

Wetenschap en wereldbeeld in de Gouden Eeuw



ERIC JORINK

Zeven Provinciënreeks
Deel 17



1. S. Groenveld, *Evidente factiën in den staet. Sociaal-politieke verhoudingen in de 17e-eeuwse Republiek der Verenigde Nederlanden.*
2. Martin van Gelderen, *Op zoek naar de Republiek. Politiek denken tijdens de Nederlandse Opstand (1555-1590).*
3. Anneke Huisman en Johan Koppenol, *Daer compt de Lotery met trommels en trompetten! Loterijen in de Nederlanden tot 1726.*
4. Jan Parmentier, *De holle compagnie. Smokkel en legale handel onder Zuidnederlandse vlag in Bengalen, ca. 1720-1744.*
5. H.A. Diederiks, *In een land van justitie. Criminaliteit van vrouwen, soldaten en ambtenaren in de achttiende-eeuwse Republiek.*
6. J. Venema, *Kinderen van weelde en armoede. Armoede en liefdadigheid in Beverwijk/Albany (c. 1650-c. 1700).*
7. Eric J. Sluijter, *De lof der schilderkunst. Over schilderijen van Gerrit Dou (1613-1675) en een traktaat van Philips Angel uit 1642.*
8. Dirk Jaap Noordam, *Geringde buffels en heren van stand. Het patriciaat van Leiden, 1574-1700.*
9. L. Bosman, *Nieuw Amsterdam in Berbice (Guyana). De planning en bouw van een koloniale stad, 1764-1800.*
10. G.N.M. Vis, *Cornelis Cooltuyn (1526-1567). De vader van de Hollandse reformatie.*
11. S. Groenveld, *Huisgenoten des geloofs. Was de samenleving in de Republiek der Verenigde Nederlanden verzuimd?*
12. Victoria B. Greep, *Een beeld van het gezin. Functie en betekenis van het vroegmoderne gezinsportret in de Nederlanden.*
13. Jaap R. Bruijn en Carla van Baalen, *Van zeeman tot residentieburger. Cornelius de Jong van Rodenburgh (1762-1838).*
14. Juliette Roding en Marja Stompé, *Pieter Isaacsz (1569-1625). Een Nederlandse schilder, kunsthandelaar en diplomaat aan het Deense hof.*
15. Karel Bostoën et al., *Bonis in bonum. Johan Radermacher de Oude (1538-1617), humanist en koopman.*
16. P.G. Hoftijzer, *Pieter van der Aa (1659-1733), Leids drukker en boekverkoper.*
17. Eric Jorink, *Wetenschap en wereldbeeld in de Gouden Eeuw.*

Wetenschap en wereldbeeld in de Gouden Eeuw

ERIC JORINK



Hilversum
Verloren
1999

In de Zeven Provinciën Reeks verschijnen korte monografieën over Nederlandse geschiedenis en cultuur in de zestiende, zeventiende en achttiende eeuw. De reeks staat onder auspiciën van het onderzoeksinstituut 'Leids Instituut voor de Nieuwe Tijd' van de Universiteit Leiden.

De redactie wordt gevormd door:

prof.dr. J.R. Bruijn
dr. K. Bostoën
prof.dr. C.W. Fock
prof.dr. S. Groenveld
dr. D.J. Noordam
dr. J.G. Roding
dr. E.J. Sluijter
L.J. Witkam-van der Hoek

Op het omslag: De komeet van 1680 boven Rotterdam. Lieven Verschuur, detail, olieverf op pancel, 26 x 32 cm., Rotterdams Historisch Museum
[foto: Rotterdams Historisch Museum].

©1999 Uitgeverij Verloren, Postbus 1741, 1200 BS Hilversum

De redactie en de uitgever hebben al het mogelijke gedaan om het auteursrecht van anderen niet te schenden. Wie desondanks meent door deze publikatie geschaad te zijn, wende zich tot de uitgever.

ISBN 90-6550-166-5

typografie Rombus, Hilversum
drukkerij Wilco, Amersfoort
brochure Van Strien, Dordrecht

No part of this book may be reproduced in any form without written permission from the publisher and author.

Inhoud

Inleiding	7
1 Het natuurbeeld rond 1600	10
De ‘Wijsentyt’	10
De wereld volgens Aristoteles	12
Een wereld vol betekenissen	17
Alternatieve theorieën en nieuwe ontdekkingen	19
Langzame veranderingen	22
2 Professoren en natuurwetenschap	24
Een land in opbouw	24
Onderwijs aan de universiteiten	25
Medicijnen en natuurlijke historie	27
Fysica, wis- en sterrenkunde	30
3 Natuuronderzoek in de praktijk	35
Uitvinders, ambachtslieden en alchemisten	35
Simon Stevin	37
Vestingbouwers, landmeters en sterrenkundigen	38
Tussen Aristoteles en Copernicus	41
Cartografen en ontdekkingsreizigers	42
Hemelse tekenen	45
Geloof en het natuurbeeld	47
4 Descartes en de nieuwe natuurfilosofie	50
Een nieuwe methode	50
Materiedeeltjes en natuurwetten	53
Debatten over Descartes	57
5 De wereld als uurwerk	61
Veranderingen in de geneeskunde	61
De mechanisering van de natuurkunde	63
Wiskunde en de wiskundige methode	64
Christiaan Huygens	66
Descartes, Spinoza en het veranderende wereldbeeld	70

6	Dieren, mensen en rariteiten	74
	Swammerdam, Van Leeuwenhoek en de 'bloedeloze dierkens'	74
	Anatomisch onderzoek	83
	Exotische verzamelingen	84
7	Wiskunde, luchtpompen en experimenten	90
	Experimenten en natuurwetenschap	90
	Experimenten aan de Nederlandse universiteiten	92
	Bernard Nieuwentijt en de fysico-theologie	95
	De popularisering van het newtonianisme	98
8	Het natuurbeeld rond 1700	101
	Een terugblik op de zeventiende eeuw	101
	Het natuurbeeld aan het begin van de achttiende eeuw	102
	Nederland en de 'wetenschappelijke revolutie'	105
	Afkortingen, geciteerde bronnen en literatuur	108
	Register	117

Inleiding

Geen periode in de Nederlandse geschiedenis spreekt zo tot de verbeelding als de Gouden Eeuw. Er gaat dan ook geen jaar voorbij of er worden tentoonstellingen gehouden of er verschijnen boeken over de tijd waarin ons kleine land groot was. Bij al die aandacht valt één aspect vaak buiten de boot: de natuurwetenschap.¹ De zeventiende eeuw was niet alleen de tijd van Rembrandt, Vermeer en de Hollandse fijnschilders, maar ook van Stevin, Huygens, Swammerdam en Van Leeuwenhoek. Aan het natuuronderzoek in de Republiek zijn afzonderlijke studies gewijd, maar bredere overzichten zijn nauwelijks voorhanden.² Dat gebrek aan aandacht is vreemd. Het natuuronderzoek in de Republiek stond op een uitzonderlijk hoog peil, en had een brede uitstraling naar andere landen in Europa. Het was daarnaast op alle mogelijke manieren verweven met de cultuur in de bredere zin van het woord – met politiek, handel, religie, schilder- en dichtkunst. En bovendien viel deze bloeiperiode precies samen met de zogenaamde ‘wetenschappelijke revolutie’ van de zeventiende eeuw – de betrekkelijk korte periode waarin men niet alleen fundamenteel anders ging denken over de bouw van de levende en dode natuur, maar ook over doel en methode van de natuurwetenschap.³

Een mogelijke reden voor dat gebrek aan aandacht ligt in onze hedendaagse opvattingen over het begrip ‘natuurwetenschap’. Zowel cultuur- als wetenschapshistorici hebben zich dikwijls laten leiden door enigszins anachronistische ideeën hierover. De wetenschapsgeschiedenis kende lange tijd een tamelijk finalistische, positivistische aanpak. Om het wat gechargeerd uit te drukken: men heeft zich decennia lang voornamelijk beperkt tot de geschiedenis van de exacte wetenschap (natuur- en sterrenkunde), en binnen dit kader voornamelijk gezocht naar geleerden die als eerste een bepaalde ontdekking deden of een bepaalde theorie formuleerden. Anders gesteld: wetenschapshistorici hadden voornamelijk oog voor de triomftocht van de wetenschappelijke Waarheid door de geschiedenis, zonder veel aandacht te schenken aan de context waarin de ‘helden van de geest’ werkzaam waren. Cultuurhistorici hebben zich wellicht door deze intern-wetenschappelijke benadering laten afschrikken, en in bredere historische overzichten de beoefening van de natuurwetenschap veelal buiten beschouwing gelaten.

1 Recente uitzonderingen zijn: Béliën e.a. (ed.), *Gestalten van de Gouden Eeuw*; Israel, *Dutch Republic*.

2 Goede overzichten bieden: Struik, *Het land van Stevin en Huygens*; Van Berkel, *In het voetspoor van Stevin*, pp. 13–97; Cook, ‘The new philosophy in the Low Countries’; Van Berkel e.a. (ed.), *History of science*. Een serie biografische schetsen van de belangrijkste natuuronderzoekers in: Kox (ed.), *Van Stevin tot Lorentz*, pp. 10–92.

3 Voor een uitvoerig historiografisch overzicht over aard en oorzaken van de ‘wetenschappelijke revolutie’: Cohen, *Scientific revolution*. Ik laat deze discussie hier rusten, maar gebruik de term als paraplu-begrip, evenals concepten als ‘Renaissance’ of ‘Verlichting’.

De afgelopen tijd heeft zich, met name in de Angelsaksische wereld, een opmerkelijke kentering voorgedaan. Wetenschapshistorici kregen veel meer oog voor wat wel de ‘wetenschappelijke cultuur’ is genoemd: de context waarin de beoefening van de wetenschap zich afspeelde.⁴ Nieuwe onderzoeksthema’s werden aangesneden, zoals de beoefening van de destijds zeer belangrijk geachte natuurlijke historie, of de rol van magie, astrologie en religie. Zo bleek Newton het grootste deel van zijn tijd besteed te hebben aan alchemistische speculaties en de uitleg van bijbelse profetieën. Daarnaast veranderde er ook veel in methodologisch opzicht: bestudering van de sociale verhoudingen, de rol van de retoriek, opvattingen over de relatie tussen taal en werkelijkheid bleken een uitermate vruchtbaar uitgangspunt te bieden.

In dit boekje – dat nadrukkelijk niet bedoeld is als een uitputtend overzicht, maar als een essay – wil ik aansluiten bij deze nieuwe benaderingswijze. Op basis van secundaire literatuur en eigen bronnenonderzoek wordt een beeld geschetst van de wetenschapsbeoefening en het wereldbeeld in de Gouden Eeuw. Wat mensen onderzoeken en ‘wetenschap’ noemen wordt gestuurd door tradities, ideeën en behoeften van de maatschappij. Anders geformuleerd: wat men als wetenschap definieerde, werd mede bepaald door het wereldbeeld, dat men had. Wereldbeeld zouden we kunnen omschrijven als de voorstelling die mensen hebben van de samenhang tussen de kosmos en zichzelf. Een illustratie hiervan is de afbeelding op de omslag van dit boek, waarop de schrikbarende komeet van 1681 boven Rotterdam staat afgebeeld. Astronomen, dominees en dichters beschouwden deze niet alleen als een interessant sterrenkundig fenomeen, maar ook als een teken van God. Op het schilderij zien we behalve een man (astronoom?) die met een jacobsstaf de staartster observeert, ook hoe talloze burgers verwonderd omhoog kijken of zich angstig uit de voeten maken.

In dit boek zal ik niet alleen ingaan op veranderende concepties over de bouw van het heelal of de anatomie van insecten, maar ook op het geloof in astrologie, wonderbaarlijke natuurverschijnselen, op religie, ontdekkingsreizen, rariteitenkabinetten en discussies over het bestaan van eenhoorns. Al deze zaken waren met elkaar verweven op een wijze die wij ons nu moeilijk meer kunnen voorstellen. Mijn bedoeling is te laten zien hoe de beoefening van ‘natuurwetenschap’ verschoof van boekengeleerdheid naar zelfstandige waarnemingen en experimenten. ‘Natuurwetenschap’ was rond 1600 iets heel anders dan rond 1700, of dan wat wij er nu onder verstaan.

Het verhaal dat hier verteld wordt, is maar één van de vele geschiedenissen die er over dit onderwerp geschreven zouden kunnen worden. Ik heb dankbaar gebruik gemaakt van de bestaande literatuur. Omwille van

4 Vgl. Van Berkel, *Citaten*, p. 19.

de beknoptheid wordt in de noten slechts naar de meest recente of relevante literatuur verwezen – de geïnteresseerde lezer kan op basis hiervan verdere verwijzingen op het spoor komen. Om de leesbaarheid te vergroten is de spelling en interpunctie van de zeventiende-eeuwse citaten hier en daar aangepast.

