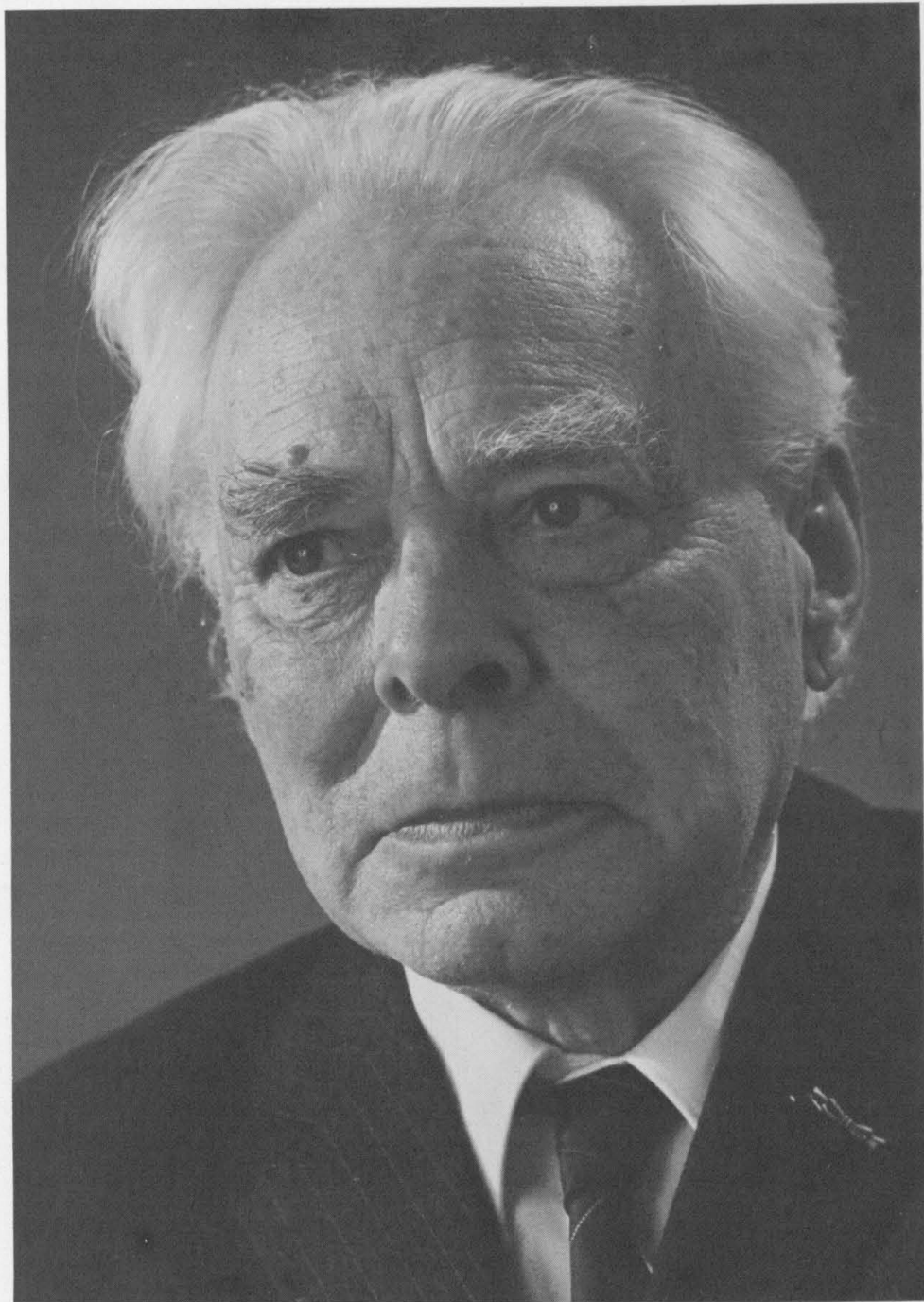


Citation:

C.H. MacGillavry & A.F. Peerdeman, Levensbericht J.M. Bijvoet, in:
Jaarboek, 1980, Amsterdam, pp. 162-167



