

# EEN PROCESVERBAAL VAN VERHOOR

ELLY DEKKER\*

## Inleiding

De beoefening van de sterrenkunde in Nederland is in hoge mate bepaald door de opvattingen van de Leidse hoogleraar en astronoom Frederik Kaiser (1808-1872). Zijn activiteiten op het gebied van onderwijs, popularisatie en praktische toepassing van de sterrenkunde werden in 1860 beloond met de bouw van een nieuwe sterrenwacht te Leiden. Daardoor kwam ook het astronomische onderzoek in Nederland op internationaal niveau. Onder Kaisers invloed hebben statistische methoden daarbij van meet af aan een invloedrijke rol gespeeld.

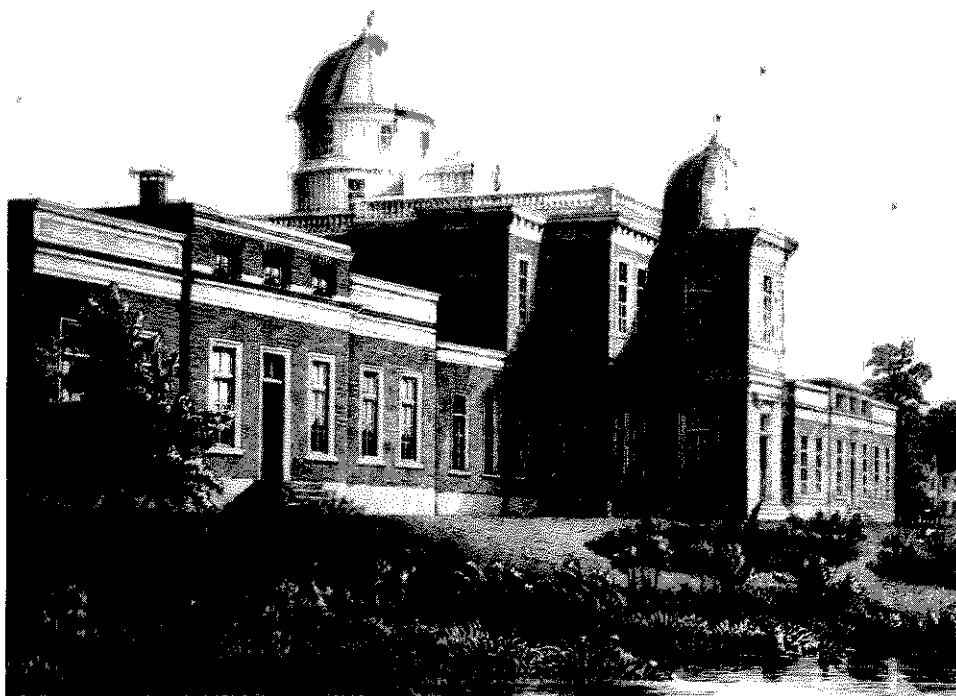
De introductie van de waarschijnlijkheidsrekening in de sterrenkunde aan het begin van de negentiende eeuw is een belangrijke, zo niet de belangrijkste, ontwikkeling in dit vakgebied geweest. Die introductie vormde in feite de essentiële schakel waarmee twee tot dan toe vrij onafhankelijk van elkaar opererende takken van onderzoek, die der theoretische hemelmechanica enerzijds en die van de observationele sterrenkunde anderzijds, aan elkaar gekoppeld werden. Alvorens ik de Nederlandse situatie aan de orde stel, lijkt het me verhelderend deze specifieke rol van de statistiek in de sterrenkunde nader toe te lichten.

In de achttiende eeuw was, in het voetspoor van Isaac Newton, vooral door enkele Franse mathematici veel en baanbrekend theoretisch werk verricht op het gebied van de wiskundige hemelmechanica. De *Mécanique Céleste* van Simon de Laplace (1749-1827), waarvan het eerste deel in 1799 verscheen, vormt daarvan zonder twijfel het hoogtepunt. De wiskundige theorie van de bewegingen van de hemellichamen ten opzichte van elkaar en in het bijzonder rond de zon, werd door Laplace zover ontwikkeld dat de bepaling van de baan van een planeet uit een aantal aardse waarnemingen in principe een kwestie van stug rekenen was geworden.<sup>1</sup>

Terwijl in Frankrijk de wiskundigen veel aandacht aan deze theoretische sterrenkunde besteedden, werd er in Engeland in de achttiende eeuw grote vooruitgang geboekt in de werktuigbouwkunde, waardoor belangrijke technische verbeteringen konden worden aangebracht in de instrumenten die astronomen toen bij het waarnemen gebruikten. Ik denk hierbij vooral aan de toepassing van verdeelde cirkels bij de constructie van de zogenaamde meridiaancirkel, bij uitstek het instrument dat voor de positionele sterrenkunde werd gebruikt, aan de uitvinding van de achromatische lens waarmee vanaf het einde van de achttiende eeuw alle astronomische kijkers zouden zijn uitgerust, en aan de verbetering

\* Meidoornlaan 13, 3461 ES Linschoten.