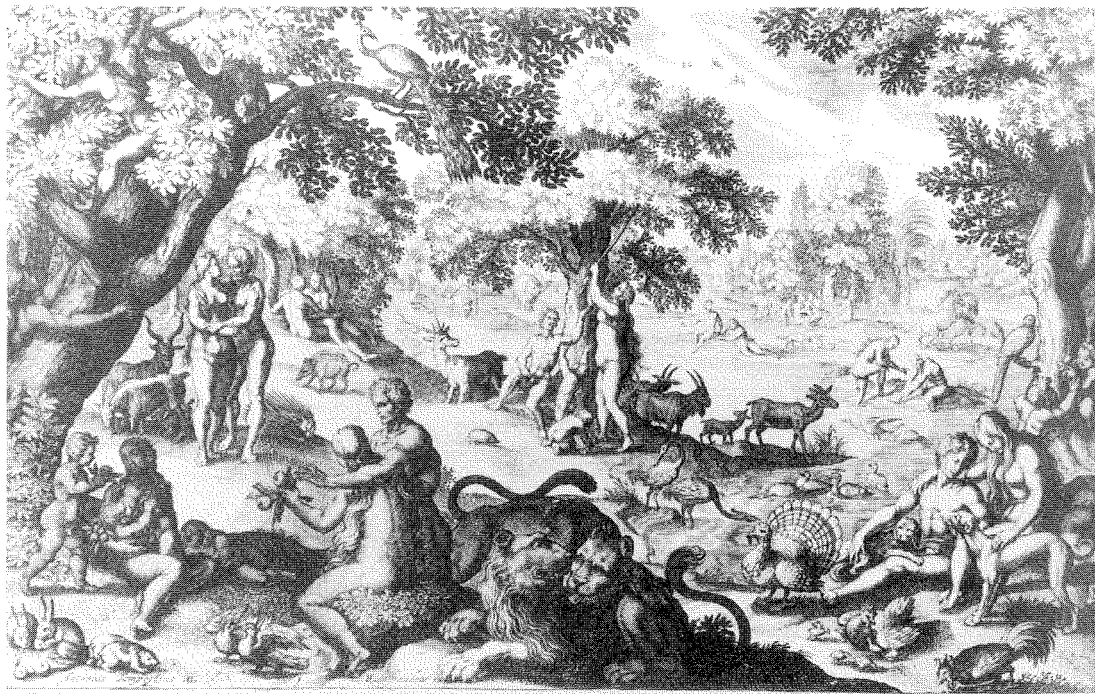
Tijdens het schrijven aan dit boekje heb ik bijzonder veel steun gehad van vrienden en collega's. Klaas van Berkel, Fokko Jan Dijksterhuis, Florike Egmond, Frank Huisman en Rienk Vermij hebben verschillende versies van het manuscript gelezen en mij tal van suggesties, ideeën en verwijzingen aan de hand gedaan. Ik dank hen hartelijk voor hun betrokkenheid.

1 Het natuurbeeld rond 1600

De 'Wijsentyt'

Rond 1593 trok prins Maurits de wiskundige Simon Stevin (1548-1620) aan als adviseur en docent. De prins, bevelhebber van het Staatse leger, had een brede wetenschappelijke belangstelling, maar was uit hoofde van zijn functie vooral geïnteresseerd in praktische, op de wiskunde gebaseerde wetenschappen zoals vestingbouw en navigatiekunde. Stevin was een uitstekende keuze. Hij was terzake kundig en een uitmuntend docent. Maurits kon er zeker van zijn dat hij werd onderwezen in de laatste natuurwetenschappelijke inzichten. Zo legde Stevin hem bijvoorbeeld het copernicaanse stelsel uit. In 1543 had de Poolse sterrenkundige Nicolaus Copernicus (1473-1543) in zijn boek *De revolutionibus orbium coelestium* ('Over de omwenteling van hemelse sferen') beweerd dat niet de aarde het middelpunt van het heelal was, maar de zon. Deze revolutionaire theorie was regelrecht in strijd met alle gangbare godsdienstige en wetenschappelijke opvattingen van de zestiende eeuw. Rond 1600 was er slechts een handvol geleerden – onder wie Stevin – die Copernicus' stelling onderschreven, maar in de daaropvolgende decennia volgde een zó hoog oplopend en fundamenteel debat, dat de 'copernicaanse revolutie' dikwijls tot de belangrijkste kwesties in de westerse ideeëngeschiedenis gerekend wordt.

Maurits lijkt dus een vooruitstrevende leermeester te hebben gehad. Echter, Stevin zelf zou deze kwalificatie niet op prijs hebben gesteld. In tegenstelling tot nu wilden natuurwetenschappers in de zestiende eeuw niet vernieuwend en revolutionair zijn. Integendeel, ze namen natuurfilosofische opvattingen pas serieus als ze eeuwen oud waren. Volgens Stevin en zijn tijdgenoten was de eigentijdse wetenschappelijke kennis erg beperkt. Er waren veel problemen en vragen waarop men geen antwoord had. De sleutel tot al deze raadsels lag volgens de gangbare opinie niet in de toekomst, maar in het verleden, in wat Stevin de 'Wijsentyt' noemde. Lang geleden, toen God de aarde had geschapen, hadden de eerste mensen een volmaakte kennis van alle natuurverschijnselen. Ze hadden een perfect wiskundig inzicht, begrepen precies de loop der dingen en de verborgen krachten van de natuur, en kenden alle dieren en planten bij hun



SATURNO'S REGE FUIT GENS AUREA MUNDO
 DIGNA CUI PER SE TERRA INARATA DABAT
 Dit eeuw der koning SATURNUS om volck toe rijp als goud.
 'tWelck onder hem en gebruce, onbedruict het hiet verouwen.

AETAS AUREA

DE GOUDEN EEUW

ENSIS ERAT NULLUS NUDOS SUB AETHERIS ANTE
 PACIFICE QUIVIS VITA PERACTA FUIT.

Se wofen pas zhen swert noch hiet tot han beoud.
 Waar luste natet me volc by Saturnen encl paracou.

Afh. 1. Voorstelling van de 'Wysentijt' of de 'Aetas Aurea', de paradijselijke staat van de aarde waarin de mensen in harmonie met de natuur en elkaar leefden. Anonieme gravure naar A. Tempesta (1555-1630). [Rijksuniversiteit Groningen]

naam. Sindsdien was het in de ogen van Stevin en zijn tijdgenoten snel bergafwaarts gegaan. De Babyloniërs en Egyptenaren hadden nog veel geweten, maar van hun wetenschap restten alleen nog maar raadselachtige inscripties (hiërogliefen werden pas in de negentiende eeuw ontcijferd). De Grieken, Romeinen en Arabieren die daarna leefden, wisten weer iets minder, maar hadden hun kennis vastgelegd in dikke boeken. Helaas waren deze werken in de Middeleeuwen verdwenen, of onleesbaar geworden omdat slechts weinigen Grieks of Arabisch beheersten. Gelukkig was er nu, volgens Stevin, een kentering zichtbaar. Door de grote inspanningen en samenwerking van alle geleerden was er hoop 'om metter tijt weerom te gheraken tot sulcke groote wetenschap allser inden Wysentijt gheweest sijn'.¹

Dit klinkt vreemd. Nog steeds zijn er raadselachtige natuurverschijnselen en onopgeloste vragen over de bouw van materie en universum. Wij geloven dat deze problemen in de toekomst zullen worden opgelost. Stevin was er van overtuigd dat al deze vragen in het verleden al eens waren beantwoord. Volgens hem konden wetenschappers geen nieuwe kennis ontdekken. Ze konden hooguit de kennis die verloren was gegaan her-

1 Stevin, *De Wysentijt*.

ontdekken. Stevins ideeën werden algemeen gedeeld. Geleerden die zich in deze tijd met natuurstudie bezighielden stelden geen formules op. Wie iets over de natuur te weten wilde komen, sloot zich niet op in een laboratorium om experimenten te doen, maar in de bibliotheek. Natuurwetenschap bestond in belangrijke mate uit het lezen van klassieke teksten, waarbij in principe gold: 'hoe ouder, hoe beter'. Stevin sprak over de 'Wijsentyt'. Anderen hadden het vol ontzag over de *sapientia veterum*, de 'Wijsheid van de Ouden'.

De wereld volgens Aristoteles

Welke klassieke denkers bestudeerde men in de zestiende eeuw? De belangrijkste was zonder enige twijfel Aristoteles (384-322 v.Chr.), wiens autoriteit zo groot was dat hij kortweg *de* Filosoof werd genoemd. Hij had zich met de héle natuur beziggehouden, variërend van insecten tot de loop van de planeten. Andere klassieke geleerden hadden werken over deelonderwerpen geschreven.² Om de belangrijkste te noemen: Ptolemaios (100-170) had onder andere over de geografie, sterrenkunde en astrologie geschreven, Euclides (ca. 300 v.Chr.) over de meetkunde, Hippocrates (460-377 v.Chr.) en Galenus (130-210) over de geneeskunde, en Plinius (23-79) over de natuurlijke historie (de beschrijvingen van landen, dieren en planten). In onze ogen niet wetenschappelijk, maar in de zestiende eeuw zeer invloedrijk waren de werken van Plato en het *Corpus Hermeticum*, een verzameling geschriften waarvan men aannam dat ze verborgen, kosmische wijsheden bevatten. Met name aan de hermetische geschriften, die naar men aannam teruggingen tot de oude Egyptenaren en dus alle andere boeken (inclusief het Oude Testament) in ouderdom overtroffen, werd grote waarde gehecht. Veel van deze werken waren tijdens de Middeleeuwen uit het zicht verdwenen, maar tijdens de Renaissance weer herontdekt.

Humanistische geleerden geloofden dat de glorierijke Oudheid zou herleven als men de klassieken in hun oorspronkelijke, zuivere versie weer ging lezen. Ze speurden derhalve naar oude manuscripten, ontcijferden deze, en schreven er commentaren op. Ze namen de heidense klassieken niet zonder meer over, maar probeerden deze in te passen in een christelijk kader. Anders geformuleerd: in de Middeleeuwen en Renaissance werden de oude Grieken en Romeinen niet alleen herboren, maar ook gedoopt. En na de uitvinding van de boekdrukkunst rolden behalve de Bijbel, ook werken uit de Oudheid in groten getale van de pers. De kennis van de antieke natuurwetenschap nam in korte tijd enorm toe.

Het natuurbeeld van de Renaissance bestond uit een samenvoeging van verschillende opvattingen, waarbij vooral de Bijbel en Aristoteles erg belangrijk waren.³ De Bijbel vormde de basis van het wereldbeeld. Het

² Dijksterhuis, *Mechanisering*, pp. 1-237; Lindberg, *Beginnings of Western science*; French, *Ancient natural history*.

³ Een beknopt overzicht biedt Debuss, *Man and nature in the Renaissance*.

uitgangspunt was het scheppingsverhaal uit Genesis zoals beschreven door Mozes. In zes dagen had God de kosmos, de aarde, de levende en dode natuur, en de mens geschapen. Aan de hand van de oudtestamentische geslachtsregisters en andere bijbelteksten probeerden geleerden uit te rekenen wanneer dat precies gebeurd was. Men kwam er niet helemaal uit, maar volgens de grootste autoriteit op dit gebied, de Leidse hoogleraar Joseph Scaliger (1540-1609), was de Schepping voltooid op zondag 25 oktober 3950 v. Chr. Gezien huidige theorieën over de ouderdom van de aarde lijkt dit vreemd, maar voor zestiende-eeuwse geleerden was dit een hoogst serieuze zaak. De autoriteit van de Bijbel stond niet ter discussie. Geleerden namen de bijbelse verhalen over Zondeval, Zondvloed, de Toren van Babel of de Egyptische plagen letterlijk en gebruikten ze als uitgangspunt voor de wetenschapsbeoefening.

Volgens de christelijke opvattingen was de mens geschapen om God te eren. Men ging ervan uit dat de aarde in het middelpunt van het heelal stond, omdat God had gewild dat de mens het centrum van de Schepping vormde. In de Bijbel stond ondubbelzinnig dat de zon om de aarde draaide en dat alles in de natuur gehoorzaamde aan de wil van God. De loop van de planeten, de wisseling van de seizoenen, de groei, bloei en het verval van al het leven op aarde waren allemaal het gevolg van Zijn wil. Ons besef dat de natuur gebonden is aan onveranderlijke natuurwetten en regels bestond niet. De natuur leek een ordelijk geheel, dat wel. Maar als God op een goede dag besloot dat de zon niet in het oosten maar in het westen zou opkomen, of dat er regens van bloed zouden vallen, dan gebeurde dat. Gaf de Bijbel niet genoeg voorbeelden hiervan? In de zestiende eeuw (en tot ver in de zeventiende) konden geleerden voor sprinkhaanplagen, aardbevingen of zonsverduisteringen natuurlijke oorzaken geven, maar zag men hierin bovendien Gods hand. De hele natuur werd vanuit een bijbels perspectief gezien.

Maar de Bijbel was natuurlijk geen natuurkundig handboek. Om de precieze bouw en werking van de schepping te begrijpen ging men bij de klassieke auteurs te rade. Volgens Aristoteles werd de bolvormige aarde omringd door maan, zon en de toen bekende planeten Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus, die volmaakt cirkelvormige banen beschreven. (Er wordt wel beweerd dat men tot ver in de Middeleeuwen geloofde dat de aarde plat was, maar dat is een fabeltje: geleerden beseften terdege dat de aarde rond was.) De aarde en planeten werden omringd door een sfeer waarin de sterren straalden. En deze werd volgens de christenen weer omgeven door de hemel, waarin God troonde. Men maakte een scherp onderscheid tussen de sferen onder en boven de maan.