JOHANNES MARTIN BIJVOET

Levensbericht¹ van

Johannes Martin Bijvoet

(23 januari 1892 – 4 maart 1980)

door **Carolina H. MacGillavry** en **A.F. Peerdeman**

Bijvoet werd geboren in een oud Amsterdams huis aan de Binnenkant, achter het IJ. Hij was de derde in een gezin met vier zoons. Het is merkwaardig dat de drie oudste zoons uit dit niet-academische milieu (zijn vader had een verffabriek), na een briljante studie een bijzonder succesvolle carrière hebben opgebouwd. De oudste, kort voor zijn broer Jo op meer dan 90-jarige leeftijd overleden, was de beroemde architect Bernard Bijvoet; de tweede zoon een zeer bekend gynaecoloog in het Gooi; de loopbaan van de derde wordt in dit levensbericht beschreven. — De vierde zoon kwam bij zijn vader in de zaak en zette het bedrijf later voort. —

Bijvoet bezocht de lagere school „Zeemanshoop” op de Prins Hendrikkade, vervolgens de 1e vijfjarige HBS aan de Keizersgracht. Uit deze jeugd jaren, doorgebracht in het hartje van de oude stad, is wel zijn diepe verknochtheid met Amsterdam te verstaan.

Het waren de voortreffelijke scheikundelessen op de HBS² die hem tot zijn beroepskeuze brachten. Om een universitaire graad te behalen was het toen voor een HBS-abituriënt nog vereist, het aanvullende staatsexamen Latijn en Grieks af te leggen. Ondanks dit oponthoud, overigens veraangenaamd met intensieve muziekstudie, kon Bijvoet toch op 18-jarige leeftijd aan de Universiteit van Amsterdam gaan studeren. Na de boeiende lessen op school viel de scheikunde-studie hem nogal tegen. De natuurkunde interesseerde hem meer: al in zijn tweede jaar leidde een practicumproef bij natuurkunde tot zijn eerste publikatie.

Kort na zijn kandidaatsexamen brak de eerste wereldoorlog uit. Bijvoet moest van 1914–1918 in militaire dienst. In het fort van Abcoude gebruikte hij zijn vele vrije tijd voor de studie van thermodynamica en statistische mechanica. Het standaardwerk van J.W. Gibbs, een zware kluit, werd doorgewerkt. — Welke kandidaat in de chemie zou daar nu nog de volharding voor kunnen en willen opbrengen? — Op verlofdagen verstopte hij zijn sabel tussen de bosjes bij het fort en wandelde heen en terug naar Amsterdam.

¹ Gedeeltelijk ontleend aan de artikelen uit het Chemisch Weekblad van 20 maart 1980, blz. 126/127.

² „Understanding was emphasized, not learning by heart” (J.M. Bijvoet in: *Fifty Years of X-Ray Diffraction*, ed. P.P. Ewald, p. 526–530 (Oosthoek, Utrecht, 1962)). Deze les heeft Bijvoet later consequent al zijn leerlingen voorgehouden.

De Amsterdamse tijd

Na zijn demobilisatie legde Bijvoet in 1919 het doctoraalexamen af met fysische chemie als hoofdvak. Op het chemisch laboratorium in Amsterdam werden heftige discussies gevoerd naar aanleiding van een model van de keukenzoutstructuur dat Bragg door röntgendiffractie bevestigd had. Zijn latere promotor was tegen dit model omdat er geen afzonderlijke molekulen in te onderscheiden zijn, „die toch immers de grondslag van de chemie vormen”. De tegengestelde opvattingen van leermeester en leerlingen hadden tot gevolg dat besloten werd in Amsterdam te beginnen met röntgenanalyse van kristallen. Deze beslissing blijkt bepalend geweest te zijn voor Bijvoet's onderzoeksgebied. Dat zijn wetenschappelijke belangstelling, inzicht en kennis een veel breder terrein bestreken, is in zijn onderwijs tot uitdrukking gekomen.

Het ontwikkelen en bedrijven van de benodigde röntgenapparatuur was omstreeks 1920 geen eenvoudige taak: met primitieve en vooral goedkope onderdelen slaagden Bijvoet en zijn vriend A. Karssen er in aan de slag te komen en gezamenlijk hun eerste kristalstructuren, van Lithiumhydride en van Natriumchloraat, te bepalen. Bij dit alles stond hun oudere vriend Kolkmeijer (veeartsenijschool, Utrecht) hun met raad en daad bij, terwijl de vindingrijke technicus A. Kreuger onschatbare hulp verleende. Door loting (!) werd beslist dat Bijvoet over Lithiumhydride zou promoveren, Karssen over Nachloraat en het isomorfe bromaat. Aldus geschiedde in 1922. Hier bleek al Bijvoet's grote behoefte aan intensieve samenwerking met een collega of assistent. Daarbij waren onvoorstelbaar lange werktijden heel gebruikelijk. Al zijn naaste medewerkers hebben dit in de loop der jaren ervaren en allen beseffen heel goed dat zij door Bijvoet zijn opgetrokken tot hoogten van doordenken die ze op eigen kracht wellicht nooit bereikt hadden.

