

*Citation:*

J.A. Prins, Levensbericht F. Zernike, in:  
Jaarboek, 1965-1966, Amsterdam, pp. 370-377

## LEVENSBERICHT VAN

### F. ZERNIKE

(16 juli 1888 — 10 maart 1966)

Frits Zernike, veelzijdig en origineel natuurkundige, werd geboren in Amsterdam, waar zijn vader schoolhoofd was; hij ligt thans ook in zijn geboortepaats begraven. Zijn laatste levensjaren werden verduisterd door een ondermijnende ziekte. Daaraan ging echter een lange en vruchtbare periode van wetenschapsbeoefening vooraf. Het begin van zijn scheppend werk kan men stellen op 1908, toen hij als 20-jarig student een prijsvraag over kansrekening beantwoordde (en met goud bekroond zag), het einde in hoofdzaak op 1958, toen hij als 70-jarig hoogleraar aftrad en o.a. nog voor de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen een interessante rede hield bij het uitreiken van de Lorentz-medaille aan Onsager.

Hij volbracht zijn academische studie (als chemicus) aan de G.U. te Amsterdam en promoveerde in 1915 over een experimenteel en theoretisch onderzoek naar de lichtverstrooiing in een kritisch vloeistofmengsel. Met dit onderwerp had hij ondertussen ook een tweede prijsvraag met goud bekroond gekregen.

Vanaf 1914 speelt zijn wetenschappelijke loopbaan zich in Groningen af, waar hij als assistent bij de astronoom Kapteyn begon, maar al spoedig ook samenwerkte met de toenmalige lector in de theoretische natuurkunde Ornstein. Toen deze in 1915 naar Utrecht ging, volgde Zernike hem als lector op. In 1920 werd hij gewoon hoogleraar in de theoretische natuurkunde, wat later omgezet werd in: wiskundige en technische natuurkunde en theoretische werktuigkunde (1941). In 1946 werd hij lid van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. In 1953 werd hem de Nobel-prijs in de natuurkunde toegekend, voornamelijk voor zijn schepping van de zg. fasecontrastmethode, waardoor het mogelijk wordt bij allerhande optische waarnemingsmethoden kleine wegverschillen als sterke contrasten zichtbaar te maken. Zowel daarvóór als daarna vielen hem nog andere eerbewijzen ten deel.

Zijn werk kenmerkt zich in het algemeen door een ongewoon



F. ZERNIKE

(16 juli 1888 — 10 maart 1966)



samengaan van theoretisch-wiskundige met praktisch-instrumentele virtuositeit. Er is reeds een overzicht van gegeven in verschillende nummers van het Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde en ik meen niet beter te kunnen doen dan daaruit een en ander aan te halen, al zijn dit uiteraard slechts momentopnamen uit een ontwikkelingsgang. Als eerste citeer ik Zernike zelf, waar hij spreekt over de samenwerking met Ornstein in het begin. Ook verder houd ik zoveel mogelijk de historische volgorde aan.

1. Zernike in Ned. T. v. Nat. 8 (1941) 255, schrijvende over Ornsteins werk:

„Een ander theoretisch onderwerp, waarop Ornstein later herhaaldelijk kon teruggrijpen bij experimenteel werk, is de zwervorming van moleculen. Daar dit het begin was van onze intensieve samenwerking (1914—1920) zij het mij vergund, hier enkele persoonlijke bijzonderheden te vermelden...

In die jaren hebben we inderdaad samen gewerkt, telkens weer vele uren achtereenvolgend op zijn studeerkamer, waarbij dan de een, dan de ander een stap vooruit deed. En als we ten slotte een artikel samen opgesteld hadden, zouden we zelf niet meer kunnen zeggen, dat één de beslissende vondst gedaan had.

Die eerste keer echter was het anders. Het ging over de laatste kleine afwijking tussen theorie en experiment, die ik bij het werk aan mijn dissertatie niet had kunnen ophelderen: de kritische opalescentie nam volgens de proeven niet onbepaald toe bij naderen tot het kritische punt. Toen wij na een vroegere bespreking weer samenkwamen, hadden we beiden de kwestie opgelost, ieder op zijn eigen manier. Dat betekent natuurlijk, dat Ornstein het met een kanonisch ensemble gedaan had. Beider eindresultaat was, dat er een correlatie bestaat tussen de dichtheidsafwijkingen in nabijgelegen punten, die zich des te verder uitstrekt, naarmate men dichter bij de kritische omstandigheden is.