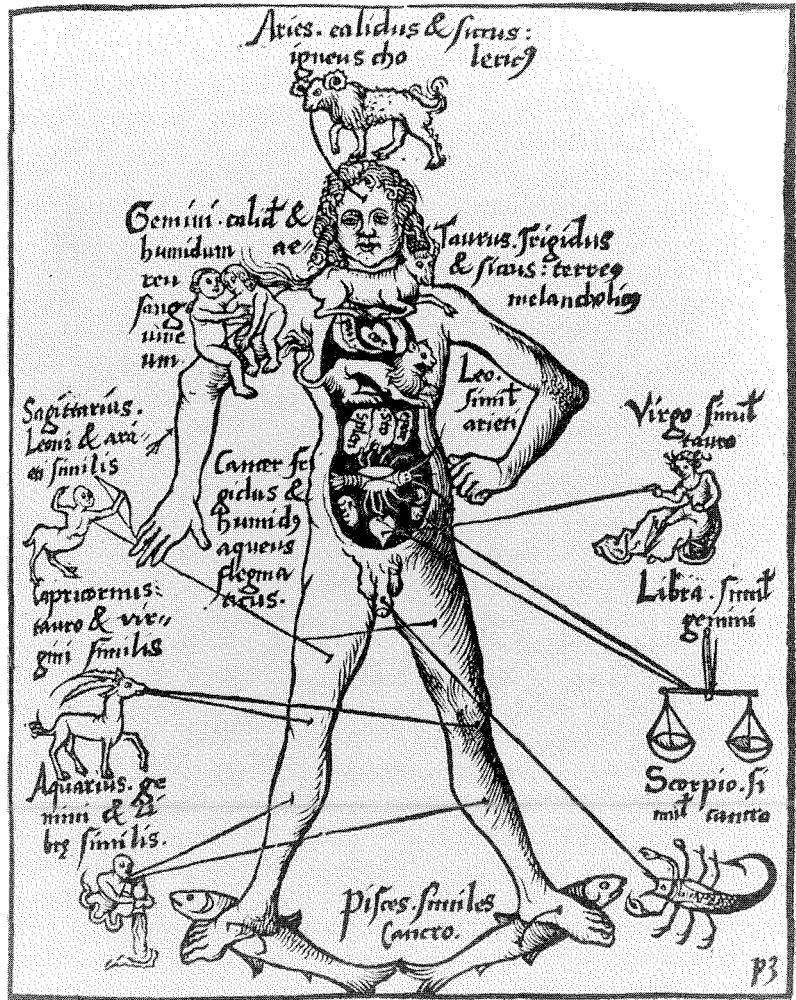
In het bovenmaanse was alles nog precies zo volmaakt als God het in den beginne geschapen had. De sterren en planeten doorliepen rustig hun baan en er was geen sprake van chaos of verval. Heel anders was dat in het

middelpunt van het heelal, in de sferen van de aarde. Onder de maan heerste geen harmonie maar groei, bloei en verval. Volgens Aristoteles bestond het ondermaanse uit vier sferen, namelijk die van (achtereenvolgens) de elementen aarde, water, lucht en vuur. Bij deze elementen hoorden vier kwaliteiten, namelijk, droog, koud, vochtig, warm. Het element aarde was droog en koud, water koud en vochtig enzovoort. Elementen en kwaliteiten kwamen in mengvormen voor, en konden zelfs in elkaar overgaan. Beweging en verandering in het ondermaanse viel te verklaren door de neiging van de elementen om hun natuurlijke plaats op te zoeken. Alles in de natuur streefde naar zijn eigen doel of potentie, en het wereldbeeld van de aristotelici wordt daarom wel teleologisch genoemd.

Een paar voorbeelden. Stenen die van een zekere hoogte worden losgelaten vallen terug naar de aarde. Dit werd door Aristoteles niet verklaard uit het feit dat er op de steen een externe kracht inwerkte, zoals aan het einde van zeventiende eeuw door Newton zou worden gedaan. Volgens Aristoteles viel een steen naar beneden omdat deze zijn natuurlijke plaats opzocht: het centrum van het heelal, waar zich het element aarde bevond. Om dezelfde reden stegen vuur en rook op in de richting van de sfeer van het vuur. Uit een kastanje groeide een boom, niet omdat er water, licht en voedingsstoffen op inwerkten, maar omdat een kastanje een boom-in-potentie was. De hele natuur werd beheerst door dergelijke 'natuurlijke neigingen' en 'ingelegde krachten'. Dit stelsel was tot ver in de zestiende eeuw hét uitgangspunt voor de meeste natuurfilosofen. Met de leer van de vier elementen werd de hele natuur geordend en verklaard, zoals bijvoorbeeld de samenhang tussen de tekens van de dierenriem, de vier seizoenen, de vier windstreken en de anatomie van de mens. Het resultaat was een wereldbeeld dat heel logisch en overzichtelijk in elkaar zat, en waarin alles zijn plaats en doel had.

De natuur gehoorzaamde dus niet aan onveranderlijke natuurwetten, maar aan orde en regelmaat, en uiteindelijk aan de wil van God. Maar ook de mens had enige invloed op de loop van de natuur. Alchemisten geloofden dat ze onzuivere elementen in goud konden veranderen. Geleerden, tovenaars en wonderdokters waren gefascineerd door de werking van magneten, magische stenen en andere wondere zaken. Erg belangrijk was dat men een samenhang postuleerde tussen de macrokosmos (het heelal) en de microkosmos (de mens). Onder verwijzing naar Galenus namen geleerden aan dat het menselijk lichaam bestond uit vier 'humores' (sappen), namelijk bloed, gele gal, zwarte gal en slijm. Ziektes werden veroorzaakt door een verstoring van het evenwicht tussen de verschillende lichaams-sappen. Eén van de oorzaken daarvan kon de stand van de sterren en planeten zijn. De astrologie speelde dan ook een zeer belangrijke rol in de geneeskunde, aangezien door middel van astrologische technieken niet alleen ziektes konden worden verklaard, maar er ook remedies aan konden

Afb. 2. Correspondentie tussen macro- en microkosmos: het verband tussen de sterrenbeelden en de menselijke anatomie. G. Reisch, Margarita philosophica (ed. 1508). [Rijksuniversiteit Groningen]



worden ontleend, zoals bijvoorbeeld het juiste tijdstip voor een aderlating. Astrologie en astronomie waren onlosmakelijk met elkaar verbonden, en kennis van beiden behoorde tot de basisvaardigheden van iedere geneesheer. Artsen deelden de twaalf sterrenbeelden op in vier groepen van drie. Elke groep hoorde bij een element, een kwaliteit, en een lichaamssap. Zo werden de sterrenbeelden Kreeft, Leeuw, en Maagd in verband gebracht met de zomer, het element vuur, het lichaamssap bloed, en een verhit ('sanguinisch') temperament.

Geleerden namen dus aan dat het heelal ordelijk en overzichtelijk was, en dat alles met alles samenhang. Omdat het aristotelisme zo overzichtelijk was, kon het uitstekend schijnbare tegenstellingen en nieuwe vondsten verklaren. Ook nu nog lijken veel ideeën van Aristoteles plausibel. Wij hebben bijvoorbeeld intuïtief de neiging te denken dat zware voorwerpen sneller vallen dan lichte, maar uit experimenten die men rond 1600 ging ondernemen, bleek dat dit niet klopte. Aristoteles zelf had de empirie belangrijk gevonden, maar veel van zijn aanhangers namen voetstoots aan dat wat hij geschreven had waar was. Er bestond een enorme kloof tussen theorie en praktijk, tussen tekst en experiment. Men zag de noodzaak van eigen waarnemingen nauwelijks in en beschouwde een proefneming als iets volkomen onnatuurlijks.

Natuurwetenschap in onze zin van het woord bestond dus niet. Natuuronderzoek was ingekapseld in filologie, filosofie en theologie. Indien men de natuur expliciet als studieobject beschouwde, maakte men een onderscheid tussen natuurlijke historie (het beschrijven van de levende en dode natuur) en natuurfilosofie (het nadenken over oorzaak en doel van de natuur op zich). Beide, onderling vloeiend in elkaar overgaande vormen van natuurkennis waren gebaseerd op boekenwijsheid en maakten onderdeel uit van een veel breder streven naar *scientia* (wetenschap, zekere kennis). Door hun grote kennis van de klassieke geloofden veel Renaissance-geleerden dat ook zichzelf uiteindelijk tot een bijna volmaakte wetenschap konden komen. Sommigen van hen, zoals de al genoemde Scaliger, hadden een onvoorstelbare eruditie. Zij beheersten Latijn, Grieks, Hebreeuws, Arabisch en andere Oosterse talen, en kenden allerlei klassieke geschriften over de meest uiteenlopende onderwerpen. Alle wetenschappen vormden één groot geheel, en de humanistische geleerden streefden dan ook naar encyclopedische kennis. Er waren veel pogingen om alle bestaande wetenschap binnen één boek onder te brengen. Een mooie illustratie hiervan is de *Atlas* (1583) van de uit het Vlaamse Rupelmonde afkomstige Gerardus Mercator (die het meest bekend is geworden vanwege een nieuwe kaartprojectie). Sinds Mercator verstaan wij onder een atlas een boek met kaarten. Maar Mercators *Atlas* was oorspronkelijk een poging om *alle* bestaande kennis over de wereld in één boek samen te brengen. In dit nooit voltooide mega-project wilde Mercator behalve kaarten ook een uiteenzetting over de Schepping, de chronologie, alsmede een uitgebreide beschrijving van de geschiedenissen van alle toen bekende landen, van hun inwoners, en van de natuur geven.

Hét grote voorbeeld van deze encyclopedisten was de Romeinse historicus en geograaf Plinius. Deze had in zijn *Naturalis historiae* een zeer uitvoerige beschrijving gegeven van vrijwel alle in zijn tijd bekende *res*

naturae, de ‘zaken van de natuur’. Deze varieerden van sterrenkunde en geografie, via alledaagse planten en magische stenen, tot de monsters die volgens Plinius aan de uithoeken van de aarde zouden leven. De expliciete boodschap van Plinius’ werk was dat de wonderbaarlijkheid en veelvormigheid van de schepping bij uitstek aanleiding was voor religieuze bespiegelingen – een gedachte die in de zestiende eeuw hogelijk werd gewaardeerd.

Een wereld vol betekenissen

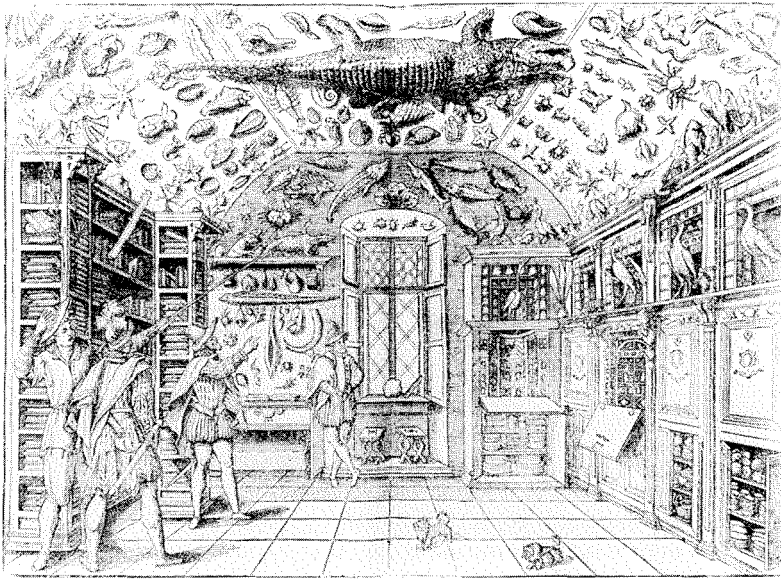
Het ontbrak zestiende-eeuwse geleerden dus niet aan kennis, maar het was vooral de wijze waarop deze beschreven, geordend en gecombineerd werd die afweek van de huidige. Men had een duidelijk idee over de natuurlijke orde, maar drukte natuurkundige processen niet uit in wiskundige formules en deelde het dierenrijk niet in op basis van anatomische kenmerken. De essentie van alle ‘*res naturae*’ lag in hun naam, geschiedenis, doel en symbolische betekenis. Goede voorbeelden van deze aanpak zijn de Zwitserse arts Conrad Gesner en zijn Italiaanse collega Ulysse Aldrovandi. Gesner (1516-1565) is bekend om twee projecten, die veel met elkaar te maken hadden. Hij publiceerde in 1545 een compleet overzicht van alle boeken die in zijn tijd beschikbaar waren, en werkte bovendien aan een geïllustreerde encyclopedie waarin hij alle toen bekende dieren, gesteenten en planten beschreef (dit laatste deel zou hij overigens niet voltooiën).⁴

Hetzelfde doel had de Bolognese hoogleraar medicijnen Aldrovandi (1522-1605). In zijn *Musaeum* verzamelde hij een verbijsterende hoeveelheid voorwerpen uit de dode en levende natuur, die zijn gasten (waaronder veel studenten uit de Lage Landen) konden bewonderen. Aldrovandi wilde van elke bestaande plant, dier of mineraal een exemplaar hebben, en elk artefact uitputtend beschrijven. Vol trots meldde Aldrovandi dat hij uiteindelijk twintigduizend voorwerpen had verzameld en beschreven; evenveel als zijn grote voorbeeld Plinius. Zijn kennis deed niet meer onder voor die van de Oudheid!⁵

Maar waar bestond die kennis uit? Als we bijvoorbeeld de kolossale folianten van Gesner en Aldrovandi open slaan bij het trefwoord ‘pauw’, dan lezen we hoe deze vogel aan zijn naam komt, hoe deze in alle bekende talen wordt genoemd, wat de klassieke auteurs er over geschreven hebben, met welk element het in verband staat (lucht), in welke fabels en spreekwoorden de pauw voorkomt, hoe hij er uitziet en zich gedraagt (een pauw is trots op zijn veren, maar schaamt zich voor zijn poten), waar in de natuur de kleur van pauwenveren nog meer te vinden is, voor welke dieren en planten de pauw sympathie en antipathie heeft, hoe uit een pauw medicijnen kunnen worden bereid, en hoe hij het lekkerste kan

