

VU Research Portal

Natuur- en sterrenkunde in de 19de eeuw: leerling en meester?

van Lunteren, FH

published in

Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde
2020

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

van Lunteren, FH. (2020). Natuur- en sterrenkunde in de 19de eeuw: leerling en meester? *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde*, 86(11), 8-11. https://www.researchgate.net/publication/346718271_Natuur-_en_sterrenkunde_in_de_19de_eeuw

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

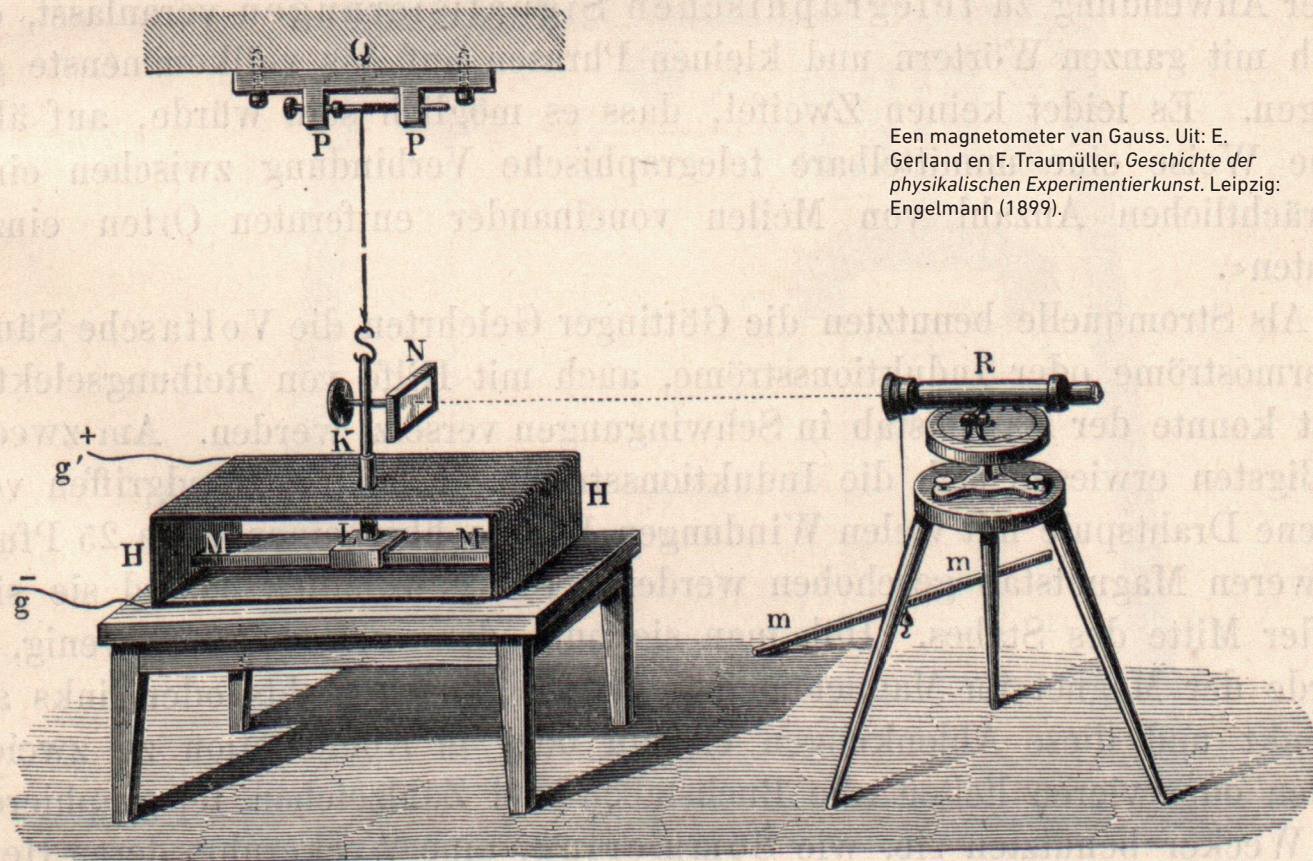
Natuur- en sterrenkunde in de negentiende eeuw: leerling en meester?