Het duurde nog vier jaren eer de kwestie naar alle richtingen uitgewerkt was. Van belang is ze vooral door de nieuwe statistische begrippen en methoden, die later op allerlei andere gebieden toegepast zijn. Ik noem daarvan terloops de diffractie van röntgenstralen in vloeistoffen en de orde-wanorde overgangen in mengkristallen...

2. Prins in Ned. T. v. Nat. 19 (1953) 316 bij Zernikes ering met de Nobel-prijs:

„Hij houdt zich meest aan de klassieke physica, maar kan ook over relativiteitstheorie of andere punten van de modernere physica aardige en originele voordrachten houden. Ik herinner me een voordracht over de meeslepingscoëfficiënt van Fresnel uit 1920, die nog al innig met de relativiteitstheorie verweven is. Gepubliceerd is deze voordracht pas 27 jaar later bij de Zeeman-herdenking in 1947. De hieruit sprekende geringe neiging om aan de weg te timmeren is karakteristiek voor hem. Daarbij past ook, dat hij altijd met ten hoogste 1 of 2 medewerkers en één niet al te grote werkkamer tevreden is geweest.

Wanneer we nu afstappen van zijpaden, dan zijn de hoofdlijnen van zijn werk: de statistische physica (waarover hij een nog veel geraadpleegd artikel schreef in het handboek van Geiger-Scheel), de interferentie van lichtgolven en ten slotte de technische verbetering, zowel van apparaten als van wiskundige hulpmiddelen.

De eerste twee lijnen vloeien op gelukkige wijze ineen in Zernikes werk over de verstrooiing van het licht bij het kritische punt en de verstrooiing van röntgenstralen in vloeistoffen. In beide gevallen is het springende punt, dat een correlatiefunctie voor de onderlinge ligging der moleculen wordt ingevoerd, een verdelingsfunctie voor de intermoleculaire afstand  $g(r)$ , die aangeeft, hoe waarschijnlijk het is, dat op een afstand  $r$  van een willekeurig molecuul een ander molecuul wordt aangetroffen . . .”

„Als voorbeeld van Zernikes technische prestaties wil ik alleen iets zeggen over zijn draaispoel-galvanometer. Zoals vaker het geval is geweest, werd Zernike hierbij waarschijnlijk door in Utrecht verricht werk aangespoord om te proberen of hij het alleen toch nog niet een beetje beter kon. Zijn theoretisch richtsnoer was, dat altijd enkele grootheden als van buiten opgelegd beschouwd moeten worden, bv. een insteltijd van enige seconden en een uitwendige weerstand van 10 of 100 ohm. Als derde gegeven van deze soort voerde hij een zekere magnetische veldsterkte in, nl. die, waarbij het spoeltje zonder spiegel bij kortsluiten net aperiodiek gedempt is. Deze kritische veldsterkte blijkt verrassenderwijs *uitsluitend* af te hangen van de soortelijke weerstand van de draden op het spoeltje, m.a.w. van koper, en

daarmee is duidelijk, dat ook deze grootheid van buitenaf is opgelegd; de waarde is ongeveer 300 oersted.

Hoe moeten nu de andere grootheden van de galvanometer gekozen worden om maximale gevoeligheid te krijgen? Het blijkt uit een eenvoudige berekening, dat éénzelfde verhouding moet heersen tussen: de uitwendige weerstand en de inwendige, het traagheidsmoment van de spiegel en dat van het spoeltje, de magnetische veldsterkte en bovengenoemde kritische veldsterkte van ongeveer 300 oersted. Deze drievoudig voorkomende verhouding moet verder duidelijk groter dan 1 zijn, maar kan om praktische redenen niet veel groter dan ruim drie genomen worden. Maar dan moet het traagheidsmoment van de spiegel dus ook ruim driemaal groter zijn dan van het spoeltje! Dat was geheel anders dan men in die tijd algemeen dacht: men probeerde meestal het spiegeltje licht te maken t.o.v. het spoeltje.

Behalve deze vondst omtrent de spiegel kwamen er nog tal van materiaalverbeteringen aan te pas om vroegere topprestaties te overtroeven: zo electrolyseerde en trok hij zelf het koper voor de wikkelingen van het spoeltje, omdat in alle technische, zg. zuivere koperdraden het ijzergehalte magnetisch nog storend werkt. Zijn koper werd nu omgekeerd zo zuiver, dat het door zijn eigen diamagnetisme uit het magneetveld gestoten werd. Door een beetje paramagnetische lak werd dit verholpen..."