4 Gmelich-Nijboer, *Conrad Gesner's Historia Animalium*.

5 Findlen, *Possessing nature*.



Afb. 3. Een zestiende-eeuws rariteitenkabinet, waarin boekenkennis en aanschouwelijkheid samengaan. Opmerkelijk is de associatieve wijze waarop de naturalia zijn gerangschikt. F. Imperato, Dell' historia naturale (1599). [Rijksuniversiteit Groningen]

worden klaargemaakt. Met andere woorden, wat voor ons het meest kenmerkende van de pauw is (de familie waartoe de vogel behoort, wat de specifieke kenmerken zijn) is hier volkomen irrelevant. Het wezen van iets kennen was een opsomming geven van *alle* kennis die er over bestond. Een pauw stond, net als al het andere uit de natuur, midden in een netwerk van associaties en betekenissen. Het natuurbeeld van de zestiende eeuw is daarom wel 'emblematisch' genoemd, aangezien alles verwees naar een diepere, symbolische betekenis.⁶

Een bij was bijvoorbeeld niet alleen een insect. De wijze waarop deze nijvere diertjes leefden – in een korf, onder leiding van een koning – was ook een model voor de maatschappij. Net zoals de bijenwereld was ook de menselijke samenleving een geordende maatschappij onder leiding van één persoon, waarin iedereen zijn plaats had. Een ander voorbeeld. Een pelikaan was niet alleen een vogel. Omdat men geloofde dat dit dier haar jongen met haar eigen bloed in leven hield, werd het ook gezien als een verwijzing naar de zelfopoffering van Christus. In de zestiende eeuw zag men overal in de natuur dergelijke symbolen en verwijzingen. Bocken en gedichten over, en schilderijen van de natuur hadden daarom ook vrijwel altijd een diepere, allegorische betekenis. De natuur was een boek, dat op meerdere niveaus gelezen kon worden.⁷

6 Harms, 'Bedeutung'; Ashworth, 'Natural history'.

7 Vgl. Van Berkel, *Citaten*, pp. 265-275.

In hun drang naar volledigheid stuitten Gesner, Aldrovandi en anderen op een aantal onoverkomelijke problemen. Hun oogmerk was om de natuur om hen heen in verband te brengen met de in de Bijbel en door de klassieken beschreven zaken. Die klassieke werken bevatten echter onduidelijke beschrijvingen en bijna geen illustraties. Er moest dus veel speurwerk worden gedaan om te zien of een bepaalde, door de Ouden beschreven zaak dezelfde was als iets uit de eigen omgeving. De geleerden moesten dus zelf op onderzoek uit, en kregen bovendien vaak hulp van niet-klassiek geschoolde boeren, vissers, handelaars en tekenaars. De stroom informatie was soms moeilijk in overeenstemming te brengen met de klassieke werken. Bovendien kwamen door het onderling vergelijken van klassieke teksten allerlei tegenstrijdigheden en fouten aan het licht. De ene klassieke filosoof was het soms totaal oneens met de andere.

Soms ging het hierbij over detailkwesties, zoals de lokale variant van een bepaalde vis. Maar er was ook veel verwarring over belangrijke zaken als de bouw van het heelal of het menselijk lichaam. Er waren immers veel meer denkers dan Aristoteles. Al in de Oudheid waren er flinke debatten gevoerd over allerlei problemen, zoals bijvoorbeeld over de vraag of de aarde of de zon in het centrum van het heelal stond. Aristoteles en Galenus verschilden diepgaand van mening over de functie van het hart. Tijdens de Renaissance werden steeds meer antieke manuscripten opgediept waarin alternatieve filosofieën uiteen werden gezet. Extreem invloedrijk was Plato, die stelde dat de mens alleen met behulp van de wiskunde kon doordringen tot de essentie van de kosmos. Niet de zintuigen, maar louter het zuivere denken leidde tot diepere inzichten. Het platoonse gedachtengoed vormde een belangrijke inspiratiebron voor zowel een meer mathematische benadering van allerhande natuurverschijnselen, als voor een magisch-occult wereldbeeld, waarin de zichtbare wereld als slechts een flauwe afspiegeling van een hogere zijnsvorm werd beschouwd. De ideeën van Plato zouden aan het eind van de zestiende eeuw invloed uitoefenen op veel gelezen occulte geleerden als Giordano Bruno en Robert Fludd, en op meer bekende natuuronderzoekers als Galileo Galilei en Johannes Kepler. Bij Kepler kunnen we zelfs geen scherp onderscheid maken tussen zijn ‘wetenschappelijke’ en ‘magische’ opvattingen. Veel van zijn sterrenkundige werk was direct geïnspireerd door occulte opvattingen over kosmische samenhangen.

Echter, hoe invloedrijk het antieke erfgoed ook was, met de ontdekking van alternatieve klassieke theorieën begon er ook geleidelijk twijfel te ontstaan over de Wijsheid van de Ouden. Langzaam maar zeker realiseerde men zich dat de Grieken en Romeinen niet alles hadden kunnen weten. Hiervoor zijn een aantal, onderling nauw verbonden oorzaken aan te wijzen: de uitvinding van de boekdrukkunst, de ontdekkingsreizen en de Reformatie.

Laten we allereerst kort stil staan bij de boekdrukkunst. Men beseftte dat de Ouden deze kunst niet hadden gekend, en dat hun kennis dus niet alomvattend was. Bovendien konden dankzij de drukpers de klassieke geschriften door veel meer mensen worden gelezen. Zo waren de klassieke aardrijkskundige beschrijvingen en sterrenkundige waarnemingen veel makkelijker te controleren. Iedere reiziger en astronoom kon nu zijn eigen observaties toetsen aan die van de Ouden.⁸

Dit proces werd versterkt door de ontdekkingsreizen. Op zoek naar door de Ouden beschreven landen en dingen, stuitte men op een aantal problemen. Aristoteles had bijvoorbeeld geschreven dat er in de tropen vanwege de hoge temperatuur geen leven mogelijk was. Dit bleek niet te kloppen. Bovendien bestonden er landen, volkeren, planten en dieren die helemaal niet in de klassieke beschrijvingen voorkwamen. Zo waren uit de klassieke literatuur bijvoorbeeld 600 planten bekend; rond 1620 waren reeds 6000 soorten beschreven! Zonnebloemen, aardappelen, koffie, thee en cacao waren vóór de zestiende eeuw in Europa onbekend. Deze ontdekkingen zaaiden twijfel, maar de klassieken werden niet meteen overboord gezet. Men probeerde namelijk veelal eerst het onbekende in het bestaande kader te passen. Het bekendste voorbeeld is natuurlijk Columbus, die er van overtuigd was dat hij naar Indië was gezeild en maar niet kon geloven dat hij een onbekend continent had ontdekt. Maar op de langere termijn waren de ontdekkingsreizen van groot belang voor de twijfel over de klassieken. Door deze reizen werd een veel breder publiek bij de bestudering van de natuur betrokken. Het waren niet langer louter studeerkamergeleerden, maar ook niet-klassiek geschoolde zeelui, handelaars, reizigers en ambachtslieden die bijdroegen tot de vorming van wetenschappelijke kennis.⁹

Dit proces werd nog eens versterkt door de Reformatie. Erg belangrijk in dit verband is de wijze waarop de protestanten met de Bijbel omgingen. In de katholieke kerk gebruikte men de Latijnse vertaling van de Bijbel, de 'Vulgaat'. Alleen geestelijken mochten de Bijbel lezen, en alleen de Kerk bepaalde hoe het boek moest worden uitgelegd. Protestanten verwierpen het kerkelijk monopolie op de bijbeluitleg, en benadrukten dat de goddelijke openbaring gelezen moest kunnen worden door *iedereen*. Aldus ontstond er een levendige discussie over de uitleg van bepaalde passages, en een meer kritische houding ten opzichte van gevestigde autoriteiten. Dat proces werd nog eens gestimuleerd door het feit dat de Bijbel niet in het Latijn, maar in de volkstaal gelezen mocht worden. Tijdens de vertaalprojecten, waarbij werd teruggegrepen op de Hebreeuwse en Griekse grondtekst van de Bijbel, kwamen allerhande inconsistenties, anomalieën en andere exegetische problemen aan het licht, wat een meer kritische houding ten opzichte van de schriftelijke traditie stimuleerde.¹⁰

De Reformatie had ook op een ander vlak invloed op de houding ten opzichte van het natuuronderzoek. Protestanten verwierpen algemeen

⁸ Eisenstein, *Printing press*, pp. 453–708.

⁹ Zie hiervoor o.a. Findlen, *Possessing nature*, pp. 163–175; Grafton, *New worlds, ancient texts*; Egmond, 'Natuurlijke historie en *savoir prolétaire*'.

¹⁰ Harrison, *Bible, protestantism and science*.

het katholieke geloof in heiligen, relikwieën en mirakelen. Men bleef geloven dat God op ieder ogenblik kon ingrijpen in de natuur; bovennatuurlijke gebeurtenissen waren in theorie nog mogelijk. Maar in de praktijk had God alleen die wonderen verricht die in het Oude en Nieuwe Testament beschreven stonden. Alle zogenaamde wonderen en mirakelen die daarna zouden zijn gebeurd, waren in werkelijkheid katholiek bijgeloof. De ordelijke loop van de sterren en planeten was in principe een even groot wonder als merkwaardige en afwijkende natuurverschijnselen, zoals de geboorte van monsters of de verschijning van een komeet.¹¹ In de Bijbel stond geschreven dat de mens in de volmaaktheid van de Scheping de hand van God kon herkennen. Reformatoren als Melanchthon en Calvijn moedigden alle gelovigen dan ook aan om *zelf* Gods werken in de natuur te aanschouwen. Ook hier gold dat de waarnemingen van ambachtslieden voortaan serieus genomen moesten worden. Juist deze mensen hadden een grote kennis van de plaatselijke flora en fauna, en kenden allerlei volksgeneesmiddeltjes. Dit soort volkswijsheid was volgens een groeiende groep geleerden van even groot belang als boekenkennis.

Het gevolg van dit alles was, dat sommige natuuronderzoekers begonnen te verkondigden dat geleerden uit hun studeerkamer moesten komen. Voorbeelden zijn de al genoemde Gesner, de Zwitserse arts en alchemist Paracelsus (1493-1541), de Franse filosoof Petrus Ramus (1515-1572) en de Engelse kanselier Francis Bacon (1561-1621). Paracelsus verbrandde de klassieke werken en verkondigde met veel bombarie dat geleerden de natuur *zélf* moesten onderzoeken. Hij had vooral veel invloed op een grote groep artsen en alchemisten. Ook belangrijk was Ramus, die in de volgende hoofdstukken aan bod zal komen.

Het bekendst is Bacon. Zijn ideaal doet sterk denken aan Stevins herstel van de wetenschap van de 'Wijsentijl'. Bacon zette zijn ideeën uiteen in boeken met veelzeggende titels als *The advancement of learning*, *The great instauration* en *New Atlantis*. Hij propageerde een nieuwe, op zelfstandige waarneming gebaseerde methode. Wetenschap was veel te belangrijk om aan een elitaire groep, in geheimtaal pratende geleerden over te laten. De mysteriën van de natuur konden niet in de studeerkamer worden ontsluit, maar alleen door middel van een groots opgezette jacht waar iedereen aan deel moest nemen. De mens zou uit alle macht moeten proberen de natuur haar geheimen te ontfutselen. Het kompas, het buskruit en de boekdrukkunst waren pas kort geleden bij toeval ontdekt, en aan de Ouden onbekend. Tot welke prestaties zou de mens wel niet komen als de mensheid eendrachtig zou samenwerken? Volgens Bacon moest er allereerst van over de hele wereld informatie over de natuur verzameld worden. Zeelieden, handarbeiders, reizigers en geleerden moesten alle beschikbare informatie samenbrengen, en daarna konden nieuwe theorieën geformuleerd worden.

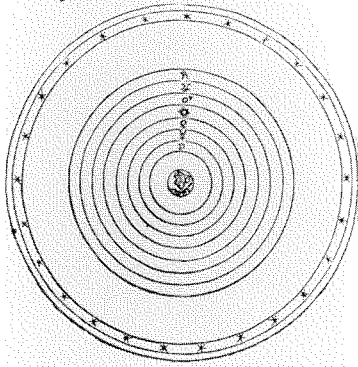
11 Daston en Park, *Wonders*.

Het zou onjuist zijn om te denken dat er van de ene dag op de andere een nieuw wereldbeeld zou zijn ontstaan. Met de 'ontdekking' van Amerika in 1492 of de publicatie van Copernicus' *De Revolutionibus* in 1543 zag de wereld er niet ineens heel anders uit. Een goed voorbeeld van de geleidelijkheid van het veranderingsproces is de discussie over het stelsel van Copernicus.¹² Zoals zoveel geleerden in de zestiende eeuw geloofde Copernicus in de alwetendheid van de klassieken, en hij betreurde het dan ook dat met de dood van Ptolemaios de beoefening van de sterrenkunde in de versukkeling was geraakt. Het was Copernicus' bedoeling om de hoogtijdagen van Ptolemaios te laten herleven; zijn doel was (net als Stevin of Bacon) veeleer *restauratio* dan *innovatio*. In zijn zoektocht naar een methode om de beweging van de hemellichamen op een eenvoudiger manier te verklaren en te berekenen greep hij terug naar theorieën die reeds door enige Griekse astronomen waren geformuleerd: niet de aarde, maar de zon stond in het centrum van het heelal. Uitgaande van dit axioma konden volgens Copernicus bepaalde verschijnselen (zoals de baan van Mercurius en Venus) beter verklaard worden.

