

*Een cultuurgeschiedenis
van de wiskunde*

Redactie

MACHIEL KEESTRA



UITGEVERIJ NIEUWEZIJDS

Uitgegeven door: Uitgeverij Nieuwezijds, Amsterdam

Omslag: Marjo Starink, Amsterdam

Zetwerk: Holland Graphics, Amsterdam

Copyright © 2006, Uitgeverij Nieuwezijds

Afbeeldingen omslag (van linksboven naar rechtsonder):

Pierre de Fermat (1601-1665, collectie University of St Andrews Scotland, School of Mathematics and Statistics, <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/BiogIndex.html>).

Richard Dedekind (1833-1916, collectie University of St Andrews Scotland, School of Mathematics and Statistics).

Bernhard Riemann (1826-1866, collectie University of St Andrews Scotland, School of Mathematics and Statistics).

Daniel Bernoulli (1700-1782, collectie Universiteitsbibliotheek Basel).

Muhammad ibn Mūsā al-Khwārizmī (ca. 790-840, afgebeeld op een postzegel uit de voormalige Sovjet-Unie).

Leonhard Euler (1707-1783, collectie Universiteitsbibliotheek Basel).

Carl Friedrich Gauß (1777-1855, afgebeeld op een biljet van tien Duitse mark).

Euclides (ca. 325-265 v.Chr., collectie University of St Andrews Scotland, School of Mathematics and Statistics).

Luitzen Egbertus Johannes Brouwer (1881-1966, afbeelding uit Brouwer Archief).

ISBN 90 5712 136 0

EAN 978 90 5712 136 4

NUR 738

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband, elektronisch of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval system worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Hoewel dit boek met veel zorg is samengesteld, aanvaarden schrijver(s) noch uitgever enige aansprakelijkheid voor schade ontstaan door eventuele fouten en/of onvolkomenheden in dit boek.

Voorwoord

Dit boek werd voorafgegaan door twee eerdere boeken met hoofdstukken die gebaseerd waren op lezingenreeksen voor CREA-Studium Generale van de Universiteit van Amsterdam, georganiseerd door ondergetekende. Die boeken waren *Tien westerse filosofen* (2000) en *Doorbraken in de natuurkunde* (2001). De structuur van die boeken kwam erin overeen dat de hoofdstukken gewijd waren aan een specifieke auteur en diens werk, terwijl de auteurs gekozen waren uit het geheel van de westerse filosofie- respectievelijk natuurkunde-geschiedenis. Hoewel dat voor de filosofie lastiger bleek dan voor de natuurkunde, was het de bedoeling dat een auteur niet alleen met het oog op zijn eigen specifieke bijdrage werd behandeld, maar dat die auteur in zekere zin ook representatief was voor een bepaalde periode of positie in de ontwikkeling van de betreffende discipline.

In mijn voorwoord van het natuurkundeboek verwees ik kort naar het feit dat een boek over de biologie een andere structuur zou hebben en niet historisch geordend zou zijn, noch gerangschikt volgens belangrijke auteurs. Ik noemde daarvoor de reden dat de biologie als wetenschap pas relatief recent echt tot bloei is gekomen en dat er te weinig herkenbare auteurs geweest zijn om deze ontwikkeling aan op te hangen. Blijkbaar vergaat het de filosofie en natuurkunde anders in hun ontwikkeling en dragen invloedrijke auteurs daar zodanig bij aan de systematische ontwikkeling van hun vak, dat hun bijdragen ook later nog van belang blijven – en dan niet slechts van historisch belang.