Vernieuwing komt veelal van buiten. Zo hebben diverse natuurkundige methoden en inzichten, afkomstig uit de spectroscopie, de algemene relativiteitstheorie en de kernfysica, de sterrenkunde ingrijpend veranderd (zie het artikel van David Baneke in dit nummer). Het maakte de twintigste-eeuwse sterrenkunde tot iets wezenlijk anders dan die van de voorafgaande eeuw. Minder bekend is dat de natuurkunde daarmee een oude schuld inlost. Gedurende een groot deel van de negentiende eeuw was de natuurkunde de ontvangende partij geweest. In wezen

was het onder invloed van de sterrenkunde dat de natuurkunde een exacte wetenschap werd.

Eind achttiende eeuw was natuurkunde nog ‘proefondervindelijke wijsbegeerte’. Met behulp van elektriseermachines, luchtpompen en andere apparaten probeerden onderzoekers inzicht te krijgen in de aard van gassen, vloeistoffen en zogenoemde imponderabilia als warmte, licht, elektriciteit en magnetisme. Dat onderzoek was grotendeels kwalitatief van aard. Waar een eenvoudig wiskundig verband werd vermoed, volstond een handvol ruwe metingen. Vroegere onderzoekers als Galilei en Newton, beiden hoogleraar wiskunde, mochten dan hebben betoogd dat het wezen van de natuur gelegen was in wiskundige principes,

hun argumenten ontleenden zij aan die gebieden die traditioneel al tot de wiskunde werden gerekend, zoals de sterrenkunde, optica en bewegingsleer. Het was maar de vraag of diezelfde aanpak zich met succes zou laten overplanten op andere natuurverschijnselen. En daarbij: wat leren temperatuurmetingen ons over de aard van de warmte? Wat dragen elektrische metingen bij aan de prangende vraag naar het aantal elektrische stoffen: één of juist twee? In dit opzicht leek de scheikunde een interessantere partner. Zowel warmte, licht als elektriciteit bleken een rol te spelen bij tal van chemische reacties. Lag hier wellicht een weg naar een dieper inzicht in hun aard? Achttiende-eeuwse wiskundigen hadden ook niet veel belangstelling voor experimentele fysica. Zij vonden voldoende uitdaging in de problemen binnen hun eigen vakgebied en bovenal in de bewegingen van hemellichamen onder invloed van gravitatiekrachten. Met steeds geavanceerdere



Een magnetometer van Gauss. Uit: E. Gerland en F. Traumüller, *Geschichte der physikalischen Experimentierkunst*. Leipzig: Engelmann (1899).

Fig. 403.

methoden slaagden Euler, Lagrange en Laplace erin Newtons systeem te perfectioneren, culminerend in het vermeende bewijs van de stabiliteit van het zonnestelsel. Het was vooral Laplace die kort na de eeuwwisseling jonge onderzoekers met een solide wiskundige opleiding aanspoorde de succesvolle methoden van de sterrenkunde toe te passen binnen de natuurkunde. Dat kon via een tweesporenbeleid. Enerzijds door net als in de sterrenkunde systematische precisieingen te verrichten met nauwkeurige, veelal aan de sterrenkunde ontleende meetinstrumenten. En anderzijds door het Newtoniaanse model – de wiskundige analyse van puntdeeltjes bewegend onder invloed van centrale krachten – te gebruiken voor de beschrijving van andere natuurkundige verschijnselen. Een handig hulpmiddel daarbij was een abstracte scalaire grootheid die het gebruik van krachten met hun grootte én richting overbodig maakte: de potentiaalfunctie.

