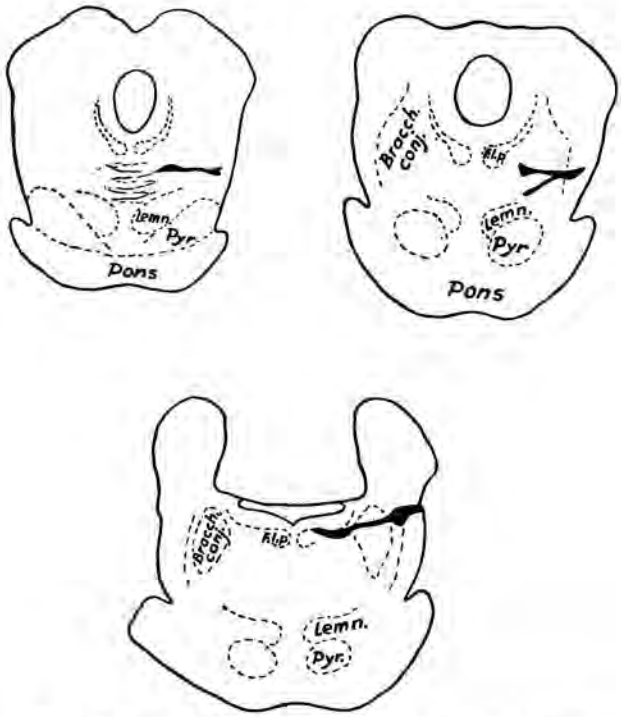



Fig. 1. Schematic sections, showing the operation-wound.

conjunctivum, and they can here be followed within the cerebellum. Some of the degenerated fibres from the field of WERNEKINCK's commissure are seen bending ventrally and taking a caudal course in the ventral part of the fasciculus praedorsalis. Partly these might represent the fibres branching off from the bracchium conjunctivum, which were first described by MARCHI. The rest, however, must be regarded as fibres from the colliculus posterior, which are cut on their course through the tegmentum and, crossing the middle line among the fibres of the bracchium conjunctivum, take a caudal direction (tractus tectobulbaris). In their course there are in some sections found fibres bending ventrolaterally to the nuclei dorsales pontis (fig. 3). In conformity with the studies by WINKLER also a few fibres are seen passing from the degenerated bracchium conjunctivum to the fasciculus longitudinalis posterior on the same side.

The lemniscus lateralis is cut just ventrally from the nucleus superior lemnisci, which causes a degeneration of not very great intensity within the colliculis posterior as well as along the acusticuspath to the nucleus

ventralis lemnisci and the oliva superior (tractus tectopontinus and tectoreticularis).

In its dorsal turning the cut crosses the fibres of the tractus centralis tegmenti as well as the dorsolateral part of the fasciculus praedorsalis and longitudinalis posterior and the whole of the tractus vestibulo-mesencephalicus and the radix ascendens nervi V. Hereby there is a rather intense degeneration in frontal direction of the dorsolateral part of the tractus centralis tegmenti, while in caudal direction only a few degenerated fibres are seen in its field. On the level of the caudal end of the colliculus posterior degenerated fibres from this field are seen bending ventrally and passing through the formatio reticularis to the medial boundary of the superior olive, from where they can be followed to the inferior olive, gradually somewhat decreasing in number. A few of these fibres continue their caudal course in the field of the tractus olivospinalis. The fasciculus praedorsalis shows a rather extensive degeneration in caudal direction, growing less on its way through the medulla oblongata but still quite evident in the very frontal part of the medulla spinalis (fig. 6). The fasciculus longitudinalis posterior too contains MARCHI-grains in its lateral part in both frontal and caudal direction. In caudal direction, where they can be followed, they soon diminish in number and beyond the middle of the medulla oblongata there are hardly any left, except those which have been displaced ventrally to the field of the fasciculus praedorsalis. The tractus vestibulo-mesencephalicus is degenerated in frontal direction. The section of the radix mesencephalicus nervi V causes a massive degeneration of the radix motorius of this nerve. Some of the degenerated fibres, however, do not leave the brain but end in the caudal part of the nucleus motorius masticatorius (fig. 4), and a few take a caudal course along the mediodorsal corner of the nucleus sensorius nervi V where they can be followed to the caudal part of the medulla oblongata.

The cut through the tractus rubrospinalis causes a strong degeneration in the field of this bundle, which can be distinctly traced to the very frontal part of the medulla spinalis, where the series ends (figs. 2, 3, 4 and 6).

The cut made by the operation has at its frontal end wounded the lateral part of the lemniscus medialis, thus causing a degeneration in frontal direction in the field medially from the corpus geniculatum mediale.

A distinct degeneration is found in the right pedunculus corporis mamillaris, caudally losing itself in the field between the lemniscus medialis and the formatio reticularis. Degenerated fibres also are found in the right pes pedunculi, most of which end in the ponsnuclei. In the latter cases the origin of the degeneration could not be stated.

Within the cerebellum a degeneration is found of the medulla in its mediofrontal part on the right side, and only few fibres pass the middle line. The destroyed area around the nucleus globosus causes a rather extensive degeneration of the tractus uncinatus on either side. Also among

SVEN MAGNUS BERGGREN: ANATOMICAL STUDY OF A CASE OF UNILATERAL SECTION OF THE BRACCHIUM CONJUNCTIVUM CEREBELLI IN THE DOG, WITH REMARKS CONCERNING THE EXISTENCE OF CEREBELLOPETAL FIBRES IN THIS BRACCHIUM.

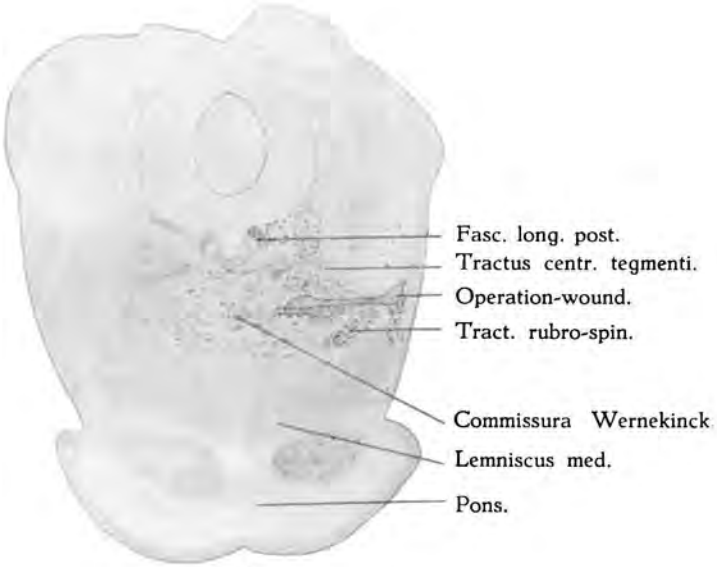



Fig. 2

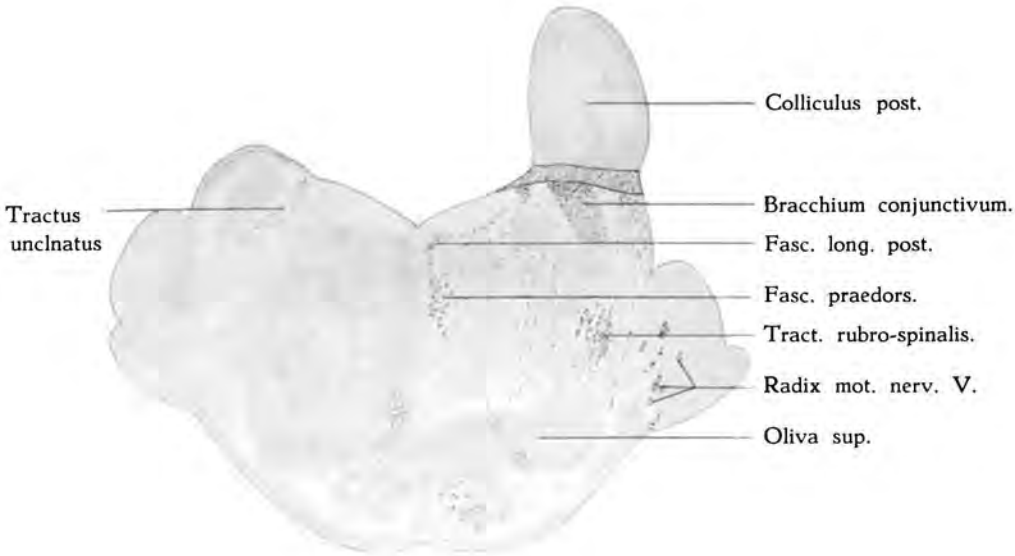



Fig. 3

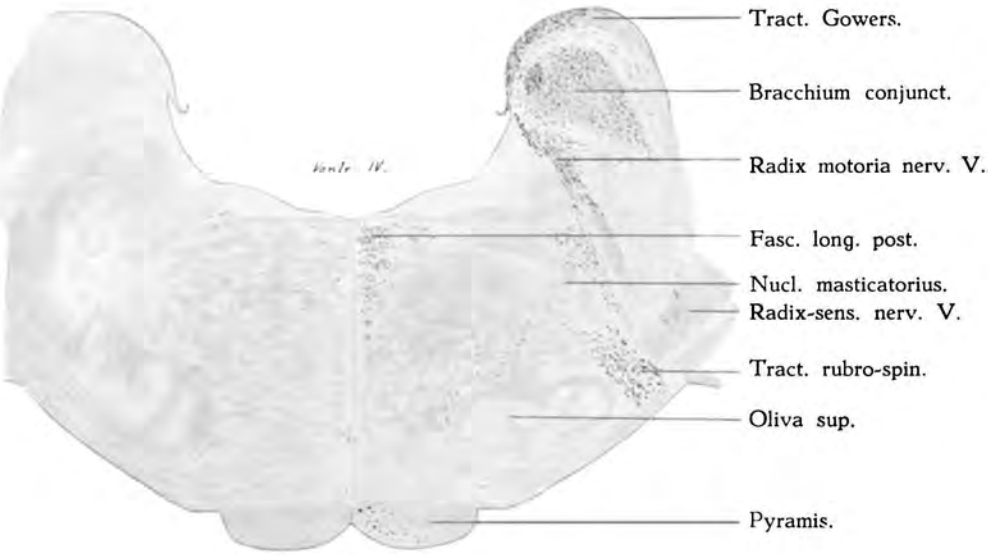



Fig. 4

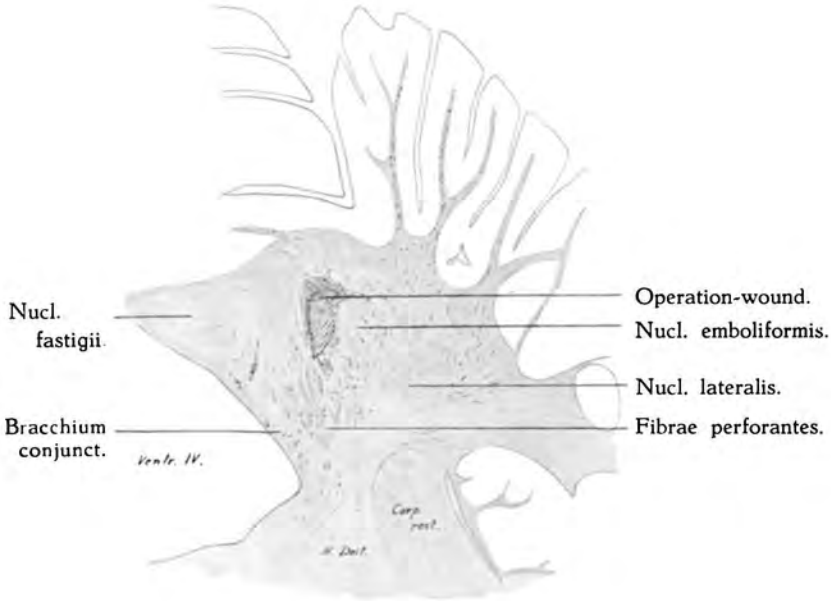



Fig. 5

Fig. 6

the fibrae perforantes degenerated fibres are found, that can be followed to the nucleus DEITERS [1]).

Within its cerebellar course the bracchium conjunctivum contains some MARCHI-grains uniformly distributed over its surface. A few of these degenerated fibres can be traced to the nucleus lateralis, but the rest might be followed to the degenerated fields of the tractus uncinatus and the tractus GOWERS as well as to the destructed area around the nucleus globosus. As the nucleus emboliformis is slightly injured and is one of the nuclei of origin of the bracchium conjunctivum, and the tractus uncinatus as well as the tractus GOWERS according to WINKLER send some fibres into the bracchium conjunctivum, it cannot be decided to what extent the degenerated fibres found in the bracchium conjunctivum between the mesencephalic section and the cerebellum really can be regarded as cerebellopetal fibres.

As was already pointed out, this series was prepared in order to study the problem whether the bracchium conjunctivum cerebelli beside the commonly stated cerebellofugal fibres contains cerebellopetal fibres, or not. In another dog, where the same operation was made but without any lesion in the interior of the cerebellum, there was a distinct degeneration towards the cerebellum. The terminal point of these fibres could not be decided because of the defective penetrating of the osmium around the cerebellar nuclei. However, there was no reason to assume that the degeneration found in the marrow should originate from the bracchium conjunctivum, because a superficial wound in the cerebellar cortex could explain this degeneration.

These two dog's brains together allow the statement that cerebellopetal fibres do occur in small numbers in the bracchium conjunctivum of the dog, but unfortunately they do not distinctly show their terminal point.

In opposition to these findings an examination of five rabbit's brains gave somewhat different results. In these cases too the bracchium conjunctivum was cut through, but only in one case a degeneration could be followed within the cerebellum. This degeneration, however, was very weak and does not contradict the statement that cerebellopetal fibres in the bracchium conjunctivum of the rabbit as a rule do not occur.

The studies are not extensive enough to allow any general conclusions concerning the existence of cerebellopetal fibres in the bracchium

---

[1]) These fibres must represent the axons of PURKINJE-cells, which pass directly to the nucleus DEITERS and which were discovered by LORENTO DE NÓ using the method of CAJAL. In the laboratory of Prof. WINKLER I had the opportunity of studying five MARCHI-prepared rabbit's brains, where the cerebellar cortex was injured in the sulcus paramedianus behind the fissura primaria. Degenerated fibres could be found passing from the place of the injury through or between the cerebellar nuclei and among the fibres of the fibrae perforantes reaching the nucleus DEITERS, thus showing a picture corresponding to fig. 5.

conjunctivum of mammals. The difference between the findings in the dog and in the rabbit, however, seems to indicate that their phylogenetical age is rather young.

## LITERATURE.

LORENTO DE NÓ: Las conexiones cerebelo-bulbares. Boletin de la Sociedad Espanola de Biologia. Ano X, fasc. IV. 1923.

WINKLER, C.: Opera omnia. Anatomie des centres nerveux.

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN
TE AMSTERDAM

# PROCEEDINGS

**VOLUME XXXVIII**

**No. 10**

President: J. VAN DER HOEVE
Secretary: B. BROUWER

## CONTENTS

L. RUTTEN; "Über den Antillenbogen", p. 1046.

J. G. VAN DER CORPUT: "Verteilungsfunktionen". (Zweite Mitteilung), p. 1058.

F. A. H. SCHREINEMAKERS, Miss. J. C. LANZING and C. L. DE VRIES: "Influence of the nature of the membrane and the temperature on the osmotic system of water and oxalic acid", p. 1067.

A. N. J. HEYN: "The Chemical Nature of Some Growth Hormones as determined by the Diffusion Method". (Communicated by Prof. G. VAN ITERSON Jr.), p. 1074.

J. G. WAKKIE: "Notes on the Possible Structure of the Chlorophyll-Granules in the Plastid". (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING), p. 1082.

W. BEIJERINCK: "Polymorphism and Colour of the Calluna-flower". (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING), p. 1087.

W. BEIJERINCK: "The opening of the flower-buds of Calluna vulgaris (L.) Salisb.". (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING), p. 1095.

B. VAN DER EYKEN: "Gebiss- und Zahnentwicklung bei der Irisforelle (Salmo irideus) II. Zunge". (Communicated by Prof. M. W. WOERDEMAN), p. 1099.

CHR. P. RAVEN: "Experimentelle Untersuchungen über den Glykogenstoffwechsel des Organisationszentrums in der Amphibiengastrula". (II). (Communicated by Prof. M. W. WOERDEMAN), p. 1107.

CHR. P. RAVEN: "Über assimilatorische Induktion in der dorsalen Urmundlippe der Amphibiengastrula". (Communicated by Prof. M. W. WOERDEMAN), p. 1109.

**Geology.** — *Über den Antillenbogen.* By L. RUTTEN.

(Communicated at the meeting of November 30, 1935).

Es braucht nicht auseinandergesetzt zu werden, dass während vielen Jahren eine, in Europa kaum bestrittene Auffassung bestanden hat, nach welcher die Kordilleren des nördlichen Zentral-Amerikas mit einigen Virgationen einbiegen in die Ketten der Grossen Antillen, welche bei den Virginischen Inseln umbiegen in die Kleinen Antillen und sich über Trinidad zum venezolanischen Küstengebirge fortsetzen, das wieder in die Anden Süd-Amerikas einlenkt. Diese Auffassung, die man schon bei L. VON BUCH (1825) angedeutet findet und die zuerst wohl von K. VON SEEBACH (1873) klar ausgesprochen wurde, ist hauptsächlich bekannt geworden durch ED. SUESS (1885). Wie gesagt, haben früher die meisten europäischen Autoren, die sich mit diesen Regionen befassten, sich der SUESS'schen Auffassung angeschlossen. In Amerika ist sie zwar auch von einigen Autoren — z.B. von W. HOBBS (1925) — übernommen, von vielen anderen Geologen aber kaum beachtet, während ein amerikanischer Geologe, der lange Zeit als hohe Autorität in westindischer Geologie galt, nämlich R. T. HILL (1905), sie bestritten hat. HILL will nicht anerkennen, dass die Kleinen Antillen eine organische Verbindung zwischen Grossen Antillen und Trinidad darstellen; er spricht ihnen jegliche „Kontinentalität" ab, und betrachtet Nord-Amerika mit den Grossen Antillen einerseits, und Süd-Amerika anderseits als vollständig getrennte Welten:

„he wil endeavor to show... that the Caribees proper are neither continental nor orogenic but merely ocean-born volcanoes... and that they have never connected with North America or the Greater Antilles" (S. 259). „Proofs of great rock folds postulated by MILNE and ANDERSON... are absolutely lacking" (S. 275).

Es würde keinen Sinn haben, eine dreissig Jahre alte, und in Europa kaum bekannte Auffassung hervorzuziehen und zu diskutieren, wenn nicht in den letzten Jahren auch in Europa von verschiedener Seite ähnliche Stimmen laut geworden wären. Vor sechs Jahren hat J. W. GREGORY (1929) in einem inhaltreichen Präsidenten-Vortrag der Londoner geologischen Gesellschaft die Existenz einer Verbindung Karibisches Küstengebirge-Atlas und Grosse Antillen-Pyrenäen verteidigt. Bei seinen Betrachtungen könnte man noch von zufälligen Behauptungen sprechen, was aber nicht möglich ist angesichts des sehr heftigen Anfalles, den die SUESS'sche Auffassung durch R. STAUB (1928) erlitten hat. Letzterer leugnet in schroffster Weise die geologische Verbindung Grosse Antillen-Trinidad; er lässt — genau wie HILL und GREGORY — die Grossen

Antillen und das Karibische Küstengebirge in den Atlantischen Ozean hinausstreichen und nach Europa hinstreben; er betrachtet wie HILL die Kleinen Antillen als eine, einer Querspalte aufsitzende Vulkanlinie. Zur gleichen Zeit zieht er zwischen den kolumbianischen Anden und den Grossen Antillen ganz neue Verbindungen, wodurch das Karibische Meer zu einem kettenumschlungenen Zwischengebirge wird. Er betrachtet diese Konstruktionen für die Auffassung der ganzen Welttektonik von prinzipieller Bedeutung.

Es liegt also hier von einer sehr achtungswerter Seite ein scharfer Anfall auf die SUESS'sche Auffassung vor, der sich allerdings zwei andere „Grosstektoniker", L. KOBER (1932) und H. STILLE (1934) nicht angeschlossen haben: sie zeichnen nach wie vor die Verbindung zwischen den Amerikas über den Antillen.

Bei der gegebenen Sachlage wird man eine erneute Diskussion über die Realität des Antillenbogens berechtigt finden. Es wird versucht werden zu zeigen, dass die Beschwerden HILL's und STAUB's gegen die SUESS'sche Konzeption nicht genügend begründet sind, und dass im Gegenteil in den letzten Jahrzehnten zahlreiche neue Tatsachen bekannt geworden sind, die die alte Auffassung unterstützen. Zur gleichen Zeit wird sich zeigen, dass die neuen Verbindungen, die STAUB im westlichen Karibischen Gebiet gezeichnet hat, vorläufig der Begründung entbehren. Auf der Karte in Fig. 1 sind die antillischen Strukturlinien nach verschiedenen Autoren eingezeichnet: man sieht, wie weit die verschiedenen Auffassungen auseinander liegen.

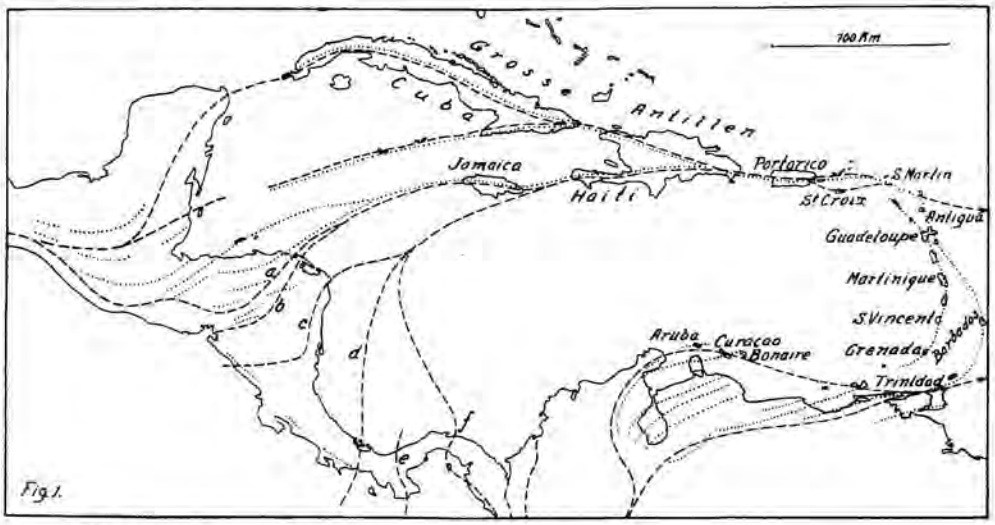



Fig. 1. — — — Strukturlinien nach R. STAUB.
..... Strukturlinien nach W. SIEVERS, K. SAPPER und ED. SUESS.

Sowohl HILL wie STAUB haben den Grossen Antillen die Kleinen Antillen als etwas Fremdartiges gegenübergestellt. Wir zitierten oben schon HILL; STAUB drückt sich nicht weniger entschieden aus:

„Der wichtige Sektor der Kleinen Antillen, also etwa die Strecke zwischen Santa Cruz und Grenada kann ebensowohl eine schwach gekrümmte vulkanische Querspalte zwischen ganz normal, mediterranstreichenden Kettenfragmenten sein" (l.c. S. 103—104).

Wenn wir uns nun zunächst auf die Inseln der eigentlichen Vulkanreihe beschränken, so finden wir dort auf wenigstens drei Inseln neben den jungen Vulkankörpern eine mehr oder weniger stark gefaltete, mitteltertiäre, submarin abgelagerte vulkanische Formation von grosser Mächtigkeit. In Ost und Südost Martinique ist eine, wenigstens 1500 m. mächtige Tufformation aufgeschlossen, der Lepidocyclinenkalksteine und Mollusken-reiche Schichten eingelagert sind. Die Ablagerungen sind deutlich zu flachen, aber breitwelligen Antiklinalen aufgefaltet (L. BARRABÉ, 1928). Die Tatsache, dass man in den Bimmsteintuffen der Mtge Pelée Blöcke von, schwach granatisiertem, mitteltertiären Kalkstein gefunden hat, beweist, dass diese alte vulkanischen Schichten auch unter der Mtge Pelée existieren (DUBLANC LABORDE, 1912). Vor kurzem hat E. LEHNER (1935) Vergleichbares von der kleinen Insel Carriacou bei Grenada beschrieben. Es existiert hier eine, wenigstens 1500 m. mächtige, im Allgemeinen monoklinal nach Südost fallende Schichtserie von marinen Tuffen, denen im tiefsten Teil Lepidocyclinen-Kalke, in den höheren Partien Amphisteginen-Kalke und Mollusken-Mergel eingelagert sind. Das mitteltertiäre Schichtpakket wird stellenweise von jüngeren Andesitdurchbrüchen durchschlagen. Auch von Grenada wird gefaltetes ?Tertiär erwähnt (K. W. EARLE, 1924). Allerdings reichen die, von dieser Insel verfügbaren Daten nicht aus, um sich ein deutliches Bild von der gefalteten Formation zu bilden. Das Tatsachenmaterial von Martinique und Carriacou beweist aber genügend:

1. Die Region, in der wir die jungen Vulkane finden, muss im Mitteltertiär stark geosynklinal eingesunken sein, denn die sehr mächtigen Ablagerungen sind alle neritisch.

2. Im jüngeren Tertiär hat eine deutliche, wenn auch wahrscheinlich nicht sehr starke Faltung stattgefunden.

Denkt man sich die Insel Java etwa 1000 m. gesenkt, dann würden auch dort nur die jungen Vulkane als isolierte Insel sichtbar sein; nur an sehr wenigen Stellen würde man Aufschlüsse von gefaltetem, vulkanogenen Tertiär antreffen. Man darf denn auch sagen, dass die Vulkane der Kleinen Antillen einem Untergrund von gefaltetem Tertiär aufsitzen, und die Mächtigkeit der tertiären Schichten beweist, dass man nicht mit einem unbedeutenden Ablagerungs- und Faltungsraum zu tun hat.

In der, östlich der vulkanischen Kleinen Antillen gelegenen Inselreihe treten an verschiedenen Orten aber noch ältere Ablagerungen zu Tage. Es ist bekannt, dass im ganzen Antillengebiet oberkretazische bis untereozäne, meistens submarin abgelagerte Tuffe, und oberstkretazische bis vielleicht untereozäne „pazifische" Granodiorite und Quarzdiorite eine grosse Rolle spielen. Wir kommen, im anderen Zusammenhang, noch auf diese Gesteine zurück. Für den Augenblick sei darauf hingewiesen, dass

diese Gesteine den äussersten Antillen keineswegs fehlen. Beide Formationen sind von St. Martin (G. A. F. MOLENGRAAFF, 1931) und St. Barts (R. LUDWIG, 1894) bekannt; von Anguilla erwähnt J. SAWKINS (1869) prä-mitteltertiäre Effusiva. Nach neueren Untersuchungen von J. CUSHMANN (1931) kommen in Antigua oberkretazische Foraminiferen vor, sodass ein Teil der basalen, vulkanischen Bildungen dieser Insel (K. W. EARLE, 1922) der Kreide angehören muss. Von der kleinen Insel Désirade bei Guadeloupe hat L. BARRABÉ (1934) Quarzdiorite und Tuffe beschrieben, und selbst aus dem Untergrund der rein vulkanischen Antillen ist das Vorkommen von Quarzdiorit bekannt, den A. LACROIX (1904) als Einschluss in den Auswurfsprodukten der Souffrière von St. Vincent gefunden hat.

Zieht man in Betracht, dass auch von der Grossen-Antillen-Insel Portorico keine älteren Gesteine als die, zum Teil stark metamorphosierten spätmesozoischen Tuff- und Tuffitformationen bekannt sind, so wird es klar, dass man die Kleinen Antillen nicht weniger „kontinental" (HILL) nennen darf als die Grossen Antillen. Diese Aussprache wird noch bestimmter, wenn man beachtet, dass A. LACROIX (1904) aus extrusiven Massen von St. Vincent und Martinique selbst Glimmerschiefer und Gangquarz hat beschreiben können.

Es bestehen also zwischen dem stratigraphischen Aufbau der Kleinen und Grossen Antillen keine prinzipiellen Gegensätze. Mit wenigen Worten sei daraufhingewiesen, dass auch tektonisch keine Gegensätze bestehen. Den schwachen jungtertiären Faltungen im Untergrund der vulkanischen Inseln stehen in den weiter östlich gelegenen Inseln sehr schwache Faltungen (Ost Guadeloupe, L. BARRABÉ, 1934) und Schrägstellungen (Antigua, K. W. EARLE, 1922 und ältere Autoren) zur Seite. Aber auch in den Grossen Antillen ist die jungtertiäre Faltung im Allgemeinen unbedeutend gewesen. Auf St. Croix, das unbestritten zu den Grossen Antillen gehört, sind die oligomiozänen Kalke und Mergel nur „gently dipping" (H. A. MEYERHOFF, 1926—1927); in Portorico zeigt das Oligomiozän über grosse Distanzen monoklinale Neigung, während es anderorts nur schwach gefaltet ist (H. A. MEYERHOFF, 1933, und ältere Autoren); manche Tertiär-Antiklinalen in Haiti sind nicht komplizierter gebaut als die Falten im Untergrund von Martinique (W. P. WOODRING c.s., 1924), und auch in Cuba (S. TABER, 1934; unveröffentliche Daten der Utrechter Expedition 1933) sind die jungtertiären Falten stets sehr einfach gebaut.