Voor de onderhavige cultuurgeschiedenis van de wiskunde was het goed mogelijk om weer een historische indeling te kiezen, die volgens mij didactisch grote voordelen biedt. Op die manier kan de lezer enigszins geestelijk voltrekken wat het algemene verloop van probleemstellingen en antwoorden in de ontwikkeling van de wiskunde is geweest. Bovendien kan op die manier eenvoudiger worden verklaard welke niet-wiskundige omstandigheden aanleiding hebben gegeven tot bepaalde ontwikkelingen in de wiskunde. De keuze voor een historische systematiek bleek dus wel verantwoord, maar om daarbij per tijdvak slechts één individu te kiezen dat in sterke mate had bijgedragen aan de ontwikkeling van het gehele vak, bleek vrijwel onmogelijk. Natuurlijk is er in de geschiedenis van de wiskunde wel een aantal personen aan te wijzen dat bijzonder invloedrijk is geweest, maar vaker blijken er in een bepaalde periode meerdere kandidaten te zijn. Dit heeft wellicht ook te maken met het feit dat de wiskunde al vroeg onderverdeeld kan worden in een aantal subdisciplines, zoals de meetkunde en de rekenkunde, die ook min of meer zelfstandige ontwikkelingen doormaken. Hoewel tot een aantal eeuwen geleden het voor auteurs mogelijk bleek om alle subdisciplines te overzien en eraan bij te dragen, is er toch ook vaak sprake van een zekere specialisatie. Vandaar dat in een en dezelfde periode meerdere auteurs van groot belang kunnen zijn. Deze omstandigheden hebben ertoe geleid dat voor dit boek gekozen is voor een grove indeling in historische periodes, waarbij meerdere personen de revue kunnen passeren.

Anders dan in de andere twee boeken is dit boek niet uitsluitend gewijd aan de westerse (lees Europese) ontwikkelingen, van de Griekse oudheid tot heden. Tén aanzien van de filosofie en natuurkunde was dat ingegeven door de overtuiging dat – ongeacht de boeiende ontwikkelingen van filosofische of natuurkundige aard in andere windstreken – voor een goed begrip van de ontwikkeling van de hoofdzaken van de hedendaagse filosofie of natuurkunde, de kennis van die ontwikkelingen elders niet wezenlijk is. Weliswaar is de Renaissance en daarmee de herontdekking van veel van de antieke geschriften en de ontwikkeling van het humanisme en dergelijke zaken, meer in belangrijke mate te danken aan de rol die Arabische auteurs gespeeld hebben bij het bewaren en interpreteren van die antieke geschriften. Die rol is toch vooral van historisch belang geweest en bestaat niet zozeer uit een systematische bijdrage in de zin van het ontwikkelen van geheel nieuwe begrippen of methodes. In dit boek is echter wel een hoofd-



stuk dat aandacht besteedt aan de Indiase en Arabische wiskunde. Daarin wordt beschreven hoe buiten Europa niet alleen met verwante wiskundige problemen werd geworsteld, maar dat daar bovendien andere concepten of methodes werden ontwikkeld die na introductie in Europa wezenlijk hebben bijgedragen aan de ontwikkelingen.

Bij dat alles is vanzelfsprekend nog steeds geen volledigheid bereikt, noch geografisch, noch historisch, noch systematisch. Er zijn vele onderwerpen en auteurs te bedenken die het verdiend hadden om ook in dit boek te worden behandeld. Desalniettemin krijgt men hopelijk enigszins een indruk van belangrijke onderwerpen uit de wiskunde en de wijze waarop die ontwikkeld werden. Daarbij is het de bedoeling dat de lezer op twee manieren een gevoel krijgt voor die wiskundige onderwerpen: zowel door middel van een bescheiden ‘historische sensatie’ van de omstandigheden waarin wiskundige problemen behandeld werden, als door middel van systematische uitleg van die problemen zelf. Soms zijn die problemen dermate specialistisch dat ze slechts in beperkte mate uitgelegd kunnen worden, soms is ervoor gekozen om die uitleg af te zonderen. Dit boek is in elk geval bedoeld voor lezers met een beperkte wiskundige bagage en niet speciaal voor wiskundigen of studenten wiskunde. Gezien het feit dat wiskunde niet alleen de wetenschap maar ook het leven van alledag doordrenkt, is het van belang dat ook leken een indruk kunnen krijgen van de soort problemen en methodes die in de wiskunde spelen.