Bijvoet is op deze twee eerste kristalstructuren nog menigmaal teruggekomen: op Lithiumhydride in taai volhardende pogingen, de verdeling der elektronen om de lichte kernen Li en H te bepalen; op Natriumchloraat en -bromaat veertig jaar later om uit de ligging der atomen de optische activiteit te berekenen.

Na hun promotie brachten Bijvoet en Karssen korte tijd door bij W.L. Bragg, toen hoogleraar in Manchester. Daar ontmoetten zij vooraanstaande jonge fysici en chemici uit vele landen; een bijzonder stimulerende ervaring voor deze twee jonge mensen, die mede door de oorlog nog vrijwel geen internationale contacten gehad hadden.

In 1928 werd Bijvoet aangesteld als lector in de kristallografie en de thermodynamica; deze functie bekleedde hij tot zijn benoeming in 1939 als hoogleraar in de Algemene en Anorganische Chemie aan de Rijksuniversiteit te Utrecht.

Vóór de tweede wereldoorlog trouwde men niet voordat men een enigszins stabiele maatschappelijke positie had verworven: in 1930, op 38-jarige leeftijd, trad Bijvoet in het huwelijk met Marie Hardenberg, een verbintenis die bij zijn overlijden bijna vijftig jaar had geduurd en waaruit vier kinderen zijn geboren.

Uit zijn Amsterdamse tijd dateren veel studies van anorganische verbindingen, vooral dihalogeniden. Bij deze schijnbaar eenvoudige verbindingen deden zich vaak onverwachte complicaties voor als polymorfie, tweelingvorming en wanorde in bezetting der roosterplaatsen. Het gaf Bijvoet veel voldoening deze complicaties uit de soms raadselachtige röntgenogrammen af te leiden. Tegen het eind van deze periode begonnen twee van zijn medewerkers met een eerste organische kristal-

structuur, nl. barnsteenzuur. Daarbij maakten zij voor het eerst in Nederland gebruik van de transformatietechnieken Patterson- en Fourier-synthese. De perfectionist Bijvoet vreesde dat je daarvoor niet kon volstaan met fotografische geregistreerde, visueel geschatte diffractie-intensiteiten; hij meende dat je deze voor dit doel kwantitatief moest bepalen. In die tijd gebeurde dat met de gevreesde „ionisatie spectrometer” van Bragg Sr., een uiterst tijdrovende methode. De jongere generatie probeerde het toch met de fotografische waarden en bereikte een henzelf verrassend resultaat.

Uit deze periode stammen talrijke overzichtsartikelen, meest in het Chemisch Weekblad gepubliceerd, niet alleen over eigen resultaten, maar ook over nieuwe ontwikkelingen beschreven in de literatuur, zowel op het gebied der röntgenanalyse van kristallen als der thermodynamica en statistiek. Bijvoet's college chemische thermodynamica was werkelijk revolutionair: fundamenteel en glashelder van opbouw. Het heeft gediend tot model voor een aantal leerboeken, van hemzelf met medewerkers en van anderen. Eén voorbeeld: zijn nadruk op het verschil tussen intensieve en extensieve toestandsgrotheden leidde tot een precisering van het bekende principe van Le Chatelier (Chem. Weekblad 1933, 30, 742-7).

Een aantal overzichtsartikelen over röntgenanalyse en kristalbouw werd gebundeld tot een eerste leerboek in het Nederlands (Bijvoet, Karssen en Kolkmeijer, Voordrachten over Röntgenanalyse van Kristallen, 1928). In 1938 werd dit boekje, geheel omgewerkt door Bijvoet en Kolkmeijer, heruitgegeven. — Zijn oude vriend Karssen was inmiddels overleden. — In 1940 verscheen een Duitse vertaling, waaruit in geheel Europa veel fysici en chemici met het vak vertrouwd zijn geraakt.