1. Deze ontwikkeling staat beschreven in: A. Pannekoek, *De groei van ons wereldbeeld* (Amsterdam, 1951) 247-252. Ten overvloede merken we op dat Franse astronomen als Joseph-Jerome de La Lande, Nicolaus-Louis de La Caille en Charles Messier vooral de praktische sterrenkunde beoefenden.



De Leidse sterrenwacht (ca. 1860).

van de micrometer als hulpmiddel bij het meten van afstanden en hoeken aan de kijker.<sup>2</sup> Beide ontwikkelingen zijn dan wel niet van Duitse oorsprong, maar zij werden in de negentiende eeuw in de sterrenkunde van doorslaggevende betekenis, nadat zij door Duitse wiskundigen en astronomen, onder andere door het gebruik van statistische methoden, tot een geheel waren gesmeed. Een schitterend voorbeeld daarvan is en blijft het verhaal van de herontdekking van Ceres. Deze zogenaamde *kleine planeet* was in januari 1801 ontdekt door de in Palermo werkzame Italiaanse astronoom Guiseppe Piazzi. Omdat Piazzi eerst zelf de baan van zijn nieuwe planeet wilde bepalen en omdat hij daarbij nog ziek werd ook, duurde het lang voordat zijn waarnemingen bekend werden. Toen hij ze ten slotte publiceerde, bleek dat hij het nieuwe object slechts zes weken had kunnen waarnemen voordat het onzichtbaar werd (omdat het te dicht bij de zon was gekomen). Daarin had het slechts een stukje van 9 graden langs de hemel afgelegd. Pas maanden later, zo kon men verwachten, zou de planeet weer tevoorschijn komen. Maar wàr hij dan aan de hemel zou staan, was aan de hand van diverse snel uitgevoerde berekeningen volstrekt niet duidelijk; de door de astronomen provisorisch berekende banen verschilden alle aanzienlijk van elkaar en pasten eigenlijk ook niet zo goed bij Piazzi's waarnemingen! In afwezigheid van een *foutentheorie* – aan de hand waarvan uit alle berekende banen de meest waarschijnlijke kan worden afge-

2. J. Brooks. 'The circular dividing engine: Development in England 1739-1843', *Annals of Science* 49 (1992) 101-135. H.C. King, *The history of the telescope* (New York, 1979) 144-161. R.C. Brooks. 'The development of micrometers in the seventeenth, eighteenth and nineteenth centuries', *Journal for the History of Astronomy* 22 (1991) 127-173.

leid – werden de verschillen maar al te gemakkelijk als waarneemfouten opgevat, maar waren ze dat wel? Hoe dit ook zij, elke voorspelling van de toekomstige positie van de planeet was twijfelachtig en hij bleef dan ook inderdaad vooralsnog spoorloos.

Het grote belang van het terugvinden van de planeet lag niet in de laatste plaats bij de fundamentele betekenis daarvan voor de toenmalige opvattingen over ons zonnestelsel. Volgens de wet van Titius of Bode zouden de banen van de planeten geordend zijn naar een eenvoudige getallenreeks die voorspelde dat er tussen Mars en Jupiter nog een planeet zou moeten zijn.<sup>3</sup> Welnu, Ceres, als zij bestond, zou die ontbrekende planeet zijn! De onzekerheid bleef ruim een half jaar bestaan, tot aan het einde van het jaar 1801 de baan van Ceres door een toen nog onbekende Duitse wiskundige, Friedrich Gauss genaamd, volgens een sterk verbeterde methode werd berekend. Over het resultaat schreef Kaiser in 1851: 'De loopbaan door Gauss gevonden, sloot bijna volkomen op de reeks van waarnemingen, door Piazzi geleverd, die, wel ver van onnauwkeurig te zijn, zich zeer voortreffelijk betoonden.'<sup>4</sup>

Inderdaad, aan de hand van deze nieuw berekende baan werd de kleine planeet Ceres al in December 1801 door de Duitse astronoom Von Zach als eerste teruggevonden. Dit succes, dat Gauss in één klap beroemd maakte, was enerzijds gelegen in zijn nieuwe rekentechnische aanpak en anderzijds in de toepassing van *statistische* methoden, met name van de *methode van de kleinste kwadraten*, om de bij de waarnemingen *best passende* oplossing van de baanvergelijkingen te kunnen selecteren uit de vele theoretisch mogelijke oplossingen.<sup>5</sup> Duidelijk volgt uit dit voorbeeld dat het ontwikkelen van een goede theorie en het geschikt maken daarvan voor praktische toepassingen verschillende probleemstellingen zijn. Gauss was een meester op beide terreinen. De kloof die rond 1800 bestond tussen theorie en praktijk bij de beoefening der natuurwetenschappen, werd door zijn toedoen grotendeels gedicht – ook op andere gebieden dan dat van de astronomie trouwens.