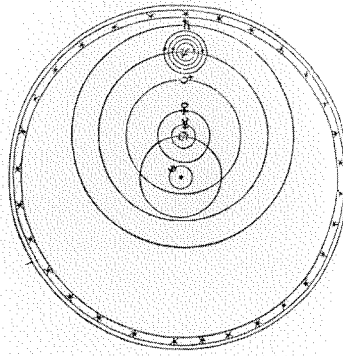
Dat het heelal er werkelijk zo uitzag als Copernicus en zijn Griekse voorgangers beweerden, werd rond 1600 door vrijwel niemand geloofd. Dat zou in strijd zijn met de Bijbel, de bestaande natuurkundige inzichten en het gezond verstand. De aarde zou dan immers niet langer het centrum van Gods schepping zijn, maar slechts één van de planeten. Bovendien, zo nam men aan, zouden door een draaiende beweging van de aarde al haar bewoners weggeslingerd worden, en zouden huizen instorten. Echter, door de groeiende nadruk op de empirie en de verbeterde instrumenten ontstond steeds meer twijfel over Aristoteles. Erg belangrijk waren de waarnemingen van de Deense sterrenkundige, astroloog en alchemist Tycho Brahe (1546-1601). In 1572 zag Brahe een *nova*, een nieuwe ster. Uit metingen bleek dat deze vér boven de maan stond. In 1577 bleek dat ook een komeet zich boven de maan bewoog. Deze observaties waren in strijd met de theorie van Aristoteles, die geschreven had dat in de volmaakte bovenmaanse sfeer niets nieuws kon ontstaan. Volgens Brahe klopte dit niet. Aanvankelijk werd maar weinig geloof gehecht aan Brahe's inzichten (mede omdat hij over ongekend verfijnde meetapparatuur beschikte, waren zijn observaties nauwelijks te controleren), maar steeds meer sterrenkundigen deden dezelfde waarnemingen en steeds vaker kwam men tot de conclusie dat Aristoteles' opvattingen niet helemaal klopten. Volgens Kepler bewezen de positie van de nieuwe ster en de komeet duidelijk dat Copernicus gelijk had. Brahe zelf twijfelde. Het was voor hem duidelijk dat Aristoteles het bij het verkeerde einde had. Maar ook de ideeën van Copernicus verwierp hij, op zowel bijbelse als natuur-

12 Over deze kwestie bestaat zeer veel literatuur. Een uitstekend overzicht biedt Grant, *Medieval cosmology*.

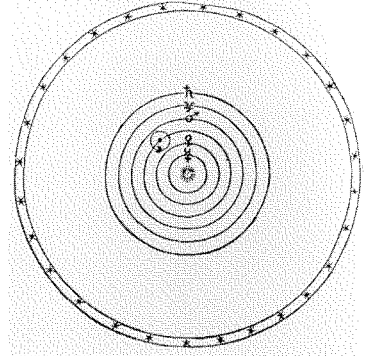
Systema Mundi iuxta Ptolemaeum.



Systema Mundi iuxta Tychohem.



Systema Mundi iuxta Copernicum.



Afb. 4-6. De wereldstelsels van respectievelijk Ptolemaios, Brahe en Copernicus. Volgens Ptolemaios stond de aarde centraal; volgens Copernicus de zon. In het tussenstelsel van Brahe staat de aarde in het centrum en wordt deze omcirkeld door de zon, welke weer het centrum is van de baan van de planeten.

J.-B. Morin, Famosi et antiqui problematis de telluris motu (1631). [Rijksuniversiteit Groningen]

filosofische gronden. Als alternatief stelde Brahe een stelsel voor dat het midden hield tussen Aristoteles en Copernicus. Volgens Brahe draaide de zon om de aarde, en alle planeten weer om de zon.

Naarmate de waarnemingen steeds nauwkeuriger werden, groeide de kritiek op Aristoteles. Berekningen van Johannes Kepler (1571-1630) bewezen dat de planeten niet in de volmaakte geachte cirkelvormige, maar in ellipsvormige banen bewogen. In 1608 werd in Nederland de telescoop uitgevonden (door wie precies is overigens onduidelijk). In 1610 en 1611 deed Galileo Galilei (1564-1642) met dit instrument spectaculaire ontdekkingen. De oppervlakte van de maan bleek onregelmatig te zijn; rond Jupiter zweefden maantjes en de planeet Venus vertoonde net als de maan verschillende schijn gestalten. De hemel zat dus vol onbekende zaken, die allemaal in strijd waren met de gangbare inzichten. Volgens Galilei had Copernicus gelijk. Van het feit dat het heliocentrische stelsel in tegenspraak was met de letterlijke tekst van de Bijbel trok hij zich niets aan: dan moest Gods woord in het vervolg maar anders geïnterpreteerd worden. De katholieke kerk beschouwde dit als regelrechte ketterij, en na een waarschuwing in 1616 en het geruchtmakende proces in 1633 werd Galilei gedwongen zijn mening te herroepen.

De jaren rond 1600, toen het natuuronderzoek in de jonge Republiek op gang kwam, waren dus een in wetenschappelijk opzicht roerige tijd. De natuur was eeuwenlang beschouwd vanuit de Bijbel en de werken van Aristoteles. Nu ontstond geleidelijk aan onzekerheid. In de komende hoofdstukken zullen we bekijken hoe Nederlandse natuuronderzoekers omgingen met dit probleem.

2 Professoren en natuurwetenschap

Een land in opbouw

In de zestiende eeuw gold louter de studie van klassieke teksten als *scientia*. Dat gold voor alle takken van wetenschap, dus ook voor het onderzoek van de natuur. Centra van geleerdheid werden bij uitstek gevormd door de bibliotheken van vorstenhoven, kloosters en, in mindere mate, universiteiten. Tot ongeveer 1570 werd er in het gebied dat tegenwoordig Nederland heet, vrij weinig aan wetenschapsbeoefening gedaan. Veelbelovende studenten vertrokken uit de drassige gewesten die rond de Rijn en de Maas lagen naar de Zuidelijke Nederlanden. Daar waren tenminste een bloeiende universiteit (in Leuven) en een vorstelijk hof (in Brussel). Dertig jaar later, rond 1600, was dat heel anders. In het Noorden kwamen plotseling de wetenschappen tot bloei. Een echte hofcultuur bestond hier niet, maar er werden wel nieuwe universiteiten opgericht. Deze bloeiperiode heeft uiteraard alles te maken met de politieke omstandigheden van die tijd: de Opstand en de daaropvolgende Tachtigjarige Oorlog. Door hun militaire successen vormden de Noordelijke opstandelingen tot hun eigen verrassing al heel snel een eigen land. Veel protestanten, vaak rijk en goed opgeleid, ontvluchtten het katholieke Zuiden en vestigden zich in het Noorden.

De Republiek was eigenlijk niet één land, maar een tamelijk los verband van zelfstandige provincies. Anders dan Frankrijk, Engeland en Spanje werd het land niet bestuurd door een koning. Een sterk centraal gezag ontbrak, en in bestuurlijke kringen bestond een grote afkeer van godsdienstdwang en censuur. De Republiek was in naam gereformeerd, maar er bestond geen staatskerk. Naast de calvinisten was er ook plaats voor lutheranen, doopsgezinden, katholieken, joden en allerhande sekta-riërs. Boeken die elders in Europa waren verboden, werden hier gedrukt. Natuurlijk had dat een prikkelende invloed op het wetenschappelijk klimaat. Bovendien had een land in opbouw een schreeuwende behoefte aan geschoolde mensen: aan predikanten, juristen, bestuursambtenaren en artsen. Er moest dus een academische opleiding komen. Daarnaast kon men door middel van een eigen universiteit aan het buitenland laten zien dat men heel goed in staat was zijn eigen zaakjes op te knappen. Hoewel de

bloei van het natuuronderzoek in de Gouden Eeuw niet alleen aan de universiteiten te danken is, hebben ze wel een grote rol gespeeld. Veel bekende Nederlandse geleerden hadden een universitaire opleiding.

Reeds in 1575 werd met veel vertoon in Leiden de eerste universiteit van de Republiek geopend. Later kwamen er ook universiteiten in Franeker (1585), Groningen (1614), Utrecht (1636) en Harderwijk (1648). Ook bestonden er zogenaamde Illustere scholen, onder andere in Amsterdam, die ongeveer gelijk waren aan de universiteiten maar het promotierecht misten. De Republiek was dus al snel goed voorzien van instellingen voor hoger onderwijs.¹ Het niveau van de universiteiten was voor die tijd erg hoog. Met name de Leidse universiteit werd in heel Europa beroemd, en zou studenten trekken uit alle windstreken.²

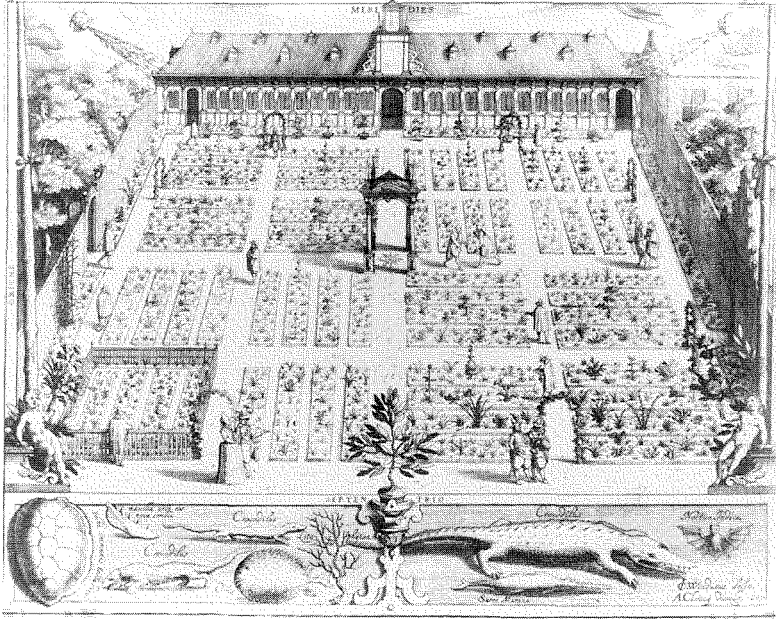
Onderwijs aan de universiteiten

Aan de zestiende-eeuwse universiteiten werd uitsluitend onderwijs gegeven. Natuurwetenschappelijk onderzoek in onze zin van het woord werd daar niet verricht. Door middel van de klassieke werken, handboeken, hoorcolleges en disputaties werden de vaak erg jonge studenten onderwezen in de Wijsheid van de Ouden. De studenten konden kiezen uit drie studierichtingen. De belangrijkste faculteit was de theologische, waar predikanten werden opgeleid. Ook kon men afstuderen aan de juridische of de medische faculteit. Maar voordat studenten deze hoofdrichtingen konden kiezen, moesten ze eerst propedeutisch onderwijs volgen aan de vierde, filosofische faculteit. Filosofie was in deze tijd een verzamelnaam voor uiteenlopende vakken als retorica, Grieks, logica, fysica, wiskunde en sterrenkunde.³

Het belang dat aan de *sapientia veterum* werd gehecht, blijkt duidelijk uit de benoeming van de professoren. De Leidse curatoren trachtten de beroemdste kenners van de klassieken te strikken voor het hoogleeraarschap. In 1592 sloeg men een grote slag. Voor een ongehoord hoog salaris wist men de wereldberoemde Franse humanist Joseph Scaliger, expert op het gebied van de klassieke en Oosterse talen en de chronologie, naar Leiden te lokken. Er werd zelfs een oorlogsschip ingezet om Scaliger heelhuids over te brengen! Scaliger was waarschijnlijk de grootste geleerde van zijn tijd, en de leermeester van latere beroemdheden als Hugo de Groot, Gerardus Vossius en Willebrord Snellius. De oplossing van alle wetenschappelijke problemen, ook die van zuiver astronomische of wiskundige kwesties, lag volgens Scaliger bij een zo nauwkeurig mogelijke bestudering van klassieke teksten.⁴

Aan de universiteiten kon geen aparte studie in de natuurwetenschappen gevolgd worden. Zoals we al zagen bestond natuurwetenschap als af-

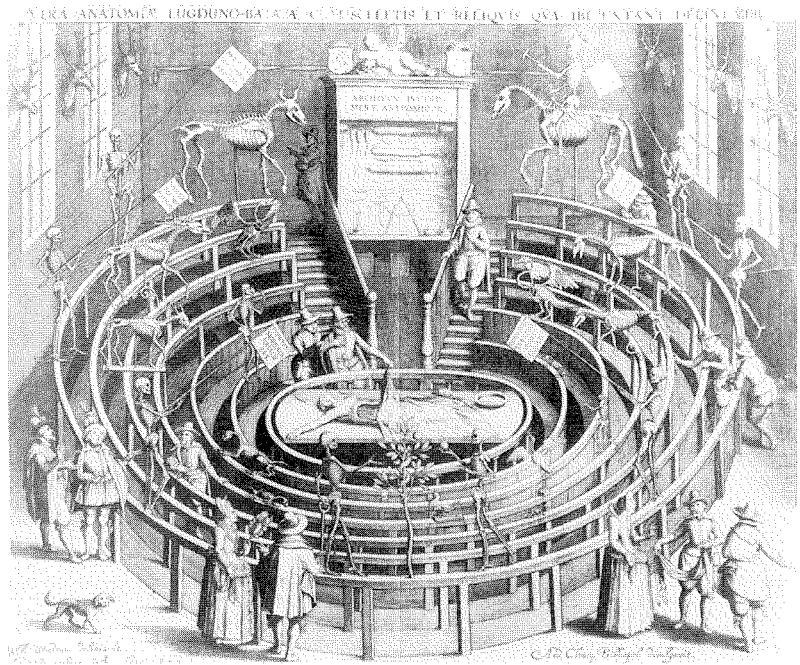
1 Frijhoff, *Société Néerlandaise*.
2 Lunsingh Scheurleer e.a. (ed.), *Leiden university*.
3 Dibbon, *L'enseignement*; Krop e.a. (ed.), *Geleerde professoren*.
4 Grafton, *Scaliger*.