„Ik wil nu eindigen met een onderzoekje, dat met de phase-contrast-methode samenhangt, maar eigenlijk nog eenvoudiger te beschrijven is, nl. het zichtbaar maken van periodieke verdeelfouten (trouwens ook van andere fouten) in een optische tralie. Het was bekend, dat deze zich uiten in zwakke „geesten”, die aan weerskanten van een spectrale hoofdlijn te zien zijn. Vangt men het ensemble van zo'n hoofdlijn met geesten op een lens op, bv. die van het oog of van een kijker of camera, en stelt men die min of meer scherp op het tralieoppervlak, dan ziet men er de verdeelfouten als afwisselende donkere en lichte banden op liggen, vooral wanneer men de hoofdlijn met een faseplaatje vertraagt..."

3. Nijboer in *Ned. T. v. Nat.* 19 (1953) 321 bij Zernikes ering met de Nobel-prijs:

„Terwijl in de eerste periode, waarover Prof. Prins heeft ge-

sproken, het zwaartepunt van Zernikes theoretisch werk lag bij de statistica ligt het in de laatste 20 jaar bij de golfoptica . . .”

„Ter gelegenheid van het Natuur- en Geneeskundig Congres dat in 1933 in Wageningen werd gehouden deed Zernike een korte mededeling, getiteld „Een nieuwe methode van microscopische waarneming”, waarin het principe van de phasecontrastmethode voor de eerste keer werd uiteengezet. In het volgende jaar verschijnt een mooi artikel in Physica, waarin de phasecontrastmethode weer ter sprake komt, echter nu niet als een methode van microscopische waarneming, maar als een verbeterde manier om kleine foutjes (afwijkingen van de zuivere bolvorm) van holle spiegels op te sporen. Hier wordt bovendien de golfoptische achtergrond van de methode mathematisch behandeld, evenals die van de tot dan gebruikelijke „Schlierenmethode” van Foucault en Toepler. De uitvoerige publicatie van de microscopische phasecontrastmethode geschiedt pas (als we enkele korte berichtjes in buitenlandse tijdschriften over het hoofd zien) in twee fraaie artikelen in 1942 in Physica. Dit lange uitstel van publicatie bewijst wel dat Zernike de roem niet gezocht heeft, al is die, zij het voornamelijk pas na de oorlog, toch gekomen. Zijn assistenten vertelden wel eens hoeveel taaie volharding het hunnerzijds kostte, om Prof. Zernike er toe te bewegen zijn resultaten in de vorm van een artikel vast te leggen. Maar als het dan gebeurde, kwam er ook altijd iets moois uit de bus . . .”

„Nauw verwant met het golfoptische werk is dat over de buigingstheorie van beeldfouten, dat ook reeds in 1934 werd begonnen. Geen enkel optisch systeem is volmaakt, de lichtstralen die van een punt uitgaan komen niet weer precies in een punt samen maar in een klein gebiedje, de zg. aberratiefiguur. Afmetingen en intensiteit van dit aberratiefiguurtje werden altijd met de geometrisch-optische theorie, dus door de breking van lichtstralen na te gaan, berekend. Het is duidelijk dat dit voor kleine beeldfouten, als de geometrische aberratiefiguur wat afmetingen betreft vergelijkbaar is met het bekende buigingsschijfje van een puntvormige lichtbron, geheel ontoereikend zal zijn. Tengevolge van de onvermijdelijke beeldfouten is het uittrekkende golffront niet meer precies bolvormig, maar vertoont het kleine afwijkingen hiervan.

Met behulp van de buigingstheorie van Kirchhoff kan men nu



het gewijzigde buigingspatroon proberen te berekenen. Dit gelukt gemakkelijk voor kleine beeldfouten. In de theorie spelen de vroeger door Zernike in een verwant probleem ingevoerde zg. cirkelpolynomen, dat zijn polynomen die orthogonaal zijn op het oppervlak van een cirkel (tegenwoordig in de literatuur bekend als polynomen van Zernike), een nuttige rol. In zijn dissertatie van 1948 heeft Zernikes leerling Nienhuis de buigingspatronen bij aanwezigheid van beeldfouten experimenteel onderzocht. De fraaie buigingspatronen (die merkwaardigerwijze vroeger nooit waargenomen waren) stemmen voor kleine beeldfouten uitstekend met de berekende diagrammen overeen . . .”