Unser erstes Resultat ist also: *Weder in stratigraphischer noch in tektonischer Hinsicht besteht ein qualitativer Gegensatz zwischen Grossen und Kleinen Antillen, und es liegt kein einziger Grund vor, die Kleinen Antillen als „nur" eine Reihe von Vulkanen, die einer gebogenen Querspalte aufsitzen, zu betrachten.* Es ist übrigens nicht gut einzusehen, weshalb auf einer „gebogenen Spalte" sich Vulkane bilden würden. Ihr Auftreten wird aber sofort verständlich, wenn die „gebogene Spalte" eine

„gebogene, nach aussen bewegte Kette" wird: in diesem Falle werden in der Kette Dehnungserscheinungen auftreten müssen, die zur Bildung von Querspalten führen können, welche prädisponierte Stellen für das Auftreten von Vulkanen sein werden.

Bis jetzt ist die, in mancher Hinsicht merkwürdige Insel Barbados der Kleinen Antillen nicht in unsere Betrachtungen einbezogen. Das Tertiär von Barbados gliedert sich wie folgt (C. T. TRECHMANN, 1925, C. A. MATLEY, 1932, und ältere Autoren):

Oceanic Beds, bis 600 m. oder mehr. Jungtertiär, vielleicht z.T. auch Mitteltertiär.
DISKORDANZ.
Joe's River Clay, ?100 m.
DISKORDANZ.
Scotland Series. *a.* Chalky Mount und Mount All Beds, weniger als 100 m., mit einem fossilführendem Konglomerat an der Basis (Eozän).
*b.* St. Andrew's Beds, 600 m. oder mehr.

Durch ihren ganzen Aufbau und durch ihre Fazies besitzen die tertiären Ablagerungen von Barbados enge Verwandtschaft mit denjenigen von Trinidad und Venezuela, und sind sie grundverschieden von denjenigen der, in der Umgebung liegenden westindischen Inseln. Folgende Betrachtungen können dieses erhärten.

Auf Barbados kommen, ebenso wie in Trinidad und Nord Venezuela, verschiedene intratertiäre Diskordanzen vor. Von Carriacou und Martinique kennt man keine einzige, von den niederländischen Inseln unter dem Wind nur eine einzige intratertiäre (und zwar postobereozäne) Diskordanz.

Das Tertiär von Barbados ist stark ölhaltig, genau so wie das Tertiär von Trinidad und von Nord Venezuela.

Die Globigerinenmergel und Radiolarienablagerungen der „Oceanic Beds" von Barbados finden sich in Trinidad wieder (V. ILLING, 1928).

Das klastische Material in den Konglomeraten und Sanden der Scotland Series besteht fast nur aus Quarz, der öfters den Eindruck macht, einen nur geringen Transport erlitten zu haben (C. A. MATLEY, 1932). An schweren Mineralien kommen u.m. vor: Zirkon, Rutil, Turmalin, Cyanit und Staurolith, die auf kristallinische Schiefer als Ursprungsmaterial hinweisen. Während man unter St. Vincent und in allen den kleinen Inseln Nord von Venezuela aus dem Grundgebirge „antillische Quarzdiorite" kennt (L. RUTTEN, 1931), und von Aruba (J. WESTERMANN, 1932), Curaçao (G. J. H. MOLENGRAAFF, 1929) und Bonaire (P. J. PIJPERS, 1933) „antillische, kretazische Tuffe", und während man in den tertiären Gesteinen der letzten drei Inseln nur klastisches Material der soeben genannten Gesteine findet (unveröffentliche Daten nach Utrechter Material), hat man im Eozän von Barbados nur Material gefunden, das auf Formationen deutet, wie man sie im Grundgebirge von Trinidad und in dem Karibischen Küstengebirge Venezuela's antrifft.

Das Eozän von Barbados ist stark gefaltet, und gleicht auch darin dem

Tertiär Trinidads, während es von demjenigen der vulkanischen Antillen und von Bonaire—Curaçao—Aruba verschieden ist.

Das Tertiär von Barbados passt also ganz in das Schema derjenigen tertiären Ablagerungen, die in der Kordillere von Nord Venezuela eingefaltet sind, und seine klastischen Bestandteile weisen auf „ältere Kordillerengesteine" im nahen Untergrund.

*Die venezolanische Kordillere verläuft also nicht über Trinidad und dann östlich in den atlantischen Ozean hinaus, sondern biegt deutlich nordöstlich nach Barbados um.* Zur gleichen Zeit scheint die Zone mit „antillischen Gesteinen", die man von Aruba bis Hermanos verfolgen kann, in die Richtung von St. Vincent einzubiegen, und den Untergrund von Barbados nicht zu erreichen.

Wir wollen die Frage stellen, wie im betrachteten Gebiet in grossen Linien die Strukturen streichen. Verschiedene Autoren (G. SAPPER, 1905 *b*, W. SIEVERS, 1896, W. P. WOODRING, 1926) haben Karten mit Streichrichtungen aus verschiedenen Faltungsperioden von Zentralamerika und West Indien publiziert. Es geht aber aus ihren Daten nicht mit genügender Schärfe hervor, dass, wenigstens im Antillengebiet, die Faltungsrichtungen der verschiedenen Orogenesen sich unter recht grossem Winkel schneiden können. Für eine allgemeine Übersicht sei auf Fig. 2 verwiesen; einige spezielle Fälle mögen hier erwähnt werden. In Portorico schneiden sich die jungkretazischen und jungtertiären Faltenachsen unter Winkeln, die

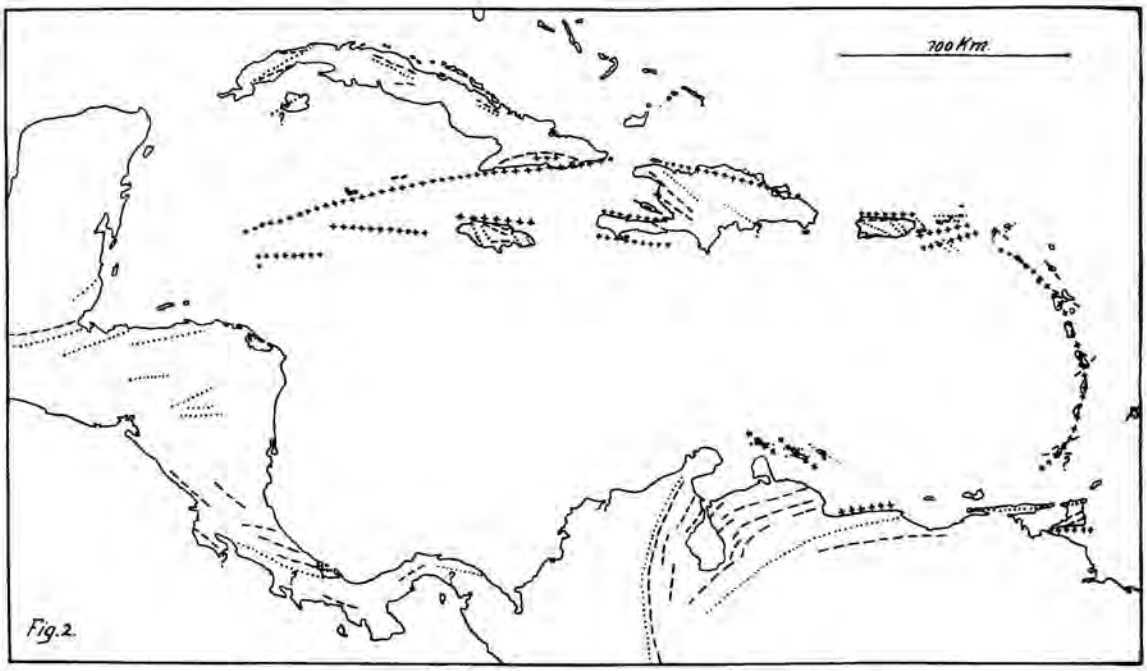



Fig. 2. ..... Eozäne, Oberkretazische und ältere Strukturlinien.
— — — Jungtertiäre Strukturlinien.
+ + + Jüngste (Quartäre und ?Jungpliozäne) Strukturlinien.

45° überschreiten können (H. A. MEYERHOFF, 1933). Auch in Jamaica schneiden sich die älteren und jüngeren Streichrichtungen in spitzem Winkel (J. SAWKINS, 1869; Geol. Karte mit Fallzeichen!!). Gleiches gilt für Aruba (J. H. WESTERMANN, 1932) und Curaçao (G. J. H. MOLENGRAAFF, 1929), wo die jungkretazischen und quartären Faltenachsen sich unter bedeutenden Winkeln schneiden, und für die älteren und tertiären Achsen in Trinidad (G. A. WARING, 1926). Es scheint, dass in St. Martin die tertiären Fallrichtungen senkrecht zu den jungkretazischen stehen (G. A. F. MOLENGRAAFF, 1931). Nicht nur die jüngsten Faltenachsen (Curaçao, Aruba) sondern auch die ganz jungen Verwerfungslinien (Begrenzung des Bartlett Tiefes, Küsten der Südwesthalbinsel Haitis, Begrenzung der Anegada Passage) schneiden, wenn auch lange nicht immer, die Richtungen der älteren Strukturen unter spitzem Winkel (Fig. 2).

Man überzeugt sich leicht davon, dass die gegenwärtigen topographischen Formen hauptsächlich von den jüngsten Streichrichtungen beherrscht werden (Jamaica, Portorico, Haiti, Südost Cuba, Bonaire, Curaçao). Im Allgemeinen werden die Strukturlinien den jetzigen topographischen Umrissformen um so näher stehen, je jünger sie sind (Jamaica, Portorico, West Cuba). Umgekehrt darf man aus der Streichrichtung der ältesten Strukturen nur mit grosser Vorsicht Schlüsse ziehen auf die Anwesenheit junger Hebungs-, bezw. Faltungsgebiete. Als Beispiel sei nur erwähnt, dass Niemand daran zweifelt, dass der Hauptkette der Grossen Antillen eine rezente Struktur entspricht (Fig. 1). Man beachte nun (Fig. 2), an wievielen Stellen diese Kette von alten Strukturlinien schief geschnitten wird! Zur Beantwortung der Frage, ob die Kleinen Antillen eine oder einige moderne Struktur(en) bilden, darf man also nur mit Vorsicht alte Leitlinien zu Rate ziehen. So darf man z.B. das NO-Streichen des Grundgebirges von S. Martin (Fig. 2) nicht als Einwand gegen die SUESS'sche Konzeption benutzen. Man darf es auch nicht als einen bedeutenden Einwand gegen die SUESS'sche Konzeption empfinden — wie C. A. MATLEY (1932) tat —, dass in Barbados das Streichen des Alt-Tertiärs ungefähr NO ist. Man muss vielmehr als eine Stütze der SUESS'schen Auffassungen betrachten, dass die jungtertiären Streichrichtungen zwischen S. Martin im N und Trinidad im S als Ganzes eine unverkennbare Bogenform aufweisen, die zwar nicht ganz mit der Bogenform der Kleinen Antillen übereinstimmt (Fig. 2). Und, weil wir sahen, dass die jüngste Tektonik in erster Linie durch die Topographie angedeutet wird, ist ferner wichtig, dass alle vulkanischen Antillen einem unverkennbaren Rücken aufsitzen. Dieser Rücken ist in seinem südlichen Teil über grosse Distanzen weniger als 200 m tief; im mittleren Teil ist er tiefer, aber schmal, und fällt er nach W und O rasch bis in bedeutende Tiefen hinab; von St. Dominica nach N verbreitert er sich allmählich zu einem grossen submarinen Plateau, das neben einzelnen vulkanischen Inseln auch kaum versenkte Gebiete wie Saba Bank, und weiterhin die drei Sockel

trägt, auf denen Antigua—Barbuda, Anguilla—St. Martin und St. Croix liegen (Siehe Tiefenkarte bei L. RUTTEN, 1935). Die vulkanischen Antillen sind also mehr als isolierte Vulkaninseln: sie sind einer untermeerischen Struktur aufgesetzt, die morphologisch mit den östlichsten Gebieten der Grossen Antillen deutlich zusammenhängt.

*Auch unsere Betrachtungen über Richtungen von alten und jungen Strukturen führen also zu dem Ergebnis, dass der Antillenbogen als eine junge tektonische Struktur anzusehen ist.* Anderseits lehrt die grosse Divergenz der Strukturrichtungen verschiedenen Alters, dass die Geschichte des westindischen Gebietes tektonisch viel komplizierter ist als man oft annimmt.

Es ist im Vorhergehenden wiederholt die Rede gewesen von den kretazischen „antillischen" Gesteinen. Ihre Verbreitung ist in Fig. 3 ganz schematisch, und, sofern es die kleineren Vorkommen anbelangt, stark übertrieben angegeben. Was die mächtigen kretazisch-alteozäne Tuffe und Tuffite anbelangt, so sind sie meines Wissens im Gebiet der Karte ganz auf die Inseln beschränkt. Junge granodioritische Gesteine, z. T. mit starkem Anklang an die Insel-Tiefengesteine kennt man aber auch von

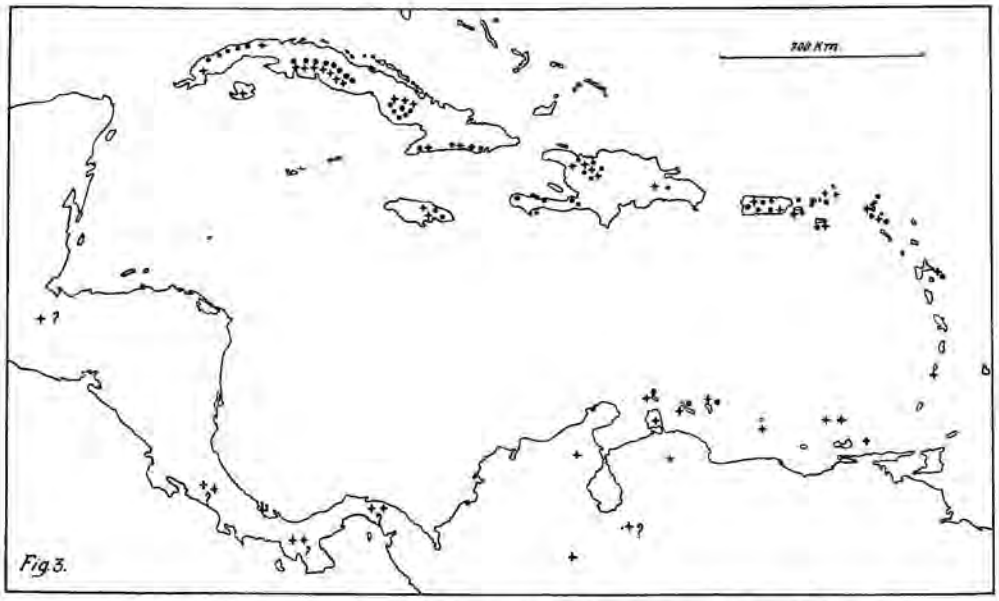



Fig. 3. ● Vorkommen von oberkretazischen bis untersteozänen Tuffen und Tuffiten.
+ Vorkommen von oberstkretazischen bis paläogenen Graniten und Dioriten.

den angrenzenden Festländern: aus Venezuela sind sie durch L. RUTTEN (1931) und H. M. E. SCHÜRMANN (1934) bekannt; aus den südlichen zentralamerikanischen Republiken erwähnt sie W. P. WOODRING (1926) von verschiedenen Stellen, ohne jedoch vollständige Gewissheit über ihr

Alter zu haben; wahrscheinlich gehören Diorite aus dem Grenzgebiete zwischen Honduras und Guatemala, die inmitten von Kreidesedimenten auftreten (K. SAPPER, 1899) auch hierher; in Mexico sind oberkretazische Granodiorite seit langem bekannt und als Erzbringer berühmt. Diese „vulkanische Fazies" des Mesozoikums findet man nun im ganzen Pazifischen Gebiet Amerikas, zwischen Feuerland und Alaska wieder. Kretazische Granodiorite kennt man aus ganz Chile und West Argentinien (J. BRÜGGEN, 1934), untertertiäre Granodiorite aus Peru (G. STEINMANN, 1929), Columbia und Venezuela, oberkretazische aus Zentral Amerika(?) und Mexiko, während weiter nach N die Hauptmasse der mesozoischen Batholithe wieder älter wird und dem obersten Jura angehört (z.B. H. STILLE, 1935). Mächtige z.T. submarine Tuff- und Tuffitformationen kennt man aus dem Jura und der Unter Kreide Chiles und Argentiniens (J. BRÜGGEN, 1935) und aus der ganzen Kreide Peru's (G. STEINMANN, 1928). Weiter nach N ist diese Fazies aus der mittleren Kreide von Nord Nieder Californien bekannt (E. BÖSE u. E. WITTICH, 1913).

Die Existenz einer „antillischen jungmesozoischen Fazies" beweist, dass das ganze Gebiet ein grosse Einheit bildet, die nicht nur mit den angrenzenden Gebieten von Venezuela, Columbia und Zentral Amerika, sondern auch mit dem ganzen pazifischen Amerika zusammenhängt. *West Indien ist gewissermassen eine „Ausstülpung" einer pazifischen Region in den atlantischen Ozean, und man kann es nur natürlich finden, dass diese durch einen, nach O konvexen Bogen abgeschlossen wird.*

Die am Anfang gestellte Frage nach der Realität des Antillenbogens ist im Obigen von sehr verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet worden. Stets glaubten wir, feststellen zu müssen, dass man in den Kleinen Antillen und in ihrem Untergrund wirklich ein Verbindungsglied zwischen den Grossen Antillen und dem Karibischen Küstengebirge sehen muss, dass also die SUESS'schen Auffassung derjenigen STAUB's vorzuziehen ist.

Es ist erwünscht, nun noch die neuen Strukturlinien, die STAUB im westlichen karibischen Gebiet gezogen hat, zu betrachten. Es hat mich im höchsten Grade verwundert, zu bemerken, dass für diese Strukturlinien keine Beweise zu finden sind, dass, im Gegenteil, manche Andeutungen aus diesem, allerdings noch schlecht bekannten Gebiet gegen die Auffassungen STAUB's sprechen.

Unsere Kenntnisse des mittleren Zentral Amerika fussen noch ganz auf der Arbeit SAPPER's (1899, 1905*a*, 1905*b*), der bekanntlich auch eine Strukturkarte publiziert hat. Was die, am Besten bekannten Gebiete von Guatemala und Honduras betrifft, schliesst die Zeichnung STAUB's im Allgemeinen bei derjenigen SAPPER's an. Im östlichen Honduras und im nordöstlichen Nicaragua aber lässt STAUB Strukturlinien mit NO und NNO Richtung verlaufen, für die in der Literatur genügender Untergrund fehlt (Siehe oben Fig. 1, *a*, *b*, *c*). Zwar zeichnet auch SAPPER im

Prinzapolca-Gebiet eine N-S Struktur, aber sie ist mit einem Fragezeichen versehen, und ihr stehen andere, z. T. allerdings auch mit Fragezeichen versehene Strukturen mit ONO-Streichen gegenüber. Wenn man alle Daten aus dem Gebiet prüft, bekommt man den Eindruck, dass eigentlich nichts fest steht. Man kann genau so gut Ketten, die von W und NW kommen, sich gabeln lassen in Ketten, die NO, SO und O streichen, wie — in STAUB'scher Weise — Ketten, die O, NO und N streichen, nach N konvergieren lassen. Die erste Virgation hat Staub also gezeichnet in einem Gebiet, wo genügende geologische Daten fehlen, und wo die Topographie gewiss seine Auffassungen nicht unterstützt. Viel ernsthaftere Bedenken bestehen gegen die STAUB'schen Auffassungen über Süd Zentral-Amerika. Er hat hier keinen Gebrauch gemacht von den verfügbaren Daten, die ein ganz anderes Streichen ergeben als das von ihm gezeichnete (Fig. 1, *d, e, f*). Sowohl zwischen dem Nicaragua-See und dem Pazifischen Ozean wie östlich des genannten Sees liegen tertiäre Faltenzüge mit NW-Streichen (REDFIELD, 1923); die Vulkanlinie in Costa Rica hat OSO-Streichen (PITTIER, 1913); gleiche Richtung haben tertiäre Faltenzüge nördlich dieser Linie, die sich bis in Panama fortsetzen (SCHAUFELBERGER, 1931); die Sierra de Talamanca behält bis in Panama deutliche SO-Richtung (PITTIER), und gleiche Richtung haben die Bergzüge auf den Halbinseln von Nicoya und Osa; im Profil des Panama-Isthmus streichen die tertiären Schichten der Küste parallel (MACDONALD, 1918); die Richtung der Kordillera von San Blas, von deren Geologie sehr wenig bekannt ist, ist ebenfalls der Küste parallel (ANONYMUS), und an der Südküste des westlichen Panamas kommen sicher noch OSO-streichende tertiäre Falten vor (W. P. WOODRING, 1926). Man kann also keine einzige Stütze finden für den Verlauf der Linien *d, e, f* in Fig. 1; im Gegenteil: alle Daten sprechen für einen Verlauf, ungefähr senkrecht zur STAUB'schen Konstruktion. Man versteht nicht, wie STAUB sagen kann:

„Auf jeden Fall strahlen aus dem Winkel zwischen dem Roncadorrücken und den Ketten von Honduras Guatemala alle Elemente Zentralamerikas gegen den Pazifik hin auseinander" (l.c. S. 108).

Für ausführliche Literaturangaben über die betreffende Teile Zentralamerikas sei nach WOODRING (1926) verwiesen, der ungefähr zu gleichen Schlüssen kommt.

Während die bisherigen Betrachtungen auf dem festen Boden der Tatsachen fussten, ist es notwendig, diesen zu verlassen, wenn man versucht, eine Erklärung für das Auftreten des Antillenbogens zu geben. Bekanntlich hat A. WEGENER in seiner Verschiebungstheorie versucht zu zeigen, dass die tektonischen Erscheinungen sich só gestalten, alsob einerseits eine Polflucht, anderseits eine Westwanderung die Kontinente antreibt. Es sei nun auf die merkwürdige Tatsache gewiesen, dass eine morphologische Form wie der Antillenbogen in Amerika zweimal auftritt:

einmal auf der Nordhalbkugel und einmal auf der Südhalbkugel zwischen Feuerland und Antarktis. Zwar haben verschiedene Autoren (u.m. R. STAUB, 1928) versucht zu zeigen, dass dieser „Süd-Antillenbogen" gar nicht existiert, aber vor Kurzem hat O. WILCKENS (1933), unter Benutzung der neuesten Lotungen von „Meteor" und „Discovery", seine Existenz sichern können. Es kann nun kaum zufällig sein, dass ein so merkwürdiges Gebilde zweimal auftritt, und zwar entwickelt es sich in beiden Fällen dort, wo die gewaltigen, von N nach S verlaufenden, kontinentalen Massen von Amerika und Antarktis eine bedeutende Verschmälerung, eine Stelle geringsten Widerstandes zeigen. Wie wird sich aber eine solche N—S Masse mit zwei schwachen Stellen — und zwar je eine auf jeder Halbkugel — unter dem doppelten Antrieb von „Westdrift" und „Polflucht" betragen? Die Antwort ist einfach: sie wird im Allgemeinen eine Runzelung an der W Seite zeigen, und sie wird an den schwachen Stellen, unter dem Einfluss der „Polflucht" einknicken, wobei die eingeknickten Stellen nach O zurückbleiben werden, während die Hauptmassen sich in N—S Richtung näheren. Es wird also ein Kontinent met pazifischer Kordillere und mit zwei Antillenbogen entstehen!

Es liegt uns fern, diese Erklärung selbst nur als wahrscheinlich zu betrachten, aber, solange WEGENER's Betrachtungsweisen als erlaubt gelten, wird man doch mit dieser Erklärungs*möglichkeit* Rechnung tragen müssen.

*Utrecht*, November 1935.

LITERATUR:


ANONYMUS, Panama. Map 1 : 1000000. 1928. Published by the American Geogr. Society of New York.

BARRABÉ, L. Le pétrole à la Martinique. Annales Office National des Combustibles liquides, **3**, 1928, S. 7—42. Karte etc.

——— Rapport sur les résultats d'une mission... à la Guadeloupe. Ann. Office National des Combustibles liquides, **4**, 1934, S. 625—661. Karte etc.

BÖSE, E. y WITTICH, E. Informe relativo a la exploración ... de la Baja California. Parerg. Inst. Geol. Mexico, **4**, 1913, S. 307—533.

BUCH, L. VON. Physikalische Beschreibung der Canarischen Inseln, 1825. In: Gesammelte Werke, **3**, 1877, S. 229—646.

BRÜGGEN, J. Grundzüge der Geologie ... Chiles. Heidelberg, 1934, 362S.

CUSHMAN, J. Cretaceous Foraminifera from Antigua. Contr. Cushm. Labor. Foram. Res., **7**, 1931, S. 33—46, T. 5, 6.

DUBLANC LABORDE. Sur l'existence de blocs calcaires métamorphiques dans les tufs ponceux anciens de la Mtge Pelée. C. R. Ac. Sc., **154**, 1912, S. 824—826.

EARLE, K. W. Report on the geology of Antigua. Gvt. Pr. Off. 1922, 28S.

——— Geol. Survey of Grenada and the Grenadines. Gvt. Pr. Off. 1924, 9S.

GREGORY, J. W. The theory of permanent oceans and continents. Q. J. Geol. Soc. London, **85**, 1929, S. LXVIII—CXXI.

HILL, R. T. Pelé and the evolution of the Windward Archipelago. Bull. Geol. Soc. Amer., **16**, 1905, S. 243—288, T. 43—47.

HOBBS, W. H. The unstable middle sections of island arcs. Verhand. Geol. Gen. Nederl. e. Kol. Geol., Serie **8**, 1925, S. 218—261. 4 T.

ILLING, V. C. Geol. of the Naparima Region, Trinidad. Q. J. Geol. Soc. London, **84**, 1928, S. 1—56. Karte.

KOBER, L. Das Weltbild der Erdgeschichte, 1932.

LACROIX, A. La Montagne Pelée et ses éruptions, Paris, 1904, 662S. etc.

LEHNER, E. Artesian water supply of Carriacou ... Grenada, Gvt. Pr. Off., 1935, 6S. Karte.

LUDWIG, R. Geogr. u. Geogn. Umschau auf St. Barthélémy. Geogr. Blätter. Bremen, **17**, 1894, S. 43—84. Karte etc.

MACDONALD, D. The sedimentary formations of the Panama Canal Zone etc. Bull. Nat. Mus. Wash., **103**, 1918, S. 425—445. Karte.

MATLEY, C. A. The old basement of Barbados etc. Geol. Mag., **69**, 1932, S. 366—373.

MEYERHOFF, H. A. Geol. of the Virgin Islands etc. In: Sc. Surv. of Portorico etc., herausgeg. von New York Ac. Sc., **4**, 1926—1927, 219S. Karten etc.

——— Geol. of Puertorico. Monogr. Univ. of Puertorico. Phys. a. Biol. Sciences. Ser. B, N⁰. **1**, 1933, 306S. Karte etc.

MOLENGRAAFF, G. A. F. Saba, St. Eustatius and St. Martin. Leidsche Geol. Meded., **5**, 1931, S. 715—739. Karte etc.

——— Geologie ..... van ..... Curaçao. Diss. Delft, 1929, 126S. Karten etc.

PITTIER, F. Costa Rica. Pet. Mitth. Erg. H. **175**, 1913. Topogr. Karte.

PIJPERS, P. J. Geology ... of Bonaire. Diss. Utrecht, 1933, 103S. Karte etc.

REDFIELD, A. H. The petroleum possibilities of Costa Rica. Econ. Geol. **18**, 1923, S. 354—381.

RUTTEN, L. On rocks from the Caribbean coast range etc. Diese Zeitschr. **34**, 1931, S. 1013—1022.

——— On Rocks from the Venezuelan islands etc. Diese Zeitschr. **34**, 1931, S. 1101—1110.

——— Alte Land- und Meeresverbindungen in West Indien etc. Geol. Rundschau, **26**, 1935, S. 65—94. Karte.

SAPPER, K. Über Gebirgsbau etc. des N. Mittelamerika. Pet. Mitth. Erg., H. **127**, 1899, 119S. Karten etc.

——— Über Gebirgsbau etc. der S. Mittelamerikas. Pet. Mitth. **151**, 1905(*a*), 82S. Karten etc.

——— Grundz. des Gebirgsbaues von Mittelamerika. Rep. 8th. Intern. Geogr. Congr. held in the U. S. Wash. 1904 (1905, *b*), S. 231—238. Strukturkarte.