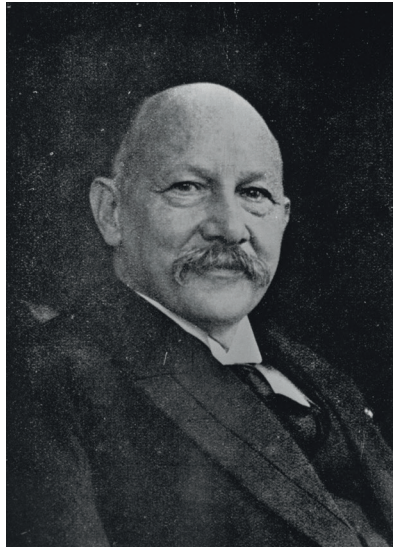
Gauss en Bessel

Het was vooral in Duitsland dat deze aanpak geleidelijk school maakte. Duitse onderzoekers als Gauss in Göttingen en Bessel in Königsberg, beiden directeur van een sterrenwacht, hadden de nauwkeurigheid in die sterrenkunde een flinke stap opgevoerd. Daarvoor gebruikten zij twee nieuwe methoden: enerzijds wiskundige data-analyse, zoals de kleinste-kwadraten-methode, en anderzijds een grondige analyse van de instrumenten zelf. Zo slaagden ze erin zowel toevallige als systematische fouten te verkleinen. Hun vernieuwende aanpak vormde een inspiratiebron voor twee jonge natuurkundigen, met wie zij nauw samenwerkten, namelijk Wilhelm Weber en Franz Neumann. Weber assisteerde Gauss in de ontwikkeling van uiterst nauwkeurige magnetometers, waarmee het aardmagnetisch veld met astronomische precisie kon worden vastgelegd. Dit vereiste trillingvrije opstellingen in ijzervrije ruimtes, oftewel speciale magnetische observatoria. Later gebruikte Weber

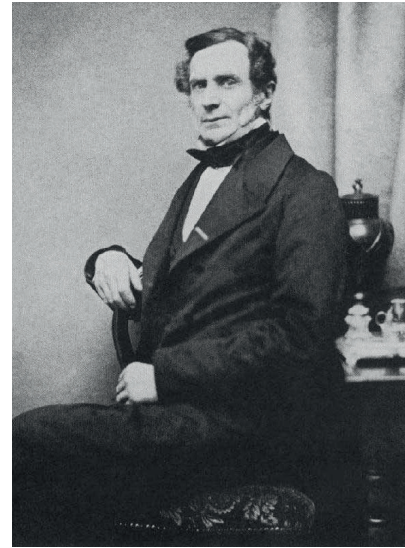
deze aanpak in zijn elektrische onderzoek. Zowel Gauss als Weber introduceerden in het voetspoor van Poisson, een voormalig protegé van Laplace, wiskundige potentiaalfuncties voor magnetische en elektrodynamische krachten. Minstens zo belangrijk waren de innovatieve onderwijsvormen die Neumann en Weber invoerden. In seminaria trainden zij studenten in het verrichten van precisieingen aan slingers, torsiebalansen of lichtstralen, gevolgd door een nauwgezette analyse van de data. Hier was het doel niet het ontdekken van nieuwe verschijnselen, maar louter het opvoeren van de nauwkeurigheid. Kirchhoff, een van Neumanns leerlingen, moest aanvankelijk wennen aan de gortdroge routine van het gedisciplineerde precisiewerk met bijbehorende boekhouding. Maar uiteindelijk raakten hij en zijn medestudenten vervuld van dit nieuwe ethos, dat zij op hun beurt over zouden dragen op hun eigen leerlingen. De invloed van Neumann en Weber als opleiders van



Carl Fredrich Gauss, geschilderd door Christian Albrecht Jensen. Foto: Wikipedia.



Heike Kamerlingh Onnes. Foto: Wikipedis - Fotocollectie Anefo / Londen.



Frederik Kaiser. Foto: Wikipedia.

een hele generatie Duitse natuurkundigen valt nauwelijks te overschatten. Hun studenten vonden hun weg naar het leraarschap op een *Gymnasium* of *Realschule*, waar zij jongeren naar hun evenbeeld konden kneden, of zelfs naar een professoraat in de experimentele fysica, waarmee ze nog sterker hun stempel op het vakgebied konden drukken.

Maar deze invloed werd pas geleidelijk zichtbaar. Aanvankelijk waren het veeleer de traditionele onderzoekers, vaak werkzaam op het grensvlak van de scheikunde en de natuurkunde, die de aandacht trokken met een reeks opzienbarende ontdekkingen. Veelal betrof het onvermoede wisselwerkingen tussen de verschillende natuurkrachten. Deze experimentatoren – denk aan Ørsted, Davy, Seebeck, Faraday, Joule, Poggendorf – hadden doorgaans een chemische achtergrond. Zij meden de omslachtige foutenrekening als de pest, evenals de partiële differentiaalvergelijkingen waarmee Neumann achteloos goocheelde. Het was dit soort onderzoek dat de pagina's van de *Annalen der Physik* vulde, niet dat van de precisie meters. Het is geen toeval dat het tijdschrift begin negentiende eeuw was omgedoopt in *Annalen der Physik und Chemie*. Pas in de tweede helft van die eeuw, met de opkomst van de nieuwe universitaire laboratoria, begon het tij te keren.