De praktische benadering die het werk van Duitse mathematiëci en astronomen als Gauss, Wilhelm Bessel, en ook Hansen en Encke, kenmerkt, vormt de basis van de grote en wezenlijke invloed die zij hebben uitgeoefend op de ontwikkeling van de sterrenkunde in de negentiende eeuw. Deze Duitse astronomen hebben mede het voortouw genomen bij de praktische introductie van statistische methoden, ondanks dat Fransen als Laplace en Legendre veel hebben bijgedragen tot de fundamentele daarvan, evenals overigens de Duitse wiskundigen zelf: de foutenwet van Gauss is daar wel het bekendste voorbeeld van.<sup>6</sup> De acceptatie van die methoden is vooral het gevolg van de vele artikelen die vanaf het begin van de negentiende eeuw in de *Astronomische Nachrichten* verschenen zijn over de toepassing van de waarschijnlijkheidsrekening op tal van praktische wetenschappen, waaronder bijvoorbeeld de landmeetkunde. Zo werd de meest bekende toetsing van de foutenwet in 1818 uitgevoerd door Bessel aan de hand van een serie van 300 metingen van de declinatie van de poolster, die eerder door de Engelsman Bradley waren verricht.<sup>7</sup> Terzijde merk ik op dat de waarschijnlijk meest uitvoerige toetsing van die wet is geschied aan het begin van deze eeuw door een medewerker van de Utrechtse Sterrenwacht, Werndly. Daartoe werden onder andere – zo gaat het verhaal – in tegenwoordigheid van A.A. Nijland,

3. A. Pannekoek (n. 1), *De groei van ons wereldbeeld*, 290.

4. F. Kaiser, *Geschiedenis der ontdekking van planeten* (Amsterdam, 1851) 140.

5. F. Klein, *Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert* (herdruk Berlijn, 1979) 8.

6. Zie Ida H. Stamhuis, 'Cijfers en Aequaties' en 'Kennis der Staatskrachten'. *Statistiek in Nederland in de negentiende eeuw* (Amsterdam, 1989) 41-46.

7. F.W. Bessel, *Fundamenta Astronomiae* (Koningsbergen, 1818).

de hoogleraar-directeur van die Sterrenwacht, in 12 seconden 12.000 lucifershoutjes zonder kop gesneden door de Vereenigde Nederlandsche Lucifersfabrieken in Eindhoven.<sup>8</sup> Het werk van Gauss, Bessel en anderen heeft gedurende de gehele negentiende eeuw zijn sporen in de beoefening van de sterrenkunde nagelaten. Immers, toepassing van de waarschijnlijkheidsrekening verschafte de astronomen een bruikbaar middel om aan de hand van zuiver wetenschappelijke criteria hun waarneemmaterial te analyseren. Voorbij was de tijd dat de astronoom uit de vele waarnemingen die kon weglaten welke hem om wat voor reden dan ook niet bevielen. *Foutenanalyse* van de waarnemingen werd een natuurlijk onderdeel van de experimentele natuurwetenschap, *nauwkeurigheid* een mathematisch omschreven begrip. Dit leidde ertoe dat theorie en praktijk tot één geheel gesmeed konden worden. Het leidde ook, zoals Pannekoek in zijn *De groei van ons wereldbeeld* zo treffend geformuleerd heeft,

tot een nieuwe houding, die typisch is voor de 19de eeuwse natuuronderzoeker tegenover zijn materiaal. Dit is niet enkel meer gegeven stof, waaruit hij naar believen put voor afleiding van conclusies: het is een procesverbaal van het verhoor, dat de natuur onderging, een document, een hem opgelegd feitengeheel, dat hij heeft te eerbiedigen.<sup>9</sup>