SAWKINS, J. Reports on the geology of Jamaica. Mem. Geol. Surv. Gr. Br. 1869, 339S. Karte etc. (Hierin auch: Anguilla).

SCHAUFELBERGER, P. Costa Rica. Apuntes de Geologia. San José, 1931, 83S.

SCHÜRMANN, H. M. E. Massengesteine der venezolanischen Anden. N. J. BB. **68A**, 1934, S. 377—400.

SEEBACH, K. VON. Central Amerika u. d. interozean. Canal. Gemeinverst. Vortr., herausgeg. von R. Virchow, **183**, 1873, 36S.

SIEVERS, W. Karten zur physik. Geogr. von Venezuela. Pet. Mitt. 1896, S. 125—129. Karte.

STAUB, R. Der Bewegungsmechanismus der Erde. Berlin, 1928, S. 101—120. Weltstrukturkarte.

STEINMANN, G. Geol. von Perú. Heidelberg, 1929, 448S. Karte etc.

STILLE, H. Zur Frage der transatl. Verbind. Sitz. Ber. Pr. Ak. Wiss. Phys. Math. Kl. **11**, 1934, S. 157—169.

——— Der derzeitige tektonische Zustand. Sitz. Ber. Ak. Wiss. Berl. Phys. Math. Kl. **13**, 1935, S. 179—219.

SUESS, ED. Das Antlitz der Erde, **1**, 1885, S. 689*ff*.

TABER, S. Sierra Maestra of Cuba etc. Bull. Geol. Soc. Am. **45**, 1934, PP. S. 567—620. Karte etc.

TRECHMANN, C T. The Scotland Beds of Barbados. Geol. Mag. **62**, 1925, S. 481—504.
WARING, G. A. The geol. of Trinidad. John Hopk. Univ. Studies in Geol., **7**, S. 11—86, 112—170, 1926.
WEGENER, A. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Braunsch. **4**te Aufl., 1929, 231S.
WESTERMANN, J. H. The geol. of Aruba. Diss. Utrecht, 1932, 129S. Karte etc.
WILCKENS, O. Der Südantillen-Bogen. Geol. Rundschau, **24**, 1933, S. 320—335.
WOODRING, W. P. Tectonic features of the Car. Region. Proc. Third Pan Pac. Sc. Congr. Tokyo, 1926, S. 401—431.
WOODRING, W. P. c.s. Geology of Haiti. Geol. Survey of Haiti, 1924, 631S. Karte etc.

---

**Mathematics.** — *Verteilungsfunktionen.* Von J. G. VAN DER CORPUT. (Zweite Mitteilung).

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

*Eine notwendige und hinreichende Bedingung.*

In dieser Mitteilung beweise ich die in der Einleitung [1]) vorkommenden Sätze bis Satz 8 (incl.). Dazu brauche ich nur die Sätze 1, 4, 5 und 6 zu zeigen, da diese die Sätze 2, 3, 7 und 8 enthalten. Der wichtigste Satz hierbei ist Satz 5, der eine notwendige und hinreichende Bedingung liefert, damit eine vorgegebene Funktionenmenge die Menge der Verteilungsfunktionen einer geeignet gewählten aus untereinander verschiedenen Zahlen bestehenden Zahlenmenge sei.

Dem Beweis von Satz 1 schicke ich den folgenden Hilfssatz voran.

**Hilfssatz 1:** *Jede Folge $\chi_1(\gamma), \chi_2(\gamma), \ldots$ monoton-nichtabnehmender Funktionen $\geqq 0$ und $\leqq 1$ besitzt wenigstens eine Grenzfunktion, d.h. die Folge enthält eine Teilfolge $\psi_1(\gamma), \psi_2(\gamma), \ldots$ mit der Eigenschaft, dasz für jedes $\gamma$ der Grenzwert $\lim\limits_{k \to \infty} \psi_k(\gamma)$ existiert.*

**Beweis:** Es bezeichne $\gamma_1, \gamma_2, \ldots$ eine im Intervall $(-\infty, \infty)$ überall dicht liegende Folge. Für jedes feste ganze $k > 0$ bilden die im $k$-dimensionalen Raum liegenden Punkte mit den $k$ Koordinaten $\chi_n(\gamma_\varkappa)$ $(\varkappa = 1, 2, \ldots, k)$, wo $n$ die Folge der natürlichen Zahlen durchläuft, eine unendliche beschränkte Punktmenge $\mathfrak{N}_k$. Die Menge $\mathfrak{N}_1$ besitzt mindestens einen Häufungspunkt $a_1$; die Menge $\mathfrak{N}_2$ mindestens einen Häufungspunkt $(a_1, a_2)$; die Menge $\mathfrak{N}_3$ mindestens einen Häufungspunkt $(a_1, a_2, a_3)$, u. s. w. So definiere ich die Zahlen $a_1, a_2, a_3, \ldots$ mit

$$\chi_n(\gamma_\varkappa) \to a_\varkappa \qquad (\varkappa = 1, 2, \ldots), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

---

[1]) These Proc. **38**, n⁰. 8, Erste Mitteilung, S. 813—821. In den Zeilen 15—19 auf S. 818 ersetze man $0 \leqq \gamma < 1/4$; $1/2\, x$ und $1/2$ bezw. durch $1/4 < \gamma < 1/2$; $x$ und 1.

falls $n$ eine geeignet gewählte Folge $N$ unbeschränkt wachsend durchläuft. Wegen $0 \leqq \chi_n(\gamma) \leqq 1$ sind die Zahlen $a_1, a_2, \ldots$, alle $\geqq 0$ und $\leqq 1$; wegen die Monotonie der Funktion $\chi_n(\gamma)$ ist $a_\varrho \leqq a_\sigma$ für jedes Zahlpaar $\varrho$ und $\sigma$ mit $\gamma_\varrho \leqq \gamma_\sigma$. Wird nun

$$\psi(\gamma_\varkappa) = a_\varkappa \qquad (\varkappa = 1, 2, \ldots) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

gesetzt, so ist die bis jetzt nur in den Punkten $\gamma_1, \gamma_2, \ldots$ definierte Funktion $\psi(\gamma)$ monoton-nichtabnehmend, $\geqq 0$ und $\leqq 1$. Bezeichnet für beliebiges $\eta$ die Zahl $\psi(\eta+)$ die untere Schranke der Zahlen $\psi(\gamma_\varrho)$ mit $\gamma_\varrho > \eta$, und bezeichnet $\psi(\eta-)$ die obere Schranke der Zahlen $\psi(\gamma_\varrho)$ mit $\gamma_\varrho < \eta$, so gelten für jedes Zahlpaar $\eta$ und $\zeta$ mit $\eta < \zeta$ die Ungleichungen

$$0 \leqq \psi(\eta-) \leqq \psi(\eta+) \leqq \psi(\zeta-) \leqq \psi(\zeta+) \leqq 1.$$

Auszerdem gilt für $\sigma = 1, 2, \ldots$

$$\psi(\gamma_\sigma-) \leqq \psi(\gamma_\sigma) \leqq \psi(\gamma_\sigma+) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Für jeden mit keinem $\gamma_\sigma$ zusammenfallenden Punkt $\gamma$ mit $\psi(\gamma-) = \psi(\gamma+)$ bezeichne ich diesen gemeinsamen Wert mit $\psi(\gamma)$. Die etwaigen mit keinem $\gamma_\sigma$ zusammenfallenden Punkte $\gamma$ mit $\psi(\gamma-) < \psi(\gamma+)$ bilden eine höchstens abzählbar unendliche Menge $\beta_1, \beta_2, \ldots$. Ist diese Menge leer, so ist $\psi(\gamma)$ für jedes $\gamma$ definiert; ich bezeichne dann mit $N'$ die Folge $N$ selbst. Sonst bestimme ich auf dieselbe Art, wie ich oben die Zahlen $a_1, a_2, \ldots$ definiert habe, die Zahlen $\zeta_1, \zeta_2, \ldots$ mit

$$\chi_n(\beta_\varkappa) \to \zeta_\varkappa \qquad (\varkappa = 1, 2, \ldots), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

falls $n$ eine geeignet gewählte Teilfolge $N'$ von $N$ unbeschränkt wachsend durchläuft; ich setze dann

$$\psi(\beta_\varkappa) = \zeta_\varkappa \qquad (\varkappa = 1, 2, \ldots).$$

Ich werde jetzt zeigen, dass die Funktion $\psi(\gamma)$, die nun für jedes $\gamma$ definiert ist, eine Grenzfunktion der Folge $\chi_1(\gamma), \chi_2(\gamma), \ldots$ ist, und dazu werde ich beweisen

$$\chi_n(\gamma) \to \psi(\gamma), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

falls $n$ die genannte Folge $N'$ durchläuft. Diese Beziehung ist wegen (8) und (11) evident, wenn $\gamma$ mit einem $\gamma_\varkappa$ oder mit einem $\beta_\varkappa$ zusammenfällt. Ich darf also annehmen, dasz $\gamma$ mit keinem $\gamma_\varkappa$ zusammenfällt und dasz $\psi(\gamma-) = \psi(\gamma+)$ ist. Der Definition der Funktion $\psi(\gamma)$ gemäsz ist dann

$$\psi(\gamma-) = \psi(\gamma+) = \psi(\gamma). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Für jedes $\gamma_\varrho$ mit $\gamma_\varrho > \gamma$ ist $\chi_n(\gamma) \leqq \chi_n(\gamma_\varrho)$, also wenn $n$ die Folge $N'$ durchläuft

$$\limsup \chi_n(\gamma) \leqq \lim \chi_n(\gamma_\varrho) = a_\varrho = \psi(\gamma_\varrho)$$

wegen (8) und (9). Da die Menge der Punkte $\gamma_\rho$ im Intervall $(-\infty, \infty)$ überall dicht liegt, folgt hieraus, wenn $n$ die Folge $N'$ durchläuft

$$\limsup \chi_n(\gamma) \leqq \psi(\gamma+) = \psi(\gamma).$$

Auf dieselbe Art beweist man, wenn $n$ die Folge $N'$ durchläuft

$$\liminf \chi_n(\gamma) \geqq \psi(\gamma-) = \psi(\gamma).$$

Hiermit ist (12), also der zu beweisende Hilfssatz bewiesen.

*Beweis von Satz 1.*

Für jede natürliche Zahl $x$ ist $\frac{U_\gamma(x)}{x}$ eine monoton-nichtabnehmende Funktion $\geqq 0$ und $\leqq 1$ von $\gamma$, sodasz die Folge $\frac{U_\gamma(1)}{1}, \frac{U_\gamma(2)}{2}, \ldots$ nach dem vorigen Hilfssatz mindestens eine Grenzfunktion besitzt. Diese Grenzfunktion ist eine Verteilungsfunktion von $U$, womit Satz 1 bewiesen ist.

Für den Beweis von Satz 4 brauche ich zwei Hilfssätze.

**Hilfssatz 2:** *Es sei $\lambda(x)$ für jedes positive ganze $x$ definiert, $\geqq 1$ und mit $x$ unbeschränkt wachsend.*

*Sind die Zahlen einer Folge $V$ untereinander verschieden, und ist jede zu $V$ gehörige Zahl Häufungspunkt einer Folge $U$, so enthält $U$ eine Teilfolge $T$, die für jedes $\gamma$ und jedes positive ganze $x$ der Ungleichung*

$$|T_\gamma(x) - V_\gamma(x)| \leqq \lambda(x) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

*genügt.*

**Beweis:** Da $\lambda(x) \geqq 1$ ist und mit $x$ unbeschränkt wächst, gibt es ganze Zahlen $1 = n_1 < n_2 < n_3 < \ldots$, derart dasz für $x \geqq n_\varkappa$ $(\varkappa = 1, 2, \ldots)$

$$\lambda(x) \geqq \varkappa$$

ist. Jede der $n_{\varkappa+1} - n_\varkappa$ Zahlen $v_{n_\varkappa}, v_{n_\varkappa+1}, \ldots, v_{n_{\varkappa+1}-1}$ ist Häufungspunkt der Folge $U$. Diese Folge enthält somit $n_{\varkappa+1} - n_\varkappa$ Zahlen $t_{n_\varkappa}, t_{n_\varkappa+1}, \ldots, t_{n_{\varkappa+1}-1}$ von der Art, dasz aus

$$n_\varkappa \leqq \xi < n_{\varkappa+1}; \quad n_\varkappa \leqq \eta < n_{\varkappa+1}; \quad v_\xi < v_\eta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

folgt:

$$t_\xi < v_\eta \quad \text{und} \quad t_\eta > v_\xi; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

es ist dabei möglich, diese Zahlen so zu wählen, dasz eine in $U$ nur

endlich oft vorkommende Zahl im System $t_1, t_2, \ldots, t_{n_{\gamma+1}-1}$ höchstens einmal vorkommt.

Ich werde zeigen, dasz die so definierten Zahlen $t_1, t_2, \ldots$ eine Folge $T$ mit den verlangten Eigenschaften bilden. Dasz $T$ eine Teilfolge von $U$ ist, ist klar. Jedem ganzen $x > 0$ ordne ich ein $k$ mit $n_k \leqq x < n_{k+1}$ zu. Weil (16) aus (15) folgt, ist für $\varkappa = 1, 2, \ldots$ und für jedes $\gamma$ die Anzahl der $v_\xi < \gamma$ mit $n_\varkappa \leqq \xi < n_{\varkappa+1}$ approximativ gleich der Anzahl der $t_\xi < \gamma$ mit $n_\varkappa \leqq \xi < n_{\varkappa+1}$, und der Fehler ist höchstens gleich Eins. Anwendung mit $\varkappa = 1, 2, \ldots, k-1$ ergibt, dasz die Anzahl der $v_\xi < \gamma$ mit $\xi < n_k$ approximativ gleich der Anzahl der $t_\xi < \gamma$ mit $\xi < n_k$ ist, und dasz der Fehler höchstens gleich $k-1$ ist. Die Anzahl der $v_\xi < \gamma$ mit $n_k \leqq \xi < x$ ist approximativ gleich der Anzahl der $t_\xi < \gamma$ mit $n_k \leqq \xi < x$, und der Fehler ist wiederum höchstens gleich Eins. Folglich ist

$$| T_\gamma(x) - V_\gamma(x) | \leqq (k-1) + 1 = k \leqq \lambda(x)$$

wegen $x \geqq n_k$. Hiermit ist Hilfssatz 2 bewiesen.

**Hilfssatz 3:** *Es sei $\lambda(x)$ für jedes positive ganze $x$ definiert, $\geqq 0$ und mit $x$ unbeschränkt wachsend. Ist $T$ eine Teilfolge einer Folge $U$, so kann $U$ durch Umordnung in eine Folge $W$ übergeführt werden von der Art, dasz für jedes $\gamma$ und jedes positive ganze $x$*

$$| W_\gamma(x) - T_\gamma(x) | \leqq \lambda(x) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

*ist.*

**Beweis:** Es gibt natürliche Zahlen $n_1 < n_2 < n_3 < \ldots$, derart dasz für jedes ganze $x > n_\varkappa$ $(\varkappa = 1, 2, 3, \ldots)$

$$\lambda(x) \geqq \varkappa$$

ist. Werden die Zahlen $t_{n_1+1}, t_{n_2+1}, \ldots$ durch geeignet gewähte Zahlen von $U$ ersetzt, so geht $T$ in eine Folge $W$ über, die durch Umordnung aus $U$ gebildet werden kann. Wird nun jedem positiven ganzen $x$ die ganze Zahl $k \geqq 0$ mit $n_k < x \leqq n_{k+1}$ zugeordnet (hierbei wird $n_0 = 0$ angenommen), so ist

$$| W_\gamma(x) - T_\gamma(x) | \leqq k \leqq \lambda(x)$$

wegen $x > n_k$. Hiermit ist Hilfssatz 3 bewiesen.

*Beweis von Satz 4.*

Für jedes ganze $x \geqq 1$ definiere ich eine mit $x$ unbeschränkt wachsende Funktion $\lambda(x) \geqq 1$ mit $\frac{\lambda(x)}{x} \to 0$ für $x \to \infty$. Sind die Zahlen der Folge $V$ untereinander verschieden, so enthält jede im Intervall $(-\infty, \infty)$ überall dichte Folge $U$ nach Hilfssatz 2 eine Teilfolge $T$ mit (14), und nach

Hilfssatz 3 kann dann $U$ in eine Folge $W$ mit (17) übergeführt werden. Dann ist

$$\left| \frac{W_\gamma(x) - V_\gamma(x)}{x} \right| \leqq \frac{2\,\lambda(x)}{x} \to 0 \quad \text{für} \quad x \to \infty,$$

sodasz $V$ und $W$ dieselben Verteilungsfunktionen besitzen.

Dem Beweis von Satz 6 schicke ich zwei Hilfssätze voran.

**Hilfssatz 4**: *Es gibt eine Folge $W$ aus untereinander verschiedenen positiven Zahlen $< 1$, mit der Eigenschaft, dasz für jedes positive ganze $x$ und für jedes im abgeschlossenen Intervall* (0,1) *liegende $\gamma$*

$$| W_\gamma(x) - \gamma x | < 1 + \frac{\log x}{\log 2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

*ist.*

**Beweis**: Jede natürliche Zahl $x$ läszt sich auf genau eine Art in der Form

$$x = 1 + 2^{h_1} + 2^{h_2} + \ldots + 2^{h_s}$$

schreiben, wo die Exponenten ganze Zahlen mit

$$h_1 > h_2 > \ldots > h_s \geqq 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

bezeichnen. Ich setze dann

$$w_x = 2^{-h_1-1} + 2^{-h_2-1} + \ldots + 2^{-h_s-1} + \tfrac{1}{2}\sqrt{2} - \delta_x,$$

wo $\delta_x = 0$ oder 1 so gewählt wird, dasz $w_x$ positiv und $< 1$ ist:

$$\text{für } x = 1 \text{ ist } s = 0, \text{ also } w_1 = \tfrac{1}{2}\sqrt{2}.$$

Da $x$ durch $w_x$ eindeutig festgelegt ist, sind die Zahlen der Folge $w_1, w_2, \ldots$ untereinander verschieden. Um zu zeigen, dasz diese Folge die verlangten Eigenschaften besitzt, brauche ich also nur noch (18) herzuleiten.

Ich wähle eine natürliche Zahl $\sigma \leqq s$ und betrachte die ganzen Zahlen $\xi$ mit

$$1 + 2^{h_1} + \ldots + 2^{h_\sigma - 1} \leqq \xi < 1 + 2^{h_1} + \ldots + 2^{h_\sigma} \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

Jedes dieser $\xi$ kann auf die Gestalt

$$\xi = 1 + 2^{h_1} + \ldots + 2^{h_\sigma - 1} + 2^{k_1} + \ldots + 2^{k_t}$$

mit

$$h_\sigma > k_1 > k_2 > \ldots > k_t \geqq 0$$

gebracht werden; dabei ist

$$w_\xi - (2^{-h_1-1} + \ldots + 2^{-h_{\sigma-1}-1} + \tfrac{1}{2}\sqrt{2}) = 2^{-k_1-1} + \ldots + 2^{-k_t-1} - \delta_\xi = 2^{-h_\sigma} p_\xi,$$

wo $p_\xi$ eine ganze Zahl bezeichnet. Die Anzahl der Zahlen $w_\xi$ mit (20) ist gleich $2^{h_\sigma}$.

Diese Zahlen $w_\xi$ sind untereinander verschieden, positiv und kleiner als Eins, und für je zwei dieser Zahlen etwa $w_\xi$ und $w_\eta$ ist $2^{h_\sigma}(w_\xi - w_\eta)$ gleich einer ganzen Zahl. Ist $c$ die kleinste der Zahlen $w_\xi$ mit (20), so ist also das System dieser Zahlen $w_\xi$, abgesehen von der Folgenordnung, identisch mit dem System $c + 2^{-h_\sigma} p$, wo $p$ die Reihe $0, 1, \ldots, 2^{h_\sigma} - 1$ durchläuft. Hierbei ist $c < 2^{-h_\sigma}$. Für jedes $\gamma\,(0 \leqq \gamma \leqq 1)$ ist somit die Anzahl der $w_\xi < \gamma$ mit (20) gleich $2^{h_\sigma}\gamma + \theta_\sigma$; hierin ist $\theta_\sigma$ (desgl. $\theta'$ und $\theta$ nachher) absolut $< 1$. Folglich ist

$$W_\gamma(x-1) = \sum_{\sigma=1}^{s} (2^{h_\sigma}\gamma + \theta_\sigma) = (x-1)\gamma + \theta' s,$$

also

$$W_\gamma(x) = x\gamma + \theta(s+1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

Aus (19) folgt, dasz entweder

$$h_1 \geqq s, \quad \text{also} \quad s + 1 \leqq 1 + \frac{\log 2^{h_1}}{\log 2} < 1 + \frac{\log x}{\log 2} \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

ist, oder

$$h_\sigma = s - \sigma \; (\sigma = 1, 2, \ldots, s),$$

also

$$x = 1 + (2^{s-1} + 2^{s-2} + \ldots + 1) = 2^s,$$

somit

$$s + 1 = 1 + \frac{\log x}{\log 2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

Folglich gilt (22) oder (23), so dass die Behauptung aus (21) hervorgeht.

**Hilfssatz 5**: *Ist $\psi(\gamma)$ eine für jedes $\gamma$ definierte monoton-nichtabnehmende Funktion mit*

$$\lim_{\gamma \to -\infty} \psi(\gamma) = 0 \quad \textit{und} \quad \lim_{\gamma \to \infty} \psi(\gamma) = 1, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

*so gibt es eine Folge $V$ untereinander verschiedener Zahlen von der Art, dasz für jedes $\gamma$ und jedes positive ganze $x$*

$$|V_\gamma(x) - x\psi(\gamma)| < 1 + \frac{\log x}{\log 2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

*ist, und $V$ für kein einziges Zahlpaar $\alpha$ und $\beta$ mit $\alpha < \beta$; $\psi(\alpha) = \psi(\beta)$ eine Zahl $v$ mit $\alpha \leqq v < \beta$ enthält.*

**Beweis**: Es sei $W$ die im vorigen Hilfssatz genannte Folge. Für jedes ganze $x > 0$ ist dann $0 < w_x < 1$. Wegen (24) kann diesem $w_x$ die grösste Zahl $v_x$ mit

$$\psi(v_x) = w_x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (26)$$

zugeordnet werden. Ich werde zeigen, dasz die so definierten Zahlen $v_1, v_2, \ldots$ eine Folge $V$ mit den verlangten Eigenschaften bilden.

Die Zahlen $v_x$ sind untereinander verschieden, da aus $v_x = v_y$ wegen (26) und $\psi(v_y) = w_y$ folgen würde: $w_x = w_y$.

Für jedes reelle $\gamma$ und jedes positive ganze $\xi$ mit $v_\xi < \gamma$ ist wegen der Monotonie von $\psi(\gamma)$

$$w_\xi = \psi(v_\xi) \leqq \psi(\gamma).$$

Hieraus folgt $w_\xi < \psi(\gamma)$, da sonst $v_\xi$ nicht die gröszte Zahl mit $\psi(v_\xi) = w_\xi$ wäre.

Umgekehrt gilt für jedes reelle $\gamma$ und jedes positive ganze $\xi$ mit $v_\xi \geqq \gamma$ die Ungleichung

$$w_\xi = \psi(v_\xi) \geqq \psi(\gamma),$$

wiederum wegen der Monotonie von $\psi(\gamma)$.

Hieraus folgt für jedes reelle $\gamma$ und jedes ganze $x > 0$

$$V_\gamma(x) = W_{\psi(\gamma)}(x),$$

sodasz (25) aus dem vorigen Hilfssatz, mit $\psi(\gamma)$ statt $\gamma$ angewendet, folgt.

Sind $\alpha$ und $\beta$ Zahlen mit $\alpha < \beta$ und $\psi(\alpha) = \psi(\beta)$, so enthält $V$ keine Zahl $v_x$ mit $\alpha \leqq v_x < \beta$, da sonst wegen der Monotonie der Funktion $\psi$

$$w_x = \psi(v_x) = \psi(\beta)$$

und also $v_x$ nicht die gröszte Zahl mit (26) wäre.

Hiermit ist Hilfssatz 5 vollständig bewiesen.

*Beweis von Satz 6.*

Es sei $V$ die im vorigen Hilfssatz eingeführte Folge und es sei $U$ die überall dichte Folge von Satz 6.

Jeder zu $V$ gehörige Punkt ist ein Häufungspunkt von $U$. Nach Hilfssatz 2, mit

$$\lambda(x) = 1 + \left(1 - \frac{1}{2 \log 2}\right) \log x$$

angewendet, enthält $U$ dann eine Teilfolge $T$ von der Art, dasz für jedes $\gamma$ und jedes positive ganze $x$

$$|T_\gamma(x) - V_\gamma(x)| \leqq 1 + \left(1 - \frac{1}{2 \log 2}\right) \log x \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

ist. Hilfssatz 3 schlieszlich, mit

$$\lambda(x) = \left(1 - \frac{1}{2 \log 2}\right) \log x$$

angewendet, besagt, dasz $U$ durch Umordnung in eine Folge $W$ mit

$$|W_\gamma(x) - T_\gamma(x)| \leqq \left(1 - \frac{1}{2 \log 2}\right) \log x, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

gültig für jedes $\gamma$ und jedes positive ganze $x$, übergeführt werden kann. Aus (28), (27) und (25) folgt (6), womit Satz 6 bewiesen ist.

*Beweis von Satz 5.*

Dasz die in Satz 5 vorkommende Bedingung notwendig ist, habe ich schon in der Einleitung bewiesen. Es erübrigt sich also nur noch, zu zeigen, dasz sie hinreichend ist. Es sei nun $\varphi_1(\gamma), \varphi_2(\gamma), \ldots$ eine Funktionenfolge mit den drei in Satz 5 genannten Eigenschaften. Für $n = 1, 2, \ldots$ setze ich

$$\begin{aligned} \psi_n(\gamma) &= \varphi_n(\gamma) \text{ im Intervall } -n \leqq \gamma \leqq n, \\ &= 0 \quad \text{im Intervall} \quad \gamma \leqq -2n, \\ &= 1 \quad \text{im Intervall} \quad \gamma \geqq 2n, \\ &\text{linear in den Intervallen } -2n \leqq \gamma \leqq -n \text{ und } n \leqq \gamma \leqq 2n. \end{aligned}$$

Dann ist für jedes $\gamma$

$$\lim_{n \to \infty} (\psi_n(\gamma) - \varphi_n(\gamma)) = 0 \quad \text{und} \quad \lim_{n \to \infty} (\psi_{n+1}(\gamma) - \psi_n(\gamma)) = 0 \quad . \quad (29)$$

wegen (3).

Nach Satz 6 gibt es eine aus untereinander verschiedenen Zahlen bestehende Folge

$$V': \quad v'_1, v'_2, \ldots \quad \text{mit} \quad |V'_\gamma(x) - x\,\psi_1(\gamma)| < 2 + 2 \log x,$$

gültig für jedes $\gamma$ und jedes ganze $x \geqq 1$; hierin ist $V'_\gamma(x)$ (analog im folgenden $V''_\gamma(x), \ldots$) die Anzahl der Zahlen $v'_\xi < \gamma$ mit $\xi \leqq x$.

Wiederum nach Satz 6 gibt es eine aus untereinander verschiedenen Zahlen bestehende und die Zahl $v'_1$ nicht enthaltende Folge

$$V'': \quad v''_1, v''_2, \ldots \quad \text{mit} \quad |V''_\gamma(x) - x\,\psi_2(\gamma)| < 2 + 2 \log x.$$

Allgemein finde ich so für jedes ganze $n \geqq 3$ eine aus untereinander verschiedenen Zahlen bestehende Folge

$$V^{(n)}: \quad v^{(n)}_1, v^{(n)}_2, \ldots \quad \text{mit} \quad |V^{(n)}_\gamma(x) - x\,\psi_n(\gamma)| < 2 + 2 \log x, \quad (30)$$

die keine der Zahlen $v^{(\nu)}_\varrho$ ($\nu = 1, \ldots, n-1$; $\varrho = 1, \ldots, \nu!$) enthält. Ich werde zeigen, dasz $\mathfrak{M}$ die Menge der Verteilungsfunktionen der Folge

$$U: \quad v'_1, v''_1, v''_2, v'''_1, \ldots, v'''_6, \ldots, v^{(n)}_1, \ldots, v^{(n)}_{n!}, \ldots$$

ist. Dasz die Zahlen dieser Folge untereinander verschieden sind, ist klar. Ich unterscheide nun zwei Fälle.