Afb. 7. De Leidse Hortus botanicus. De plantenperken zijn geordend volgens de vier windstreken. Op de achtergrond is de galerij zichtbaar waar rariteiten bekeken konden worden; enkele daarvan zijn op de voorgrond afgebeeld. Gravure van W. Swanenburg (1610). [Leiden, Prentenkabinet]

zonderlijke tak van wetenschap eigenlijk niet. Studenten met belangstelling voor de natuur waren afhankelijk van de propedeutische, filosofische faculteit of moesten zich vanuit hun hoofdrichting medicijnen in het natuuronderzoek verdiepen. Veel beroemde Nederlandse natuuronderzoekers waren dan ook opgeleid als arts. De propedeutische vakken wiskunde, natuurkunde en sterrenkunde genoten maar weinig aanzien. De aan de universiteiten beoefende natuurwetenschap bestond vooral uit geneeskunde en de ondersteunende natuurhistorische vakken anatomie en plantkunde. Deze vakken lijken voor ons niet zo kenmerkend voor de ‘wetenschappelijke revolutie’ van de zeventiende eeuw: wij denken hierbij vooral aan de sterrenkunde en natuurkunde. Maar destijds achtte men het medisch onderwijs veel belangrijker dan de exacte wetenschappen, en men ondersteunde dit dan ook met geld, heel veel geld.⁵ Vooral in Leiden werden vanaf de oprichting kosten noch moeite gespaard om de medische faculteit een hoog aanzien te geven. Deze ontwikkelde zich binnen enkele decennia na haar ontstaan tot een van de meest vernieuwende van heel Europa.

Afb. 8. Het Leidse Theatrum anatomicum. Tijdens de wintermaanden werden hier secties verricht en werden de skeletten verwijderd. Op de voorgrond Adam en Eva. De overige skeletten dragen vlaggetjes met motto's als 'Het leven is kort'. Gravure van W. Swanenburg (1610). [Leiden, Prentenkabinet]



Medicijnen en natuurlijke historie

Uitgangspunt voor het medisch onderwijs in Leiden was het voorbeeld van de universiteit van Padua. Vanaf de tweede helft van de zestiende eeuw werden daar de traditionele, tekstgerichte colleges ondersteund met meer aanschouwelijk onderricht in een *hortus medicus* en *theatrum anatomicum*. Nagenoeg de hele eerste generatie Leidse hoogleraren medicijnen had in Italië gestudeerd, en daar kennis gemaakt met het innovatieve onderwijs, de botanische tuinen, de anatomische theaters en de rareitensverzamelingen.

In 1543, hetzelfde jaar waarin Copernicus' *De Revolutionibus* verscheen, publiceerde Andreas Vesalius *De humani corporis fabrica* ('Over de bouw van het menselijk lichaam').⁶ De oorspronkelijk uit de Zuidelijke Nederlanden afkomstige Vesalius (1514–1564) was hoogleraar in Padua. Net als Copernicus had hij zijn boek bedoeld als een vervolmaking van de klassieke wetenschap. Als uitgangspunt nam Vesalius het werk van Galenus, die het menselijk lichaam uitgebreid had beschreven. Als eerste hoogleraar opende Vesalius tijdens zijn colleges eigenhandig een menselijk lijk. Niet alleen kwam er op deze manier op de universiteit een toenadering tot stand tussen boekenwijsheid en praktische vaardigheid, maar bovendien bleek dat niet alles wat Galenus geschreven had juist was. Vesalius stelde vast dat Galenus' beschrijvingen vooral waren gebaseerd op ontleding van apen en

6 Net als over Copernicus bestaan er ook over de invloed van Vesalius talrijke studies. Een uitstekend overzicht biedt Conrad e.a. (ed.), *Western medical tradition*. Zie verder: Lindboom en Van Lieburg, *Geschiedenis der geneeskunde*, pp. 129–132.

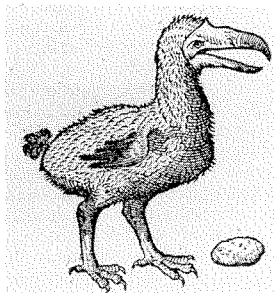
honden, en dat de mens toch echt anders in elkaar zat. Het boek van Vesalius, waarin prachtige illustraties stonden, maakte in heel Europa veel indruk. De auteur moedigde alle professoren en studenten aan om zijn bevindingen te controleren. Op deze manier ontstond in Italië de traditie om hoogleraren tijdens colleges ontleding te laten verrichten.

Leiden volgde het Italiaanse voorbeeld, en nam al snel de voorttrekkersrol over.⁷ De hoogleraren werd opgedragen 'door lycke te schouwen, bij wintertijden de anatomia te expliceren ende administreren'. Op initiatief van professor Pieter Pauw (1564-1614) werd in 1592 een gedeelte van de Faliede Bagijnenkerk verbouwd tot anatomisch theater, waar belangstellenden vanaf zes schuin omhoog lopende rondgangen de bezigheden van de snijdende professor konden volgen. In de winter, wanneer de lijken niet zo snel tot ontbinding overgingen, werden hier soms anatomische lessen gegeven, waarvoor de lichamen van geëxecuteerde misdadigers werden gebruikt. Daarnaast ondersteunde Pauw zijn colleges met de sectie en vivisectie op dieren. Menig Leidse straathond is in naam van de wetenschap een ellendige dood gestorven. De secties waren niet alleen bedoeld voor de studenten, maar waren openbaar en droegen een ceremonieel karakter. Tijdens de ontleding lag het hele universitaire leven stil en werden er hoogwaardigheidsbekleders uitgenodigd. Er is zelfs sprake van geweest de anatomische lessen op te luisteren met muziek!

Het anatomisch onderwijs werd ook op een andere manier ondersteund. Pauw was namelijk begonnen met het aanleggen van een verzameling anatomische preparaten. Hij was vooral geïnteresseerd in skeletten, en plaatste in het theater menselijke en dierlijke geraamten. Deze hadden vlaggetjes in de hand, waarop Latijnse spreuken stonden als *vita brevis* (het leven is kort) en *memento mori* (gedenk te sterven). Als waarschuwing tegen al te grote nieuwsgierigheid (*curiositas*) stonden er twee skeletten die Adam en Eva symboliseerden voor de Boom der Kennis. Pauws opvolger Otto Heurnius (1577-1652) bouwde met groot enthousiasme de anatomische verzameling uit tot een indrukwekkende collectie naturalia. Regelmatig kreeg Heurnius van de curatoren te horen dat hij geen 'extraordinaire onkosten' meer mocht maken, maar erg veel indruk maakte dat niet op hem. Heurnius kocht alles waarvan hij dacht dat het zijn onderwijs illustreerde. In de verzameling waren behalve skeletten, geneeskragtige stenen, exotische planten en vruchten veel 'rariteyten' of 'seldsaemheden' opgenomen. Het theater was de trotse eigenaar van onder andere 'Ses steenen, die gevonden zijn in de blaas van den ouden professor Johannes Heurnius', 'een jonge Hangedief, Bruidegom sijnde, wiens Bruid onder de galg stond, seer curieus opgeset' en 'een groote Mumie'. Het theater was verder versierd met anatomische instrumenten, moraliserende gravures, wereldkaarten en allerhande andere artefacten.⁸ In deze ruimte kreeg de bezoeker het idee dat hij het hele universum kon

⁷ Lindeboom, 'Dog and frog'; Lunsingh Scheurleer, 'Amphithéâtre moralisée'; Beukers, 'Clinical teaching'.

⁸ Barge, *Oudste inventaris*; Witkam, *Catalogue*.



Afb. 9. Een van de aan de Ouden onbekende dieren was de dodo, die rond 1580 door Hollanders op Madagascar werd ontdekt en binnen tachtig jaar was uitgeroeid. Uit: Clusius, *Exoticorum libri*. [Rijksuniversiteit Groningen]

overzien. Alle voorwerpen waren bedoeld om de bijbelse geschiedenis en de klassieke werken te illustreren en de wonderen van Gods schepping te tonen. Ook bij Heurnius zien we opvattingen die sterk aan Stevins 'Wij-sentyt' doen denken. Volgens Heurnius lag de oorsprong van alle wetenschappen in het bijbelse Egypte, en daarom besteedde hij enorme bedragen aan voorwerpen die uit Egypte afkomstig waren, zoals mummies, nijlriet, een opgezette ibis en het opgezette geslachtsdeel van een nijlpaard. Het Leidse theater groeide uit tot een belangrijke toeristische attractie. Ook in bijvoorbeeld Amsterdam en Delft kwamen er zulke anatomische theaters, waar het publiek tegen betaling toegang kon krijgen.

In Leiden bleef het niet bij deze ene collectie. Vlak bij het anatomische theater werd in 1593 begonnen met de aanleg van de botanische tuin, de *hortus botanicus*.⁹ Ook hier speelden Italiaanse voorbeelden een rol. Een universitaire hortus kon niet alleen de grondstoffen leveren voor medicijnen, maar was bovendien expliciet bedoeld als levend kruidboek: tekst en empirie zouden elkaar moeten aanvullen. Nadat eerdere pogingen waren mislukt om de arts Bernardus Paludanus, eigenaar van een van de meest omvangrijke rariteitenverzamelingen in Europa, aan te trekken als directeur van de tuin-in-oprichting, slaagde men er in om de wereldberoemde plantkundige Carolus Clusius (1526-1609) te interesseren voor deze functie. Clusius en zijn assistent Dirk Cluyt namen de taak op zich om de tuin in te richten en om in de zomermaanden (als er geen secties verricht werden en de planten groeiden en bloeiden) de studenten rond te leiden. Clusius had over de hele wereld uitstekende contacten en dankzij hem maakte Nederland kennis met een onbekend bolgewas uit Turkije: de tulp. In de Hortus werden planten uit alle windstreken gekweekt. De indeling van de plantenperken was gebaseerd op de vier elementen, de vier windstreken en de toen bekende vier continenten.

Naast de tuin werd een galerij, het *ambulacrum*, gebouwd. Hier lagen de klassieke werken over plantkunde ter inzage (aan de ketting, dat wel). Op deze manier konden de studenten de boekenkennis verbinden aan hun eigen waarnemingen. Bovendien waren er in de galerij allerlei naturalia te zien. Clusius en Pauw kregen het voor elkaar dat bij de eerste grote Nederlandse expeditie naar de Oost (1599-1601) materiaal voor de tuin werd verzameld. De scheepsbemanning werd gevraagd 'den Hof van medecijnen ende mineraulx te verzien ende stofferen van zaden, vruchten, bollen, wortelen, cruyden, bloemen, gommen, haersch, gedierte, opwerpsele van de zee ende diergelijcke, als in die landen moghen ghevonden worden, ons alhier ongewoon ende onbekend'.¹⁰ De Leidse hortus was al snel beroemd om zijn verzameling van de meest uiteenlopende zaken, een collectie die in de loop van de zeventiende eeuw steeds omvangrijker werd. Bezoekers konden hier de wonderen der wereld bekijken, zoals bijvoorbeeld 'een beck van een vrende vogel', 'een boeck in 't Chinees geschreven', 'twee

⁹ Fat e.a. (eds), *Authentic garden*; De Jong, *Natuur en kunst*, pp. 202-217.

¹⁰ Heniger, 'Wetenschappelijke reis', p. 37.

schoenen van menschen vel gemaect', 'een paradijs-Vogel', 'een voet van een groot Zee monster', 'een beest genaemt Taton' (een gordeldier of armadillo), 'de hand van een meerminne' en talloze andere curiosa.¹¹

Het anatomisch theater, de botanische tuin en de beide rariteitenverzamelingen vormden feitelijk één onlosmakelijk geheel, en waren bedoeld als een poging om alle bestaande kennis aanschouwelijk te maken. In onze ogen zijn de Leidse collecties een vreemd allegaartje dat weinig met wetenschap te maken heeft. Toch vervulden de rariteitenverzamelingen een uitermate belangrijke epistemologische functie. Om een zo compleet mogelijk beeld van de Schepping te krijgen, zo nam men aan, moest er zo veel mogelijk verzameld en beschreven worden. Men zocht in deze tijd niet alleen naar het algemene en wetmatige maar vooral naar het onbekende, afwijkende en bijzondere. Individuele entiteiten werden belangrijker geacht dan algemene structuren. Vandaar ook dat men zoveel 'rariteyten' of 'vreemdigheden' verzamelde. Omdat men werkelijk *alles* verzamelde kwamen al snel de grenzen van de bestaande kennis in zicht. Men realiseerde zich langzaam maar zeker dat de Ouden niet alles geweten hadden. Bovendien werd men door de snel uitdijende collecties gedwongen om na te denken over bestaande taxonomiën en wetenschappelijke methodes. Wat moest men verzamelen om een goed beeld van de natuur te krijgen: het merkwaardige en afwijkende of juist het algemene en normale?