#### De Nederlandse situatie

De introductie van statistische methoden door Kaiser in de beoefening van de sterrenkunde in Nederland geschiedde in feite zonder slag of stoot. Het is niet moeilijk daarvoor een verklaring te geven. Aan het begin van de negentiende eeuw was er van astronomisch onderzoek op internationaal niveau hier te lande niet of nauwelijks sprake. Er werd door de aan de Nederlandse universiteiten benoemde hoogleraren sterrenkunde zoals G. Moll en C. Ekema wel wat aandacht besteed aan de 'zeevaartkundige sterrenkunde' maar daar bleef het meestal bij, om over het drama van de mislukte spiegelkijkers van Roelofs en Rienks maar niet te spreken.<sup>10</sup> Het oeuvre van de Leidse astronoom Frederik Kaiser, meester als hij was in het klagen, is van die 'verwaarlozing van de beoefening van de sterrenkunde' doordrongen. Veel van zijn kritiek miste haar doel omdat zijn eigen moderne opvattingen over de beoefening van de sterrenkunde en die over de wetenschap in het algemeen door weinigen gedeeld werden. Toch werden zijn klaagzangen niet geheel en al genegeerd en toen P.J. Uylenbroek in 1837 aftrad als directeur van de Leidse Sterrenwacht werd Kaiser als diens opvolger aangewezen en benoemd tot lector in de sterrenkunde aan de Leidse universiteit. Ook werden hem toen enige middelen geboden om het observatorium opnieuw in te richten en geschikt te maken voor onderzoek.<sup>11</sup> In 1840 volgde de publikatie van het eerste wetenschappelijke onderzoek dat Kaiser met de nieuw verworven instrumenten uitvoerde: *Eerste metingen met den MIKROMETER, volbragt op het observatorium van 's Rijks Hoogeschool te Leiden*.<sup>12</sup> De titel van deze publikatie zelf is reeds een indicatie van de nieuwe

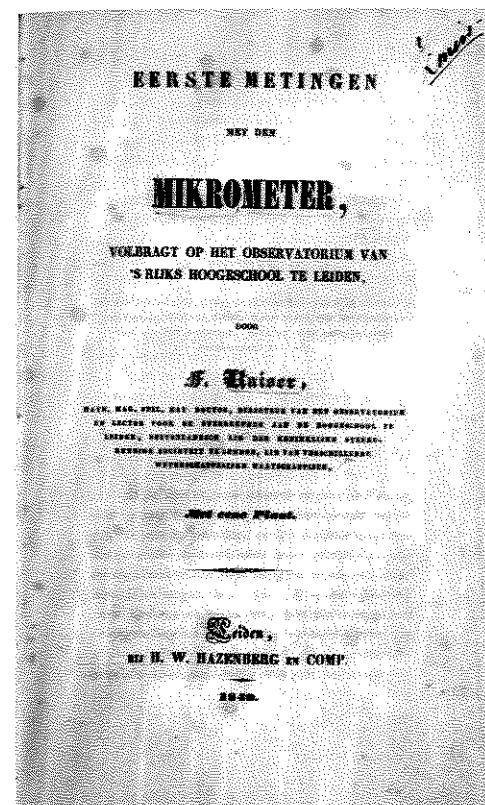
8. Deze lucifers-metingen worden vermeld in J.M. Pool, *Leerboek der waarschijnlijkheidsrekening en haar toepassing op de theorie der waarnemingsfouten* (Breda, 1938) 129.

9. A. Pannekoek (n. 1), *De groei van ons wereldbeeld*.

10. F. Kaiser, 'Geschichte der Astronomie und der Sternwarte an der Universität in Leiden', *Annalen der Sternwarte in Leiden*, Dl 1 (1868) I-XXI. J. van der Bilt, *De grote spiegelkijkers van Roelofs en Rienks. Een episode uit de geschiedenis der Leidse en Utrechtse Sterrenwachten (1821-1846)* (Leiden, 1951).

11. F. Kaiser, *Het observatorium te Leiden* (Leiden, 1838).

12. F. Kaiser, *Eerste metingen met den mikrometer, volbragt op het observatorium van 's Rijks Hoogeschool te Leiden* (Leiden, 1840).



Titelpagina van F. Kaiser, *Eerste metingen met den mikrometer, volbragt op het observatorium van 's Rijks Hoogeschool te Leiden* (Leiden, 1840).

houding die de astronoom als gevolg van de waarschijnlijkheidsleer tegenover zijn waarnemingen aannam. Nergens blijkt dat het hier gaat om een onderzoek naar de afstanden van dubbelsterren. Niet het astronomische maar het meettechnische probleem staat bij hem op de voorgrond. De publikatie zou men kunnen zien als het prototype van het 'procesverbaal' van een 'verhoor' dat de negentiende-eeuwse wetenschapper de natuur afgenomen had en daarna diende te protocolleren. In het voorwoord getuigt Kaiser daar ook van:

.. dat de sterrenkundige een' onfeilbaren toetssteen zijner eigene verrigtingen in handen heeft, die hem tegen willekeurige of onregtmatische beoordeelingen waarborgt. Zijn arbeid zelf draagt de kenmerken zijner waarde in zich en de onfeilbare voorschriften der hoogere wiskunde, verkennen zijnen weg op het grondgebied, waar hij zich durfde wagen. Het is hem thans niet alleen geoorloofd, maar zelfs ten pligt gesteld, zijne waarnemingen aan de leer der waarschijnlijkheids-rekening te toetsen, en dan wordt hare innerlijke gehalte, niet in meeningen of gedachten, maar in onfeilbare getallen uitgedrukt.<sup>13</sup>

De nieuwe houding blijkt ook uit de definitie van zijn onderzoek, als Kaiser uitlegt dat hij daarbij een tweeledig doel nastreeft, waarbij hij in de voetsporen treedt van twee door hem bewonderde astronomen, Otto Struve in Pulkowa (bij St. Petersburg) en de reeds genoemde Friedrich Bessel, directeur van de sterrenwacht in Koningsbergen:

13. F. Kaiser (n. 12), *Eerste metingen*, vii.

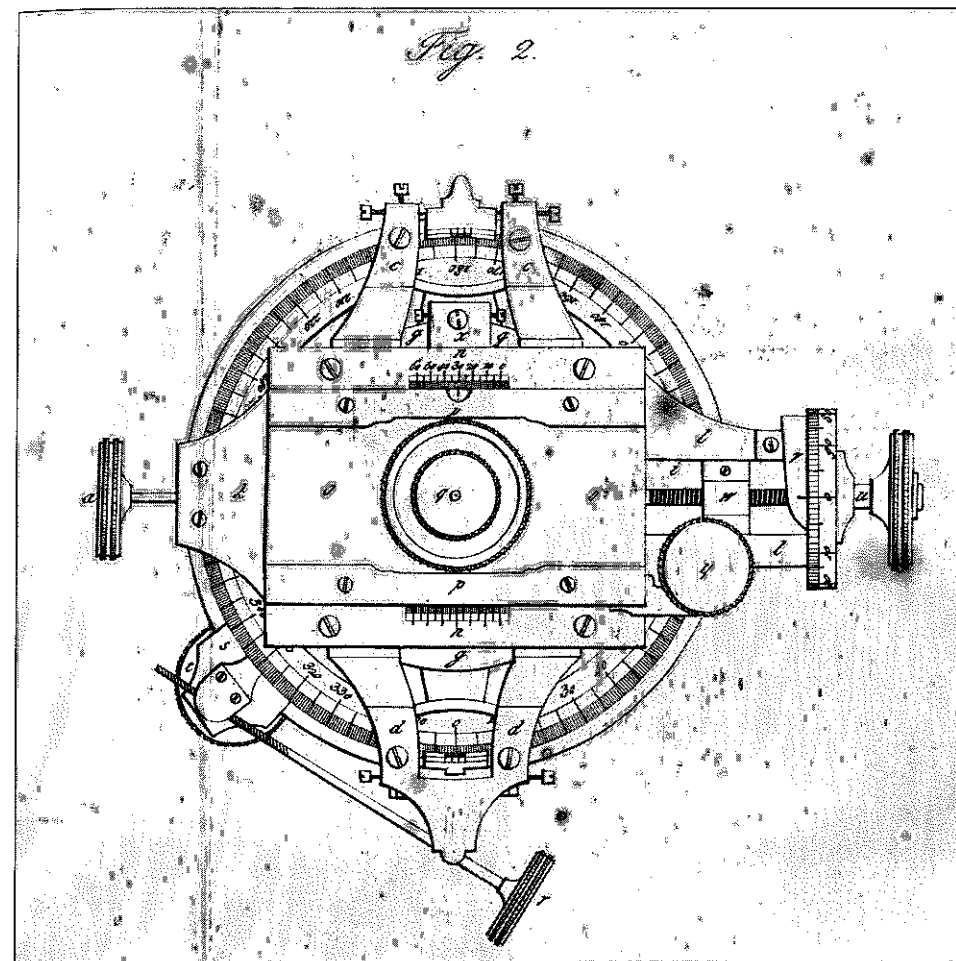
**METINGEN**  
VAN  
**DUBBELE STEEREN**  
VOLBRACHT OP HET OBSERVATORIUM TE LEIDEN.