Frederik Kaiser

De methoden van Gauss en Bessel vonden een vruchtbare bodem bij de Leidse sterrenkundige Frederik Kaiser. Kaiser was net als Bessel grotendeels autodidact en net als in Bessels geval opende een hem toegekend eredocoraat de weg naar zijn hoogleraarschap. Kaiser zette van begin af aan alles op alles om de zeltogende Nederlandse sterrenkunde weer naar een internationaal niveau te tillen. Daarbij legde hij zich vooral toe op de precisie-astrometrie. Hij was niet geïnteresseerd in het ontdekken van nieuwe kometen of planetoïden; zijn ambitie was om met de eenvoudige middelen die hem ter beschikking stonden de nauwkeurigheid van de positiebepalingen tot het uiterste op te voeren. Hij droeg die passie over op zijn leerlingen, zoals zijn latere opvolger Van de Sande Bakhuyzen. Deze laatste promoveerde – veelzeggend – op een nauwgezet onderzoek naar de minuscule afwijking in een van de Leidse telescopen. Maar Kaisers invloed bleef niet beperkt tot de Nederlandse sterrenkunde. Evenals Gauss en Bessel drukte ook hij een krachtig stempel op een aantal jonge natuurkundigen. De bekendste onder hen zijn Van der Willigen, Bosscha jr., Van de Stadt, vooral bekend als Lorentz' voormalige natuurkundeleraar, en

natuurlijk Lorentz zelf. Ook zij raakten vervuld van het nieuwe precisie-ethos. Bij gevolg keerden zij zich af van de traditionele experimentele natuurkunde zoals beoefend door de Leidse fysicus Rijke. Deze laatste, een experimentator van de oude stempel, had ooit nog scheikunde gedoceerd in Maastricht. Wiskunde was niet zijn forte. Van der Willigen, daarentegen, ontpopte zich als specialist in de natuurkundige precisie meting. Na zijn studie in Leiden werkte hij als hoogleraar in achtereenvolgens Amsterdam en Deventer en vervolgens als directeur van Teylers Fysisch Kabinet. Eenmaal in Haarlem liet hij een ijzer- en trillingvrij observatorium bouwen in de tuin van Teylers Museum, bestemd voor nauwgezette metingen aan slingers, lichtbreking, magnetisme en de breedtegraad van Haarlem. Zijn leerling Bosscha volgde in zijn voetsporen en onderging ook de vormende invloed van Kaiser. Via een leraarspositie aan de Militaire Akademie en een positie als onderwijsinspecteur in Den Haag, belandde hij als hoogleraar – en later directeur – aan de Polytechnische School in Delft. Als secretaris van een internationale commissie voor maten en gewichten speelde hij een belangrijke rol in de verbetering van de meterstandaard, net als Van Swinden driekwart eeuw eerder. Inmiddels gold hij als Neder-

lands meest toonaangevende fysicus. In die hoedanigheid ontfermde hij zich over de gouden generatie na hem. Hij stimuleerde en ondersteunde zowel Lorentz als Van der Waals in hun carrière en bood Kamerlingh Onnes en Haga, die later hoogleraar natuurkunde zou worden in Groningen en een van de oprichters van de NNV, toegang tot zijn Delftse laboratorium. Kamerlingh Onnes zelf hoefde inmiddels niet meer bekeerd te worden tot het nieuwe credo. Na enkele jaren studie in Groningen was hij naar Heidelberg gereisd om daar scheikundige te worden. Kirchhoff schoolde hem echter om tot een fysicus van wat inmiddels de Gaussische school heette. Terug in Groningen zette Kamerlingh Onnes zijn in Heidelberg aangevangen onderzoek aan een kleine Foucault-slinger, uitgevoerd met een spiegeltje en een telescoop, voort. Het resulterende proefschrift was opgebouwd uit eindeloze meetreeksen, zorgvuldige data-analyse en onafzienbare wiskundige afleidingen, uitgaande van een aantal gekoppelde partiële differentiaalvergelijkingen. Het was een indrukwekkend werkstuk en een schoolvoorbeeld van de nieuwe fysica. Die aanpak maakte hem in de ogen van Lorentz de ideale opvolger van Rijke, die in 1882 met pensioen zou gaan. Rijke zelf gaf echter de voorkeur aan een ‘klassiek’ experimentator. De resulterende onenigheid in de faculteit plaatste de Leidse curatoren voor een probleem. Maar uiteindelijk slaagden Bosscha en Lorentz er met enige hulp van Kirchhoff in hun kandidaat te doen zegevieren. Kamerlingh Onnes hield op 11 november 1882 zijn inaugurele rede.

