

Van oermens naar Newton

van Oermens naar Newton

geschiedenis van de natuurkunde van
de prehistorie tot de achttiende eeuw

Klaas Schonenberg

© Klaas Schonenberg, 2026

*Alle teksten zijn zonder
kunstmatige intelligentie
geschreven.*

een uitgave van



studioopzolder@gmail.com

Druk en distributie: Bravenewbooks

ISBN: 9789465383606

NUR: 680, 924, 732

Thema: NHT, TBX, PHD

Inhoud

Voorwoord	5
Inleiding	7
1. De prehistorie	11
1.1 De eerste mensen	13
1.1.1 Druk	14
1.1.2 De hefboom	16
2. De oudheid	19
2.1 Mesopotamië	21
2.2 Egypte	24
3. De klassieke oudheid in Griekenland	27
3.1 Griekse natuurfilosofen	29
3.2 Thales en Empedocles	30
3.3 Pythagoras	30
3.3.1 Frequentie	31
3.3.2 Harmonie	31
3.4 Democritus	33
3.4.1 Atomen	34
3.5 Plato	35
3.5.1 De allegorie van de grot	37
3.5.2 Kosmologie	37
3.5.3 De dwaalsterren	38
3.6 Aristoteles	39
3.6.1 Beweging volgens Aristoteles	40
3.7 Archimedes	42
3.7.1 De hefboomwet	43
3.7.2 Opwaartse kracht	44
3.7.3 De schroef van Archimedes	45
3.7.4 Katrollen	46
3.7.5 Verdedigingswapens	46
3.8 Mechanica	48
3.8.1 Tandwielen	49
3.8.2 De hodometer	50
3.9 Eratosthenes	51
3.10 De opkomst van het Romeinse Rijk	52
3.11 Ptolemaeus	52
3.12 Natuurfilosofie en intuïtieve natuurkunde	53
4. De middeleeuwen	55
4.1 Het Byzantijnse Rijk	57
4.1.1 Philoponus	57
4.2 West-Europa in de middeleeuwen	59
4.2.1 Theologie en natuurfilosofie: Thomas van Aquino	60
4.2.2 Kosmologie: astronomie en astrologie	61
4.2.3 Mechanica	63
4.2.4 Beweging	65
5. De vroegmoderne tijd	73
5.1 Renaissance, reformatie en verlichting	75
5.2 Nicolaas Copernicus	76
5.3 Simon Stevin	80

5.3.1 Decimale breuken	81
5.3.2 Valproef	81
5.3.3 Hydrostatica	82
5.3.4 De bollenketting	83
5.3.5 Weeghdaet en hemelloops	84
5.3.6 De spiegheling omwille van de daet	85
5.4 Tycho Brahe	87
5.5 Sophie Brahe	90
5.6 Johannes Kepler	91
5.6.1 De wetten van Kepler	91
5.6.2 Astronomie op basis van waarnemingen	93
5.7 Galileo Galilei	95
5.7.1 De telescoop	95
5.7.2 In conflict met de kerk	96
5.7.3 Relativiteit en beweging	96
5.7.4 Meten van tijd	97
5.7.5 De valversnelling	98
5.7.6 De paraboolbaan	98
5.7.7 De basis voor de natuurkunde	100
5.8 René Descartes	102
5.8.1 Natuurfilosofie	102
5.8.2 Materie en beweging	103
5.8.3 De wereld als machine	104
5.8.4 Kritiek	104
5.9 Vier vrouwelijk astronomen	106
5.9.1 Maria Cunitz	106
5.9.2 Elisabeth Koopman	107
5.9.3 Jeanne Dumée	108
5.9.4 Maria Margarethe Winckelmann	109
5.10 Christiaan Huygens	111
5.10.1 De telescoop	112
5.10.2 De slinger en de klok	114
5.10.3 De valversnelling	116
5.10.4 De hellingbaan en energie	116
5.10.5 Relatieve bewegingen	117
5.11 Isaac Newton	119
5.11.1 De klassieke mechanica	119
5.11.2 De appel	122
5.11.3 Gewicht en massa	124
5.11.4 Ondermaans en bovenmaans	125
5.11.5 De perkenwet verklaard	125
5.11.6 Een toepassing van de klassieke mechanica	127
Nawoord	131
Geraadpleegde literatuur	133

Voorwoord

In de titel 'van Oermens naar Newton, geschiedenis van de natuurkunde vanaf de prehistorie tot begin achttiende eeuw' geeft het onbepaalde 'geschiedenis' en niet 'de geschiedenis' aan dat er velerlei geschiedenissen van de natuurkunde zijn te vertellen, afhankelijk van waar de nadruk op ligt en over welke periode het gaat. In dit boek wordt een geschiedenis beschreven vanaf de prehistorische mens tot en met de overgang van de 17^e naar de 18^e eeuw, als Newton de basis van de klassieke mechanica legt. Naast de teksten over de ontwikkeling van de natuurkunde zijn er ook teksten die de historische context schetsen. Deze teksten zijn schuin gedrukt.