De Utrechtse tijd

De komst van Bijvoet in Utrecht had een vrij ingrijpende wijziging in het studieprogramma tengevolge: in snel tempo voerde hij een aantal nieuwe vakken in. Het college Röntgenanalyse en Chemische binding vormde de eerste kennismaking van de eerstejaars student en de nieuwe hoogleraar. Een degelijke inleiding in de poederdiffractie en beknopter de éénkristaldiffractie was de ruggegraat van dit college, en het bleef niet bij theorie. In collegeverband werd aan röntgendiagrammen gemeten om daar tenslotte de eenvoudige bolstapelingen aan te ontlenen die ten grondslag liggen aan de structuur van vele metalen, oxiden en zouten. Met groot enthousiasme demonstreerde hij de orde die met behulp hiervan in de anorganische chemie kon worden aangebracht, culminerend in de eenvoud waarmee de chaotische verzameling brutoformules van silicaten kon worden herleid tot een overzichtelijk systeem van structuren en hun eigenschappen.

Na een college atoomtheorie volgde dan de thermodynamica waartoe Bijvoet zich bijzonder aangetrokken voelde. Hij getroostte zich dan ook bijzonder veel inspanning om duidelijk te maken dat de vele relaties tussen mechanische, thermische, chemische, elektrische en magnetische eigenschappen niet een onsamenhangende verzameling wetten waren die moesten worden van buiten geleerd, maar dat deze op doorzichtige wijze volgen uit twee empirische hoofdwetten van de thermodynamica wanneer deze in mathematische vorm gegoten en geanalyseerd worden.

In het nakandidaatsprogramma voerde hij voor alle kandidaten een college statistische thermodynamica in waarin hij, scherp onderscheidend, de aan het experiment ontleende klassieke thermodynamica in verband bracht met de voor moleculen ont-

worpen modellen. Het sluitstuk was de toepassing van de statistische thermodynamica in het college „Debye-Hückel theorie voor sterke electrolyten”.

De ervaringen van Bijvoet in dit universitaire onderwijs, evenzeer als zijn vroegere leraarschap verklaren Bijvoet's intense belangstelling voor de opleiding van leraren. Het was zijn overtuiging dat leraren eigenlijk meer moesten weten en op een breder gebied thuis moesten zijn dan de researchchemicus, want zij moesten de vele vragen van leerlingen niet alleen kunnen beantwoorden, maar tegelijkertijd hun inzicht verdiepen en hun belangstelling wekken. Het is dan ook niet verwonderlijk dat hij in die tijd zich met landelijke voordrachten tot leraren richtte. De titels: „Exactheid bij het onderwijs in de fysische chemie”, „Overzicht van de theorie der sterke electrolyten van Debye-Huckel”, „Inleiding op een symposium over thermodynamica”, geven aan welk niveau hij daarbij nastreefde. Hij slaagde slechts gedeeltelijk in dit streven. Bekend is zijn verzuchting die hij neerschreef in de bundel „Fifty years of X-ray diffraction”: „I even made the attempt — though without success — to invite attention for the 2nd Law of Thermodynamics already at the secondary school, as it moves head and heart more strongly than many other topics learned”.

Voegen wij bij deze onderwijsinspanningen de grote variatie aan colloquium-onderwerpen, van de theorie over de optische activiteit tot de dynamische theorie van de röntgendiffractie, dan is de bewondering duidelijk die Bijvoet voor zijn kennis, inzicht en theoretische vaardigheid genoot. Internationaal geniet Bijvoet grote bekendheid als een van de pioniers van de röntgendiffractie.

Ten tijde van zijn benoeming in Utrecht was het oplossen van een kristalstructuur uit röntgendiffractiegegevens een avontuur. Een systematische methode was er niet; de tactiek die gevolgd werd was die van „trial and error”. Succes hing af van de mate van virtuositeit waarmee de onderzoeker mogelijke structuren bedacht die konden passen bij het waargenomen diffractiepatroon met zijn gemeten röntgenintensiteiten. Hoe zeer dit avontuurlijk onderzoek Bijvoet ook boeide, en hoe intensief hij het met zijn leerlingen ook verrichtte, hij zag al vroeg scherp in dat toepassing voor gecompliceerder structuren een systematischer methode vergde. Het is dan ook niet verwonderlijk dat door zijn gehele onderzoek heen, als een glanzende draad te voorschijn komt de weg naar zo'n systematische methode en het consequente volgen van die weg naar het einddoel: het achterhalen van de preciese bouw van de meest ingewikkelde natuurstoffen. Zijn uitgangspunt daarbij was een combinatie van de Patterson methode voor de plaatsbepaling van een „zwaar” atoom in een kristal en het experimentele gegeven dat sommige zware atomen konden worden vervangen door een lichter atoom zonder de kristalstructuur te veranderen: de „isomorfe” vervanging van bijvoorbeeld broom door chloor en seleen door zwavel.