1. Ist $\psi(\gamma)$ irgend eine zu $\mathfrak{M}$ gehörige Funktion, so ist für jedes $\gamma$

$$\varphi_n(\gamma) \to \psi(\gamma), \quad \text{also} \quad \psi_n(\gamma) \to \psi(\gamma) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31)$$

(wegen 29)), wenn die natürliche Zahl $n$ eine geeignet gewählte Folge $N$ unbeschränkt wachsend durchläuft. Wird nun $x = 1! + 2! + \ldots + n!$ gesetzt, so ist

$$V_\gamma^{(n)}(n!) \leqq U_\gamma(x) \leqq V_\gamma^{(n)}(n!) + (1! + 2! + \ldots + (n-1)!),$$

a so

$$\frac{U_\gamma(x) - V_\gamma^{(n)}(n!)}{x} \to 0.$$

Aus (30) (mit $n!$ statt $x$ angewendet) und (31) folgt

$$\frac{V_\gamma^{(n)}(n!)}{n!} \to \psi(\gamma), \text{ also } \frac{V_\gamma^{(n)}(n!)}{x} \to \psi(\gamma), \text{ somit } \frac{U_\gamma(x)}{x} \to \psi(\gamma),$$

wenn $n$ die Folge $N$ unbeschränkt wachsend durchläuft. Die Funktion $\psi(\gamma)$ ist somit eine Verteilungsfunktion von $U$.

2. Es sei $\psi(\gamma)$ eine Verteilungsfunktion von $U$, also

$$\frac{U_\gamma(x)}{x} \to \psi(\gamma), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (32)$$

wenn die natürliche Zahl $x$ eine geeignete Folge $X$ unbeschränkt wachsend durchläuft. Wird jedem $x$ der Folge $X$ die durch die Ungleichungen

$$1! + 2! + \ldots + n! \leqq x < 1! + 2! + \ldots + (n+1)!$$

eindeutig festgelegte natürliche Zahl $n$ zugeordnet, so ist für jedes $\gamma$

$$V_\gamma^{(n)}(n!) + V_\gamma^{(n+1)}(x - n!) \leqq U_\gamma(x)$$

$$\leqq V_\gamma^{(n)}(n!) + V_\gamma^{(n+1)}(x - n!) + 1! + 2! + \ldots + (n-1)!,$$

also wegen (30) (mit $n = n$ und mit $n + 1$ statt $n$ angewendet)

$$|U_\gamma(x) - x\,\psi_n(\gamma) - (x - n!)(\psi_{n+1}(\gamma) - \psi_n(\gamma))|$$

$$\leqq 4 + 4 \log x + 1! + 2! + \ldots + (n-1)!.$$

Durchläuft $x$ die Folge $X$, so folgt hieraus wegen (32) und (29)

$$\psi_n(\gamma) \to \psi(\gamma), \quad \text{also} \quad \varphi_n(\gamma) \to \psi(\gamma)$$

wegen (29), sodasz $\psi(\gamma)$ eine Grenzfunktion der Folge $\varphi_1(\gamma), \varphi_2(\gamma), \ldots$ ist. Hiermit ist Satz 5 vollständig bewiesen.

**Chemistry.** — *Influence of the nature of the membrane and the temperature on the osmotic system of water and oxalic acid.* By F. A. H. SCHREINEMAKERS, Miss J. C. LANZING and C. L. DE VRIES.

(Communicated at the meeting of November 30, 1935).

## § 1. *Introduction.*

1. In the osmotic iso-$p$-complex

$$inv.\ L\ (water)\ |\ L'\ (beg.\ q)\ (X + W) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

viz. an osmotic complex in which the two liquids have the same pressure $p$, there is an invariant liquid consisting of pure water found on the left side of the membrane, which is permeable for all substances. On the right side is a variable liquid $L'$ which at the beginning of the osmosis has the composition $q$; this liquid is saturated with solid $X$ or with a hydrate $X\,.\,nH_2O$ which we shall indicate by the letter $q$; this solid substance, however, is not present in (1). If we leave this complex alone, liquid $L'$ will change its composition and at the end of the osmosis also consist of water only.

As during the entire osmosis no $X$ is present on the left side of the membrane, $X$ will diffuse $\leftarrow$, viz. congruently and positively during the entire osmosis.

Water being present on both sides of the membrane during the entire osmosis, it can during the whole process diffuse $\rightarrow$, viz. congruently and positively, or $\leftarrow 0^*$, viz. incongruently and negatively, or first in the one and afterwards in the other direction.

The moment the direction of the $W$-diffusion changes, the variable liquid $L'$ is in its $W$-stopping point; for this liquid then does not take in water, neither does it give off water; its $W$-amount, however, does change at this moment, as this liquid $L'$ gives off $X$ to liquid $L$.

2. In the osmotic iso-$p$-complex

$$L\ (beg.\ water)\ |\ inv.\ L'\ (q)\ (X + W) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

the left side liquid is variable and at the beginning of the osmosis it consists of pure water; the right side liquid is invariant and consists of the solution $q$ discussed above; during the osmosis we can easily keep it invariant by adding solid $X$ or $X\,.\,nH_2O$. If we leave this complex alone, liquid $L$ will now change its composition and at the end of the osmosis get the composition $q$ of the invariant liquid.

Of course, the substance $X$ must diffuse $\leftarrow$ at the beginning of the

osmosis and this may continue during the entire osmosis; as soon as liquid $L$ has got a certain $X$-amount, however, it is also possible that the direction of the $X$-diffusion changes; at the moment of this change of direction the variable liquid $L$ is in its $X$-stopping-point.

As during the entire osmosis there is water on both sides of the membrane, the same rules as sub 1. obtain for the possible directions of the $W$-diffusion. We have to bear in mind here, however, that $X \rightarrow 0^*$ and $W \leftarrow 0^*$ are not possible at the same time, viz. that they cannot both pass through the membrane incongruently and negatively.

3. We are now able to divide the binary systems into different groups or types according to the directions in which $X$ and $W$ move in the complexes (1) and (2) during the osmosis; all the systems investigated until now in the Leiden Laboratory belong to one of the types we have called I, IIa, II*b*, and IIc. In each of these types the substance $X$ diffuses $\leftarrow$ during the entire osmosis; as has been indicated in table I, they may be distinguished however by the direction of the $W$-diffusion.

In the first column of this table we find the type to which the system belongs; in columns 2 and 3 the arrows indicate the directions in which during the osmosis the water diffuses in the osmotic complexes (1) and (2) respectively.

TABLE I.

Direction of the $W$-diffusion.

| Type | inv. $L$ ($W$) \| $L'$ (beg. $q$) | $L$ (beg. $W$) \| inv. $L'$ ($q$) |
|---|---|---|
| I | $\longrightarrow$ | $\longrightarrow$ |
| IIa | $\longleftarrow 0^*$ | $\longleftarrow 0^*$ |
| II*b* | $\longleftarrow 0^*$ | $\longleftarrow 0^* \quad \longrightarrow$ |
| IIc | $\longrightarrow \quad \longleftarrow 0^*$ | $\longrightarrow$ |

When there is one arrow only, the water diffuses in the direction indicated during the entire osmosis; when there are two arrows the water diffuses first in the direction of the first arrow and afterwards in the direction of the second, then the variable liquid has a $W$-stopping-point [1]) as in complex (2) of type II*b* and in complex (1) of type IIc.

It is clear now that it does not only depend upon the nature of the membrane $M$ but also upon the temperature $T$ to which type a given system belongs. In the system oxalic acid + water the osmosis proceeds according

[1]) For a survey of the systems belonging to types I, II*b* and IIc and the influence of the membrane cf. F. A. H. SCHREINEMAKERS, Rec. Trav. Chim. Pays Bas **51**, 218 (1932); Miss J. C. LANZING, Dissertation Leiden, 1933.

to type I when $M$ = cellophan and $T$ = c. 20°, according to type II*a* when $M$ = pig's bladder and $T = 0°$, and according to type II*b* when $M$ = pig's bladder and $T$ = c. 20°.

### § 2. *The osmotic system Oxalic acid + water; $M$ = cellophan, $T$ = c. 20°.*

1. In the osmotic complex

$$inv.\ L\,(W)\,|\,L'\,(beg.\ q = 8.686\ \%\ Ox.\ acid) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

in which $M$ = cellophan and $T$ = c. 20°, the variable liquid $L'$ contains 8.686 % of Oxalic acid at the beginning of the osmosis, so that it is about saturated with the hydrate $H_2C_2O_4 . 2H_2O$.

It now appeared from the determination [2]) that the amount of Oxalic acid of this variable liquid decreased continuously during the osmosis and had after 274 hours dropped already to 0.093 %. It appeared besides that during the entire osmosis the Oxalic acid had diffused ← and the water →, consequently according to the D.T.

$$\leftarrow Ox.\ acid \rightarrow Water \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

in which both substances pass through the membrane congruently.

2. In the osmotic complex

$$L\,(beg.\ water)\,|\,inv.\ L'\,(q)\,(Ox.\ acid + W) + Ox.\ ac.\ 2\,H_2O \quad . \quad (5)$$

the hydrate Ox. acid $2H_2O$ is also present on the right side of the membrane, so that liquid $L'$ is saturated with this hydrate.

It now appeared [3]) that the amount of Ox. acid of the variable liquid $L$, consisting of pure water at the beginning of the osmosis, increased continuously and had already risen to 8.308 % after 470 hours. It appeared besides that during the entire osmosis the Oxalic acid and the water diffused in the same direction as sub 1.

3. As in both complexes the water diffuses → during the entire osmosis, this system consequently belongs to type I.

### § 3. *The osmotic system Oxalic acid + water; $M$ = pig's bladder, $T$ = 0°.*

1. In the osmotic complex

$$inv.\ L\,(W)\,|\,L'\,(beg.\ q = 3.476\ \%\ Ox.\ acid) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

in which $M$ = pig's bladder and $T = 0°$, at the beginning of the osmosis the variable liquid $L'$ contains 3.476 % of Ox. acid, so that it is about saturated with the hydrate Ox. acid. $2H_2O$.

The data for this osmosis are found in table II; in the first column we find the number of the successive determinations, in column 2 the time,

---

[2]) and [3]) Miss J. C. LANZING l.c.

viz. the number of hours passed after the beginning of the osmosis; owing to accidental circumstances, however, this time should be considered as an approximination only. In columns 3 and 4 we find the number of grams of Ox. acid and of water respectively, which have diffused between 2 successive determinations; the arrows indicate the direction in which these substances have passed through the membrane; in column 5 we find the composition of the variable liquid $L'$.

TABLE II. $T = 0°$.

| No. | $t$ in hours | Diffused | | % Ox. ac. of the var. liq. $L'$ |
|---|---|---|---|---|
| | | gm. Ox. ac. | gm. Water | |
| | | ← | ← 0 * | |
| 1 | 0 | | | 3.476 |
| 2 | 18 | 0.381 | 1.667 | 3.389 |
| 3 | 55 | 1.798 | 7.235 | 2.957 |
| 4 | 100 | 1.887 | 8.663 | 2.476 |
| 5 | 150 | 0.181 | 1.041 | 2.429 |
| 6 | 213 | 0.982 | 5.227 | 2.160 |
| 7 | 306 | 2.526 | 14.846 | 1.403 |
| 8 | 399 | 1.492 | 10 660 | 0.903 |
| 9 | 492 | 0.848 | 7.556 | 0.588 |
| 10 | 609 | 0.644 | 5.938 | 0.322 |
| 11 | 870 | 0.613 | 3.117 | 0.035 |

It appears from this table that the amount of Ox. acid of this variable liquid decreased continuously during the osmosis and had dropped to 0.035 % after 870 hours. Further it appears that during the entire osmosis the Ox. acid had diffused ←, viz. congruently and positively, and the water also ← 0*, but consequently incongruently and negatively; the water namely passes from the solution towards the pure water. So in this complex the osmosis proceeds according to the mixed D.T.

$$\leftarrow Ox.\ acid \qquad \leftarrow 0 * Water \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

From this table can among other things also be deduced that after 870 hours 11.356 gms of Ox. acid and 65.954 gms of water had diffused towards the left.

2. In the osmotic complex

$$L\,(beg.\ water)\,|\,inv.\ L'\,(q)\,(Ox.\ ac. + W) + Ox.\ ac.\ 2\,H_2O\ . \quad . \quad (8)$$

the amount of Oxalic acid in the variable liquid $L$, consisting of pure water at the beginning of the osmosis, increased continuously and had already risen to 3.362 % after 951 hours.

The data for this osmosis are found in table III, which is arranged in the same way as table II; the composition of the variable liquid $L$, however, is here indicated in column 3.

It appears from the direction of the arrows that during the entire osmosis both substances diffuse in the same direction as was the case in complex (6), viz. according to the D.T. (7). From this table may be deduced as well that after 951 hours 10.197 gms of Ox. acid and 12.567 gms of water had diffused towards the left.

3. As during the entire osmosis the water diffuses $\leftarrow 0^*$ in both complexes, this system consequently belongs to type IIa.

### § 4. *The osmotic system Oxalic acid + water: $M$ = pig's bladder, $T$ = c. 20°.*

1. In the osmotic complex

$$inv.\ L\,(W)\,|\,L'\ (beg.\ q = 8.077\ \%\ of\ Ox.\ ac.) \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

in which, as in the complex of § 3, $M$ = pig's bladder but now $T$ = c. 20°, the variable liquid $L'$ contained 8.077 % of Ox. acid at the beginning of the osmosis.

TABLE III. $T = 0°$.

| No. | $t$ in hours | % Ox. ac. of the var. liq. $L$ | Diffused | |
|---|---|---|---|---|
| | | | gm. Ox. ac. | gm. Water |
| | | | ← | ← 0 * |
| 1 | 0 | 0 | | |
| 2 | 26 | 0.437 | 1.455 | 2.466 |
| 3 | 48 | 0.759 | 1.028 | 1.616 |
| 4 | 89.5 | 1.247 | 1.535 | 2.146 |
| 5 | 137.5 | 1 648 | 1.252 | 1.663 |
| 6 | 203 | 2.030 | 1.156 | 1.084 |
| 7 | 253 | 2.328 | 0.875 | 0.808 |
| 8 | 319 | 2.640 | 0.895 | 0.784 |
| 9 | 408 | 2.930 | 0.823 | 0.651 |
| 10 | 502 | 3.101 | 0.482 | 0.535 |
| 11 | 619 | 3.217 | 0.324 | 0.535 |
| 12 | 781 | 3.309 | 0.240 | 0.092 |
| 13 | 951 | 3.362 | 0.132 | 0.187 |

It appeared from the determinations [4]) that the amount of Ox. acid in the variable liquid $L'$ had after 190 hours already dropped to 0.024 % and that the osmosis took place according to the D.T.

$$\leftarrow Ox.\ acid \quad \leftarrow 0 * Water \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

So during the entire osmosis the Oxalic acid passes through the membrane congruently and positively, the water, however, incongruently and negatively.

2. The variable liquid $L$ of the osmotic complex

$$L\,(be_J.\ Water)\,|\,inv.\ L'\,(q)\,(Ox.\ ac. + W) + Ox.\ ac.\ 2\,H_2O \quad . \quad (11)$$

consisting of pure water at the beginning of the osmosis, contained 8.342 % of Ox. acid after 637 hours; it appeared besides [5]) that the osmosis had taken place during the first 57 hours according to the D.T.

$$\leftarrow Ox.\ ac. \quad \leftarrow 0 * Water \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

and afterwards according to the D.T.

$$\leftarrow Ox.\ ac. \quad \rightarrow Water \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

So the variable liquid $L$ of complex (11) has a $W$-stopping-point at a certain moment of the osmosis and then contains c. 5 % of Ox. acid.

3. As in complex (9) during the entire osmosis the water passes through the membrane $\leftarrow 0^*$ and in complex (11) first $\leftarrow 0^*$ and afterwards $\rightarrow$, this system must belong to type II*b*.

## § 5. *Some considerations.*

It appears from the above that the nature of the membrane can influence the type to which an osmotic system belongs. A system of water + Oxalic acid and $T$ = c. 20°, namely, belongs to type I with $M$ = cellophan (§ 2) and to type II*b* with $M$ = pig's bladder (§ 4).

The same thing is shown also by the osmotic systems water + succinic acid [6]) and water + tartaric acid [7]), for the first belongs to type I with $M$ = cellophan or parchment and the second with $M$ = cellophan; however, with $M$ = pig's bladder both belong to type II*c*.

The nature of the membrane, however, can also influence the process of an osmosis without necessarily changing the type of the system. This appears e.g. from the system water + tartaric acid, which belongs to

---

[4]) Miss J. C. LANZING l.c.

[5]) Miss J. C. LANZING l.c.

[6]) Miss J. C. LANZING l.c.

[7]) J. P. WERRE, Dissertation, Leiden. F. A. H. SCHREINEMAKERS and J. P. WERRE: These Proceedings **35**, 42, 162 and 477 (1932).

type IIc with $M$ = pig's bladder, as has already been said above; consequently in the osmotic complex

$$inv.\ L\,(W)\,|\,L'\,(beg.\ q)\,(W + tart.\ ac.) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

the water will during the osmosis diffuse first $\rightarrow$ and afterwards $\leftarrow 0^*$, so that the variable liquid $L'$ has a $W$-stopping-point.

The amount of tartaric acid of the liquid with the $W$-stopping-point depends, however, upon the nature of the bladder used; three determinations gave for it c. 21, 17 and 14 %. With a membrane consisting of a layer of cellophan and a layer of pig's bladder [8]) and on turning the first layer towards the var. liq. $L'$, this $W$-stopping-point was situated lower, viz. at c. 10 % of tartaric acid.

2. It appears from § 3 and § 4 that the osmotic system of water + Oxalic acid with $M$ = pig's bladder has a different type at 0° and 20°; at 20° this system, namely, belongs to type II*b*, so that in the osmotic complex

$$L\,(beg.\ W)\,|\,inv.\ L'\,(q)\,(W + Ox.\ ac.) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

the water diffuses at first $\leftarrow 0^*$ and later on $\rightarrow$; the variable liquid $L$, namely, has a $W$-stopping-point at c. 5 % of Ox. ac. (4). At 0°, however, this system belongs to type II*a*, so that in complex (15) the water diffuses $\leftarrow 0^*$ during the entire osmosis.

The $W$-stopping-point occurring at 20° has consequently disappeared at 0°.

Perhaps this would make us think that a fundamental difference exists between the process of the osmosis at 20° and that at 0°. However, this is not the case, for we have to bear in mind here that several factors play a part, viz. the influence of the temperature upon:

a. the composition of the saturated solution $L'(q)$;
*b*. the amount of Oxalic acid of the $W$-stopping-point of the variable liquid $L$.
c. the nature of the membrane.

As liquid $L'(q)$ contains c. 8.7 % of Oxalic acid at 20°, the variable liquid $L$ will consequently at 20° have all concentrations from 0 % to 8.7 % of Oxalic acid.

The $W$-stopping-point of this liquid $L$ being situated at c. 5 %, it follows for the $W$-movement

$$\text{from } 0\,\%_0 \text{ to } 5\,\%_0 \text{ of } Oxalic\ acid \leftarrow 0 * W. \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

$$\text{from } 5\,\%_0 \text{ to } 8.7\,\%_0 \text{ of } Oxalic\ acid \rightarrow W \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

As, however, liquid $L'(q)$ at 0° contains only c. 3,5 % of Oxalic acid, the variable liquid now passes through all concentrations from 0 % to 3,5 % of Oxalic acid. Since the factors *b* and *c* have no influence on the

[8]) F. A. H. SCHREINEMAKERS and H. A. SCHREINEMACHERS: These Proceedings **36**, 634 (1933).

amount of Ox. ac. of the $W$-stopping-point, it will be clear that this has disappeared at 0°, so that the water will only diffuse according to (16), viz. $\leftarrow 0^*$.

The same rule obtains also when the factors mentioned sub $b$ and $c$ are active, provided the amount of Oxalic acid of the $W$-stopping-point does not drop below 3,5 %.

Of course, this $W$-stopping-point would exist at 0°, but only in metastable state; we might find it, if it would be possible to substitute for the inv. liquid $L'(q)$ of complex (15) an invariant supersaturated solution with a sufficiently high amount of Oxalic acid. One of us will refer to this later on.

*Schaarsbergen,*
*Batavia.*

*Leiden, Lab. of Inorg. Chemistry.*

---

**Botany.** — *The Chemical Nature of Some Growth Hormones as determined by the Diffusion Method.* By A. N. J. HEYN. (Communicated by Prof. G. VAN ITERSON JR.)

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

KÖGL, HAAGEN SMIT and ERXLEBEN about a year ago described a growth hormone of the same activity as auxin, which was present in urine and was also produced by certain fungi and which proved to be identical with $\beta$-indolyl acetic acid ("hetero-auxin").

Many different chemical substances have been found in the last year which are also active in influencing cell elongation (KÖGL and KOSTERMANS, 1935; THIMANN, 1935; HAAGEN SMIT and WENT, 1935).

An investigation, on the other hand, of the chemical nature of the different growth substances, which may be obtained from different plants and different parts of the plant, has not yet been undertaken (with the exception of the hormone of the coleoptile tip of Avena and the hormone produced by some fungi).

The results of such investigations are now given for the hormone of root tips and the hormone of the regenerated tip of the Avena coleoptile, which data appeared to be of particular interest.

## *Method.*

It was impossible to obtain large quantities of the hormone to be investigated and in the case of the hormone of the regenerated tip even very small quantities only were obtained. The only way of identification,

therefore, consisted in the determination of the diffusion coefficient after the method of GRAHAM (1861), as applied by WENT (1928) to the growth hormone of Avena. Of course, an absolute identification of the hormone by means of the diffusion method alone is not possible. It would moreover not be possible to detect very small differences in molecular weight (such as with auxin *a* and *b*). On the other hand the method proved to be sufficiently accurate to distinguish between auxin and $\beta$-indolyl acetic acid; and new hormones might be very well detected by its use.

It was first applied WENT (1928) to the growth hormone of Avena coleoptiles. The method consists in the diffusion of the hormone through a set of slices of agar placed on each other. After a certain time the concentration of the hormone, in each agar slice, is determined by its action on the plant.

STEFAN (1879) has given tables (modified later on by KAWALKI, 1894) which enable us to calculate the diffusion coefficient from such measurements. The part of the table, used in our investigations is represented below.

TABLE 1.

| $x = \frac{h^2}{4Dt}$ | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 0.0784 | 1935 | 2265 | 2735 | 3068 |
| 0.0900 | 1772 | 2194 | 2799 | 3233 |
| 0.1024 | 1607 | 2121 | 2866 | 3404 |
| 0.1156 | 1440 | 2048 | 2934 | 3576 |
| 0.1296 | 1284 | 1972 | 2994 | 3751 |
| 0.1444 | 1135 | 1896 | 3049 | 3921 |
| 0.1600 | 996 | 1816 | 3097 | 4088 |

This table deals with diffusion over four layers. From the relative concentrations of each of the four layers (in this case agar slices) determined by experiment (the total concentration being 10.000) the value of $\frac{h^2}{4Dt}$ may be found in this table. $h$ is the thickness of each layer in cm; in this instance agar slices of 0.088 cm thickness (and $6 \times 8$ mm surface) were used; $t$ is the diffusion time in days, a time of 55 minutes, $t$ being therefore $\frac{55}{1440}$ proving most suitable. $D$ is the diffusion coefficient to be determined. The temperature was maintained at 22° C. in all experiments.

The interpolation formulae of BRUINS (1922) were not used because of the less accurate determination of concentration by the biological method. The values of $\frac{h^2}{4Dt}$ were determined by linear interpolation. $h$ and $t$ being

constant in our experiments, the value of $x = \frac{h^2}{4Dt}$ may be directly used in identifying the substance.

The molecular weight of auxin a is 328; and according to THOVERT and ÖHOLM (1912) a diffusion coefficient (at 22°) may be calculated from this value of $\frac{7.0 \times 1.07}{\sqrt{328}} = 0.416$ and hence a value of

$$\frac{0.088^2 \times 1440}{4 \times 0.416 \times 55} = 0.1210 \text{ for } \frac{h^2}{4Dt}.$$

In the same way a theoretical value (at 22°) of $D_{22} = 0.566$ and $\frac{h^2}{4Dt} = 0.087$ may be calculated for $\beta$-indolyl acetic acid, the molecular weight being 175.

In carrying out the experiments special attention has to be given to the following points. The slices of agar must have a constant and accurately determined thickness; all superfluous water and air bubbles between the slices must be avoided; the determination of the concentration of the growth hormone must be carried out most carefully, as may be understood from the following.

In the case of auxin the concentration in the 4th agar slice is about $^1/_3$ of the concentration of the first one and in the case of $\beta$-indolyl acetic acid $= ½$ its concentration (for the diffusion time and thickness used as most suitable in our experiments). The greatest possible angle of curvature of the reaction plants (limit angle) was $\pm 15°$; hence the largest curvature produced by the concentration of the 4th agar slice may be 5° in the case of auxin and 7° in the case of $\beta$-indolyl acetic acid, as otherwise the concentration of the first slice would be too large for direct determination.

The reaction plants, therefore, have to be very reactive, to give curvatures even with low concentrations of the hormone. It proved to be of advantage to use plants that had been decapitated three times before affixing the blocks of agar containing the hormone, the interval of time between each decapitation being 2 hours and the last decapitation taking place just before the blocks are applied. In this way all growth substance still present in the plants was removed and the plants were therefore very reactive.

In other studies and with other seed material it may, of course, be found more convenient to decapitate more or less often and at other time intervals.

The determination of the concentration in the 4 separate agar slices was always carried out at the same time (60 reaction plants being used for the determination of one coefficient). An analysis of the original concentration was also made. In all experiments the sum of concentrations in the 4 slices after diffusion was equal to the original concentration in the first agar slice.

As the plant material was always cultivated under constant conditions

and used at the same stage and always in the same way, the different experiments are also fully comparable with each other.

*The diffusion coefficients of the growth hormone of coleoptiles of Avena and of β-indolyl acetic acid.*

The determination of the diffusion coefficient of the substance to be investigated was always carried out together with a determination of the coefficient for auxin or β-indolyl acetic acid or for both substances.

KÖGL and HAAGEN SMIT (1934) describe the determination of the molecular weight of the hormone from coleoptile tips of corn by the same method and in comparison with β-indolyl acetic acid. From these investigations and from the behaviour of the substance with acids and alkalis they conclude that the substance produced by those coleoptiles is auxin. Our data are in free agreement with their results.

The sets of 60 reaction plants of each determination were treated 15 minutes after each other. Auxin was obtained from coleoptile tips of Avena by setting 20 tips on agar slices of $0.88 \times 6 \times 8\,mm^3$ for 3 hours. The concentration was found to be equivalent to 30°, which means that after dilution of the hormone by diffusion through two slices the curvature obtained from one agar block ($^1/_{12}$ of the slice) was 15°.

The values determined experimentally for $x = \frac{h^2}{4Dt}$ and for the diffusion coefficient at 22° C. ($D_{22}$) are:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $x$ : | 0.1321 | 0.1254 | 0.1237 | 0.1156 | Mean **0.1242** |
| $D_{22}$: | 0.384 | 0.404 | 0.410 | 0.439 | Mean **0.409** |

which agree quite well with the theoretical values of $x = 0.1210$ and $D_{22} = 0.416$. See table 2.

β-indolyl acetic acid [1]) was used in a concentration of 0.125 mgr. per litre. The agar slices were placed in the solution and reached the same concentration after some hours. Here also the concentration was equivalent to a curvature of 30°.

The following values for $x$ and $D_{22}$ were determined:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x$ : | 0.0888 | 0.0878 | 0.0968 | 0.1049? | 0.0942 | 0.0903 | Mean **0.0938** |
| $D_{22}$: | 0.1571 | 0.577 | 0.524 | 0.483? | 0.538 | 0.561 | Mean **0.561** |

which also agree sufficiently well with the theoretical values of 0.0887 and 0.566 (There is probably an error in the 4th determination).

The different values given by the two substances and the small deviations from the mean value in each series of experiments quite clearly distinguish between auxin and β-indolyl acetic acid.

---

[1]) Obtained by the courtesy of Prof. F. KÖGL and Dr. A. J. HAAGEN SMIT.