„Zoals reeds gezegd is, zijn de bovengenoemde onderzoeken over buigingsproblemen gebaseerd op de niet-exacte buigingstheorie van Kirchhoff, die in deze gevallen — waar de afmetingen van de opening zeer groot zijn vergeleken bij de golflengte — een zeer goede benadering geeft. Voor het tegenovergestelde geval (diameter opening klein vergeleken bij de golflengte) had Rayleigh omstreeks 1900 al een eerste theoretische behandeling gegeven. Tussen twee haakjes, het is merkwaardig te constateren hoe vaak men de naam van Rayleigh tegenkomt in het wetenschappelijk werk van Zernike, of het nu op statistisch of op golf-optisch gebied is. Ook in Zernikes colleges, bv. dat over trillingsleer, komt Rayleigh herhaaldelijk ter sprake. Er moet dunkt mij wel een grote mate van verwantschap tussen deze twee physici bestaan. Maar laat ik tot de buiging terugkeren. Als men het probleem van de buiging aan een ronde opening of het complementaire probleem, dat van de buiging aan een dun cirkelvormig scherm, wil behandelen voor het geval dat diameter en golflengte van dezelfde orde van grootte zijn, moet men proberen exacte oplossingen te vinden van de Maxwellvergelijkingen, die nog aan bepaalde randvoorwaarden moeten voldoen. Dit is een zeer gecompliceerd mathematisch probleem, waaraan vele voor-  
aanstaande mathematische fysici hebben gewerkt. Het analoge acoustische vraagstuk, waar men met een scalaire golfvergelijking te maken heeft, is heel wat eenvoudiger, zij het nog altijd moeilijk genoeg. Onder Zernikes leiding heeft Bouwkamp in zijn dissertatie van 1941 een belangrijke bijdrage tot de oplossing van het scalaire geval gegeven . . .”

4. Brinkman in Ned. T. v. Nat. 24 (1958) 139 bij Zernikes aftreden:  
 „Zernike werkt echter na alle eerbetoen, dat hem de laatste jaren is gebracht, in de hem eigen stijl voort aan de problemen der klassieke natuurkunde die hem fascineren, uiterlijk rustig, innerlijk bedrijvig. Met een open oog voor de belangen van zijn universiteit bevordert hij het tot stand komen van nieuwe studierichtingen . . .”

Ik veroorloof mij nu enkele historische opmerkingen naar aanleiding van bovenstaande citaten: Uit 1. kan men m.i. afleiden, dat de verdelingsfunctie voor de intermoleculaire afstand  $g(r)$  reeds in 1914 bij Zernike het uitgangspunt is gaan vormen voor zijn beschouwingen over kritische opalescentie, terwijl Ornsteins aanpak er meer indirect verband mee hield. Uit 2. (einde) volgt, dat de fasecontrastmethode voor het eerst door Zernike werd toegepast omstreeks de winter 1930—'31, en wel op het Rowland-tralie in de Groningse traliekelder. Bij een later tralieonderzoek, dat in mei 1931 met een ander tralie plaatsvond (*Physica* 12, 12, 1932), kon ik er nl. op teruggrijpen en daarbij o.a. een door hem in glas geëtst faselijntje gebruiken. Ik herinner me ook, dat hij ze aanvankelijk wel maakte door een zaponlakhuidje van bepaalde interferentiekleur op water te maken en op een glasplaatje over te nemen, waarna een dun strookje erin werd weggekrabd (of juist alleen werd overgelaten).

Uit citaat 4. ziet men ten slotte, dat Zernike vooral op rijpere leeftijd zijn secundaire plichten allerminst uit de weg ging. Zo heeft hij ook in bestuur en commissies van de Nederlandse Natuurkundige Vereniging werk ten gemenen nutte verricht. Hij had o.a. een groot aandeel in de verzameling leerlingenproeven voor het VHMO, door deze vereniging in samenwerking met Velines uitgegeven, waarbij niet alleen zijn vindingrijkheid, maar ook zijn ervaring als eind-examengecommitteerde bijdragen tot een heldere en eenvoudige voorstelling der natuurkundige verschijnselen en wetten.

Het nakomen der secundaire en sociale verplichtingen had overigens wel eens een zware strijd te voeren met zijn neiging in de nacht rustig door te werken. Een tentamen, waarbij men op zijn horloge moest zien om te weten op welke datum men nu eigenlijk geslaagd was, betekende voor hem nog niet altijd het einde van de werktijd. Om niet anecdotisch te worden moet ik hier echter de herinnering aan veel nachtelijk werk laten rusten.

Liever wil ik er nog op wijzen, hoezeer zijn eerste en na haar over-

lijden later zijn tweede vrouw Zernike tot steun zijn geweest, evenals, vooral in zijn celibataire tijd, de voortdurende zorg van zijn familieleden en later ook van vrienden, die hem op prijs stelden om zijn werk en zijn menselijke eigenschappen.

J. A. PRINS