Twee stappen op deze weg waren de meest spectaculaire in Bijvoet's onderzoek. De eerste was het gevolg van zijn idee hoe zijn uitgangspunt kon leiden tot een althans gedeeltelijke oplossing van niet-centrosymmetrische structuren (de meeste natuurstoffen kristalliseren op deze wijze). Die oplossing leverde de som van de atoomposities van het natuurlijke molecule en zijn spiegelbeeld, en deze twee moesten dan achteraf ontward worden. De tweede stap, en dat was een bijzonder geniale, was het resultaat van het systematisch doordenken van de consequenties

van anomale verstrooiing van röntgenstraling in dit niet-centrosymmetrische geval. Het vaststellen van de absolute configuratie van een optisch actieve verbinding met reeds bekende structuur, het natuurlijke wijnsteenzuur, was het eerste succes; de Fischer conventie bleek hierbij de werkelijkheid te beschrijven!

Het tweede succes bestond uit het rechtstreeks bepalen van de kristalstructuur van de isomorfe HCl en HBr zouten van het natuurlijke aminozuur tyrosine, *zonder* het achteraf ontwarren van beeld en spiegelbeeld. Deze methode, die altijd toegepast kan worden wanneer een meetbaar anomaal verstrooiingseffect optreedt, betekende een grote stap voorwaarts bij de structuurbepaling van niet-centrosymmetrische kristallen. Het belang er van voor de structuurbepaling van eiwitten wordt tegenwoordig regelmatig gedemonstreerd.

Bij dit alles vergat Bijvoet niet het onderzoek naar de maximale informatie die de röntgendiffractie aan een kristal kan opleveren, en de grootste nauwkeurigheid die hierbij kan worden bereikt. Hiervan getuigt de driedimensionale structuurbepaling van ammoniumbitartraat in een tijd waarin de hulpmiddelen hiervoor nog uiterst gebrekkig waren en de computer iets was van achter de horizon.

Bij het gaan langs die weg zag Bijvoet de experimentele problemen, waaronder de vereiste precisie van metingen, als tijdrovende obstakels, formidabele obstakels maar met zwoegen te overwinnen en daarom toch eigenlijk van minder belang. Dit belette hem overigens niet om daar de hoogste eisen aan te stellen. Zijn medewerkers weten dat het publiceren van de resultaten eenzelfde inspanning vereiste als het onderzoek zelf. Het niet feilloos onderscheiden van fundamentele punten en bijzaken waardoor de lijn in een betoog niet duidelijk was, ontlokte Bijvoet steevast de opmerking dat het stuk „nog niet goed gekristalliseerd” was. Bij het vermelden van te veel details vergeleek hij het concept met een volgepropte worst. Zijn publicaties werden niet voor niets door Bragg aan de kristallografen ten voorbeeld gesteld. Bijvoet's interesse en zijn werkkraft grensden werkelijk aan het ongelooflijke, en hij behield ze tot het eind van zijn leven. Onduidelijkheden of tegenstrijdigheden in tijdschriften of boeken vormden problemen die hem dag en nacht bezig hielden en waarmee hij het denken van zijn leerlingen scherpte. Deze sfeer keerde ook na zijn emeritaat steeds terug wanneer men Bijvoet bezocht en hij verslag deed van wat hij gelezen had, daarbij duidelijk makend wat hij belangrijk achtte en wat niet.

Tijdens zijn emeritaat ook wist hij met enorm doorzettingsvermogen de uitgave door de *International Union of Crystallography* van de historische ontwikkeling van de röntgendiffractie tot een goed einde te brengen.

Het is niet verwonderlijk dat eerbewijzen Bijvoet ten deel vielen. Hij werd lid van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, buitenlands lid van de Zweedse Akademie, lid van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België en buitenlands lid van de Royal Society. De technische hogescholen van Delft en Zürich en de universiteit van Bristol verleenden hem een eredoctoraat.

Bij zijn leerlingen heeft Bijvoet een onuitwisbare indruk achtergelaten. Hij was de markante, onvermoeibare, veeleisende leermeester die allereerst zichzelf hoge eisen stelde. Maar tegelijkertijd was hij voor zijn leerlingen een oudere vriend met een warme belangstelling voor al het wel en wee van hen die hem omringden.