TABLE 2.

| Auxin ($D_{22}$ theor.: 0.416; $x$ theor. = 0.1210) | | | Root | | | $\beta$-indolyl acetic acid ($D_{22}$ theor.: 0.566; $x$ theor.: 0.0887) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| abs. | rel. | $X$ | abs. | rel. | $X$ | abs. | rel. | $X$ |
| 10.5 | 3723 | 0.1274 | 10.9 | 3733 | 0.1282 | 7.7 | 3195 | 0.0874 |
| 8.5 | 3014 | 0.1350 | 9.0 | 3082 | 0.1544 | 7.0 | 2904 | 0.1090 |
| 5.5 | 1950 | 0.1340 | 5.4[5] | 1867 | 0.1502 | 5.5 | 2282 | 0.0770 |
| 3.7 | 1312 | 0.1321 | 3.9 | 1397 | 0.1120 | 3.9 | 1618 | 0.1033 |
| 1) $D=0.384$ | | **0.1321** | 2) $D=0.372$ | | **0.1362** | 3) $D=0.538$ | | **0.0942** |
| 9.6 | 3530 | 0.1120 | 10.7 | 3652 | 0.1226 | 11.2 | 3250 | 0.0912 |
| 8.3 | 3052 | 0.1450 | 8.8 | 3000 | 0.1310 | 10.2 | 3000? | 0.1300? |
| 5.3 | 1950 | 0.1256 | 6.2 | 2116 | 0.1034 | 7.4 | 2209 | 0.0886 |
| 4.0 | 1470 | 0.1132 | 3.6 | 1228 | 0.1352 | 5.0[5] | 1500 | 0.1100 |
| 4) $D=0.410$ | | **0.1237** | 5) $D=0.412$ | | **0.1230** | 6) $D=0.483?$ | | **0.1049?** |
| | | | Mean $D=0.391$ | | | | | |
| | | | Reg. tip | | | | | |
| | | | 7.0 | 3518 | 0.1112 | 8.9 | 3123 | 0.0823 |
| | | | 5.9 | 2965 | 0.1252 | 8.0 | 2807 | 0.0916 |
| | | | 4.1 | 2060 | 0.1134 | 6.1 | 2140 | 0.0992 |
| | | | 2.9 | 1460 | 0.1140 | 5.5 | 1930 | 0.0780 |
| | | | 7) $D=0.428$ | | **0.1184** | 8) $D=0.577$ | | **0.0878** |
| 10.9 | 3494 | 0.1693 | 5.7 | 3393 | 0.1016 | 8.3 | 3040 | 0.0764 |
| 9.6 | 3077 | 0.1535 | 5.1 | 3036 | 0.1404 | 7.8 | 2857 | 0.1006 |
| 6.3 | 2022 | 0.1204 | 3.6 | 2143 | 0.0987 | 5.8[5] | 2124 | 0.1019 |
| 4.4 | 1410 | 0.1182 | 2.4 | 1428 | 0.1174 | 5.4 | 1977 | 0.0766 |
| 9) $D=0.404$ | | **0.1254** | 10) $D=0.443$ | | **0.1143** | 11) $D=0.571$ | | **0.0888** |
| 10.7 | 3408 | 0.1027 | 5.6 | 3710 | 0.1260 | 10.3 | 3290 | 0.0941 |
| 9.5 | 3025 | 0.1371 | 4.4 | 2913 | 0.1113 | 9.0 | 2875 | 0.1005 |
| 6.5 | 2070 | 0.1116 | 3.2 | 2119 | 0.1026 | 6.8 | 2172 | 0.0934 |
| 4.7 | 1500 | 0.1109 | 1.9 | 1258 | 0.1322 | 5.2 | 1661 | 0.0994 |
| 12) $D=0.439$ | | **0.1156** | 13) $D=0.430$ | | **0.1180** | 14) $D=0.524$ | | **0.0968** |
| | | | Mean $D=0.434$ | | | | | |
| | | | Sporangioph. Phycomyces | | | | | |
| | | | 12.6 | 3111 | 0.0816 | 9.6 | 3179 | 0.0862 |
| | | | 11.5 | 2840 | 0.0975 | 8.6 | 2847 | 0.0989 |
| | | | 9.5 | 2345 | 0.0670 | 7.0 | 2317 | 0.0697 |
| | | | 6.9 | 1706 | 0.0856 | 5.0 | 1656 | 0.1064 |
| | | | 15) $D=0.611$ | | **0.0829** | 16) $D=0.561$ | | **0.0903** |
| | | | Mean $D=0.409$ | | | Mean $D=0.561$ | | |

$D$ calculated for 22° C.
No. 2 and 3; 5 and 6; 9 and 10; 12, 13 and 14; 15 and 16 simultaneously determined.

*The diffusion coefficient of the growth hormone of root tips of Vicia Faba.*

Very little work has been done up to the present time on the growth hormone of roots. BOYSEN JENSEN (1933) first succeeded in isolating growth substance from root tips. The tips were placed on agar containing 3 % of glucose or other substances. In this way it was possible to obtain the hormone, which previous investigators, working with pure agar, had not been able to do.

THIMANN (1934) recently published results which, as he claimed, demonstrated that cut-off tips of roots do not produce growth substance in the way of coleoptile tips of Avena. According to this author, namely, the amount of growth substance which may be obtained from root tips by extracting with chloroform would never be less than the amount obtainable by diffusion into agar.

BOYSEN JENSEN (1934) furthermore showed that in root tips the distribution of the hormone is influenced by gravity in the same manner as in shoots. The gravitation curvature in the opposite direction in roots as compared to shoots might be explained as some reversed action of the hormone, decreasing the rate of elongation. This would be in accordance with the views of certain investigators. CZAJA (1935), however, recently suggested that there might be two opposite currents of hormone in the roots, each itself increasing cell elongation but inhibiting the action of the other.

KÖGL and HAAGEN SMIT (1934) finally showed that pure auxin a reduces the growth in length of roots when they are completely immerged in a solution of the substance.

These observations on the growth substance of roots, behaving differently from that in shoots in that it diffuses only into agar which contains sugar, and in the phenomena described by THIMANN, and also the theories of the mechanism of its action in roots, suggested to us that we should first of all investigate the nature of the hormone in roots.

The hormone was obtained from roots by grinding and extracting 200 tips of 4 mm length (from roots of 5—8 cm length) with renewed amounts of peroxide-free ether after addition of a few cc 0.1 N. hydrochloric acid (Method of THIMANN). The ether was evaporated and the residue dissolved in 0.5 cc water. Slices of agar were placed in this solution and after some hours their concentration proved to be equivalent to a curvature of 28°.

It proved impossible to use the hormone obtained by diffusion into agar containing sugar. The sugar in some way influences the normal diffusion, and no consistent results were obtained. This also occurred with the hormone of coleoptile tips in agar containing sugar. It may, furthermore, be pointed out here that we were able to obtain the hormone of roots when using pure agar. By the method of analysis described above a

curvature of 8° was obtained from 1 tip placed on agar for 3 hours. With agar containing sugar, under the same conditions, the curvature amounted to 22°.

The values obtained with the ether extract of root tips are:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $x$ : | 0.1230 | 0.1362 | Mean **0.1296** |
| $D_{22}$: | 0.412 | 0.372 | Mean **0.391** |

which values agree quite well with those obtained with auxin from coleoptile tips and it may be concluded that the hormone is almost certainly identical with ordinary auxin.

*The diffusion coefficient of the hormone of the regenerated tip of the coleoptile of Avena.*

It is well known that the rate of elongation of Avena coleoptiles rapidly decreases after decapitation, reaches a minimum, and afterwards again increases.

The phenomenon has been described by different authors: ROTHERT (1896), SÖDING (1925 and 1929), DOLK (1926), HEYN (1930 and 1931), TSI TUNG LI (1933). The minimum is reached about 2½—3 hours after decapitation. The last named author showed that its position depends on temperature and the length of the tip cut off.

ROTHERT (1896) was the first author to study the phenomenon and he speaks of "regeneration of a physiological tip" (p. 204). The increase in the growth rate after the minimum has been related by the later investigators to the renewed production of growth substance by the upper cells of the stem near the cut surface. SÖDING and DOLK produced evidence in favour of this assumption by showing the growth-accelerating influence of cut-off regenerated tips placed on freshly decapitated colcoptiles. The growth hormone, however, had not yet been isolated.

It was supposed by Prof. V. J. KONINGSBERGER that the regeneration of the tip might be due to the decomposition of proteins in the upper cells of the cut stem, which might result in the production of indolyl acetic acid, and he therefore suggested to investigate the nature of the hormone. On the other hand, in case that ordinary auxin would prove to be produced by the regenerated tip, this knowledge might be of theoretical value in connection with the study of the process of the production of auxin by the cell.

It proved to be possible to collect growth substance from regenerated tips of 2 mm length three hours after regeneration by putting them on agar slices. From 30 cylinders, which remained for 3 hours on agar (6 × 8 × 0.9 mm), a maximum concentration could be obtained equivalent to a curvature of 20°. This was just sufficient for a diffusion experiment. In less than 3 hours after decapitation only very little growth substance can be obtained from the "regenerating" tips and the concentration of the hormone is also

smaller if the cylinders stay on agar for longer than 3 hours, the hormone probably being inactivated in some way. In cut-off cylinders regeneration was found not to take place, which fact may be of interest in the study of the production of auxin.

The following values were found with this hormone:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $x$ : | 0.1143 | 0.1180 | 0.1184 | Mean **0.1165** |
| $D_{22}$: | 0.443 | 0.430 | 0.428 | Mean **0.434** |

In comparison with the values of auxin, determined simultaneously (0.1254 and 0.1156), it is therefore very probable that the growth substance of the regenerated tip is identical with ordinary auxin.

A previous experiment with the hormone from the sporangiophore of Phycomyces nitens, after extraction with ether, gave $x = 0.0829$ (simultaneously analysed indolyl acetic acid 0.0903) and $D_{22} = 0.611$ (indolyl acetic acid 0.561), pointing to indolyl acetic acid. KÖGL and KOSTERMANS (1934) found the same for the substance excreted into the culture solution by Rhiozopus and Aspergillus mycelia.

## LITERATURE CITED.


BOYSEN JENSEN, P. (1933) Planta **19**, 345.
BRUINS, H. R. (1922) Diss. Utrecht.
CZAJA, A. TH. (1935) Ber. d.d. bot. Ges. **53**, 197 and 221.
DOLK, H. E. (1926) Proc. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam **29**, 1113.
GRAHAM (1861) Phil. Transact. **151**, 138.
KAWALKI, W. (1894) Ann. d. Phys. und Chem. **52**, 166.
KÖGL, F., HAAGEN SMIT, A. J. and ERXLEBEN, H. (1934) Zs. f. Phys. Chem. **228**, 90 and 104.
KÖGL, F., ERXLEBEN, H. and HAAGEN SMIT, A. J. (1934) ibid. **225**, 215.
KÖGL, F., and KOSTERMANS, D. G. F. R. (1934) ibid. **228**, 113.
HAAGEN SMIT, A. J. and WENT, F. W. (1935) Proc. Kon. Akad. v. Wet. **38**, 852.
HEYN, A. N. J. (1930) Proc. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam **33**, 1045.
——— (1931) Rec. trav. bot. néerl. **28**, 113.
——— (1935) in Abderhalden's Handb. d. biol. Arbeitsmeth. Abt. V Teil 3/B.
NIELSEN, N. (1930) Jahrb. f. wiss. Bot. **73**, 125.
ÖHOLM, L. W. (1912) Meddel. fra Vet. Akad. Nobelinst. **2**, N°. 3.
ROTHERT, W. (1896) Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pfl. **7**, 1.
SÖDING, H. E. (1925) Jahrb. f. wiss. Bot. **64**, 587.
——— (1927) ibid. **71**, 184.
STEFAN, M. J. (1879) Sitz. ber. Akad. Wien **79**, 161.
THIMANN, K. V. (1934) Jl. gen. Phys. **18**, 23.
——— (1935) Jl. gen. Phys. **18**, 23.
TSI TUNG LI (1931) Proc. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam **33**, 1201.
WENT, F. W. (1931) Rec. trav. bot. néerl. **25**, 1.


*Botanical Laboratory.*

*Utrecht,* September 1935.

**Botany.** — *Notes on the Possible Structure of the Chlorophyll-Granules in the Plastid.* By J. G. WAKKIE. From the Biochemical Laboratory, the University of Leiden. (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1935).

In the attempts made to elucidate the state of the chlorophyll in the living plastid by means of models, our starting point consisted of the following facts:

1. The main absorption band of chlorophyll shifts towards the longer wavelengths with the increase of the refractive index of the solvent (KUNDT 1873). BAAS BECKING and KONING, and later HUBERT, found that KUNDT's rule held in a general way, although certain deviations were observed. They never succeeded to duplicate, in a solution, the position of the main absorption band of the living plastid.

2. The plastid contains lecithinoids, shown by myelin-formations of the plastids of higher and lower plants (MENKE, BAAS BECKING).

3. The plastid is birefringent (SCARTH, 1924, for Spirogyra).

4. The plastid is fluorescent, chlorophyll solutions are fluorescent, but hydrosols of chlorophyll do not show any fluorescence.

5. The chlorophyll is concentrated in granules, situated in the outer shell of the plastid and imbedded in a stroma. MENKE found these granules as indication of a pathological condition, while the work of HUBERT, but especially that of J. DOUTRELIGNE has shown that they are always present.

6. HUBERT has arrived at a theoretical molecular pattern, in which the chlorophyll-molecule is attached with its (hydrophobic) phytol-chain to the fatty acid chains of the directed lecithin molecules, while the lecithin molecules are mutually attached by their positive and negative groups, as assumed by BUNGENBERG DE JONG for directed lecithin-systems.

1. *Band position in various media.*

The irregularities found by various authors in the curve relating the refractive index of the medium to the bandposition were investigated. It was found that KUNDT's rule holds when restricted to substances which have in common certain hydrophilic groups. The band position was estimated usually by means of a small HOFFMAN-spectroscope (Figure 1). The absolute values for band position are therefore not as reliable as those

of HUBERT. As appears from Figure 1, media containing several OH groups, such as water and glycerol, were investigated. As chlorophyll is

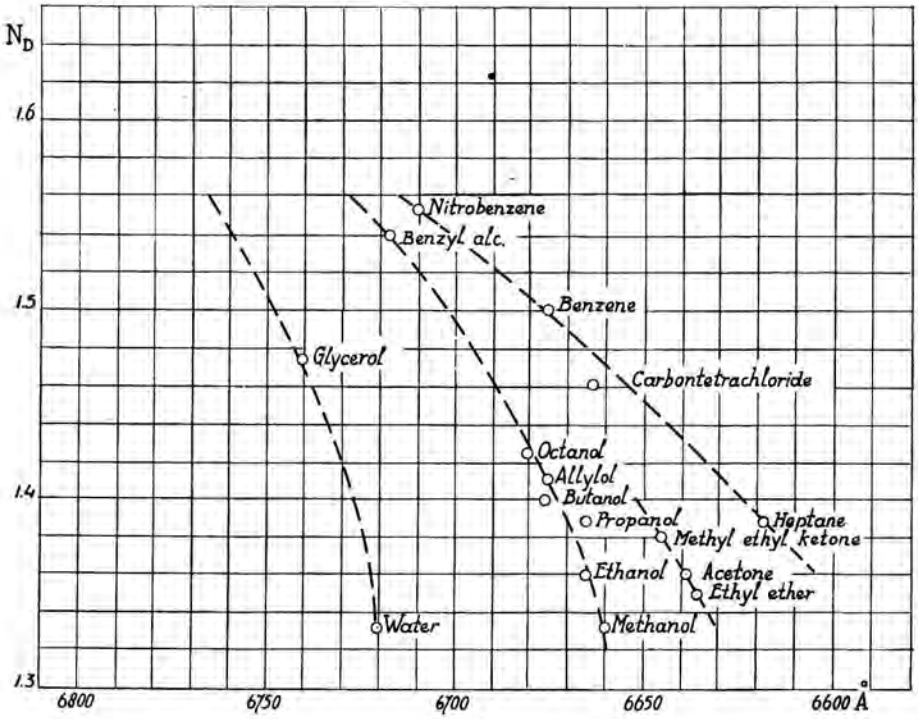



Fig. 1

insoluble in these media, the binary mixtures methyl-ethyl-propyl alcohol/water and glycerol/alcohol were prepared. Figures 2 and 3 show that in binary mixtures containing much water, the band is shifted to the same level, independent of the nature of the alcohol (6720 Å), while in glycerol an even higher level is reached.

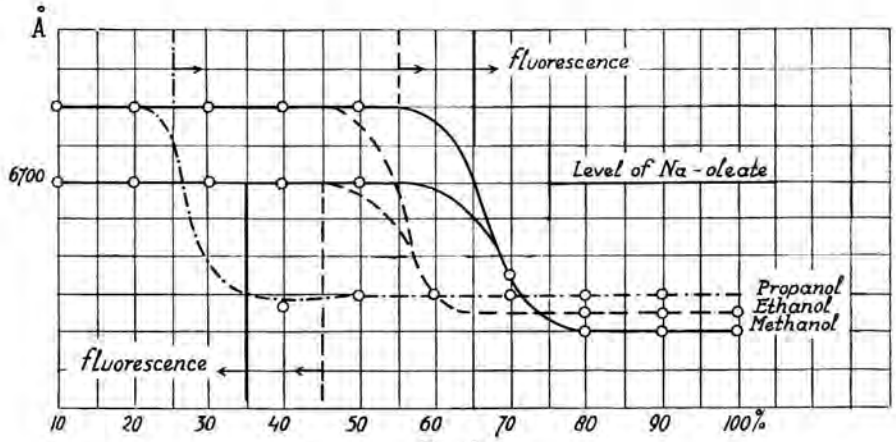



Fig. 2

By these facts we are led to the following hypothesis: With an increase of the number of hydrophilic groups in the medium, the chlorophyll-

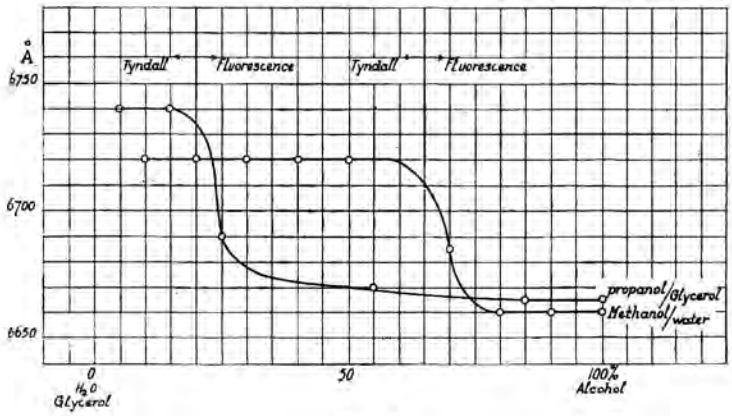



Fig. 3

molecules become associated; the chromophoric groups approach one another, and a shift in the absorption band ensues. (See also BAAS BECKING and KONING.)

2. *Fluorescence.*

Hydrosols of chlorophyll are non-fluorescent. This may be accounted for by the mode of association of the molecules in the hydrosol. In the sol only the peripheral molecules will be able to emit a maximal amount of fluorescence.

Moreover, the fluorescent radiation will be absorbed by the surrounding molecules. The fluorescence will be entirely blotted out by the TYNDALL-radiation.

In Figure 2 the behaviour of mixtures chlorophyll-alcohol/water + constant concentration Na-oleate is also illustrated. With decreasing alcohol-concentration the position of the absorption band is the same in mixtures with- and without sodium oleate. At a certain concentration the fluorescence disappears, and does not return in the alcohol/water mixtures with decreasing concentrations of alcohol.

When sodium-oleate is present, however, the final absorption maximum is reached at a lower level (6700 Å instead of 6720 Å in water). Before or immediately after this level is reached, the fluorescence reappears. Sodium-oleate contains, like lecithin, both hydrophilic and lipophilic groups and the hypothesis seems plausible that the oleate is attached to the chlorophyll by its fatty-acid chains, decreasing the association with a concommittant reappearance of the fluorescence.

Oleate-coacervates were prepared (which accepted the chlorophyll quantitatively) according to the following formula:

| Chlor./methanol | Na-oleate 0.1 N in aq. dest. | KCl 3.8 N | $H_2O$ |
|---|---|---|---|
| 0.5 cc | 5 cc | $x$ cc | $(14.5 - x)$ cc |

By variation of the water content ($x = 11 - 7$) the character of the coacervates may be changed.

Spectroscopic examination showed the main band axis to be situated at the same spot as the band of Na oleate-chlorophyll; the solutions and coacervates were strongly fluorescent.

By substitution of 5 N . NaCl for 3.8 N . KCl ($x = 6$ or 7 and $H_2O = 10 - x$) coacervates very poor in water are obtained which are able to accept chlorophyll. These coacervates are birefringent; the band position is the same as in the above-mentioned preparations.

3. *Band position.*

Change of milieu causes a shift in the band position, but, the position of the band in the living leaf (6800 Å) is never reached.

Different computations have shown the chlorophyll concentration in the granules to be about 50 %. For spectroscopic study, however, chlorophyll solutions of 0.001 % are used. It may be possible therefore, that BEER-LAMBERT's law is not fulfilled at higher concentration, the more so because pure chlorophyll shows an absorption at 6795 Å. It is possible to observe spectroscopically the shift in the following way:

Chlorophyll/ether solution is brought into a saturated ether/water solution in a proportion of 1 : 50. After shaking for several hours the emulsion shows the main absorption at 6635 Å. Now we want to keep the total weight of chlorophyll, while increasing the concentration per unit volume. To this end air is bubbled through the liquid, which is still shaken. Ether evaporates and ether dissolves in water from the suspended globules. In this way the volume decreases, while the chlorophyll concentration increases.

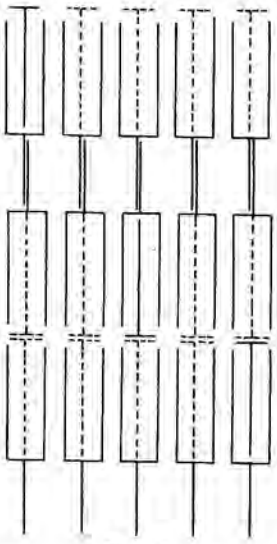


Fig. 4

While measuring the band-position in short intervals a shift is observed towards the longer waves. At 6760 Å no further measurements could be obtained, probably because of the high chlorophyll concentration of the coarse granules. If the ether be evaporated entirely, the band-position of dry chlorophyll is situated at 6795 Å. This position is kept even after immersion in water for 24 hours.

From the above it appears that high chlorophyll concentration might be a contributory factor for the band-position in the living leaf. This fact may be the reason why no shift occurred in many of our models which fulfilled both the requirements of anisotropy and fluorescence.

Figure 4 shows the possible distribution of chlorophyll in our models. The forked structures represent lecithin-molecules, the *T* shaped structures chlorophyll-molecules. The dotted structures represent available places which are not occupied in our models where the chlorophyll was present in low concentration.

In the most probable situation in the living leaf all available space is occupied by chlorophyll. The proximity of the chlorophyll molecules might cause part of the band-shift.

4. *Summary.*

In this paper additional support is given for the granular model of the plastid as proposed by DOUTRELIGNE, HUBERT and BAAS BECKING. Anisotropic fluorescent colloidal chlorophyll models are made. It could be shown that, in a hydrophilic environment, fluorescence occurs by association with a "carrier-molecule". This molecule contains both a hydrophilic and a lipophilic group.

The models investigated did not possess the required band-position because of their low chlorophyll concentration. The band is shifted to the longer wavelengths, if hydrophilic groups are present in the medium.

It is possible that this effect is only caused by association of the chlorophyll molecules, comparable to the shift caused by increase in concentration in organic solvents. The results are in harmony with the work of BAAS BECKING and KONING for diffusion of chlorophyll in paraffin-oil and in methanol. A possible interaction between the chlorophyll molecules and hydrophilic groups has not been taken into consideration. If this interaction occurred proteins may also exert an influence in this direction.

The experiments were carried out in the Biochemical Laboratory of the University of Leiden. I am greatly indebted to Prof. H. BUNGENBERG DE JONG for his hospitality, inspiration and criticism.

LITERATURE.

BAAS BECKING, L. G. M. and KONING, H. C. (1934) Preliminary studies on the chlorophyll spectrum. Proc. Kon. Ak. Amst. **37**, 3.

BAKKER, H. A. (1934) Notes on the colloid chemistry of chlorophyl. Proc. Kon. Ak. Amst. **37**, 688.

BUNGENBERG DE JONG, H. G. (1935) and J. BONNER, Phosphatide auto-complex coacervates as ionic systems and their relation to the protoplasmic membrane. Proc. Kon. Ak. Amst. **38**, 797.

DOUTRELIGNE, J. (1935) Note sur la structure des chloroplastes. Proc. Kon. Ak. Amst. **38**, 886.

HUBERT, B. (1935) The physical state of chlorophyll in the living plastid. Rec. des Trav. Bot. Neerl. **32**, 323.

MENKE, W. (1934) Chloroplastenstudien. Protoplasma. **21**, 279 and **22**, 56.

**Botany.** — *Polymorphism and Colour of the Calluna-flower.* By W. BEIJERINCK. (From the Nederlandsch Biologisch Station Wijster, Prov. Drenthe.) (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1935).

The flowers of *Calluna* are placed terminally on leafy shoots of the first and second order on the main axis (Figures 1 and 2). In exceptional cases the flowers are placed on lateral axes of the third order; or the annual or main shoot itself terminates in a flower instead of terminating in a leafy short shoot or assimilation shoot, as happens normally [1]).

The flowering twigs originate from the axil of a leaf and carry, in their simplest form, one pair of assimilating leaves, designated as prophylls, notwithstanding the fact that their external form is usually that of normal leaves.

The flowering twig further carries 4—12 bracts which crowd directly against the perianth (Figure 2). In this form it might appear that the flowering twigs are peduncles and that the inflorescence of *Calluna* should be called a raceme as is stated in many older and more recent botanical works. This is, however, not true, for *Calluna* only has a pseudo-inflorescence. The flowering twig does not always possess 2 ordinary leaves. It occurs repeatedly that flowers are placed terminally on a leafy shoot (Figure 1).

Plants showing this phenomenon regularly may be brought to the var. *terminalis* Johannes Jansen cum fa.

From the axes of one or more of the flowering-shoot-leaves, new leafy twigs, with or without terminal flower, often emerge. Both the variable number of leaves on the flowering twig and the occurrence of the subsidiary twigs mentioned above give support to the view that *Calluna* has no proper inflorescence. Morphologists of note, such as WYDLER (1860), DÖLL (1859) and WIGAND (1854) already have observed this behaviour. The Swedish botanist MALME (1908) dealt with this topic extensively. At most it appears warranted to speak of a "racemous arrangement" of the flowers because the monopodial arrangement is maintained, even after the formation of the flowers.

---

[1]) Transition-forms in which indications of a reduced main vegetation-point were present (a small leaf-bud next to a quasi-terminal flower) also occurred.

Real terminal flowers at the main axis do not show such vegetative buds. The terminal flower is placed into the direction of the main axis, vertical, instead of ascending (or even pendulous) as in the normal, feebly zygomorphic flowers. The terminal flower in the first case is actinomorphic and sometimes more robust.

PLATE I.

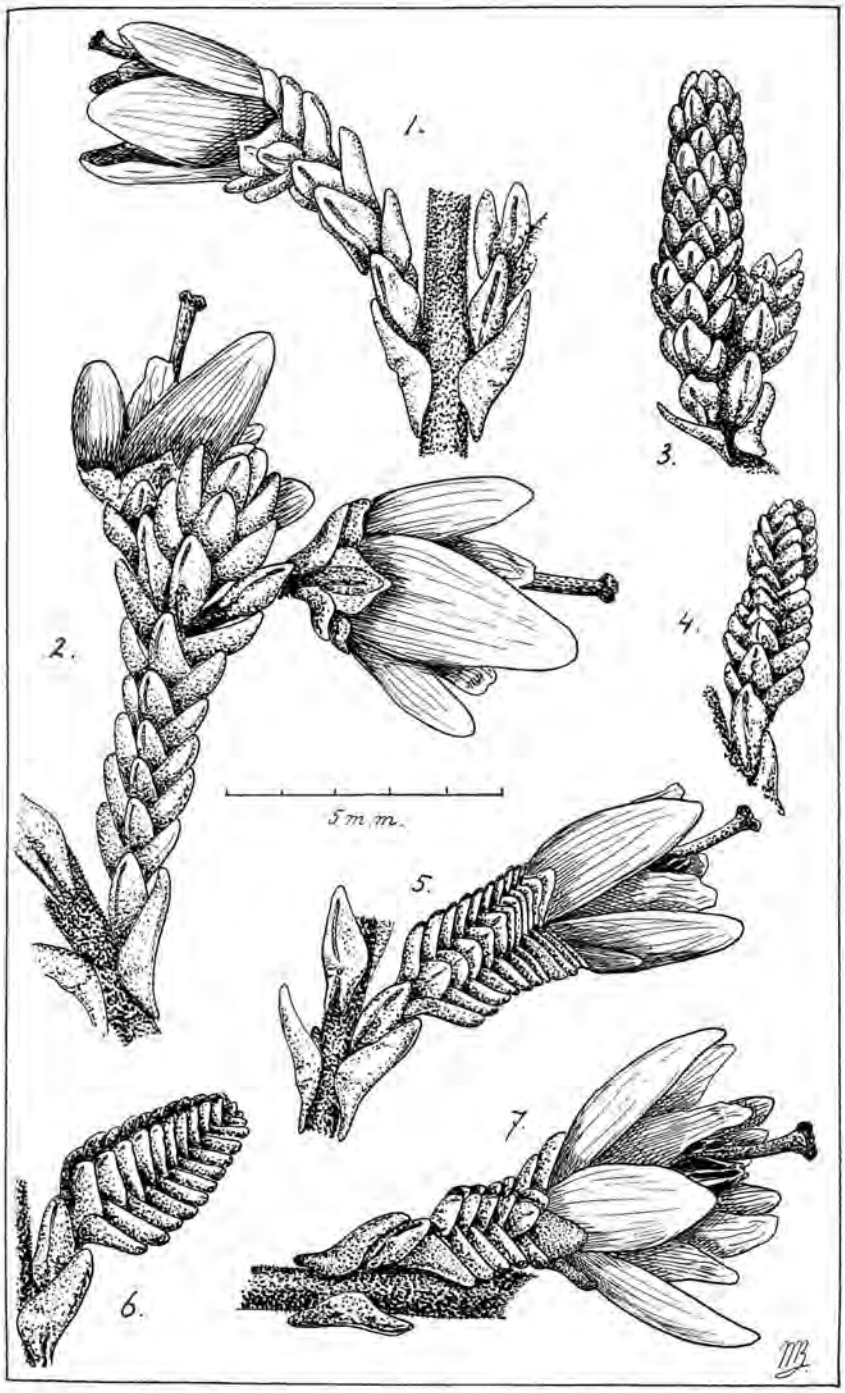



Fig. 1. Terminal flower of Calluna on a leafy twig of the first order on the main axis.
Fig. 2. Flowers on bifoliate twigs of the second order, originating from the axil of leaves of the short shoot.
Fig. 3 and 4. Bract-masses. Bracts placed in spirals.
Fig. 5 and 6. Broader bract-masses, decussate.
Fig. 7. Multibracteata with pentamerus perianth.