In dit boek wordt het begrip 'natuurkunde' breed opgevat. Het omvat de pogingen van de mens om de natuurverschijnselen te begrijpen, te interpreteren en regelmatigheden daarin te ontdekken. Met als doel om tot een samenhangend begrippenkader te komen, tot een verhaal waarin de gebeurtenissen in een groter verband geplaatst kunnen worden. Deze natuurkunde is een vorm van 'kennis der natuur', gebaseerd op dagelijkse ervaringen en waarnemingen.

Natuurkunde zoals we die tegenwoordig opvatten is het vakgebied dat met Galilei en Newton is ontstaan: systematisch waarnemen, experimenteren, resultaten ordenen en wiskundige verbanden leggen om op basis daarvan een wetenschappelijke theorie op te bouwen. Daarmee is de natuurkunde een exacte wetenschap geworden. De weg daar naartoe wordt in dit boek beschreven en geïllustreerd.

Het boek is geschreven voor een breed publiek met belangstelling voor geschiedenis en natuurkunde. Omdat wiskunde een belangrijk onderdeel van de natuurkunde is geworden, worden hier en daar een aantal eenvoudige wiskundige toepassingen stapsgewijs uitgelegd. Deze uitleg kan desgewenst ook worden overgeslagen.

Ik dank mijn dochter Lisa Schonenberg en mijn partner Ankephien van Tijen voor het kritisch doorlezen en becommentariëren van de tekst, wat de kwaliteit ervan ten goede is gekomen.

Inleiding

Er zijn een aantal periodes te onderscheiden in de ontwikkeling van de natuurkunde in de westerse wereld, periodes die onderling verschillende aspecten met elkaar verbinden. Zoals de omgang van de mens met de natuur. Dat begint bij de oermens die gereedschappen ontwikkelde en gebruikte. Hiermee begon letterlijk de manipulatie (*manis = hand*) van de natuur, het gebruik maken van natuurwetten om het eigen leven te verdedigen, te beschermen en te verbeteren.

De toepassing van bepaalde natuurwetten zonder deze te kunnen formuleren, is een vorm van 'intuïtieve natuurkunde', de eerste periode die hier wordt onderscheiden. Onder intuïtieve natuurkunde wordt hier verstaan de natuurkunde zoals we deze in ons dagelijks leven ervaren. Ook alle niet-natuurkundig geschoolde mensen maken er gebruik van, zonder de achterliggende natuurkundige principes te kennen. Of het nu gaat om het oppompen van een fietsband, het verzwaren van het plastic douchegordijn om te voorkomen dat deze tijdens het douchen hinderlijk tegen je lichaam aan komt, het inschakelen van elektrisch licht, het gebruik van alle apparatuur in huis, van de telefoons, de fiets of de auto enzovoort. Ook ambachtslieden manipuleren dagelijks de natuur, of zij nu met hout, metaal, steen of elektronica werken. In het dierenrijk komen we dit intuïtieve gebruik van de natuurwetten ook tegen, zoals meeuwen die mossels van grote hoogte op een stenen pad laten vallen, zodat de schelp breekt. Of de spin die een sterk spinnenweb weet te bouwen.

Na de prehistorische mens komen we in Mesopotamië¹ waar 3300 jaar voor Christus (v.C.) het schrift begon. Hiermee werd het mogelijk om de astronomie te ontwikkelen door de bewegingen van de zon, maan en planeten te meten en te registreren. Deze waarnemingen waren niet alleen kwalitatief, beschrijvend, maar ook kwantitatief, uitgedrukt in getallen. De metingen hadden tot doel de astrologie beter te kunnen toepassen; hoe nauwkeuriger de stand van de planeten bepaald kunnen worden, des te nauwkeuriger de voorspellingen op basis van de veronderstelde invloed van de planeten op het leven van de mens. Daarbij werd het hemelgewelf met de sterren en planeten als goddelijk, heilig gezien. De natuurkunde tijdens deze periode wordt hier daarom de 'goddelijke natuurkunde' genoemd.

Na de goddelijke natuurkunde komt de periode van de natuurfilosofische natuurkunde aan bod, die werd beoefend door Griekse filosofen zoals Plato en Aristoteles. Bij hen ging het niet zozeer om natuurkundig onderzoek, maar om de interpretatie van de natuurverschijnselen in een kloppend filosofisch stelsel, of in ieder geval een stelsel dat niet met zichzelf in tegenspraak was. In hoeverre de resultaten van de natuurfilosofie overeenkwamen met de werkelijke gebeurtenissen was veel minder van belang. Van enig natuurkundig onderzoek om bepaalde ideeën te staven was dan ook nauwelijks sprake.