Ten slotte wil ik nog kort stilstaan bij de aanloop naar dit boek. De lezingen die aan dit boek ten grondslag lagen, zijn reeds enkele jaren geleden gehouden. Alleen de hoofdstukken van Hogendijk en Keestra zijn niet voortgevloeid uit de lezingenreeks, maar geschreven om althans een aantal lacunes van die reeks op te heffen. Dat de andere teksten wel gebaseerd zijn op lezingen maakte het schrijfwerk niet veel eenvoudiger, omdat het omwerken van een lezing tot een hoofdstuk van een boek geen geringe opgave is. Bovendien wordt een publicatie als dit niet gerekend tot de primaire taken van wetenschappelijk medewerkers – hoezeer de gemiddelde belastingbetaler eerder dit boek dan een wetenschappelijk tijdschrift ter hand zal nemen – en geldt het werk hieraan veelal vrijetijdsarbeid. Belangrijke tegenslag vormde het verdrietige overlijden van Albert Grootendorst, die de antieke wiskunde voor zijn rekening had genomen. Hoewel reeds jaren met emeritaat, was Grootendorst nog zeer actief, zowel in onderwijs als met publi-



ceren. Met zijn karakteristieke, heldere stem en een zeer beeldende manier van uitleggen – waarin hij duidelijk plezier had – gaf zijn lezing niet alleen een grondige indruk van de variatie in de antieke wiskunde, maar ook een indruk van het ontstaan van wiskundige problemen en methodes en hun doorwerking op latere ontwikkelingen. Grootendorst had de laatste jaren zijn handen vol aan een aantal indrukwekkende publicaties, waarin hij het werk *Elementa Curvarum Linearum* van de raadspensionaris en wiskundige Johan de Witt (1625-1672) in vertaling en voorzien van commentaar bezorgde. Desalniettemin zag hij toch kans een eerste versie te schrijven van het tweede hoofdstuk voor dit boek. Het omwerken van de tekst aan de hand van redactionele aanwijzingen is hem echter niet meer gelukt: helaas overleed hij toch nog vrij onverwachts in december 2004. Na enig overleg bleek Jan van Maanen bereid om de tekst van Grootendorst tot een goed leesbare en begrijpelijke tekst te bewerken, hetgeen hij op een voortvarende manier gedaan heeft. Bovendien gaf Albert Grootendorst jr. grootmoedig toestemming om de bijdrage van zijn vader in een zodanige bewerking te publiceren, waarvoor wij hem zeer erkentelijk zijn.

Grootendorst sr. was voor Van Maanen een ‘vriend op afstand’ en collega: een collega die opponeerde bij Van Maanens promotie, met wie hij samen heeft gepubliceerd over een Nederlandse wiskundige en samen cursussen gegeven heeft. Meer dan vele anderen heeft hij ervaren hoezeer Grootendorst op een beminnelijke en betrokken wijze hart voor de mensen in zijn omgeving, voor onderwijs en onderzoek en niet op de laatste plaats voor de wiskunde had. Zeker wanneer het om een combinatie daarvan ging – enthousiasmerend onderwijs in de wiskunde en haar geschiedenis – was Grootendorst nauwelijks een moeite te groot. Hopelijk kan dit boek enigszins de inspiratie en het enthousiasme van Grootendorst overbrengen op zijn lezers.

Het zal duidelijk zijn dat sommige hoofdstukken eerder klaar waren dan andere. Alle auteurs geldt mijn dank voor hun inspanningen, sommige auteurs hebben bovendien ook langere tijd moeten wachten tot hun werk het daglicht kon zien. Voor hun geduld en vertrouwen verdienen zij extra waardering. Daarnaast wil ik Jan van Maanen en Albert Grootendorst jr. speciaal bedanken, zonder wie de tekst van Grootendorst niet in deze vorm had kunnen verschijnen. Dank verdient tenslotte ook uitgeverij Nieuwezijds, die in het boek is blijven vertrouwen.