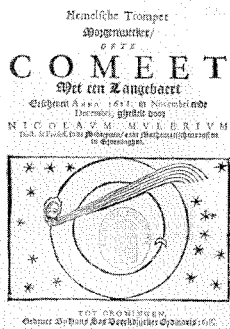
De Leidse verzamelingen markeren de geleidelijke overgang van een tekstgerichte methode naar een meer tastbare, op eigen waarnemingen gebaseerde wetenschap. In het anatomische theater, in de Hortus en in andere collecties kon men dingen zien die men tot dan toe alleen uit de beschrijvingen in de handboeken kende, of die helemaal nieuw en onbekend waren. Dergelijke collecties ontstonden ook elders in Europa, maar die van de Leidse universiteit hoorden bij de bekendste. Iedere professor, student en leek kon zich hier vergapen aan opgezette gordeldieren, miereners, luiaards en pinguïns, dieren die in de Oudheid onbekend waren. En iedereen die bijvoorbeeld een berenfoetus op sterk water zag, kon constateren dat Aristoteles ongelijk had toen hij schreef dat kleine beer-tjes oorspronkelijk vormeloze vleeshompen waren, die na de geboorte door de berenmoeders in model werden gelikt.¹²

Fysica, wis- en sterrenkunde

Aan de medische faculteit werd dus veel geld en aandacht besteed. De vakken fysica, wis- en sterrenkunde vond men veel minder belangrijk (scheikunde bestond in deze tijd nog niet als afzonderlijke discipline) en werden gedoceerd aan de propedeutische, filosofische faculteit. De fysica werd aanvankelijk onderwezen aan de hand van Aristoteles. Het onder-

¹¹ De Jong, *Natuur en kunst*, p. 232.

¹² Vgl. Findlen, *Possessing nature*, pp. 48–96.



Afb. 10. Titelpagina van het pamflet van Mulerius over de komeet van 1618. Duidelijk is te zien hoe volgens Mulerius de komeet zich boven de maan beweegt. [Den Haag, Koninklijke Bibliotheek]

wijs bestond uit het voorlezen van klassieke teksten en het bediscussiëren van traditionele inzichten over de Schepping, de aarde, de hemelse sferen en elementen. Meten, experimenteren en het opstellen van formules was er niet bij.¹³

De wiskunde kreeg slechts met moeite een vaste plaats binnen het universitaire onderwijs en stond helemaal los van de fysica. Overigens moeten we ons de term 'wiskunde' niet al te modern voorstellen. Deze bestond voor wat betreft het universitair onderwijs voornamelijk uit meet- en sterrenkunde; rekenkunde werd vooral beschouwd als een zaak voor niet-academisch geschoolde landmeters, vestingbouwers en navigatiedeskundigen. De status van de wiskunde aan de universiteit was laag; het is tekenend dat de eerste Leidse hoogleraar in deze discipline, Rudolf Snellius, in 1579 pas na aandrang van studenten werd benoemd. Snellius kreeg geen toestemming om ook de fysica te onderwijzen, omdat men een vermenging van beide vakken ongewenst vond.¹⁴

Evenals bij de fysica lag ook bij de wis- en sterrenkunde de nadruk op de theorie. De Nederlandse hoogleraren in deze disciplines waren uitstekend op de hoogte van de belangrijke astronomische ontdekkingen die rond 1600 werden gedaan, maar de meesten bleven trouw aan Aristoteles. Sommige Europese geleerden zoals Kepler en Galilei zagen de ontdekking van nieuwe hemellichamen als een sterk argument vóór Copernicus en tegen Aristoteles, maar zij waren uitzonderingen. Aan het begin van de zeventiende eeuw waren er welbeschouwd maar weinig fysische argumenten die voor het heliocentrische stelsel pleitten, terwijl er tal van natuurfilosofische en theologische bezwaren tegen in te brengen vielen. Bovendien hadden de universiteiten vooral een onderwijstaak, waarbij de nadruk sterk bleef liggen op de uitleg van Aristoteles en Ptolemaios. Ondanks de nieuwe theorieën en ontdekkingen waren hun ideeën geloofwaardig en rekbaar genoeg om als uitgangspunt te blijven dienen. Sterker nog, voor veel geleerden waren de ontdekkingen juist een goede reden om het aristotelisme te vernieuwen.¹⁵

Een goede illustratie wordt geleverd door de Groningse hoogleraar medicijnen en wiskunde Nicolaus Mulerius (1564–1630).¹⁶ In 1617 publiceerde hij een verbeterde editie van Copernicus' *De revolutionibus*, en in 1618 constateerde hij, dat de komeet die in dat jaar verscheen zich vèr boven de maan bevond. Dat alles was voor hem echter geen reden om de leer van Aristoteles overboord te zetten en die van Copernicus te omarmen, integendeel. Mulerius betitelde Aristoteles als, '*Naturae interpres, Naturae Antistes*, dat is een Tolck ofte Taelman, een Opperste Priester inde tempel der natuyr'.¹⁷ De stelling dat de zon centraal stond in het heelal en de aarde hieromheen bewoog, werd door Mulerius, evenals het merendeel van zijn tijdgenoten, gezien als een rekenkundig foefje, als een hypothese. Voor het berekenen van de posities van de hemellichamen ten op-

13 Ruestow, *Physics*, pp. 1–32; De Pater, 'Experimental physics'; Bos e.a. (eds), *Burgersdijk*.

14 Van Berkel, *Beeckman*, pp. 273–284; Van Maanen, *Facets*, pp. 1–18.

15 Vermij, 'Copernicanisme'; Van Nouhuys, *Two-faced Janus*.

16 Jorink, 'Mulerius'.

17 Mulerius, *Hemelsche trompet*, Aiii/r.

zichte van elkaar deed het er nauwelijks toe of er werd uitgegaan van het helio- of het geocentrische model. Mulerius beschouwde de heliocentrische theorie als een handige, wiskundige *hulpconstructie*, en niet als een fysische *werkelijkheid*. Dat de aarde wèrkelijk om de zon draaide geloofden in deze tijd slechts enkele geleerden zoals Galilei, Kepler en Stevin. Hoewel Mulerius vol lof was voor de rekenkundige aspecten van Copernicus' werk, geloofde hij absoluut niet dat de aarde ècht om de zon draaide, aangezien in de Bijbel expliciet geschreven stond dat de zon bewoog en de aarde stilstond. Voor wat betreft de positie van de komeet stelde hij nuchter vast dat Aristoteles nog niet over de 'nieuw gevonden brillen' (de in 1608 uitgevonden telescoop) had beschikt. Zou de Filosoof nog geleefd hebben, dan zou hij zeker zijn theorie op dit punt hebben herzien. 'Ende hy soude misschien aannemen 't gevoel van den treffelijksten Astronomen [Brahe en Kepler] dat de Cometen in de Hemel staen hogher als de mane'.¹⁸ Het aristotelisme was dus een flexibel systeem waarin met een beetje goede wil ook nieuwe ontdekkingen konden worden ingepast. Door de tekst van Aristoteles op detailpunten anders te interpreteren, kon het stelsel als geheel overeind blijven.

Maar niet iedereen koos vóór Aristoteles. Belangrijk was Mulerius' leermeester Rudolf Snellius (1546-1613), die kritisch stond tegenover studeerkamergeleerdheid en het gebruik van de wiskunde verdedigde.¹⁹ Snellius was in de Republiek de belangrijkste aanhanger van de Franse filosoof Petrus Ramus, die een meer op de praktijk gerichte wetenschap propageerde. Natuurwetenschap diende een praktisch doel, vond Snellius. Pas als geleerden en ambachtslieden zouden samenwerken, zou men tot de ware wetenschap komen. Rudolf Snellius had veel invloed op een kleine maar belangrijke groep wiskundigen en natuurfilosofen. Bekend zijn Snellius' zoon Willebrord en Isaac Beeckman. De ideeën van Ramus en Rudolf Snellius droegen bij aan een toenadering tussen theorie en praktijk, tussen boekenwijsheid en empirie. De natuurfilosofie maakte zich steeds meer los van Aristoteles en men ging zich ook verdiepen in eigentijdse ideeën en in allerlei alternatieve theorieën uit de Oudheid. Want hoewel veel van wat de Ouden hadden beweerd niet helemaal of helemaal niet klopte, hadden zij ook dingen geschreven die stonden als een huis. Dat gold bijvoorbeeld voor de meetkunde van Pythagoras en Euclides die Snellius doceerde.

Twee goede voorbeelden van de pragmatische omgang met klassieke en eigentijdse inzichten leveren Willebrord Snellius en Jacob Golius. Snellius junior (1580-1626) studeerde in Leiden onder andere bij zijn vader en het humanistische kopstuk Scaliger, en maakte een studiereis door Europa, waarop hij Brahe en Kepler ontmoette.²⁰ In 1613 volgde hij zijn vader op. De hoogleraar wis- en sterrenkunde publiceerde onder meer boeken over navigatie en landmeting, en berekende op basis van eigen metingen vrij

18 *Ibid.*, Bi/v.

19 Van Berkel, 'Snellius'.

20 *DSB* XII, p. 499.

nauwkeurig de omtrek van de aarde. Het bekendst is Snellius door de naar hem genoemde optische brekingswet, die echter posthuum gepubliceerd werd. Maar naast deze praktische interesses was en bleef Snellius op en top een Renaissancegeleerde, met een enorme kennis van de klassieken en een encyclopedische belangstelling. Hij vertaalde bijvoorbeeld Stevins hoofdwerk *Wisconstijge ghedachtenissen* in het Latijn en gaf Scaligers manuscript over Romeinse munten uit. Ook Snellius geloofde dat in de glorierijke Oudheid alle raadselen van de natuur al waren ontsluitend, maar hij moest weinig van de aristotelici hebben, die hij snerend afdeed als 'die filosofische sekte die het natuuronderzoek bezoedeld heeft met haar gissingen'.²¹ Snellius bewonderde andere klassieke auteurs, en zijn werk greep in belangrijke mate terug op ideeën van de Griekse wiskundigen Apollonius en Eratosthenes. Net als zijn Groningse collega Mulerius observeerde hij de komeet van 1618. Snellius verklaarde de bovenmaanse positie van de komeet met behulp van een theorie van de Griek Anaxagoras, en voorspelde bovendien dat de komeet 'saturnische en zeer kwade invloeden' zou hebben, omdat Ptolemaios dat in zijn astrologische werk geschreven had.²²

Bij Snellius' leerling en opvolger Jacob Golius (1596-1667) zien we dezelfde combinatie van eigentijdse invloeden en bewondering voor de klassieken. Golius had veel belangstelling voor wiskunde en Oosterse talen. Hij ontdekte al snel dat de bestaande kennis van de Griekse wiskunde onvolledige was, en ging op reis naar het Midden-Oosten om Arabische afschriften van Griekse werken te verzamelen. Inderdaad vond hij uiterst belangrijke manuscripten, die hij op kosten van de universiteit mocht aanschaffen. Al snel was Golius Europa's grootste kenner op dit gebied en hij publiceerde een tot in de negentiende eeuw gezaghebbend Arabisch woordenboek. Vanaf 1629 was hij zowel hoogleraar in de Oosterse talen als in de wis- en sterrenkunde. Hij deed astronomische waarnemingen, en liet in 1633 het eerste universitaire observatorium van Europa bouwen. De voor 125 gulden uit de nalatenschap van Snellius overgenomen instrumenten werden op het dak van het academiegebouw gemonteerd 'om aldaer mee den studenten te demonstreren den loop des hemels ende van de sterren'.²³ Golius' praktische oriëntatie kwam niet alleen tot uitdrukking in zijn astronomisch onderwijs, maar ook in de hemelglobes die hij, ten behoeve van zeevarenden, liet vervaardigen.²⁴ Net als bij Mulerius en vader en zoon Snellius gingen humanistische geleerdheid, wiskundige interesse, en het praktische wetenschapsideaal hand in hand.

21 Snellius, *Descriptio cometæ*, p. 39.

22 *Ibid.*, p. 67.

23 Molhuysen, *Bronnen II*, p. 185.

24 Savage-Smith en Wakefield, 'Golius'.

Bij de beoefening van de natuurwetenschap in Nederland speelden de universiteiten een belangrijke rol. Hier maakten studenten niet alleen kennis met de teksten van Aristoteles en andere auteurs. Ook werd in het anatomische theater, de botanische tuin, de rariteitenverzamelingen en

het observatorium het belang van de empirie benadrukt. Leiden was hiermee een van de meest vernieuwende universiteiten van Europa, en trok talloze studenten uit andere landen. Maar natuurwetenschap bleef toch in eerste instantie een zaak voor humanisten en medici. De meer 'exacte' vakken waren erg theoretisch. Wis-, natuur-, en sterrenkunde maakten enkel onderdeel uit van het propedeutisch onderricht en genoten betrekkelijk weinig aanzien. Tekenend is het bedrag dat Golius voor het observatorium kreeg toegewezen: de 125 gulden die hieraan gespendeerd werden viel in het niet bij de duizenden guldens die hij mocht besteden aan Arabische manuscripten, of die de medici uitgaven aan hun collecties. Voor meer waardering voor de 'exacte' wetenschappen moeten we kijken naar wat zich buiten de universiteit afspeelde.

3 Natuuronderzoek in de praktijk

Uitvinders, ambachtslieden en alchemisten

Niet alleen binnen de muren van de universiteit werd nagedacht over de geheimen der natuur, maar ook daarbuiten. Professoren hielden zich vooral bezig met de interpretatie van teksten. Maar voor het dagelijks leven was juist ervaringskennis relevant. De mensen waren in veel opzichten afhankelijk van de hen omringende natuur. Het denken over, en het onderzoeken en proberen te beheersen van de natuur waren op alle mogelijke manieren verweven met het alledaagse bestaan. Een goede medische opleiding was van groot belang. Daarnaast had een land in opbouw een enorme behoefte aan navigatiedeskundigen, cartografen, landmeters, ingenieurs en vestingbouwers. Tekenaars en schilders oefenden zich in de perspectivisch juiste weergave van de werkelijkheid. Uitvinders trachtten met nieuwe vondsten geld te verdienen. Alchemisten waren ervan overtuigd dat ze de elementen konden veranderen, dat ze door destillatie-technieken en astrologische invloeden modder in goud konden veranderen, en probeerden de Steen der Wijzen te vinden. In een door het christendom beheerste maatschappij zag men overal in de natuur de hand van God. Tegenwoordig maken wij doorgaans een onderscheid tussen natuurwetenschap, kunst, techniek, magie en geloof. Maar aan het begin van de zeventiende eeuw waren al deze zaken met elkaar verweven op een manier die we ons eigenlijk nauwelijks meer kunnen voorstellen.