Meten

Die oratie kan worden gezien als hét manifest van ‘de nieuwe richting in de natuurkunde’. Het is hierin dat hij zijn befaamde zinspreuk “door meten tot weten” lanceert. Uitvoerig behandelt hij de metrologie als nieuwe tak van wetenschap. Zeker, het metend onderzoek spreekt op het eerste gezicht weinig tot de verbeelding. De metrologie is een wetenschap, “die voor den oningewijde eene dorre

reeks van cijfers voorstelt, maar voor hem, die den genialen eenvoud en de grondigheid der einduitkomst beseft, geest en leven aanneemt.”

In de oratie treedt Gauss nadrukkelijk naar voren. Zo benadrukt Kamerlingh Onnes het belang van de introductie der potentiaal door Poisson, Gauss en Green. Uitvoerig gaat hij in op de nieuwe instrumenten van Gauss en de daarmee uitgevoerde precisieingen:

“Sinds Gauss aan den zwevenden magneet een spiegeltje bevestigde ..., wordt het leven van de meeste natuurkundigen voor een deel achter schaal en kijker doorgebracht. Want de nauwkeurigheid van deze methode der spiegelaflezing heeft alle verwachtingen overtroffen...”

Met het oog op de toekomst bespreekt hij de opmars der moleculaire theorieën en vooral het werk van Van der Waals. De op moleculen gebaseerde benaderingswetten voor gassen en vloeistoffen dienen voortdurend te worden getoetst aan nauwkeurige metingen. “Zoo verkrijgt dit onderzoek zekere overeenkomst met dat naar den loop der hemellichamen.” Die overeenkomst geldt ook de manier van werken. Zo

“moet tegenwoordig een deel van een fysisch laboratorium op astronomische leest geschoeid zijn. Het moet voorzien zijn van instrumenten, wier eigenaardigheden geheel bekend en in registers opgeteekend zijn, en van localen geschikt om deze instrumenten met vrucht te gebruiken.”

Ten slotte liet hij niet na de vormende waarde te benadrukken van het nauwkeurig meten. Het “dwingt den onderzoeker tot zorgvuldigheid en volharding”. In het louter waarnemen van een nieuw verschijnsel schuilt iets onbevredigends. De precisiekening, daarentegen, “sluit in de nauwkeurigheid van de uitkomst de controle in zich, waardoor men met voldoening de vruchten van eigen arbeid aanschouwen kan”.

In het Groningse onderzoek van Haga, die eveneens een deel van zijn training in Duitsland had genoten en daarna in het laboratorium van Bosscha was beland, werd de nieuwe richting tot de uiterste consequentie doorgedreven. Zijn nieuwe laboratorium was speciaal gebouwd voor elektromagnetische precisieingen. Deuren en muren waren ijzeren en de meetinstrumenten werden geplaatst op massieve stenen pijlers. Zijn leerlingen promoveerden in de regel op onderzoek aan de precisie-instrumenten zelf. Nog wat later zouden Zeeman in Amsterdam en Ornstein in Utrecht eveneens het primaat van het nauwkeurig meten benadrukken. Daarmee was het pleit definitief beslecht. Het was wellicht geen gewelddadige revolutie, maar het was er wel een. Hendrik Casimir mocht zich dan later verbazen over de bekrompen mentaliteit die in zijn ogen uit de zinspreuk van Kamerlingh Onnes sprak, diens generatie zag zichzelf juist als een avant-garde, die bezig was het stof af te blazen van de traditionele fysica van hun voorgangers. Voor deze vernieuwers waren nauwkeurige meetwaarden geen ‘dorre cijfers’, maar alleszins vol ‘geest en leven’. En laten we niet vergeten dat al die nauwgezette metingen in veel gevallen wel degelijk resulteerden in fundamentele ontdekkingen. De sterrenkunde vormde bij dit alles een belangrijke inspiratiebron. Het is een open vraag hoe de natuurkunde eruitgezien zou hebben zonder de bemoeizucht van wiskundigen als Laplace en wis- en sterrenkundigen als Bessel en Gauss. En het is evenzeer de vraag of de Nederlandse fysica dezelfde hoge toppen had kunnen bereiken zonder de invloed van Kaiser. Verandering komt zelden van binnenuit.

Dit is een sterk verkorte versie van mijn *Astronomers and the making of modern physics*, in: A. Maas en H. Schatz (Eds.), *Physics as a Calling: Science for Society* (Leiden, 2013) 15-45. Alle citaten zijn afkomstig uit H. Kamerlingh Onnes, *De beteekenis van het quantitatief onderzoek in de natuurkunde* (Leiden 1882).