PLATE II.

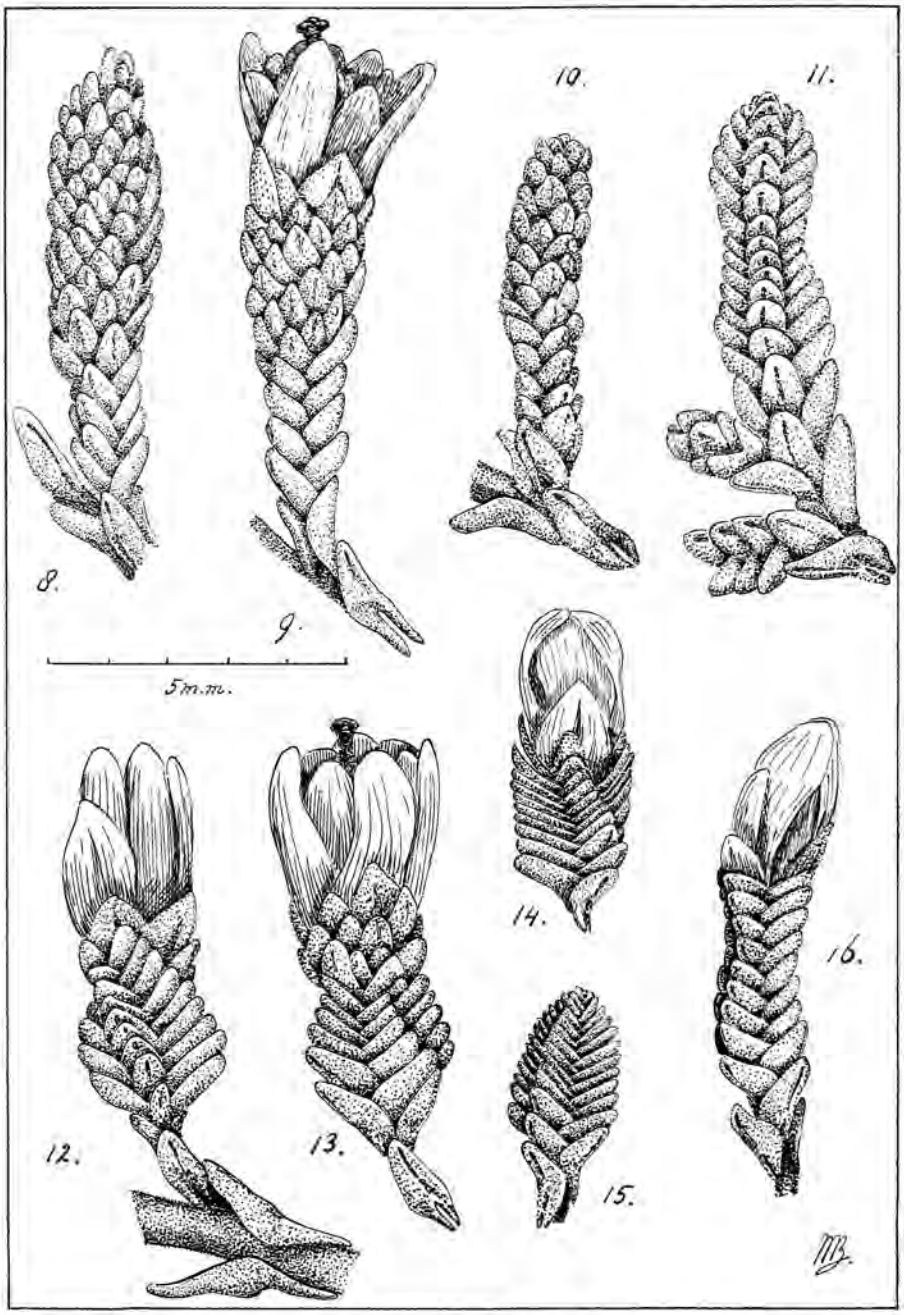



Fig. 8—16. Different types of flowers and bract-masses in the var. multibracteata.

Apart from the variability of the number of leaves at the flowering twig certain forms show more than twelve bracts. Almost specific organs are formed in this way, — so-called bract-masses —, which consist of mutually

adpressed, usually ciliate bracts, still showing all transitions between stem-leaves and the coloured calyx.

The form of these bract-masses is variable, which is shown in plates I and II. Their number varies between 12 and 68, and perhaps more.

All these forms should be considered as belonging to the variety *multibracteata* Johannes Jansen cum fa.

The number of bracts in one mass varies somewhat at the same plant, but usually every multibracteate plant has its own preponderant type of bract-mass, whether stunted (Figure 14, 15), shorter or broader (Figure 5, 6), or longer and looser (Figure 16). The bracts may appear in spirals (Figure 3, 4, 8, 9, 10, 12, 13), or strictly decussate (Figure 5, 6, 11, 16), flowering or sterile (Figure 3, 4, 10), with pentamerous or hexamerous flowers (Figure 7), flowers with intercalated sepals or bracts (Figure 5, 12, 13, 14, 16), and with erect flowers (Figure 5, 7).

Most remarkable among these forms are: *torta* Johannes Jansen cum subfa., *deflorata* Johannes Jansen cum subfa. and *pentamera* Johannes Jansen cum subfa.

Added to this array should be varieties in leaf- and flower-colour, as well as the different growth-forms and early- or late flowering forms. The latter bear flowers until November and January.

The multibracteate group of *Calluna* is linked by many transitions to the usual form, with 4—12 bracts. Multibracteate is called a form with more than 12 bracts. In the variety *multibracteata* there occur repeatedly sepaloid or coloured bracts which also may be considered as not fully developed intercalated sepals. Five completely developed sepals occur sometimes, two of which are decussate. Similar irregularities also occur outside the multibracteate group. A pentamerous perianth, supernumerary sepals or (and) petals, a reduced number of stamens, polystyly or monstrous stamens or styles are often observed. An excessive number of stamens has not been observed. Reduction of the number to 2 or 3 has been met with. Closed flowers without stamens have been seen rather frequently. At closer observation these "bud-flowers" usually show a duplication of the calyx or rather, the corolla has been substituted by the "chaffy" sepals. Petals and stamens are lacking while the ovary and style may be either normal or monstrous (Figures 25, 26, 27).

Plants with suchlike closed flowers belong to the var. *diplocalyx* Johannes Jansen cum fa., which is actually the transition to the group var. *polysepala* Johannes Jansen cum fa.

*Diplocalyx* may show sometimes a slight opening of the flowers and also flowers from which the style extrudes by means of the stigma. Such flowers are fertile and form normal fruit. Variations on this theme are formed by plants possessing a double calyx, a corolla and stamens; plants with double calyx and stamens; one tetramerous calyx, ovary and style (Figure 28). The latter was met only once. The varieties and forms

mentioned above are all kept in culture in the experimental garden of the Biological Station.

The variety *polysepala* is also polymorphic, as for instance a trimerous to polymerous calyx with a normal sexual apparatus, or only a normal, reduced or compound style. Further forms without pistils, stamen and corolla. These flowers consist entirely of chaffy sepals and may be very compact or hard.

Further distinction within this group is made between spherical, bud-shaped or open flowers (Figure 17, 18, 19, 20), consisting of decussate (Figure 20, 21) or spirally placed sepals. Several colour-varieties occur within this group. A multibracteate form which was also polysepalous, was found once [1]). Closed-flowered forms may belong to the variety *diplocalyx* Johannes Jansen cum fa. and *polysepala* but also to the variety *clistanthes* Johannes Jansen cum fa. In the latter form the contents of the flowers are normal (Figure 37), but like the variety *diplocalyx* the flowers are not always entirely closed, but somewhat opened (Figure 29). Among the latter there are plants which show a copious and prolonged flowering.

Apart from certain colour-varieties and growth-forms the 4 varieties mentioned above are most frequently occurring in this country (e.g. in the surroundings of Nijmegen, Mook, Wijchen, Wageningen and in N-SW Drenthe). The distribution of these forms was studied in a part of the Drenthe-heather during summer and autumn of 1935. The field was examined at the end of- and after the main flowering season. In this season the varieties are conspicuous, because the flowers keep their colour much longer (*polysepala, diplocalyx* and *clistanthes*), they may flower much later (*multibracteata, diplocalyx*), they may not flower at all (*multibracteata*).

Visiting the field in the months September to December, one will find several abnormal forms per Hectare.

On about 200 Hectares were found:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 85 | plants | of | the | variety | *multibracteata,* |
| 91 | ,, | ,, | ,, | ,, | *diplocalyx,* |
| 49 | ,, | ,, | ,, | ,, | *polysepala,* |
| 24 | ,, | ,, | ,, | ,, | *clistanthes.* |

The distribution is by no means regular, the varieties seem to be massed at certain points. Respectively 7 and 10 plants of the variety *diplocalyx* were found on an area of a few hundred square metres.

Multibracteata has also been found in groups.

To the rarer forms of *Calluna* belong the strictly female variety *gynodioica* nov. var. [2]).

---

[1]) By Mr. JOH. JANSEN at Malden (Gld.).

[2]) The female plant with closed flowers, mentioned by ASCHERSON (1901), probably belongs to the variety *diplocalyx*.

PLATE III.

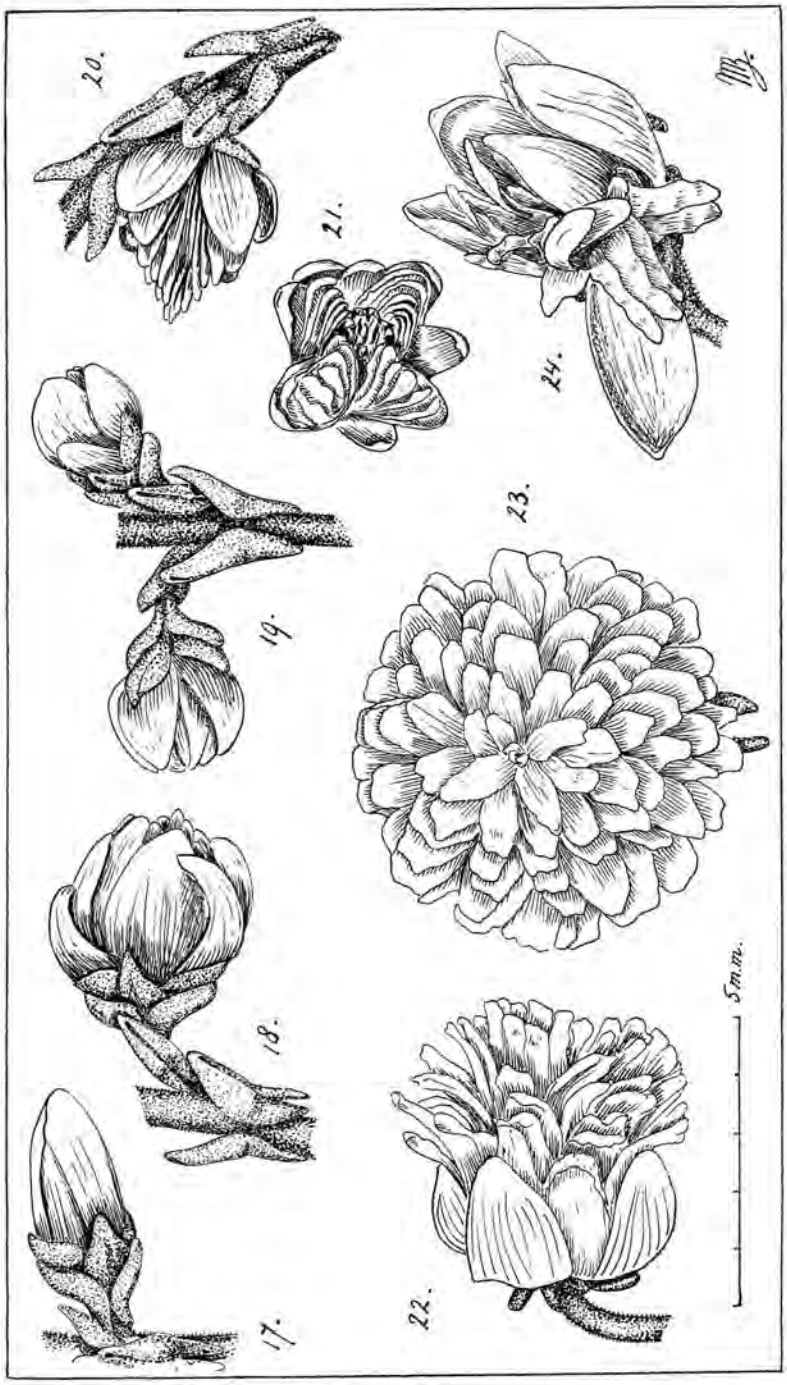



Fig. 17—21. Different flower-types of var. polysepala.
Fig. 22—23. Flower-type of the var. polypetala.
Fig. 24. Flower of var. plena, artificially opened.

Five specimens of this type have been found in the above-mentioned area. Any vestige of anthers was lacking; the flowers were not opened entirely, but possessed a normal perianth and pistil (Figure 35, 36).

PLATE IV.

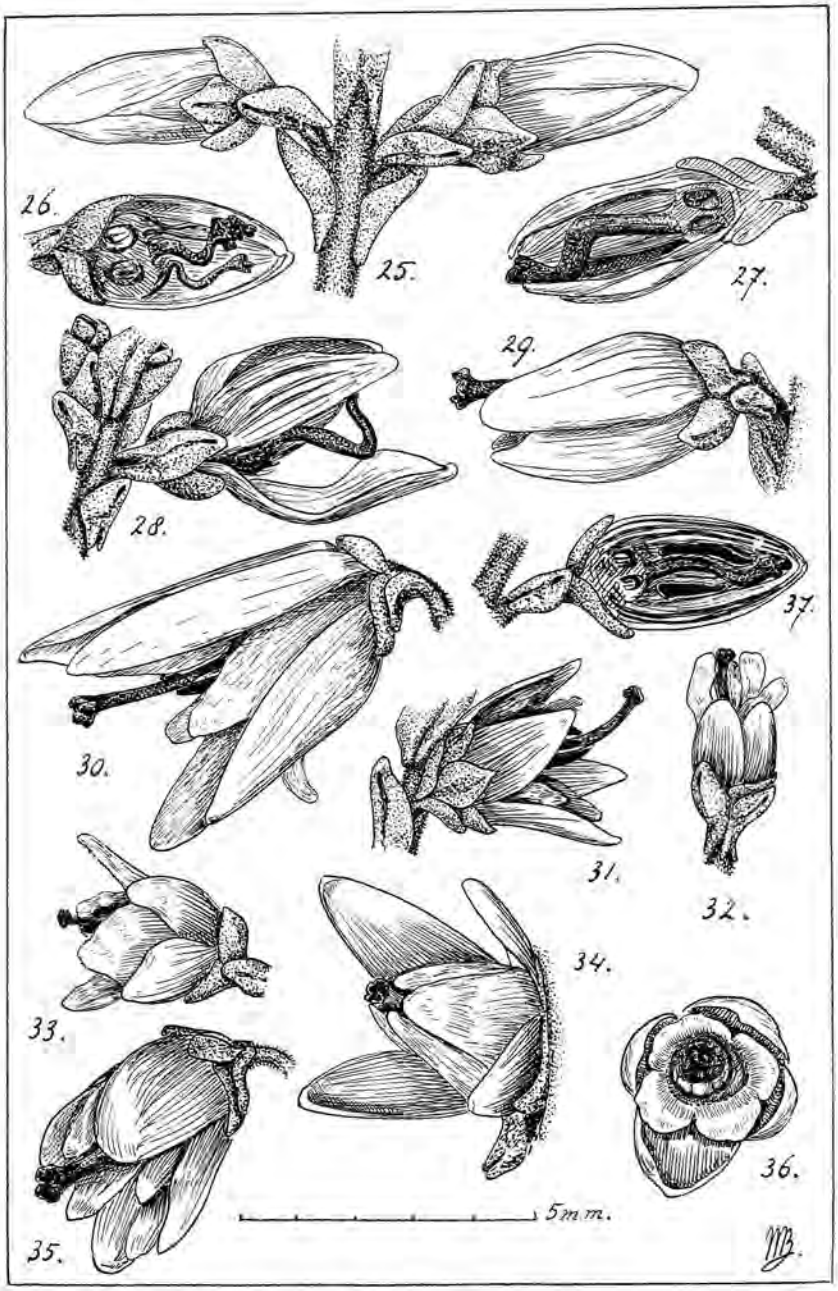



Fig. 25—27. Flower-types of var. diplocalyx.
Fig. 28. Flower, reduced to tetramerous calyx and gynaeceum.
Fig. 29 and 37. Flower-types of var. clistanthes.
Fig. 30 and 31. Flowers respectively of large- and small-flowered form.
Fig. 32 and 33. Flower-types of var. brachysepala.
Fig. 34. Flowers with opened calyx and almost closed corolla.
Fig. 35 and 36. Flower-types of var. gynodioica.

The English heathers have yielded the beautiful variety *polypetala* (Figure 22, 23), which has been in culture for quite a while, but as far as I am aware is not known for our country.

In this group more or less pubescent plants and plants with markedly divergent flower-colours are known (see below). Simultaneous reduplication of calyx and corolla was found once[1]). For this variety I suggest the preliminary name *plena* (Figure 24). From the other forms brief mention is made of var. *brachysepala* Johannes Jansen cum fa., in which the sepals are shorter as, or at most as long as the petals. The sepals appear relatively broad (Figure 33). Only a few specimens of this type were found; a similar form with chiefly closed little flowers occurs more frequently (Figure 32). Normal flowers may occur on such plants, however. Culture will show whether their characteristics are constant. The constancy of large- and small-flowered forms (Figure 30, 31) has to be tested in the same way.

The four commoner varieties appear constant on vegetative propagation (cuttings).

Finally a form should be mentioned in which the calyx opens, but in which the corolla remains partially closed (Figure 34). This form was found only once.

In dealing with the different colour-varieties in *Calluna* it must be mentioned that the flowers are often of different colours or shades. An accurate determination of the colour is therefore difficult and only approximative determination is possible. The observations reported are the average of the results obtained by 3 persons. The numbers are taken from the wellknown: "Code des couleurs" by KLINCKSIECK and VALETTE (1908).

A number of selected plants shows the following colours: 21 — 0.546 — 546 — 553B — 556 — 561/556 — 561 — 562 — 566 — 0.571 — 571/572 — 572 — 578C — 582 — 587 — 0591 — 591/592 — 0596 — 596 — 597 — 582 and white, in total 22 different shades and colours. The most representative colours for the Drenthe area are:

546 lavender,
556 deep purple-lavender,
566 purple-lavender,
571 light purple-lavender,
582 dark purple,
and white.

Purely pink shades are rare, for instance: 21 var. *polypetala* from England (Mrs. HAMILTON hort. of MAXWELL and BEALE, Dorset[2]).

In polychromatic flowers the calyx may be of a deeper or lighter

---

[1]) By the misses N. and A. KRIJTHE, near Hijken (Dr.).

[2]) This form is aberrant both in form and colour of the flower. Locality: Mount Maughan (Yorkshire).

shade than the corolla and may remain so. Metachromatic flowers occur frequently[1]).

Flowers of lighter shades increase in colour on ageing or vice versa (and change from lavender to reddish).

Amphichromatic flowers were mentioned for *Calluna vulgaris* for the first time by LINDMAN.

In three instances such plants were found by us; one specimen showed a strictly white flowering shoot on a plant with purple-lavender flowers. In two cases dark-lavender shoots were found on light-lavender flowering plants. In one of the latter cases dark flowers occurred between the light ones at places, while sectorial colouring of single flowers was observed on the same plant.

I wish to express my sincere thanks to the misses Ir. N. KRIJTHE and A. KRIJTHE, to Mr. JOH. JANSEN and to my wife for much assistance during the many field-excursions.

*Wijster* (Drenthe), 18 Oct. 1935.

LITERATURE:

1. ASCHERSON, P. und RUTHE, R. (1901), Ueber eine rein weibliche Form von Calluna. (Verh. d. Botan. Ver. d. Prov. Brandenburg, T. **43**, p. 23).
2. DÖLL, J. CH. (1859), Flora des Groszherzogtums Baden. Karlsruhe. Bd. 2.
3. EICHLER, A. W. (1875), Blüthendiagramme. I, p. 340.
4. HAGERUP, C. (1928), Morphological and cytological studies of Bicornes. (Dansk Botan. Arkiv, **6**, nr. 1, p. 1—26).
5. JANSEN, JOH. (1935), Over eenige in ons land aangetroffen vormen van Calluna vulgaris. (Nederl. Kruidk. Archief, 1935, p. 126—128).
6. LINDMAN, C. A. M. (1907), Amphichromie bei Calluna vulgaris (L.) Salisb. (Botaniska Notiser, 1907, p. 201—208).
7. MALME, G. O. A. (1908), Om förgrenade arsskot hos Calluna vulgaris (L.) Salisb. (Svensk Botanisk Tidskrift, Bd. **2**, p. 85—94).
8. WIGAND, A. (1854), Der Baum. Braunschweig. p. 181.
9. WYDLER, H. (1860), Kleinere Beiträge zur Kenntnis einheimischer Gewächse. (Flora, **43**, N.F. 18, p. 609).

[1]) LINDMAN (1907) introduced the terms poly-, hetero-, meta- and amphichromatic.

---

**Botany.** — *The opening of the flower-buds of Calluna vulgaris (L.) Salisb.* By W. BEIJERINCK. (Communicated by Prof. L. G. M. BAAS BECKING).

(Communicated at the meeting of November 30, 1935).

The main flowering-season of the Scotch heather in August coincided this year in our country with a prolonged period of drought. Many Calluna plants showed a remarkable development of the flower-buds in so far as the plants were covered at the end of August with almost exclusively closed, but entirely mature buds of about the same size.

This phenomenon appeared as a more or less simultaneous bud development if really a retardation phenomenon in the opening of the buds existed. Mr. and Mrs. L. G. M. BAAS BECKING communicated to me certain preliminary observations performed September 1934. 91 Flower-buds on 12 plants were individually marked with pieces of string. At 4.30 p.m. the first buds opened. This continued until the next morning 9 o'clock after which no more buds opened until next evening. Twigs, bearing 70 buds were placed under a glass jar lined with moist filter paper. Both in the light and in the shadow the calyx opened within 30 minutes (17 September 1934). Lowering of the temperature did not cause the buds to open.

These findings are in contrast with the circumstances that caused the opening of the flowers of the tropical orchid *Dendrobium crumenatum* Lindl. According to J. KUIJPER here lowering of temperature seems to be the stimulus.

If cut twigs of these retarded Calluna-plants were placed in water the flower-buds opened very soon. This phenomenon warranted the belief that the conduction of water might play an important rôle in the opening of flower-buds in contrast with the cooling effect observed for the tropical orchid Dendrobium crumenatum Lindl. [1])

After some preliminary attempts the following course was taken. Twigs were cut below the last annual shoots of one individual with many large closed flower-buds. In this way part of the 1934 long-shoots were gathered too. Twelve twigs of about the same size with exclusively closed buds were placed in glass containers. Six twigs were placed in rain water and six in a moist atmosphere. Eight containers were placed in larger glass jars. partly in dry air (obtained by means of $CaCl_2$) and partly in moist air. In this way direct water supply and moisture of atmosphere were varied. Of every series one glass was placed at higher temperature (18,4—24,9° C) and one glass at lower temperature (15,6—17,0° C). All in dark. The experiment was started August 23 at 18 o'clock. Twice every 24 hours the number of opened flower-buds, humidity and temperature were ascertained. The observations are given in the table. After the number of opened flower-buds the percentage of the total number is given in brackets, the last column of the table gives the total number of flower-buds on every twig. The figure gives the course of the buds opening.

When we keep in mind the preliminary nature of these experiments the following points seem evident:

1. no bud is opened in the jars 2, 4, 8, 10 in which there is no direct water-supply; in the dry and in a natural atmosphere;

2. relatively very few buds were opened in moist air and without direct water-supply. Opening of these buds happened later, as appears from the table;

---

[1]) KUIJPER, J. (1932). Zur Frage der periodischen Blüte von Dendrobium crumenatum Lindl. Rec. trav. bot. néerl. Vol. XXX, p. 1—22.

| Condition \ Time | | 23th Aug. | 24th Aug. | | 25th Aug. | | 26th Aug. | | 27th Aug. | Totals |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 p. m. | 9 a. m. I | 6 p. m. II | 9 a. m. III | 7 p. m. IV | 10 a. m. V | 7 p. m. VI | 9 a. m. VII | |
| 1. Dry air + water-supply | warmer (laboratory) | | 5 (4.5) | 11 (10) | 21 (19) | 28 (25.5) | 41 (37) | 49 (44 5) | 54 (50) | 110 |
| 2. Dry air, no water-supply | warmer (laboratory) | 24.9—17.8—47—10.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62 |
| 3. Ord. air + water-supply | warmer (laboratory) | | 3 (3) | 5 (5.5) | 6 (6.5) | 11 (12) | 14 (15.5) | 30 (32) | 40 (43) | 93 |
| 4. Ord. air, no water-supply | warmer (laboratory) | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 89 |
| 5. Moist air + water-supply | warmer (laboratory) | | 2 (4) | 5 (10) | 6 (12) | 12 (23) | 18 (34) | 29 (55) | 37 (70) | 53 |
| 6. Moist air, no water-supply | warmer (laboratory) | | 0 | 0 | 0 | 1 (1) | 2 (2.5) | 4 (5) | 6 (7) | 84 |
| 7. Dry air + water-supply | cooler (cellar) | | 1 (1) | 4 (4.5) | 6 (6.5) | 8 (9) | 16 (17 5) | 19 (21) | 28 (31) | 91 |
| 8. Dry air, no water-supply | cooler (cellar) | 17.0—15.0—80—11.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 131 |
| 9. Ord. air + water-supply | cooler (cellar) | | 5 (6.5) | 6 (8) | 8 (10.5) | 9 (12) | 11 (14.5) | 18 (24) | 23 (30) | 76 |
| 10. Ord. air, no water-supply | cooler (cellar) | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 165 |
| 11. Moist air + water-supply | cooler (cellar) | | 11 (8) | 20 (14.5) | 24 (17) | 32 (23) | 47 (34) | 52 (38) | 66 (48) | 139 |
| 12. Moist air, no water-supply | cooler (cellar) | | 0 | 0 | 0 | 1 (2) | 4 (7) | 10 (17) | 17 (28) | 60 |

(The four numbers in the narrow columns mean: temperature of dry thermometer, temp. of wet therm., rel. humidity and vapour pressure. The numbers of the last column are the totals of flower-buds on the spikes investigated. The other numbers in the columns are the flower-buds opened and within brackets the %'s of the whole number of the spike, ± 0.5%).