STER.	Rechts.	Afstand.	Aantal Metingen.	$\mu$ .	Stand- hoek.	Aantal Metingen.	$\mu$ .
1840,10	9° 000	4	0,121	95,57	5	0,59	
1840,11	0,087	4	0,145	95,51	6	7,21	
1840,14	...	...	...	95,00	8	9,12	
1840,15	9,015	4	0,013	95,51	4	0,37	
1840,15	9,087	4	0,050	95,31	7	11,03	
1840,16	0,040	5	0,076	95,18	5	3,35	
1840,16	0,018	4	0,045	96,23	5	0,34	
1840,18	0,047	4	0,021	...	...	...	
1840,00	23,258	6	0,205	63,04	15	3,00	
1840,00	23,403	6	0,271	64,00	8	1,68	
1840,02	23,300	6	0,219	63,77	8	1,51	
1840,02	23,300	6	0,189	64,02	4	0,84	
1840,05	23,242	4	0,000	63,87	4	1,54	
1840,07	23,300	4	0,000	63,22	3	0,08	
1840,07	...	...	...	64,04	5	1,40	
1839,01	0,390	8	0,126	179,10	10	10,21	
1839,09	0,794	11	0,223	...	...	...	
1839,09	0,815	4	0,000	...	...	...	
1840,01	0,703	5	0,014	180,42	5	1,30	
1840,02	0,797	7	0,118	180,37	7	7,30	
1840,02	...	...	...	179,10	6	10,03	
1840,02	...	...	...	179,32	7	4,37	
1840,03	...	...	...	179,80	5	2,41	
1840,07	0,577	9	0,360	179,08	5	3,01	
1840,07	0,708	5	0,000	179,07	4	2,00	

Resultaten van Kaisers metingen met de micrometer.

Ik wenschte eene hernieuwde bepaling aangaande die dubbele sterren (d.w.z. de dubbelsterren die reeds eerder door Struve als Bessel waren gemeten) voor een ander tijdstip te leveren, en tevens daardoor mijne metingen aan de strengste onderzoekingen te onderwerpen.<sup>14</sup>

De publikatie van de resultaten van het onderzoek laat er geen twijfel over bestaan dat voor Kaiser de prioriteit in het tweede deel van de doelstelling lag. Na een 'Beknopte (sic) geschiedenis der Mikrometer-metingen aan den hemel' (24 pagina's) volgt een tweetal paragrafen gewijd aan het instrument (38 pagina's) en aan de beschrijving van de waarnemingen (16 pagina's). Dan volgt een wiskundige beoordeling (17 pagina's) van de waarnemingen en tot slot nog een tweetal paragrafen gewijd aan een aantal waarnemingen bestemd om de geschiktheid van de micrometer voor andere doeleinden dan dubbelstermetingen te toetsen. Kortom, Kaisers onderzoek is er voornamelijk op gericht de waarde van zijn metingen met de micrometer te onderzoeken. De waarschijnlijkheidsleer verschaft daarbij de criteria. In een paragraaf getiteld: 'Wiskundige beoordeling van de waarde der voorgaande metingen' legt Kaiser dat nog eens ten overvloede uit:

14. *Ibid.*, 64.

4. De micrometer waarmee Kaiser zijn metingen uitvoerde.

De wiskundige beoordeling van sterrekundige bepalingen, bestaat in het onderzoek van de fouten welke bij de bepalingen te vreezen zijn. Men moet hier echter een onderscheid maken, tusschen *toevallige* en *standvastige* fouten. De eerste hangen van veranderlijke storingen af, die of uit den waarnemer, of uit het werktuig, of uit de luchtgesteldheid hunnen oorsprong ontleenen, en nu eens in dezen, dan weder in genen zin werken, zodat hun invloed grootendeels verdwijnt, wanneer men dezelfde bepaling dikwijls herhaalt, en uit al de verkregene uitkomsten het waarschijnlijkste midden neemt. De bekende *methode der kleinste kwadraten* leert dan, hoe men uit de meerdere of mindere overeenstemming tusschen de verschillende uitkomsten, de grootheid bepalen kan, die men waarschijnlijke fout noemt, en die het gedrag der toevallige fouten doet beoordeelen.<sup>15</sup>

De foutenanalyse van Kaiser toont dat hij volledig vertrouwd is met de beginselen van de praktische waarschijnlijkheidsleer die, zoals reeds eerder vastgesteld, in de eerste decennia van de negentiende eeuw door Gauss en Bessel waren geformuleerd. Met andere woorden, van meet af aan, dat wil zeggen vanaf het begin van de serieuze beoefening van de praktische

15. *Ibid.*, 79.

sterrenkunde in Nederland na 1840, zijn de nieuwe statistische methoden toegepast en zouden zij dat blijven. Dat laatste werd gegarandeerd door het astronomisch onderwijs dat Kaiser verzorgde. In de jaren veertig van de negentiende eeuw werden onder Kaisers leiding door tal van studenten berekeningen van komeetbanen uitgevoerd, geheel en al volgens de regels van de hogere wiskunde.<sup>16</sup>