Daarna, tijdens de middeleeuwen, ontwikkelde het Christendom zich tot de steeds machtiger wordende katholieke kerk die haar geloofsleer steeds meer voorschreef aan de bevolking. Deze geloofsleer baseerde zich onder ander op delen van het werk van Aristoteles, omdat veel aspecten van zijn filosofie overeenkwamen met de katholieke theologie, zoals een stilstaande aarde in het centrum van het heelal. De filosofie van Aristoteles werd wel zodanig bijgesteld dat deze paste binnen de theologie van de kerk. Deze periode wordt in dit boek daarom aangeduid als 'kerkelijke natuurkunde'.

¹ Een gebied in het huidige Syrië en Irak.

Aan het eind van de middeleeuwen en begin van de renaissance kwamen er filosofen en geleerden op die niet alleen in de Bijbel het woord Gods zagen, maar ook in de natuur. Zij introduceerden het onderzoek van de natuur middels observaties en experimenten en legden wiskundige verbanden tussen de resultaten ervan. Hiermee werd de basis voor de moderne natuurkunde gelegd en was een belangrijke stap voor ontmythologisering van de natuur. Dit proces begon in de renaissance en nam een grote vlucht gedurende de vroegmoderne tijd.

In de vroegmoderne tijd (van de 15^e tot de 18^e eeuw) deden astronomen systematische waarnemingen van de bewegingen van de planeten, zoals de Deen Tycho Brahe. Op basis van zijn metingen kwam Kepler tot de conclusie dat Copernicus gelijk had: de aarde is niet het centrum van de kosmos, maar draait, net als de andere planeten, in een baan om de zon. Galilei steunde dit uitgangspunt, mede door eigen waarnemingen en kwam daarmee in conflict met de theologie en de kerk. Het standpunt van de kerk, dat alleen de Bijbel de waarheid zou bevatten en de kerk het alleenrecht had om een leer voor te schrijven, werd steeds minder houdbaar. Met Brahe, Kepler en Galilei begon de natuurkunde zoals wij die nu kennen: systematisch onderzoek doen en de zo ontdekte regelmatigheden in wiskundige formules gieten. Vervolgens kunnen op basis daarvan nauwkeurige berekeningen en voorspellingen worden gedaan. Deze vorm van natuurkunde wordt in dit boek aangeduid met de term 'wiskundige natuurkunde'. De vroegmoderne tijd eindigt met de natuurkunde van Newton.

Vrouwen in de geschiedenis van de westerse natuurkunde

Vrouwen zijn in deze geschiedenis weinig te vinden. Oorzaak daarvan is dat zij vaak niet serieus werden genomen, als minderwaardig aan de man werden gezien en niet in staat zouden zijn om verstandig na te denken. Het werd hen ook vaak verboden om te studeren. Toch zijn er vrouwen geweest die wel een hoge positie wisten te bereiken en in staat waren datgene te studeren wat bij hun positie paste. Zo was er in Mesopotamië een hogepriesteres, genaamd Enheduanna (2285 – 2250 v.C.), dochter van koning Sargon van Akkad, stichter van het Akkadische Rijk. Vanuit haar functie als priesteres was zij ook astrologe/astrologie, omdat het tot haar taken behoorde om, aan de hand van de stand van de hemellichamen, de kalender bij te houden, dagen vast te stellen waarop rituele handelingen verricht moesten worden en voorspellingen te doen.

Vrouwen in de oudheid konden vroedvrouw of arts worden, hoewel dat lang niet altijd geaccepteerd werd. Zo werd in de vierde eeuw voor de jaartelling in Athene een proces gevoerd tegen een vrouw, Agnodice, omdat zij het beroep van arts uitoefende. Maar de uitkomst van dat proces was juist dat het beroep van arts werd opengesteld voor alle vrije² vrouwen van Athene. In dezelfde eeuw was ook de natuurfilosoof Aristoteles (384 – 322 v.C.) actief. In zijn leer is de vrouw inferieur aan de man, eigenlijk is de vrouw een mislukte man. In zijn boek *Politica* schreef hij: 'De relatie van de man tot de vrouw is die van een natuurlijke meerdere tot een natuurlijke ondergeschikte, die van een heerser tot een overheerste.' Zijn leermeester, de Griekse filosoof Plato (ca. 427 – 347 v.C.) stelde daarentegen dat vrouwen en mannen over dezelfde capaciteiten beschikken en daarom ook

² Athene kende in die tijd slavernij. De Atheense vrouwen waren vrije vrouwen in tegenstelling tot de vrouwen van onderworpen volkeren.

dezelfde taken en activiteiten zouden kunnen uitvoeren, zoals deelname aan onderwijs en bestuur.