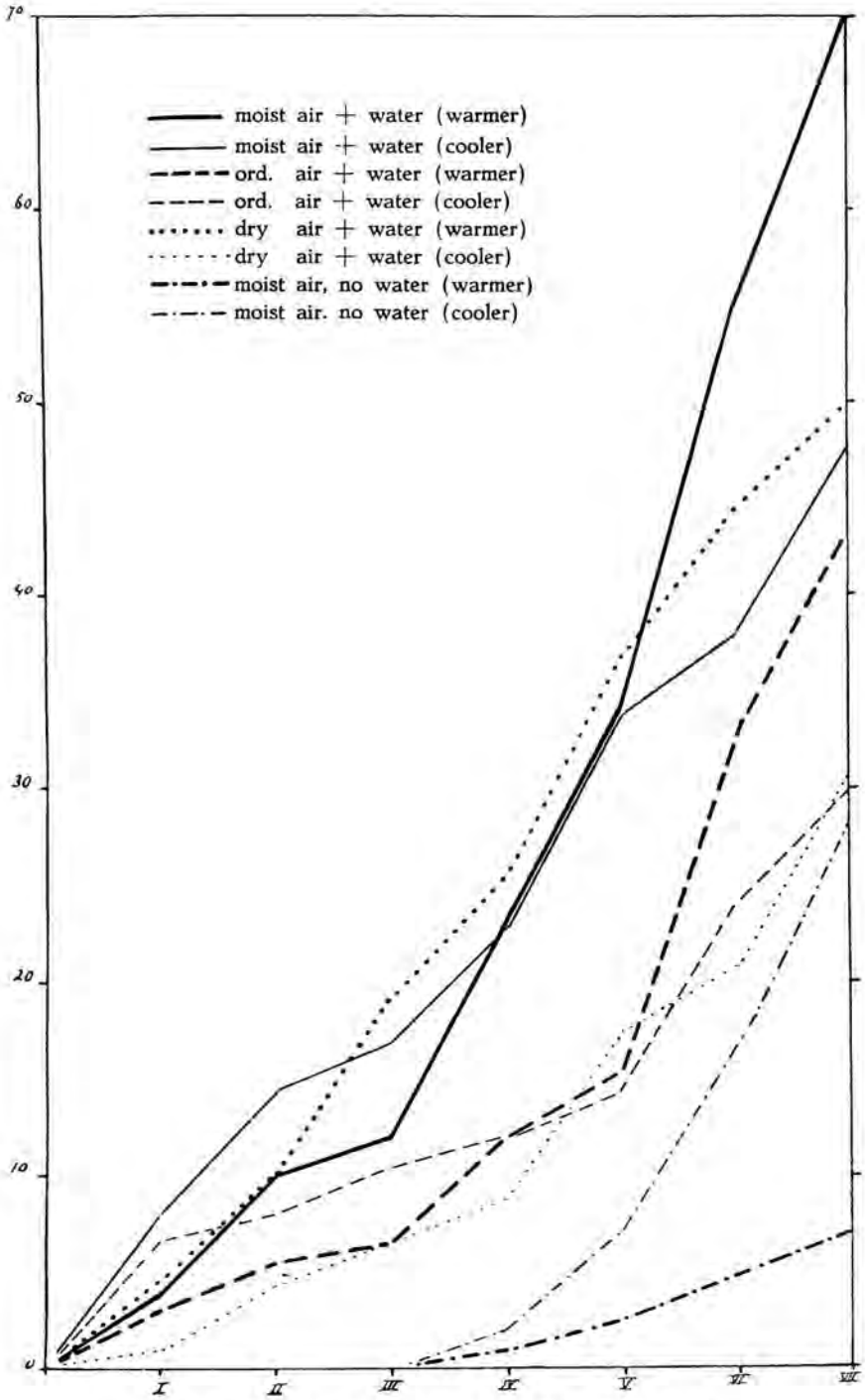



Fig. 1. Vertical: numbers of opened flower-buds in %.
Horizontal: observation-times (see table).

3. from the other jars Nos. 5 and 1 with direct water-supply at higher temperature, show the highest number of flowers in a moist atmosphere;

4. the jars placed at lower temperature (thin lines on the figure) seem to lag behind when compared with the partners at higher temperature (heavy lines). An exception to this rule is formed by the case of humid atmosphere without direct water-supply. Here more buds are opened at low temperature.

The opening, if retarded, of the buds without direct water-supply in moist air may be an indication of a possible water intake from the atmosphere, which might be sufficient for the opening of the buds.

The total lack of flowering in dry and in atmospheric air without direct water-supply seems to confirm this point. The observations are in accord with those of Mr. and Mrs. BAAS BECKING. I am under obligation to the Misses N. and A. KRIJTHE for friendly assistance.

*Wijster* (Dr.), October 16, 1935.

---

**Embryology.** — *Gebiss- und Zahnentwicklung bei der Irisforelle (Salmo irideus).* II. *Zunge.* Von B. VAN DER EYKEN. (Communicated by Prof. M. W. WOERDEMAN.)

(Communicated at the meeting of October 26, 1935).

Auf der Zunge der Irisforelle entwickeln sich ungefähr symmetrisch, zu beiden Seiten der Medianlinie, zwei Reihen Zähne, welche sich mit dem Zungenbein verbinden. An der Hand meiner Präparatenserie [1]) werden wir jetzt nachgehen, auf welcher Weise sich das Zungengebiss entwickelt.

Das Embryo *E* zeigt auf der Zunge beiderseits nur eine Zahnanlage, welche sich in einem jungen Papillenstadium befindet und kein Dentin enthält.

Im nächst älteren Stadium *F* sind links zwei Keime vorhanden, von denen der mesiale sich gerade erst angelegt hat und völlig dentinlos ist, während der distale Zahn, der ungefähr horizontal liegt und dadurch quer angeschnitten wurde, viel älter ist, in mehrere Schnitte zerlegt wurde und deutlich eine Dentinscherbe zeigt. Rechts von der Medianlinie ist der distale Zahn vorhanden, von der mesialen Anlage aber besteht nicht mehr als eine Andeutung in der Form einer kleinen Gemma. Es ist also auf der Hand liegend zu schliessen, dass der distale Keim dieses Stadiums homolog ist mit der Zahnanlage des Präparates *E*, mesial von welcher sich hier ein zweites Zähnchen angelegt hat. Es liegt hier also eine Gebissentwicklung in disto-mesialer Richtung vor.

---

[1]) Für Einzelheiten betreffs Grösse und Alter der Larven, und Weise der Untersuchung, sei auf die Proceedings Vol. XXXVIII, N⁰. 8, 1935 verwiesen.

Dieser Befund wird durch das Präparat *H*, wo wir ebenfalls zu beiden Seiten der Medianlinie je zwei Anlagen antreffen, bestätigt. Auch hier ist der distale Zahn der älteste und schon mit einer dicken Dentinscherbe versehen, während der mesiale Keim sich zwar etwas weiter entwickelt hat als im Stadium *F*, aber noch kein Dentin zeigt.

Die Homologa dieser zwei Zähne finden wir wieder im Präparate *G*, wo sie beide mächtig gross entwickelt sind und reichlich Dentin besitzen; der distale Keim ist noch deutlich grösser und älter als der mesiale und sie müssen sich also in derselben Reihenfolge entwickelt haben, wie in den vorangehenden Stadien. Neue Erscheinungen im Bilde sind aber zwei jüngere Keime, welche sich distal- und ein wenig labialwärts von den alten Zähnen angelegt haben.

Der meist mesiale dieser Keime ist eine ziemlich grosse Papille, deren Odontoblasten bald mit der Dentinbildung anfangen werden; der distale Zahn ist ausgesprochen jünger, an der rechten Seite sogar erst im Anfang des Papillenstadiums. Weil sich also zuerst der mesiale dieser zwei Keime angelegt hat, so ist es unwahrscheinlich, dass sie Ersatzzähne der beiden ersten Elemente darstellen, ausserdem wäre in diesem Falle der Abstand zwischen Zahn und Ersatzkeim zu gross, während auch kein Epithelverband festzustellen ist.

Wenn wir ausserdem noch berücksichtigen, dass die ersten Ersatzzahnanlagen erst im Stadium **49** zu finden sind, so haben wir wohl die Sicherheit, dass wir es mit den ersten Elementen einer zweiten Zahnreihe zu tun haben, welche also etwas labialwärts von der ersten gelegen ist. Die Zähnchen dieses zweiten Stichos haben sich hier also in mesio-distaler Richtung angelegt.

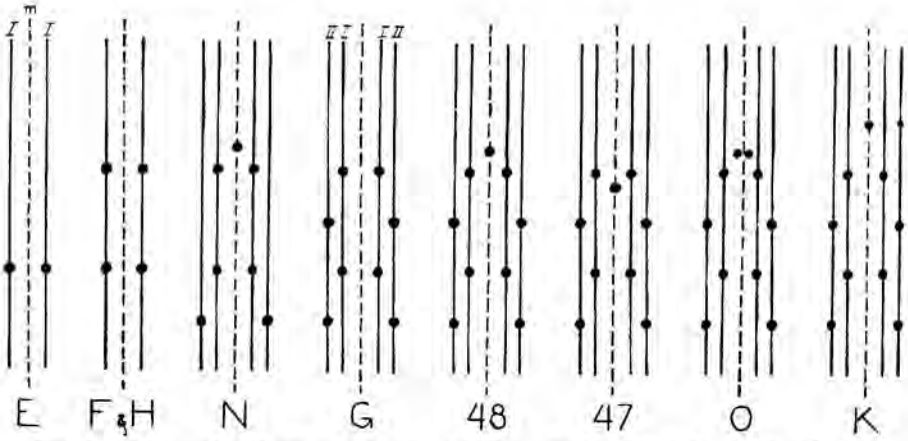



Fig. 1. Schema der Zusammensetzung des Zungengebisses bei den Stadien E—K.

Im Stadium **48** sind wieder beiderseits dieselben Verhältnisse festzustellen.

Ich fand nämlich zwei alte Zähne, von denen der distale der ältere ist und massenhaft Dentin aufweist, während der jüngere mehr mesial gelegen, kräftig entwickelt ist, und

schon einen dicken Dentinmantel besitzt. Distal vom ältesten Elemente liegt eine Anlage, welche eine Papillenform zeigt, ohne jede Spur von Dentinbildung, während zwischen O I 1[1]) und O I 2 links eine winzig kleine, nur in einem Schnitte getroffene Papille vorliegt, deren Anlage rechts nur durch eine Gemma angedeutet ist.

Wir finden hier also wieder eine Entfaltung der ersten Zahnreihe in disto-mesialer Richtung, während die Entwicklung der Elemente des zweiten Stichos in diesem Falle ebenfalls in disto-mesialer Richtung vor sich gegangen ist, ein Zeichen dafür, dass sich die Elemente dieser zweiten Reihe nur mit geringen Zeitdifferenzen nacheinander anlegen und hier sogar ihre Reihenfolge des Entstehens gewechselt haben.

In diesem Präparate, wie in der Mehrzahl der folgenden noch zu besprechenden, hat sich mesial vor allen andern Zähnen, ungefähr in der Medianlinie ein einziger Keim angelegt, der von einer grossen Papille dargestellt wird, welche noch kein Dentin enthält. Bevor wir zu einem Schluss hinsichtlich des Odontostichos, zu dem dieses Element gehören sollte, kommen können, werden wir zunächst noch seine Homologa in den andern Präparaten zu betrachten haben.

Das Präparat **47** zeigt uns wiederum links und rechts je vier Zähne, welcher Alternation uns verrät, dass sie zu zwei Stichi gehören.

Der meist mesiale Keim [O I 2] ist eine grosse Papille ohne Dentin, der nächstfolgende [O II 2] ist älter und kräftiger entwickelt und enthält eine Dentinscherbe. Dann folgt der Keim des O I 1, der dieselbe Gestalt zeigt als seine Homologa in den zwei vorangehenden Stadien, nämlich im Durchschnitt ungefähr halbkreisförmig, und sich nahe bei der Spitze an die schräge Seite des hier dreieckigen Zungenbeins anschmiegt. Dieser älteste Zahn besitzt am reichlichsten Dentin. Am meisten distalwärts liegt O II 1 als eine sehr kleine Papille, ohne jedes Dentin.

Der erste Odontostichos hat sich also wiederum in disto-mesialer Richtung entwickelt, der zweite in gerade entgegengesetzter Richtung, während hier die Zeitdifferenzen in der Anlage, zumal bei der ersten Reihe, ziemlich gross waren.

Distalwärts von den beiderseitigen meist mesialen Elementen der ersten Zahnreihe, finden wir etwas links von der Medianlinie wieder eine unpaare Anlage, welche sich nahezu ebensoweit entwickelt hat wie O I 2. Merkwürdig ist, dass dieser Keim sich diesmal nicht, wie im Präparate 48, mesialwärts, sondern, wie gesagt, distalwärts von den meist mesialen Zähnen des O I anlegte.

Dieselben vier Elemente der ersten und zweiten Zahnreihe wie in den vorangehenden Präparaten, finden wir, schön alternierend, wieder in der Larve O.

Der älteste Zahn des ersten Stichos ist wiederum O I 1, der mit seiner Spitze labialwärts gerichtet, ganz horizontal liegt und der einen derben Dentinmantel besitzt. O I 2 ist ebenfalls sehr kräftig entwickelt und zeigt eine dicke Dentinscherbe, aber er ist jünger als

---

[1]) Auf der Zunge numerieren wir die Elemente der Odontostichi von distal nach mesial hin, weil, mit Ausnahme der beiden ersten Anlagen des zweiten Stichos, sich das Zungengebiss, wie wir aus den späteren Stadien ersehen werden, in disto-mesialer Richtung entfaltet. Mit O I 1 meinen wir also den meist distalen Zahn der ersten Reihe; O I 2 ist der mesial folgende u.s.w.

O I 1. Das älteste Element des O II, nämlich O II 2, ist eine gut entwickelte Papille, deren Odontoblasten bald mit der Dentinabscheidung anfangen werden. O II 1 ist eine kleinere Papille, die auf weniger Schnitten zu verfolgen ist. Was diese Elemente der ersten und zweiten Reihe anbelangt, so ist also nichts Neues vorhanden. Abweichend sind jedoch die Verhältnisse im meist mesialen Teile des Präparates, wo wir zu gleicher Zeit zwei Papillen im Bilde erscheinen sehen, von denen die linke nahezu in der Medianebene liegt, während die rechte sich sofort an ihren Nachbar anschliesst. Der mediale Keim ist am weitesten entwickelt, weil er auf zehn Schnitten zu sehen ist und schon etwas Dentin aufweist, während das rechts von ihm gelegene Zähnchen nur auf fünf Schnitte zu verfolgen ist und jegliches Dentin vermisst.

Es liegt auf der Hand, das mesial gelegene Element homolog zu rechnen mit der unpaaren Anlage der vorangehenden Präparate und anzunehmen, dass diese sich ursprünglich paarig angelegt hat, aber dass in der Phylogenie eine dieser zwei Anlagen und wahrscheinlich die rechte reduziert wurde, während die andere sich allmählich nach der Medianebene zu verschoben hat. Bald aber treffen wir noch beide Elemente an, gleichweit oder nicht gleichweit entwickelt, bald vermissen wir beide Anlagen. Diese Verhältnisse erinnern an die Entwicklung des Eizahnes bei Reptilien (vergl. WOERDEMAN, Beiträge zur Entwicklungsgesch. von Zähnen u. Gebiss der Rept. Beitrag III, Archiv f. microsc. Anat., Bd. 92, Abt. I, 1919).

Im Stadium *N* sind links und rechts nur drei Anlagen vorhanden.

Von diesen ist die mittlere die älteste und wir erkennen diesen Keim, auch durch seine Lage in Bezug auf das Zungenbein, als O I 1. Das Zungenbein, das mesial volkommen flach ist, bekommt mehr distalwärts eine dreieckige Gestalt, mit der Spitze des Dreiecks nach oben gerichtet. Zu beiden Seiten dieser Spitze finden wir auch hier den Keim des O I 1, fast horizontal liegend und auf dem Schnitte ungefähr halbkreisförmig gestaltet. Das meist mesiale Element [O I 2] ist wieder bestimmt jünger als O I 1, aber hat doch schon eine Dentinscherbe. Distalwärts von O I 1 treffen wir eine kleine Papille an, welche kein Dentin besitzt.

Dieses Stadium ist also jünger als die vorher besprochenen Stadien *H*, *G*, **48**, **47** und *O*; wir haben die Beschreibung und Deutung dieser Präparate aber vorangehen lassen, weil hier die Trennung der vorhandenen Elemente in zwei Stichi leichter nachzuweisen war. Im vorliegenden Präparate *N* nämlich ist die meist distale Anlage, welche O II 1 darstellen soll, nicht mehr labialwärts gelegen als die beiden Zähne des O I. Dass dieser Keim in der Tat dem zweiten Stichos angehört, schliessen wir erstens aus dem Vergleich mit den schon erwähnten Stadien und zweitens aus der Tatsache, dass der Abstand zwischen O I 1 und O I 2 20 Schnitte beträgt, während O II 1 nur 11 Schnitte von O I 1 entfernt ist. Es ist zu erwarten, dass die Anlage des O II 2 bald die Lücke zwischen O I 1 und O I 2 ausfüllen wird, obwohl aus den Rekonstruktionen der nächst älteren Stadien zu ersehen ist, dass der O II 2 sich in der Regel nicht genau in der Mitte zwischen seinen Nachbarn der ersten Reihe anlegt, sondern sich meistens etwas distal von der Mitte entwickelt.

In unserm Präparate *N* finden wir, ungefähr vier Schnitte mesial von O I 2, genau in der Medianlinie wieder ein unpaares Zahnelement in der Form einer kräftigen Papille ohne Dentin.

Im Präparate *K* sind wieder zwei Elemente des ersten Stichos und zwei des zweiten vorhanden, welche hier eine schöne Alternation aufweisen, weil die Keime der zweiten Reihe deutlich mehr labialwärts liegen als diejenigen des O I.

O I 1 ist reichlich mit Dentin versehen und is fest mit dem Zungenbein verwachsen; doch ist er noch nicht durch das Epithel durchgebrochen und in Funktion getreten. O I 2 ist ebenfalls weit entwickelt, zeigt im Schnitte die Form eines Spitzbogens und hat einen derben Dentinmantel. Von den Keimen der zweiten Zahnreihe ist O II 1 der älteste, weil dieser grösser ist als O II 2 und deutlich Dentin besitzt, während O II 2 links auf der Zunge kein Dentin, rechts nur sehr wenig Dentin zeigt.

Ein unpaares Element ist auch in diesem Präparate *K* vorhanden, mesial von O I 2 und genau in der Medianebene gelegen. Dieser Keim ist kräftig entwickelt und enthält ein kleines Dentinscherbchen. Zu beiden Seiten dieser Anlage finden wir eine leichte Einknickung des Epithels und eine entsprechende Ausbuchtung der unteren Epithelgrenze, ein Bild, das wir in der Zunge, dem Unter- und Oberkiefer im Zahnfelde, immer dort finden, wo sich ein Zahn anzulegen beginnt und welche Erscheinung wir in der histologischen Besprechung noch näher zu betrachten haben werden. Die Zellen der basalen Schicht dieser Epithelkeile haben eine in die Länge gedehnte Gestalt, sind rechts schon ein wenig eingestülpt und bilden so die Anlage einer kleinen Papille; links kann man noch kaum von einer Gemma reden. Beiderseits von dem unpaaren Elemente liegen also paare Anlagen vor, welche wahrscheinlich zum O II gehören, weil sie labialwärts vom O I liegen. Hier entwickeln sich also die Elemente beider Zahnreihen in distomesialer Richtung.

Das Präparat **49**, das horizontal geschnitten wurde, bietet, auch was das Zungengebiss anbelangt, viel Interessantes dar.

Wir sehen zu beiden Seiten der Medianlinie hinter einander fünf Keime liegen, welche deutlich alternieren und von denen wir die vier distalen Anlagen als die ersten Zähnchen des ersten und zweiten Stichos erkennen. O I 1 ist grösser und mächtiger entwickelt als O I 2; O II 2 ist der älteste Vertreter der zweiten Reihe und hat eine dicke Dentinscherbe, während auch O II 1 schon Dentin besitzt. Das meist mesiale Element zeigt kein Dentin und ist links und rechts gleichen Alters. Links ist es mesial- und ein wenig labialwärts von O I 2 gelegen; rechts mesial- und etwas medianwärts vom rechten O I 2, man könnte also meinen, dass das unpaare Element der vorangehenden Stadien hier, wie im Präparate O, paarig vorhanden sei und zwar so, dass die rechte Anlage nach der Medianebene geschoben sei. Ich bin aber der Meinung, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass uns diese mediane Lage des meist mesialen, rechten Keimes durch eine leichte Verschiebung der beweglichen und unfixierten Zungenspitze vorgetäuscht wird, entstanden entweder vor dem Fixieren oder beim Schneiden der Larve. Auch der relativ grosse Abstand der beiderseitigen Keime von einander weist darauf hin, dass wir es mit dem dritten Elemente der zweiten Zahnreihe zu tun haben, und dass die unpaare Anlage hier fehlt.

In diesem Präparate finden wir die ersten Ersatzzähnchen im Zungengebiss und zwar etwas distal- und labialwärts von O I 1, wo wir, zusammen mit ihm in der äusseren Epithelzellenschicht eingeschlossen, eine winzig kleine Papille liegen sehen. Auch O I 2 zeigt an derselben Seite die An-

deutung eines künftigen Ersatzzähnchens in der Form einer Gemma, welche auf der rechten Zungenhälfte deutlicher ausgeprägt erscheint als auf der linken.

Das Stadium Q ist ein sehr beachtenswertes, weil hier die Zungengebissentwicklung weiter fortgeschritten ist und die Rekonstruktion ein schön symmetrisches und leicht zu deutendes Bild liefert.

Die beiden Elemente der ersten Zahnreihe haben Ersatzzähnchen, welche schon eine dicke Dentinscherbe besitzen und in Alter wenig differieren; sie liegen etwas labialwärts von den Zähnen des zweiten Stichos. Es ist hier also eine deutliche Alternation zwischen den Elementen der drei ersten Odontostichi zu sehen. O I 2 ist im Präparate Q ein längerer Zahn als O I 1, obwohl er nicht älter ist; die Ursache dieses schnelleren Wachstums des O I 2 ist wahrscheinlich diese, dass zur Höhe dieses Zahnes das flache Vorderende des Zungenbeins weiter von der Epitheloberfläche entfernt ist als der Zahnsockel des O I 1, der, wie wir öfters gesehen haben, nahe bei der Spitze, der schrägen Seite des hier dreieckigen Zungenbeins aufsitzt. So hat sich O I 2 zu einem langen, schlanken Zahn entwickelt, während O I 1 eine mehr gedrungene Gestalt annahm und sich so gekrümmt hat, dass er mit demselben Elemente der andern Seite zusammen dem Zungenbein aufsitzt, wie die Hörner auf dem Kopfe eines Stieres. Beide Zähne des O I sind bis auf ein dünnes Epithelschichtchen, durchgebrochen um in Funktion zu treten.

Von dem zweiten Stichos sind drei Elemente vorhanden, welche alle reichlich Dentin zeigen. O II 2 ist der älteste Zahn dieser Reihe, O II 3 der jüngste; man könnte also sagen, dass die Elemente der zweiten Zahnreihe sich, genau wie diejenige der ersten, in disto-mesialer Richtung entwickeln, mit Ausnahme des O II 1 und O II 2, welche sich in entgegengesetzter Reihenfolge anlegen. Zugleich mit den beiden O II 3 erscheint in den Schnitten das unpaare Element, das genau in der Medianebene liegt, sich gross, lang und schlank entwickelt hat und einen derben Dentinmantel besitzt. Dieser Zahn sitzt gerade dem meist mesialen Ende des knorpeligen Basihyale auf. Auch er würde bald in Funktion getreten sein, weil nur eine dünne Epithelschicht seine Spitze überdeckt.

Das Bild, das die Larve *R* vom Zungengebiss liefert, gleicht dem des vorangehenden Präparates, nur ist die Entwicklung hier wieder ein wenig weiter fortgeschritten. Die Elemente des ersten Stichos und ihre Ersatzkeime des dritten sind genau so vorhanden, wie im Stadium Q, nur zeigen die alten Zähne schon deutlich Zeichen der anfangenden Resorption.

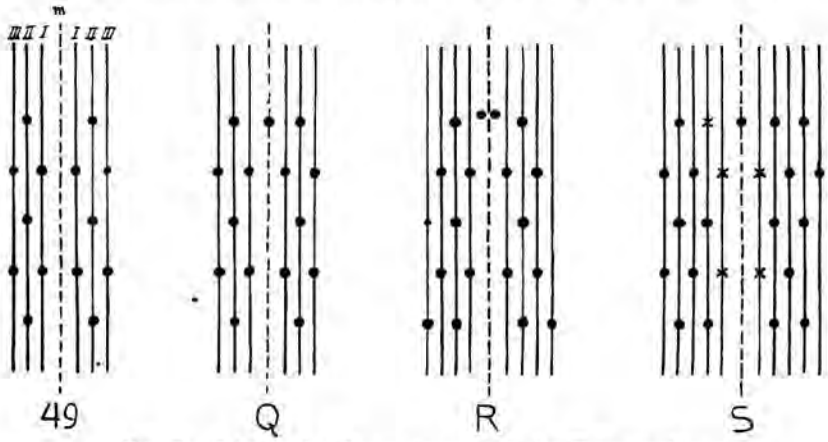



Fig. 2. Schema der Zusammensetzung des Zungengebisses bei den Stadien 49—S.

Namentlich das Dentin des O I 2 ist an der medialen Seite eine Strecke weit destruiert. Von dem zweiten Stichos ist O II 2 anscheinend am mächtigsten entwickelt; rechts hat dieser Zahn keinen Ersatzkeim, links nur eine winzig kleine, auf einem Schnitte sichtbare Papille. O II 1 dagegen hat beiderseits ein papillenförmiges Ersatzzähnchen, das rechts nur auf einem, links auf mehreren Schnitten zu sehen ist. O II 3 ist links durch einen kräftigen, dentinhaltigen Keim vertreten, rechts jedoch nur durch eine kleine Papille, welche auf einem Schnitte bereits ein Scherbchen Dentin zeigt.

Nach den Ersatzelementen urteilend, liegt also eine Entwicklung der Zähne des zweiten und vierten Stichos in disto-mesialer Richtung vor.

Am meisten mesialwärts liegen zwei kräftige Zähne dem vordersten Ende des Zungenbeins auf; der linke Keim nimmt aber mit seinem Sockel die ganze obere Fläche des hier noch sehr schmalen Zungenbeins in Anspruch, während der rechte Zahn, der mit seiner Spitze ausserdem mehr labialwärts weist, mit seinem Sockel rechts dem Zungenbein anliegt. Ich bin der Meinung, dass der linke dieser zwei Zähne homolog ist mit den jeweiligen unpaaren Elementen, welchen wir in den vorangehenden Präparaten begegnet sind und dass, wie ich schon bei der Besprechung des Stadiums *O* behauptete, dieser linke Keim sich nach rechts verschoben hat, auf Kosten des rechten Zahnes, welcher dann in der Mehrzahl der Fälle ganz retiniert bleibt, sich hier aber gleichweit entwickelt hat.

Im Präparate *S* liegen kompliziertere Verhältnisse vor, hier sehen wir zum ersten Male in unserer Präparatenserie, dass Elemente des Zungengebisses ausgefallen sind.

Wenden wir uns zunächst den Zähnen des zweiten Stichos zu, so finden wir, dass O II 1 zwar noch vorhanden, aber stark angefressen und von epithelzellartigen, unregelmässig gestalteten Zellen durchwuchert ist. Er hat einen dentinhaltigen Ersatzkeim. Auch O II 2 ist stark der Resorption anheimgefallen, so dass rechts die Spitze nur noch mit einer dünnen Knochenspange mit dem übrigen Zahne verbunden ist, während links die Zahnspitze ganz fehlt und nur der Zahnsockel übrig ist. In die so entstandene Öffnung strömen gleichsam die Epithelzellen hinein. Der Ersatzzahn des O II 2 ist dentinhaltig und links weiter entwickelt als rechts. Was den O II 3 anbelangt, so sehen wir in einem Schnitte auf dem Zungenbein drei Sockel neben einander liegen und wenn wir, die vorangehenden Schnitte verfolgend, nachgehen, welche Zähne zu diesen Sockeln gehören, so finden wir, dass in der Mitte ein gut entwickelter Zahn auftaucht, der mit seiner Spitze ein wenig nach links abweicht. Zu dem rechten Sockel gehört ein Zahn der noch mächtiger entwickelt ist und stark nach rechts überhängt. Zu dem linken Sockel aber gehört scheinbar überhaupt kein Zahn, in mehreren Schnitten jedoch sehen wir links oben im Epithel eine abgetrennte Zahnspitze liegen, als Rest des offenbar resorbierten O II 3. Der medial gelegene Keim muss wieder homolog sein mit dem unpaaren Elemente der vorangehenden Präparate. Der Ersatzzahn des O II 3 ist schon gross, reichlich mit Dentin versehen und beiderseits ungefähr gleichen Alters.

Von den Zähnen des ersten Odontostichos besitzt „O I 2" einen auffallend kleinen Ersatzzahn, obwohl dieser doch schon einen kleinen Dentinscherben aufweist. Bei genauer Betrachtung sehen wir, dass zwischen dem Dentin des Zahnes und dem Zahnbein dessen Sockels eine Naht vorhanden ist und dass hier die Dicke der Dentinschicht nach dem Sockel zu ein wenig zunimmt, sodass es wahrscheinlich ist, dass hier schon ein Element ersetzt worden ist. Diese Voraussetzung wird wohl zur Sicherheit, wenn wir einige Schnitte weiter beiderseits im Epithel eine Zahnspitze liegen sehen. Der Zahn, den wir anfangs für „O I 2" hielten, ist also in Wirklichkeit O III 2.

Das Element, das wir an der Stelle des O I 1 antreffen und vorläufig „O I 1" nennen werden, ist links und rechts verschieden weit entwickelt. Rechts sehen wir deutlich, dass „O I 1" noch nicht mit dem Zahnsockel verwachsen ist und dass seine Dentinschicht

dünner ist als diejenige des Sockels. Es liegt hier also nicht „O I 1", sondern O III 1 vor; ein Ersatzkeimchen ist hier noch nicht vorhanden.

An der linken Seite ist der „O I 1" fester mit seinem Sockel verwachsen, aber doch haben wir es offenbar auch hier mit O III 1 zu tun, da hier zwar nicht die Spitze des ausgeworfenen O I 1, aber doch die Öffnung im Epithel, welche diese Zahnspitze enthalten hat, sichtbar ist. Auch der Ersatzkeim des O III 1, welcher zu dem fünften Stichos gehören muss, ist schon vorhanden und besitzt ein Dentinscherbchen.