Elders verliep de introductie van statistische methoden in de sterrenkunde minder soepel. In een voordracht getiteld 'Über Wahrscheinlichkeits-Rechnung' schrijft F.W. Bessel daarover:

So wie es aber allen neuen Dingen geht, so ist es auch diesen Anwendungen der Wahrscheinlichkeits-Rechnung ergangen. Viele, die nicht in ihren Geist eingedrungen sind, halten sie für überflüssig oder gar fremdartig. Delambre hat in seiner Astronomie viel Unüberlegtes hierüber gesagt und die Recensenten in den englischen Literaturzeitungen gefallen sich, darüber zu spotten, dass einige Astronomen des Continents jetzt die Bahn der Kometen, die Figur der Erde, die Entfernung der Sonne, oder was es sonst sei, nicht mehr der Wahrheit, sondern der Wahrscheinlichkeit gemäss bestimmen.<sup>17</sup>

De weerstanden in Frankrijk en Engeland waarvan Bessel hier getuigt weerspiegelen dat in deze landen onderzoekstradities heersten die totaal verschilden van die welke in de eerste decennia van de negentiende eeuw in Duitsland ontstonden en die door de wiskundige Felix Klein als de 'Deutsche wissenschaftliche Renaissance' zijn aangeduid.<sup>18</sup>

Toen Kaiser zijn eerste onderzoekingen begon, was hier geen sprake van enige traditie van astronomisch onderzoek, zoals die in andere landen wel bestond. De keuze van zijn onderzoeksprogramma kon hij in feite daardoor vrijelijk bepalen. Dat hij daarbij in het voetspoor van de grote Duitse astronomen trad, werd bepaald door enerzijds zijn uitgesproken talent en belangstelling voor instrumenten en anderzijds doordat in 1840 de Duitse wetenschap in Europa toonaangevend was. Het nieuwe programma dat door die Duitse astronomen onder aanvoering van Bessel was gedefinieerd, was Kaiser op het lijf geschreven. Het maken van 'een proces-verbaal van een verhoor' was een kolfje naar zijn hand, waarin hij veel van zijn kritisch vermogen en instrumentele kennis kwijt kon. Andere astronomen mochten misschien klagen over de toenemende 'regelgeving' waarmee de astronomische waarneming werd belast, maar voor Kaiser was zo'n regelgeving juist een grote stimulans, want niet langer heerste er willekeur in de beoordeling van goede en slechte waarnemingen. Kaiser was een begaafd waarnemer die het uiterste uit zijn instrumenten kon halen onder de meest moeilijke omstandigheden. De waarschijnlijkheidsleer bood hem de mogelijkheid dat te bewijzen met keiharde getallen.

Kaiser heeft gedurende zijn hele leven voortgebouwd op het programma van de Duitse school, zoals we dat in zijn eerste publikatie reeds beschreven zien. Instrumentele fouten zijn Kaiser zijn leven lang blijven boeien en zij hebben in hoge mate zijn astronomisch oeuvre bepaald. Reeds in zijn eerste onderzoekingen maakt hij zorgvuldig onderscheid tussen toevallige en standvastige fouten (thans systematische fouten genoemd), een onderscheid dat in de eerste decennia van de toepassing van het foutenbeginsel wezenlijk en dus noodzakelijk bleek. Niet alle storingen die bij het waarnemen afwijkingen van de min of meer verwachte waarde veroorzaken, bleken namelijk aan de wetten der waarschijn-

16. F. Kaiser, 'Berigten over de thans zichtbare kometen', *Algemeenen Konst- en Letterbode* Nr. 11 en 14 (1846).

17. F.W. Bessel, *Populäre Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von H.C. Schumacher* (Hamburg, 1848) 387-407, m.n. 405.

18. F. Klein (n. 5), *Vorlesungen*, 17.

lijkheid te voldoen: zij vertoonden in plaats van een toevallig een systematisch karakter. Kaisers speurtocht naar systematische fouten van vooral instrumentele aard vinden we in tal van zijn latere publikaties terug, zoals in studies over de gang van uurwerken (1860 en 1863), over de fouten in de micrometer naar Airy (1857) en over periodieke fouten in micrometerschroeven (1865).<sup>19</sup> Ook schreef Kaiser over zogenaamde persoonlijke fouten bij sterrenkundige waarnemingen (1862) en bedacht hij een toestel waarmee zulke fouten bepaald konden worden.<sup>20</sup> Zijn benoeming tot Verificateur van 's Rijkszeinstrumenten in 1858 leidde tot een hervorming van de marine-navigatietechniek die er op gericht was de fout in de plaatsbepaling op zee tot een minimum te beperken.<sup>21</sup> Fouten, fouten en nog eens fouten vormen de sleutel tot de beoefening van de sterrenkunde in Nederland in de negentiende eeuw. En dat is te danken, of te wijten, aan de introductie van de statistiek voor de waardebeoordeling van waarnemingsresultaten.