In de tweede of eerste eeuw voor Christus leefde in Griekenland een vrouwelijke astronoom, genaamd Aglaonice. Omdat zij vanwege haar kennis de maansverduistering kon voorspellen, werd zij beschouwd als een tovenares die de maan kon laten verdwijnen. Vrouwelijke astrologen die geassocieerd waren met Aglaonice, werden de 'heksen van Thessalië' genoemd. Ook werden ook vrouwen die actief waren op het gebied van de (kruiden)geneeskunde, astrologie/astronomie en alchemie, of als vroedvrouw, in verschillende perioden van de geschiedenis beschuldigd van hekserij, vaak met de brandstapel tot gevolg. Mannen werden hooguit beschuldigd van ketterij, maar niet van hekserij.

In het Romeinse Rijk was de positie van vrouwen iets beter. In de gegoede kringen ontvingen ook meisjes een vorm van basisonderwijs en op latere leeftijd huisonderwijs. Vrouwen werden namelijk geacht mee te kunnen praten over filosofie en meetkunde, hoewel een wetenschappelijk opleiding en carrière niet de bedoeling was.

In de middeleeuwen werden speciaal voor vrouwen abdijen en kloosters gesticht. Naast contemplatie werden vrouwen (nonnen) hier ook geschoold. Ook kopieerden zij werken van geleerden en voorzagen deze van miniaturen. Door dit kopieerwerk maakten zij kennis met allerlei filosofische, astronomische en wiskundige werken. Deze plekken waren intellectuele vrijplaatsen voor de nonnen. Een bekende naam uit deze periode is die van Hildegard von Bingen (1098 – 1179). Zij was filosoof en botanicus en schreef boeken over geneeskunde en natuur. Ook waren aan de kloosters en abdijen vaak scholen verbonden, waar de nonnen kinderen van welgestelde burgers onderwezen in Latijn, soms ook in Grieks en Hebreeuws, en (basis)wiskunde.

In de dertiende en veertiende eeuw werd de doctrine van de ondergeschiktheid van vrouwen steeds sterker binnen de katholieke kerk. Zo stelde Thomas van Aquino in de 13^e eeuw dat de vrouw ondergeschikt is aan de man. Dat kwam volgens hem doordat de man als eerste naar het evenbeeld van God was geschapen en dat bij de man de rede overheerst. Op basis van deze doctrine van ondergeschiktheid werden een groot aantal abdijen en kloosters voor vrouwen gesloten. Ook werd hen de toegang tot de universiteiten ontzegd, die ook onder het gezag van de kerk vielen en werden vrouwen vervolgd op beschuldiging van hekserij. Zo'n beschuldiging ging heel eenvoudig. Een vrouw hoefde alleen maar een conflict met bijvoorbeeld de burens te krijgen, waarna de burens haar konden aanklagen voor hekserij en de vrouw vervolgd werd. Dit is wat ook de moeder van Johannes Kepler overkwam, zoals in het betreffende hoofdstuk te lezen valt. Alleen in Italië bleven vrouwen welkom op universiteiten. Veel vrouwen studeerden daar geneeskunde (waar in die tijd ook de kruidengeneeskunde toe behoorde), verloskunde en gynaecologie, maar er waren ook vrouwen die filosofie, astronomie en wiskunde studeerden. In de 14^e eeuw had Jacobina Félicie uit Florence haar studie geneeskunde in Italië voltooid en was werkzaam als dokter in Parijs. In 1322 kwam het tot een proces tegen haar wegens het 'illegaal uitoefenen van het beroep van arts'. Ondanks getuigenissen in haar voordeel verbood de rechtbank haar om nog langer als arts werkzaam te zijn.

Gelet op de lange periodes van grote maatschappelijke en intellectuele onderdrukking is het niet verwonderlijk dat er in de geschiedenis van de natuurkunde weinig vrouwen voorkomen die belangrijke bijdragen hebben kunnen leveren aan de ontwikkeling ervan. In de 17^e eeuw zijn er een paar vrouwen die zich wisten te bekwamen in de astronomie. Het was vrouwen ook in die tijd verboden om te studeren aan de universiteit, maar

huisonderwijs was wel mogelijk. Bovendien werd astronomie nog niet aan de universiteiten onderwezen. Het waren welgestelde burgers die zich bezighielden met de astronomie, waardoor sommige vrouwen zich konden scholen in de astronomie door de steun en begeleiding van hun vader of hun man. Was hun man zelf astronoom, dan werkten zij met hem samen. In het hoofdstuk over de vroegmoderne tijd worden in totaal vijf vrouwelijke astronomen besproken. Van vier daarvan is geen enkel portret bekend, zij hadden letterlijk geen gezicht in de wetenschap.

1. De prehistorie

2900.000 – 3300 v.C.

intuïtieve natuurkunde



Calanais Standing Stones, Lewis, Hebriden.