In diesem Stadium sind also O I 1 und O I 2 verloren gegangen, was nicht zu verwundern ist, weil diese Zähne die ältesten des Zungengebisses waren. Weniger verständlich ist es, dass links O II 3 schon fehlt, weil dieser sich später als die andern Elemente des zweiten Stichos angelegt hat.

In den Stadien *M* und *L*, welche, wie wir schon bei der Besprechung des Unterkiefers [1]) erwähnt haben, beträchtliche Altersdifferenzen gegenüber den andern Larven meiner Serie aufweisen, liegen ungefähr die gleichen Verhältnisse vor, wie in den ältesten vorangehenden Stadien, nur ist der Zahnwechsel bedeutend weiter fortgeschritten. Ich glaube, dass es auch betreffs des Zungengebisses besser ist, eine spekulative Deutung dieser Stadien zu unterlassen und nur eine prinzipiell wichtige Tatsache zu erwähnen. Es fehlt nämlich im Präparate *M* im meist mesialen Zungenteil das unpaare Element, ebenso wie in *L*. Es gibt hierfür zwei Möglichkeiten: dieser Keim hat sich entweder überhaupt nicht angelegt, oder er ist ausgefallen und nicht ersetzt worden. Diese zweite Möglichkeit scheint mir die wahrscheinlichste, weil das unpaare Element in den jüngeren Stadien eine regelmässige Erscheinung war, jedoch ist diese meine Vermutung nicht auf Beobachtungen basiert.

Natürlich sind in beiden Präparaten verschiedene Stadien der Resorption und Ersetzung vorhanden, aber die Besprechung dieser Phänomene ist hier nicht am Platze und gehört zum histologischen Abschnitt, der später veröffentlicht wird.

## SCHLÜSSE:

Die Elemente des Zungengebisses entwickeln sich in Zahnreihen, welche sich in linguo-labialer Richtung anlegen. Die Keime der Odontostichi entstehen in einer, von distal nach mesial fortschreitenden, Reihenfolge, mit Ausnahme des 0 II 1 und 0 II 2, welche sich öfters in entgegengesetzter Reihenfolge anlegen.

Zur Höhe des 0 II 3 entwickelt sich in der Mehrzahl der Fälle ein unpaarer Keim, der wahrscheinlich das linke Element einer paaren Anlage ist und der sich nach der Medianebene zu verschoben hat, während das entsprechende rechte Element sich, mit einer einzelnen Ausnahme, nicht entwickelt hat. Ob dieses unpaare Element überhaupt zu einem Odontostichos gehört und wenn ja, zu welchem, kann ich an der Hand meiner Präparatenserie nicht entscheiden.

---

[1]) Proceedings Vol. XXXVIII, N⁰. 8, 1935.

**Embryology.** — *Experimentelle Untersuchungen über den Glykogenstoffwechsel des Organisationszentrums in der Amphibiengastrula.* (II). Von CHR. P. RAVEN. (Communicated by Prof. M. W. WOERDEMAN).

(Communicated at the meeting of November 30, 1935).

In einer vorigen Arbeit [1]) habe ich berichtet über Versuche nach Anlasz der von WOERDEMAN [2]) entdeckten Tatsache, dass die Zellen der Urmundlippen einer Amphibiengastrula in dem Augenblick, in dem sie ins Keiminnere eingerollt werden, den grószten Teil des in ihnen enthaltenen Glykogens verlieren. Es zeigte sich dabei, dass, wenn das Material der dorsalen Urmundlippe auf experimentellem Wege gezwungen wurde, an fremdem Ort und unter abgeänderten zeitlichen Verhältnissen seine Gestaltungsbewegungen auszuführen, das Verschwinden des Glykogens immer zeitlich mit der Einrollung der Zellen zusammenfiel. Daraus ging hervor, dass zwischen Einrollung und Glykogenverlust eine kausale Verknüpfung besteht. Über die *Art* dieser Verknüpfung konnte das damalige Experiment nur wenig Auskunft geben; ob der Glykogenverlust Ursache oder Folge der Einrollung sei, liesz sich aus demselben nicht ableiten. Die Klärung dieser Frage musste daher weiteren Forschungen überlassen bleiben.

Aus der Problemstellung (vgl. die erste Arbeit) ergeben sich zwei weitere Fragen, welche einer experimentellen Bearbeitung zugänglich sind.

a. *Findet der Glykogenverlust auch statt in Zellen, welche in der normalen Entwicklung nicht eingerollt werden, wenn sie auf experimentellem Wege zur Einrollung um den Urmundrand gebracht werden?*

Ektodermstücke, welche der präsumptiven Epidermis von frühen Axolotlgastrulae entstammten, wurden in den mittleren Bereich der dorsalen Urmundlippe von gleichaltrigen Keimen eingesetzt. In einigen Fällen wurde die Gastrulation der Wirtskeime gestört und es bildete sich eine Spina bifida; diese Keime waren für unsere Untersuchung unbrauchbar. In manchen Fällen aber wurde das Implantat bis an den Urmundrand verschoben und dann um denselben ins Keiminnere eingerollt. Wie SPEMANN und GEINITZ [3]) gezeigt haben, differenzieren sich solche Ektodermstücke im Urdarmdach des Wirtes nicht nur ortsgemäsz zu Chorda und Mesoderm, sondern sie erlangen dabei auch organisatorische Fähigkeiten wie das normale Urdarmdach. Es war nun von Bedeutung zu untersuchen, ob

---

[1]) CHR. P. RAVEN, Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam, **36**, 566, 1933.
[2]) M. W. WOERDEMAN, Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam, **36**, 189, 1933.
[3]) H. SPEMANN und B. GEINITZ, Roux' Archiv, **109**, 129, 1927.

bei dieser Einrollung um den Urmundrand das in den Zellen enthaltene Glykogen verschwindet. Die Keime wurden daher in dem Augenblicke, in dem das Implantat etwa zur Hälfte eingerollt war, fixiert in absolutem Alkohol oder in der Flüssigkeit von CARNOY, und senkrecht zum Urmundrand im Bereich des Implantates geschnitten. Die Zelloidinschnitte wurden in Jodgummisirup untersucht.

Das Studium der Schnittreihen lehrte, dass in vielen Fällen in dem eingerollten Teil des Implantates eine deutliche Abnahme des Glykogens stattgefunden hatte. Allerdings war die Erscheinung in diesen Zellen weniger ausgesprochen als in den Zellen der Randzone. Es hat den Anschein, als ob die Zellen der präsumptiven Epidermis zwar auf den Reiz, welche den Anstosz zum Glykogenschwund gibt, reagieren, aber weniger rasch und vollständig als die Zellen der Randzone. Jedenfalls ist aber der Glykogenverlust bei Einrollung um den Urmundrand nicht eine ausschlieszlich auf den Randzonenzellen beschränkte Erscheinung.

b. *Ist für das Verschwinden des Glykogens die Einrollung um den Urmundrand eine notwendige Bedingung, oder tritt auch Glykogenverlust ein, wenn die Zellen auf anderem Wege ins Innere des Keimes gelangen?*

Stücke präsumptiven Ektoderms aus der Umgebung des animalen Poles von Blastulae und frühen Gastrulae wurden durch einen Schnitt in der animalen Keimhälfte in die Furchungshöhle von gleichaltrigen Keimen eingesteckt. Die Implantate legten sich eng an das Blastuladach des Wirtes und verlöteten in den meisten Fällen mit demselben. Daher waren die Implantate oftmals auf den Schnitten nicht mehr genau abzugrenzen. Es liesz sich jedoch mit Sicherheit feststellen, dass eine Verminderung des in den Implantatzellen enthaltenen Glykogens sogar bei 3 Tage nach der Operation fixierten Keimen nicht stattgefunden hatte.

Aus diesen Versuchen geht hervor: Der Glykogenschwund ist 1°. irgendwie kausal verknüpft mit der Einrollung um den Urmundrand; 2°. kein ausschlieszliches Charakteristikum des Randzonenmaterials; im Experimentalfall kann dieser Vorgang auch in präsumptiven Ektodermzellen, wenn auch weniger vollständig, ausgelöst werden; 3°. nicht ohne weiteres eine Folge der Verlagerung des Materiales ins Keiminnere. Dabei musz aber im Auge behalten werden, dass die physikochemischen Bedingungen in der Umgebung des Urmundrandes von denen im Blastocöl verschieden sein könnten.

Man könnte die Wahrnehmung, dass in der dorsalen Urmundlippe eingesetzte präsumptive Ektodermzellen bei der Einrollung um den Urmundrand ihr Glykogen mehr oder weniger verlieren, dahin deuten, dass der Glykogenverlust eine *Folge* der Einrollung ist. Dabei ist aber zu bedenken, dass diese Einrollung vielleicht keine rein *passive* ist, indem das implantierte Material durch die umgebenden Randzonenzellen des Wirtes um den Urmundrand mitgeschleppt werde; das Ektodermmaterial könnte unter dem Einflusz seiner neuen Umgebung die Fähigkeit zur *aktiven* Einrollung

erlangen (wie es auch bezüglich seiner Differenzierungs- und Organisationspotenzen dem umgebenden Material gleichgeschaltet wird, SPEMANN und GEINITZ l.c.) und die Glykogenolyse könnte für die dabei auftretende Formänderung der Zellen eine notwendige Vorbedingung sein (Bildung osmotisch wirksamer Substanzen?). Daher sagt dieses Experiment nichts über die vorliegenden ursächlichen Zusammenhänge aus. Wir müssen uns demnach vorläufig damit begnügen, festzustellen, dass der Glykogenschwund eine konstante Begleiterscheinung der Einrollung um den Urmundrand ist.

*Anat.-Embryol. Inst. d. Universität Amsterdam.*

---

**Embryology.** — *Über assimilatorische Induktion in der dorsalen Urmundlippe der Amphibiengastrula.* Von CHR. P. RAVEN. (Communicated by Prof. M. W. WOERDEMAN.)

(Communicated at the meeting of November 30, 1935).

In der vorstehenden Mitteilung [1]) wurde gezeigt, dass präsumptive Ektodermzellen, welche nach Transplantation in die dorsale Urmundlippe einer frühen Gastrula um den Urmundrand des Wirtes ins Keiminnere eingerollt werden, dabei einen Teil des in ihnen enthaltenen Glykogens verlieren. Bei der Besprechung dieses Befundes mit Rücksicht auf die Beziehung zwischen Einrollung und Glykogenverlust wurde die Frage aufgeworfen, ob die Einrollung des transplantierten Materiales um den Urmundrand des Wirtes eine rein *passive* ist oder ob in demselben unter dem Einflusz der Umgebung die Fähigkeit zur *aktiven* Einrollung geweckt wird. Die bisherigen Versuche geben auf diese Frage keine Antwort.

Zur Lösung derselben wurden neue Versuche angestellt, wobei das in die dorsale Urmundlippe transplantierte Ektodermmaterial, bevor es um den Urmundrand des Wirtes ins Keiminnere eingerollt war, wieder ausgeschnitten und einem dritten Keime in die präsumptive Ventralseite eingesetzt wurde. Sollte das Material während seines Aufenthaltes in der dorsalen Urmundlippe das Vermögen zur aktiven Einrollung erlangt haben, so musste sich dieses aus seinem Verhalten in der neuen Umgebung ableiten lassen.

Zugleich lieferten diese Versuche einen Beitrag zur Lösung einer anderen Frage. Von MANGOLD [2]) wurde nachgewiesen, dass in die dorsale Urmundlippe transplantiertes Ektodermmaterial, wenn es um den Urmundrand eingerollt wird, zu Chorda, Ursegmenten und Niere werden kann.

---

[1]) CHR. P. RAVEN, Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam, **38**, 1107, 1935.

[2]) O. MANGOLD, Arch. mikr. Anat. u. Entw. mech. **100**, 198, 1924.

Es ist also Induktionswirkungen von seiten der Umgebung ausgesetzt, welche eine ortsgemäsze Differenzierung erzwingen. SPEMANN und GEINITZ [1]) zeigten dann, dass das Material unter diesen Umständen auch Induktionsvermögen erlangt hatte und nach Einstecken in die Furchungshöhle eines anderen Keimes im Ektoderm derselben eine Neuralplatte induzieren konnte. Dieses Induktionsvermögen ist also in dem ursprünglich ektodermalen Material während seines Aufenthaltes in dem Organisatorbereich des „Zwischenwirtes" geweckt worden.

Es fragte sich nun, ob für die Determination sowie für die Weckung der Induktionsfähigkeit die Einrollung um den Urmundrand des Wirtes eine unerläszliche Bedingung ist, oder ob dazu ein relativ kurzdauernder Aufenthalt in dem äusseren Blatt der Urmundlippe genügt. SPEMANN und GEINITZ versuchten an diese Frage hinanzutreten, indem sie das in Einrollung begriffene Ektodermtransplantat, innen- und aussenliegenden Teil zusammen, in die Furchungshöhle eines anderen Keimes einsteckten. Dieser Versuch lieferte aber keine eindeutigen Ergebnisse: Aus dem äusseren Blatt des Transplantates bildete sich oftmals eine Neuralanlage; eine sekundäre Neuralplatte wurde bisweilen induziert; ob diese Induktionswirkung von dem inneren oder äusseren Blatt des Transplantates ausging ist jedoch ungewisz.

Bei meinen Versuchen wurde dagegen nur der noch aussenliegende Teil des Transplantates auf seinem Gestaltungs-, Differenzierungs- und Induktionsvermögen geprüft. Das Experiment verlief folgendermaszen: Einer ganz frühen Gastrula von Axolotl oder *Triton* wurde ein relativ groszes Stück aus der präsumptiven Epidermis einer anderen frühen Gastrula median in den Bereich der oberen Urmundlippe eingesetzt. Es wurde dabei entweder xenoplastisch transplantiert (Axolotl → *Triton*) oder der Spenderkeim war vorher in toto mit Nilblausulfat gefärbt worden. Nach 19—24 Stunden, wenn das Transplantat in den meisten Fällen erst eben teilweise eingerollt war, wurde sein aussenliegender Teil wieder ausgeschnitten. Der Urmundrand, soweit er vom Transplantat gebildet war, wurde mit entnommen, der bereits eingerollte Teil des Transplantates aber nicht; auch wurde peinlichst darauf geachtet, dass dem entnommenen Material keine Wirtszellen anhingen. Dasselbe wurde nun in einen dritten Keim entweder in die präsumptive Epidermis oder in die ventrale Randzone implantiert; es wurde dabei so orientiert, dass die Urmundseite des Implantates wieder urmundwärts gerichtet war.

Die Anzahl der in diesem Frühjahre ausgeführten Versuche ist vorläufig ziemlich klein (22 gelungene Fälle); weil aber die bisherigen Ergebnisse ganz eindeutig sind und in verschiedener Hinsicht bemerkenswert, erscheint es mir angebracht schon jetzt kurz darüber zu berichten.

*Die Gestaltungspotenz der Transplantate.* Die Transplantate wurden in

---

[1]) H. SPEMANN und B. GEINITZ, Roux' Archiv **109**, 129, 1927.

15 Fällen in die *ventrale Randzone* des Wirtskeimes eingesetzt. Bei 2 dieser Keimen blieb das Transplantat völlig in der Aussenseite des Wirtes liegen; in 10 Fällen wurde es aber teilweise um den ventralen Urmundrand des Wirtes ins Keiminnere eingerollt. Gastrulationsschwierigkeiten machten sich bei vielen dieser Keimen dadurch bemerkbar, dass der Dotterpfropf nicht ganz umwachsen wurde, so dasz später im Schwanzknospenstadium noch ein Teil des Dotterfeldes offen zu Tage lag. In 3 Fällen schlieszlich verschwand das Transplantat im Laufe einiger Tage vollständig von der Oberfläche, indem es um den ventralen Urmundrand des Wirtes eingerollt wurde.

Von den 7 Transplantaten, welche in die *präsumptive Epidermis* des Wirtes implantiert wurden, blieben 6 ganz an der Keimesoberfläche liegen; jedoch liesz sich die Beobachtung, dass sie sich meistens nicht glatt in den Verband des Wirtsektoderms einfügten, sondern Buckel und tiefe Gruben aufwiesen, vielleicht als eine Tendenz zur Einrollung deuten, welche sich aber nicht durchzusetzen vermochte. In einem Falle ist aber im Bereich des Implantates ein deutlicher sekundärer Urmund entstanden, um dessen Rand sich ein, allerdings kleiner, Teil des Implantates ins Keiminnere eingerollt hat (Abb. 1).

Zum guten Verständnis dieser Befunde müssen wir sie vergleichen mit

Abb. 1: Das in die präsumptive Epidermis eingesetzte Transplantat hat einen sekundären Urmund gebildet.

dem Verhalten der dorsalen Urmundlippe einerseits, der präsumptiven Epidermis andererseits nach entsprechender Transplantation. Transplantate aus der dorsalen Urmundlippe verschwinden in der präsumptiven Epidermis fast immer unter Bildung eines sekundären Urmundes vollständig in die Tiefe [1]; nach Transplantation in die ventrale Randzone rollen sie sich, wie ich aus eigener Erfahrung weiss, meistens um den ventralen Urmundrand ins Keiminnere [2]. Transplantate aus der präsumptiven Epidermis fügen sich in die präsumptive Epidermis des Wirtes immer glatt ein und zeigen niemals Einrollungstendenz; über ihr Verhalten in der ventralen Randzone sind mir keine Versuche bekannt; doch lässt sich erwarten,

---

[1]) O. MANGOLD, Arch. mikr. Anat. u. Entw. mech. **100**, 198, 1924.

[2]) F. E. LEHMANN, Roux' Archiv **125**, 566, 1932; CHR. P. RAVEN, Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam **36**, 566, 1933.

dass sie hier der Einrollung um den Urmundrand beträchtliche Schwierigkeiten entgegensetzen würden.

Aus alledem lässt sich schlieszen, dass meine Transplantate nach etwa 24-stündigem Verweilen in der dorsalen Urmundlippe eine schwache *Einrollungstendenz* erhalten haben, welche allerdings derjenigen des Urmundlippenmaterials selbst erheblich nachsteht.

*Die Differenzierungspotenz der Transplantate.* In 4 Fällen, in denen die Transplantate sich ganz oder fast ganz um den ventralen Urmundrand des Wirtes ins Keiminnere eingerollt haben, lieferten sie in übereinstimmender Weise *Chorda, Ursegmente* und *Niere*. Letztgenannte Differenzierung fand sich allerdings nur im Zusammenhang mit der Wirtsniere; Chorda und Urwirbel bildeten sich aber auch ganz unabhängig von der primären Embryonalanlage in der ventralen Wirtsregion. Das gleiche zeigten 10 Fälle, in denen die Transplantate sich teilweise um den primären oder einen sekundären Urmundrand eingerollt hatten; auch hier differenzierten sich die eingerollten Teile zu Chorda und Mesoderm (Abb. 3).

Sieben Transplantate, welche ganz in der Keimesoberfläche liegen geblieben waren, hatten sich zu *Epidermis* differenziert; dieselbe war oftmals etwas atypisch oder verdickt, zeigte aber niemals Andeutungen einer neuralen Struktur. In einem anderen Falle aber hat sich bei einem Transplantat in der präsumptiven Epidermis ein Teil des Implantatmateriales von der oberflächlichen Schicht abgespalten, ist also auf direktem Wege in die Tiefe gelangt und hat sich hier zu *Chorda* und *Mesoderm* differenziert (Abb. 2).

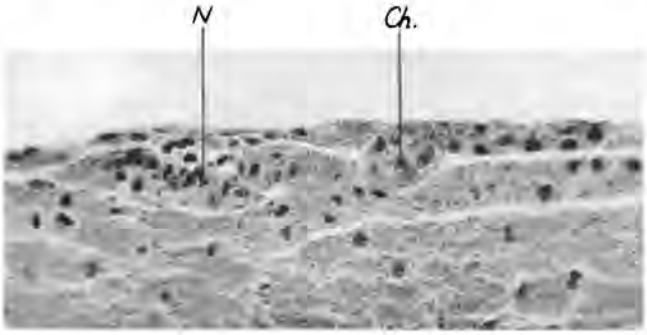



Abb. 2: Aus der oberflächlichen Schicht des Transplantates hat sich eine Chorda (Ch) abgespalten. Daneben eine induzierte Neuralanlage (N).

Aus diesen Befunden können wir schlieszen, dass die Zellen der Transplantate die *Differenzierungstendenz zu Chorda und Mesoderm* besitzen. Diese Tendenz kann sich aber nur auswirken, wenn das Material entweder durch Einrollung um einen Urmundrand oder durch direkte Abspaltung aus den tiefen Schichten des Transplantates ins Keiminnere versetzt wird; bleibt es dagegen in der Keimesoberfläche liegen, so wird diese Chordamesodermtendenz unterdrückt und es differenziert sich das

Material zu Epidermis. Wir haben hier also ein schönes Beispiel des von mir [1]) andernorts postulierten Sachverhaltes, wobei sich im gleichen Keimmaterial mehrere Differenzierungstendenzen befinden und es durch unspezifische Umgebungsbedingungen bestimmt wird, welche dieser Tendenzen das Übergewicht bekommt.

*Die Induktionsfähigkeit der Transplantate.* In den 4 Fällen, in denen die Transplantate sich ganz oder fast ganz ins Keiminnere eingerollt haben, zeigen sich keinerlei Anzeichen einer vom Transplantatmaterial auf das Wirtsektoderm ausgeübten Induktionswirkung. Dies ist um so bemerkenswerter, als die zu Chorda und Mesoderm differenzierten Transplantate ausnahmslos unmittelbar unter dem Wirtsektoderm liegen. Trotzdem hat dieses einen vollkommen normalen Epidermischarakter, zeigt sogar keine nennenswerte Verdickung an der Stelle, wo es vom Implantatchordamesoderm unterlagert wird. Dagegen zeigt der Befund, dass im Aufbau der vom Implantat gebildeten Urwirbel bisweilen benachbartes Seitenplattenmesoderm des Wirtes einbezogen wird, dass das Transplantat auf das Wirts*mesoderm* wohl induzierende Einflüsse ausgeübt hat.

In allen 11 Fällen, in denen ein Teil des Implantates entweder durch Einrollung oder durch Abspaltung in die Tiefe gelangt ist und sich zu Chorda und Mesoderm differenziert hat, lieferte der aussengebliebene Teil des Implantates eine deutliche *Neuralanlage*. Fast immer bildete sich eine kleine Neuralplatte, welche von deutlichen Wülsten umgeben war und sich in mehr oder weniger normaler Weise zum Rohr umbildete. Auf den Schnitten fanden sich schöne Neuralrohre, welche in Anwesenheit von Chorda und Urwirbel einen fast normalen Querschnitt aufweisen konnten. Meistens hatten sie die Form eines *Rückenmarkes*, in einigen Fällen wurden aber Neuralanlagen von *Hirn*charakter induziert (Abb. 3). In 2 Fällen fanden sich *Ganglienleisten* in Verbindung mit einem Neuralrohr (Abb. 3), einmal sogar eine *Hörblase* neben einem induzierten Gehirn.

Das bemerkenswerte an diesem Induktionseffekt ist nun aber, dass fast immer sich der aussengebliebene Teil des Implantates *im ganzen* zu einer Neuralplatte umbildete, dass aber im Aufbau derselben niemals Wirtszellen einbezogen wurden. In allen Fällen, in denen die Bildung einer kleinen Neuralplatte beobachtet wurde, fiel die äussere Umgrenzung derselben ganz scharf mit der Grenze des an seiner Farbe erkennbaren Transplantatmateriales zusammen; der die Neuralplatte umgebende Wulst war von ungefärbtem Wirtsektoderm überdeckt, welches sich bis an die Pigmentgrube an der Innenseite des Wulstes erstreckte. Auch in den Schnittpräparaten zeigt es sich noch in vielen Fällen deutlich, dass die Neuralanlagen ausschlieszlich aus Implantatzellen bestehen. Die Unterlagerung dieser Neuralanlagen durch eingerolltes und zu Chorda und Mesoderm differenziertes Implantatmaterial ist aber in den einzelnen Fällen

---

[1]) CHR. P. RAVEN, Roux' Archiv **132**, 509, 1935.

eine sehr verschiedene; in vielen Fällen war nur ein sehr kleiner Teil derselben von Chorda oder Urwirbelmaterial unterlagert. Daraus geht

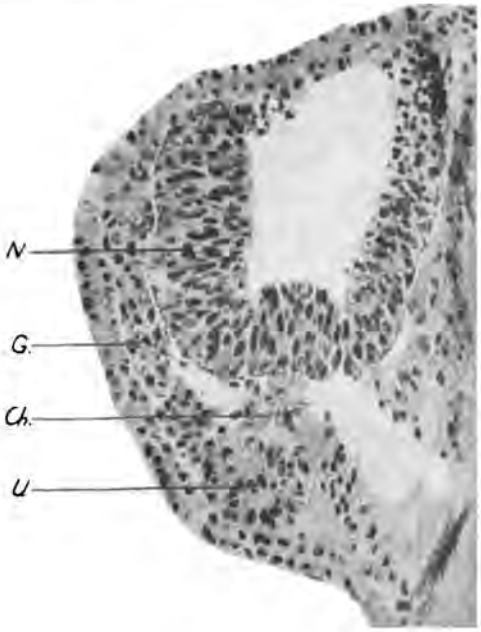



Abb. 3: Das Implantat hat eine Chorda (Ch.), Urwirbel (U, eben angeschnitten), Neuralgewebe (N) und Ganglienleiste (G) gebildet.

hervor, dass die Ausdehnung der Neuralplatte in diesem Falle weniger durch den *Induktor* (Implantatchordamesoderm) als durch das *Reaktionssystem* (aussengebliebener Teil des Transplantates) bestimmt wird.

Aus diesen Befunden ergeben sich nun einige weiteren Einsichten in die Eigenschaften der Transplantate:

1. Wenn die Transplantate ganz in der Keimesoberfläche liegen bleiben, werden sie zu Epidermis; wenn aber ein Teil derselben durch Einrollung oder Abspaltung ins Keiminnere gerät, differenziert sich der aussenliegende Teil zu Neuralgewebe. Der zu Chorda und Mesoderm differenzierte innere Teil des Transplantates übt also auf den aussenliegenden Teil eine *Induktionswirkung* aus.

2. Diese Induktionswirkung ist nur schwach, denn sie reicht nicht aus, Wirtsektoderm zur Bildung einer Neuralplatte bzw. zur Mitbeteiligung am Aufbau der Implantatneuralplatte zu veranlassen.

3. Weil aber das aussenliegende Implantatgewebe auf diesen schwachen Induktionsreiz wohl anspricht und entsprechend reagiert, musz dem Implantatgewebe eine im vergleich zu unvorbehandelter präsumptiver Epidermis stark erhöhte *Reaktionsbereitschaft* gegenüber neuralen Induktionsreizen zugesprochen werden. Demzufolge genügen schon unbeträchtliche Mengen von aus dem Implantat entstandenem Chordame-

soderm, damit der ganze aussenliegende Implantatteil zur Bildung einer Neuralplatte gebracht wird. Dennoch kann nicht von einer *Tendenz* des Implantatmaterials zur neuralen Differenzierung gesprochen werden, weil dasselbe beim gänzlichen Fehlen von Chorda oder Urwirbelmaterial keine Neuralplatte, sondern nur Epidermis liefert[1]).

Zusammenfassend können wir demnach sagen, dass das Material aus der präsumptiven Epidermis einer frühen Gastrula nach etwa 24-stündigem Verweilen in dem äusseren Blatt der dorsalen Urmundlippe 1. eine schwache *Einrollungstendenz*, 2. die *Differenzierungstendenzen* zu *Chorda* und *Urwirbel*, 3. eine erhöhte *neurale Reaktionsbereitschaft*, 4. schwaches *Induktionsvermögen*, erhalten hat. In bezug auf die unter 1, 2 und 4 genannten Eigenschaften hat es sich also dem Urmundlippenmaterial angenähert. Die auf das Transplantat in der Urmundlippe ausgeübte Wirkung kann somit als ein Beispiel *assimilatorischer Induktion* bezeichnet werden.

Die Frage, von der diese Untersuchung ihren Ausgang genommen hat, kann auf Grund der Versuche folgendermaszen beantwortet werden: Das in die dorsale Urmundlippe eingepflanzte präsumptive Ektoderm verhält sich wahrscheinlich bei seiner Einrollung um den Urmundrand nicht völlig passiv, sondern beteiligt sich aktiv dabei kraft einer in ihm geweckten Einrollungstendenz. Es kann somit nicht als bewiesen betrachtet werden, dass der bei der Einrollung stattfindende Glykogenverlust eine Folgeerscheinung der Einrollung ist.

*Anat.-Embryol. Institut der Universität Amsterdam.*

---

[1]) Zum Begriff der Differenzierungstendenz vgl. CHR. P. RAVEN, Roux' Archiv **132**, 509, 1935. In der daselbst benutzten Terminologie könnten wir sagen: Die Reaktionsmöglichkeit: Neuralgewebe, hat sich im Transplantat verstärkt, hat aber die „Schwelle" noch eben nicht überschritten.