Machiel Keestra

Inhoud

Inleiding	I
<i>Machiel Keestra</i>	

I Zonder kennis van de wiskunde geen toegang? Conceptuele kwesties in de geschiedenis van de wiskunde	I9
<i>Machiel Keestra</i>	
1.1 Cultuurgeschiedenis en wiskunde – twee tegengestelde domeinen?	19
1.2 De historisering van de wiskunde	23
1.3 De aantrekkingskracht van het Platonisme of idealisme in de wiskunde	26
1.4 Het probleem van de empirische herkomst van mathematica bij Aristoteles	29
1.5 Wiskundige toenadering tot de empirie? Kardinaal Cusanus schiet te hulp	33
1.6 Wiskunde: een cultuurgeschiedenis?	38

X	EEN CULTUURGESCHIEDENIS VAN DE WISKUNDE	
2	Enkele aspecten van de wiskunde in de Griekse oudheid	47
	<i>Albert Grootendorst</i>	
2.1	Van hoe naar waarom	47
2.2	De grondlegger: Thales	48
2.3	Vierkanten en steentjes: Pythagoras	49
2.4	‘Verhouding’ opnieuw bezien: Eudoxus	54
2.5	Een laatste woord: Dedekind	57
2.6	Meetkunde en algebra	59
2.7	Wel en niet met passer en liniaal	65
2.8	Natuurkundige inspiratie: Archimedes	70
2.9	Wiskundige precisie: Archimedes	73
2.10	Epiloog	76
3	Indiase en Arabische wiskunde	81
	<i>Jan Hogendijk</i>	
3.1	Sterrenkunde in de Oudheid	82
3.2	Indiase wiskunde	86
3.3	Arabische wiskunde	89
3.4	Indiase en Arabische wiskunde: voorbeelden	94
3.5	Conclusie	99
4	De zeventiende eeuw – wiskunde aan het begin van de Moderne Tijd	101
	<i>Henk J.M. Bos</i>	
4.1	Inleiding	101
4.2	Twee momentopnames	104
4.3	Een sleutelwoord: analyse	108
4.4	Analyse als sleutel	119
4.5	Verwachtingen en dromen	121

5	Sprongen in het diepe en passen op de plaats – wiskunde in de achttiende eeuw	127
	<i>Jan van Maanen</i>	
5.1	Inleiding	127
5.2	Welke blik?	128
5.3	De Grote Wiskunde weerspiegeld in het werk van Daniel Bernoulli	129
5.4	Belangrijke ontwikkelingen	133
5.5	De wiskundige filosofen	138
5.6	Problemen en methoden van alle tijden	142
5.7	Afweging	147
6	Van wiskunstige wetenschappen tot zuivere wiskunde – de negentiende eeuw	151
	<i>Danny Beckers</i>	
6.1	Wiskunde in het onderwijs	152
6.2	Nieuwe instituten	156
6.3	Zuivere wiskunde	160
6.4	Toegepaste wiskunde	168
6.5	Statistiek	173
6.6	Tot slot	176
7	De wiskunde in de eerste helft van de twintigste eeuw	181
	<i>Teun Koetsier</i>	
7.1	Inleiding	181
7.2	De niet-euclidische meetkunde	182
7.3	Meerdimensionale meetkunden	186
7.4	Göttingen: centrum van de wiskundige wereld	187
7.5	De relativiteitstheorie	191
7.6	Wiskundige modellen buiten de exacte natuurwetenschap	195
7.7	De grondslagen van de wiskunde: intuïtionisme versus formalisme	197

8 Wiskunde in de laatste zestig jaar – exponentiële groei en structurele vernieuwing	203
<i>Tom H. Koornwinder</i>	
8.1 Inleiding	203
8.2 Groei van de wiskunde	204
8.3 Nieuwe wiskunde rond 1945	209
8.4 Een momentopname: het ICM 1954 te Amsterdam	209
8.5 Wiskunde en de computer	211
8.6 Wiskundige iconen	215
8.7 Spectaculaire wiskundige toepassingen	218
8.8 Wiskunde in de cultuur	220
8.9 Lie-theorie	222
8.10 Mathematische fysica	227
8.11 Millennium Prize Problems van het Clay Institute	229
8.12 Nawoord	229
Index	233
Over de auteurs	241