#### Tot slot

Tot slot wil ik nog opmerken dat aan het einde van de negentiende eeuw een aantal jongere Nederlandse astronomen de hier geschetste opvatting zozeer als een dwangmatig keurslijf ervoer dat zij met de traditie braken.<sup>22</sup> Anton Pannekoek zocht vrijheid in het nieuwe vakgebied van de astrofysica, waar fysisch inzicht in plaats van uiterste nauwkeurigheid de hoofdrol speelde, Jacobus Kapteyn bleef weliswaar de statistiek een goed hart toedragen, maar paste ze niet alleen meer ter beoordeling van waarnemingen toe, maar ook, en later vooral, op meer geraffineerde wijze als hulpmiddel voor de analyse van grote groepen waarnemingen teneinde uit een schijnbare warboel systematische verschijnselen te kunnen distilleren. Niet langer een proces-verbaal dus, maar een actief onderzoeksinstrument werd de statistiek in zijn handen.<sup>23</sup> In onze eeuw heeft de zogenoemde statistische sterrenkunde tot spectaculaire gevolgtrekkingen geleid omtrent de structuur van ons melkwegstelsel en van het heelal, ontdekkingen waaraan de naam van Jan Hendrik Oort, eens student van Kapteyn, onverbreekelijk zal blijven verbonden.<sup>24</sup> De statistiek heeft dus in de astronomie een hoge vlucht genomen, maar dat wil niet zeggen dat het simpele praktische

19. F. Kaiser, 'Onderzoekingen omtrent den gang van het sterrenkundig slingeruurwerk der Ned. Marine, Hohwü No. 15', *Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen* 10 (1860) 194-234; 'Onderzoekingen omtrent den gang van het hoofd uurwerk der sterrenwacht te Leiden, de pendule Hohwü Nr. 17', *Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen* 17 (1865) 338-375; 'Enige opmerkingen omtrent de periodieke fouten in mikrometerschroeven, naar aanleiding van de jongste onderzoekingen aan de sterrenwacht te Leiden', *Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen*, 1, 2e reeks (1866) 359-399.

20. F. Kaiser, 'De volledige bepaling van persoonlijke fouten bij sterrenkundige waarnemingen', *Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen* 13 (1862) 321-349; 'Über einem neuen Apparat zur absoluten Bestimmung von persönlichen Fehlern bei astronomischen Beobachtungen', *Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen* 2, 2e reeks (1868) 216-236. Het probleem van de persoonlijke fout en de wijze waarop dit in de geschiedenis van de psychologie wordt geïnterpreteerd is onderzocht door S. Schaffer, 'Astronomers mark time: Discipline and the personal equation', *Science in context* 2 (1988) 115-145. Met dank aan S. Sigurdsson (Göttingen) die mij op dit laatste artikel opmerkzaam maakte.

21. Een analyse van de invloed van F. Kaiser op de verbetering van de navigatietechniek in de negentiende eeuw is in voorbereiding.

22. A. Pannekoek, *Herinneringen* (Amsterdam, 1982) 235-237.

23. E. Dekker, 'Jacobus C. Kapteyn (1851-1922)', in A.J. Kox en M. Chamalaun eds., *Van Stevin tot Lorentz* (Amsterdam, 1980) 177-192.

24. J.H. Oort, 'Observational evidence confirming Lindblad's hypothesis of a rotation of the galactic system', *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* 4 (1927) 275-282.

gebruik ervan dat zo karakteristiek was voor de negentiende eeuw, zijn waarde zou hebben verloren. Deze praktijk wordt nog dagelijks beoefend en foutenanalyses zijn nog steeds aan de orde van de dag, zij het niet langer zo nadrukkelijk.

#### SUMMARY

*'A record of interrogation'*

This paper describes the influence of the leading Dutch astronomer in the nineteenth century, Frederik Kaiser (1808-1872), on the use of statistical methods in astronomy. In the absence of existing research traditions Kaiser modelled his investigations after the example set by Struve and Bessel. In this process statistical methods were introduced as a matter of course. Moreover, these methods were employed by Kaiser to introduce new regulations and standards in observational practice which throughout the nineteenth century dominated Dutch astronomical research. The analysis of the observational data thus became what Anton Pannekoek in his *History of Astronomy* (1951) called 'a record of interrogation'.