Laten we eerst eens stilstaan bij de uitvinders en alchemisten. Een van de meest omstreden voorbeelden van deze bonte groep natuuronderzoekers is de uit Alkmaar afkomstige Cornelis Drebbel (1572-1633), die in zijn eigen tijd een beroemdheid was.¹ Volgens sommigen was Drebbel een bedrieger, terwijl anderen hem een genie vonden. De dichter en staatsman Constantijn Huygens bijvoorbeeld noemde Drebbel, ‘deze man uit het volk’, in één adem met Bacon.² Drebbel ging in de leer bij de etser en alchemist Hendrik Goltzius, en werd bekend door uitvindingen als een waterpomp, een *camera obscura*, een samengestelde microscoop, en een soort duikboot. Hij publiceerde in 1604 een boek getiteld *Van de Natuyre der Elementen*, waarin hij uiteenzette hoe de mens door alchemie de natuur naar zijn hand kon zetten. Volgens Huygens was dit boekje, ondanks

1 Snelders, ‘Alkmaarse natuurwetenschappers’.

2 Huygens, *Mijn jeugd*, p. 127.

het ontsierende mysterieuze taalgebruik, 'een voortreffelijke verhandeling, die duidelijk de sporen draagt van een uitzonderlijke intelligentie'.³ Drebbel bracht het grootste deel van zijn leven door in Engeland, waar hij als uitvinder een plaats kreeg aan het hof van koning Jacobus I, en waar hij uiteindelijk berooid stierf als uitbater van een bierhuis. De kleurrijke Hollander werd het bekendst door zijn 'uitvinding' van een *perpetuum mobile*, een apparaat dat eeuwig beweegt zonder dat er van buitenaf energie wordt toegevoegd (iets wat in feite onmogelijk is). De Engelse koning was diep onder de indruk van dit wonder, en niet alleen hij. Het object trok in heel Europa aandacht en hield jarenlang de meest scherpzinnige geesten bezig.⁴ Het bestond uit een cirkelvormige glazen buis die gedeeltelijk gevuld was met een gekleurde vloeistof die langzaam heen en weer bewoog. Ook bij Drebbel zien we opvattingen die op Stevins 'Wijstent' lijken. Volgens Drebbel was het mysterie van het *perpetuum mobile* vroeger aan alle Wijzen bekend geweest, maar dankzij Gods genade kende nu alleen hij het. De werking van het apparaat verklaarde Drebbel door occulte krachten, zoals de beweging van de hemellichamen en de invloed van de elementen.

Drebbel is vooral interessant omdat hij het bekendste voorbeeld is van een grote groep natuuronderzoekers die aan het begin van de zeventiende eeuw leefden, en die buiten de universiteit werkten. In het werk van al deze mensen is het onmogelijk om aan te geven wat nu natuurwetenschap is, en wat technisch inzicht, magie, en speculatie. Het belang van Drebbel is dat hij met zijn experimenten en wilde ideeën andere natuuronderzoekers prikkelde tot nadenken en eigen onderzoek. Hetzelfde geldt voor veel andere artsen, uitvinders, alchemisten en gelukzoekers. In deze tijd verschenen talloze boekjes, zoals Carolus Battus' zeer populaire *Secreetboek* (eerste druk 1600), waarin allerlei magische en mysterieuze zaken beschreven werden: magneten, verfrecepten, tovermiddeltjes, geneeskrachtige kruiden, middelen om onzichtbaar te worden, enzovoort. Nu vrijwel vergeten, maar destijds in heel Europa gelezen waren de werken van de Zeeuwse arts Levinus Lemnius (1505-1568), waarin uitvoerig beschreven werd hoe de natuur werd beheerst door geheimzinnige, verborgen krachten. Alchemisten en uitvinders in binnen- en buitenland verdiepten zich in de occulte wetenschappen. Hun praktische houding, hun lust tot experimenteren (met soms desastreuze gevolgen) en hun bekendheid met allerlei volkswijsheden vormden een belangrijke stroming naast de theoretische, universitaire wetenschap.⁵ Er bestond ervaringskennis en boekenwijsheid. Iemand die heel duidelijk stelde dat beide stromingen moesten samengaan was Stevin.



Afb. 11. Titelpagina van C. Drebbel, *Van den elementen (1604)*. [Rijksuniversiteit Groningen]

³ *Ibid.*, p. 128.

⁴ Drake-Brockman, 'Perpetuum mobile'.

⁵ Vgl. Eamon, *Science and the secrets of nature*.

Zoals zovelen was ook de uit Brugge afkomstige Stevin (1548-1620) ten tijde van de Opstand naar het Noorden getrokken.⁶ Hij verdiende aanvankelijk de kost met het bouwen van molens en waterstaatkundige werken en kwam rond 1593 in dienst van prins Maurits. Hij onderwees de prins niet alleen in de wiskunde, maar gaf deze bovendien advies over allerlei technische en militaire problemen. Stevin was geen revolutionaire vernieuwer, maar iemand die vond dat kennis begrijpelijk en toegankelijk moest zijn. Hij was allesbehalve een studeerkamergeleerde en benadrukte keer op keer het belang van de ervaring. Rond 1586 voerde hij een belangrijk experiment uit. Stevin liet vanaf dezelfde hoogte twee kogels vallen, waarvan de een tien keer zo zwaar was als de ander. In tegenstelling tot de theorie van Aristoteles bleek dat 'de lichste gheen thienmaal langher op wech en blijft dan de swaerste'. Integendeel, ze ploften tegelijkertijd op de grond! Stevin concludeerde dan ook: 'Aristoteles voor-noemde evenredenhcy is onrecht'.⁷ Ook Galilei bedacht korte tijd later deze voor de fysica zo uitermate belangrijke proefneming. (In zijn geval zouden twee kogels vanaf de toren van Pisa geworpen zijn, maar onduidelijk is of dit daadwerkelijk heeft plaatsgevonden of dat het slechts een gedachtenexperiment betrof.) Stevin stelde de wiskunde en het maatschappelijk nut van dit vak centraal. Volgens hem moesten theorie en praktijk samengaan of, zoals hij het zelf zei, de 'spiegheleyng' moest ten dienste staan van de 'daet'. Omgekeerd kon de 'daet' niet zonder theoretische onderbouwing. Stevins boeken waren dan ook vooral gericht op praktische toepasbaarheid. In *De thiende* (1585) introduceerde hij een nieuw reksysteem met cijfers achter de komma, in plaats van de gebruikelijke breuken. Het boekje was bedoeld voor 'Sterrekyckers, Landmeters, Tapijtmeters, Wijnmeters, Lichaemmeters int ghemeene, Muntmeesters, ende alle Coopliden'.⁸ Ook andere boeken van Stevin (over onder andere de mechanica, navigatie, stadsplanning en vestingbouw) waren geschreven voor dit publiek.

Stevin had een grote afkeer van het Latijn. Door deze voor ambachtslieden onbegrijpelijke taal te gebruiken bleef de natuurwetenschap een theoretische, steriele zaak. Als men het wetenschappelijke niveau van de 'Wijsentyt' wilde herstellen moest iedereen kunnen meepraten en kennis bijdragen. Als men bijvoorbeeld de werking van de raadselachtige, maar voor de scheepvaart zo essentiële magneet wilde begrijpen, dan moesten op alle wereldzeeën gegevens verzameld worden. Alleen zeelieden konden dat doen, en die kenden natuurlijk geen Latijn. Zelf heeft Stevin altijd consequent geijverd voor de Nederlandse taal, en tal van woorden zijn door hem bedacht en geïntroduceerd. Voor het gebruik van het Nederlands had Stevin overigens nog een ander, in onze ogen wat wonderlijk

6 Dijksterhuis, *Stevin*; Kox, 'Stevin'.

7 Stevin, *Wegghdaet*, p. 66.

8 Stevin, *Thiende*.

argument. Het Nederlands was in zijn ogen namelijk zo eenvoudig en logisch dat dit de taal moest zijn die men in de 'Wysentijt' had gesproken!

Maurits was diep onder de indruk van Stevin, en stelde dat niet alleen hijzelf, maar het hele land belang had bij een gedegen kennis van de wiskunde. Hij gaf aan Stevin de opdracht om na te denken over een officiële opleiding voor ingenieurs of 'vernuffelingen', zoals ze toen ook wel werden genoemd. Op de universiteit was nauwelijks aandacht voor de wiskunde. Bovendien werd al het onderwijs in het Latijn gegeven, wat voor de ingenieurs in spe een onoverkomelijk probleem was. Aan de universiteit van Franeker werden al vanaf 1598 colleges wiskunde in de landstaal gegeven. Maurits ging een stap verder en nam het initiatief voor een speciale school waar in het Nederlands les zou worden gegeven aan de 'wisconstenaars'. En wie was er beter geschikt om die op poten te zetten dan Stevin?

De 'Duytsche [Nederlandstalige] mathematiche', zoals de in 1600 opgerichte ingenieursschool heette, was nauw verbonden aan de Leidse universiteit.⁹ Stevin doceerde zelf overigens niet. Allerhande ambachtslieden liepen hier college, terwijl soms ook geïnteresseerde studenten van de universiteit aanschoven. Maar veel van de deftige Leidse hoogleraren keken de volkse wiskundigen met de nek aan en omgekeerd ergerden de wiskundigen zich soms mateloos aan de academische arrogantie. Tekennend voor de verhoudingen is de ruzie tussen het humanistische kopstuk Scaliger en de docent van de ingenieursschool, Ludolf van Ceulen. Scaliger beweerde dat hij, na filologisch onderzoek bij de Ouden, de definitieve oplossing van het klassieke wiskundige probleem van de kwadratuur van de cirkel had gevonden. Toen Van Ceulen aantoonde dat Scaligers oplossing onzinnig was, en dat deze meer verstand had van oude talen dan van wiskunde, reageerde Scaliger hooghartig. Volgens de professor kon hij rustig de kritiek van een eenvoudige ambachtsman naast zich neer leggen!

De ingenieursschool bleef tot 1679 bestaan. De opeenvolgende docenten, waaronder Frans van Schooten senior en junior, leverden flink wat studenten af, met name landmeters. Maar Stevins ideaal om in het Nederlands natuurwetenschap te beoefenen stierf een zachte dood. Sommige natuurwetenschappers publiceerden in de landstaal, maar na ongeveer 1610 was die mode alweer voorbij. Het is tekenend dat Stevins *Wiskonstige ghedachtenissen* (1605-1608) vrijwel meteen in een door Willebrord Snellius vervaardigde Latijnse vertaling verscheen.

Vestingbouwers, landmeters en sterrenkundigen

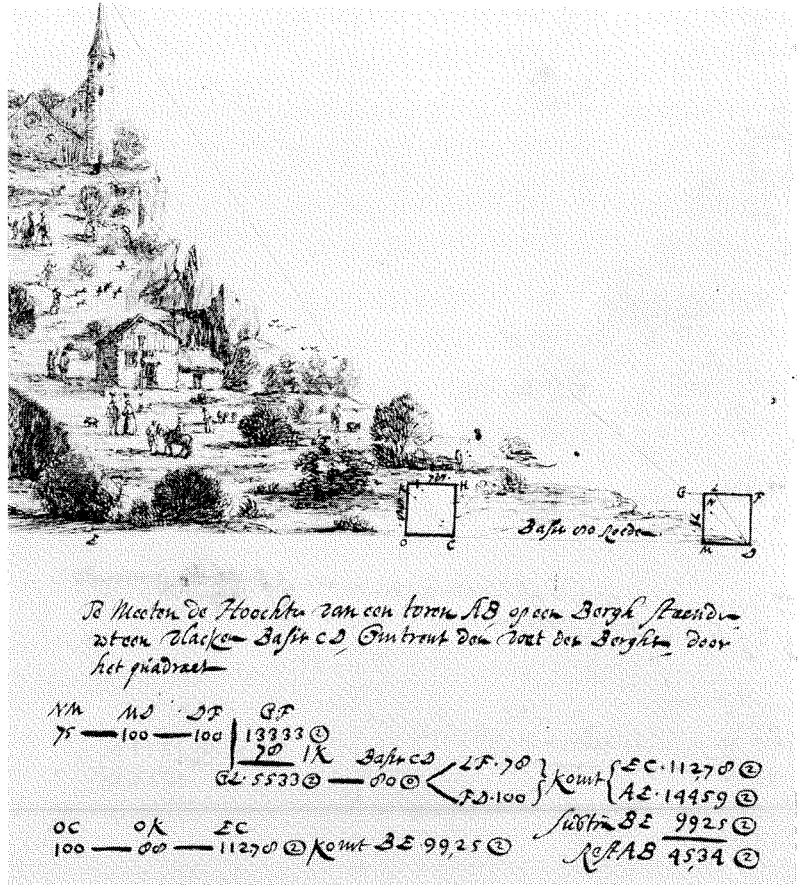
Toch ging Stevins droom niet helemaal in rook op. Het invoeren van de landstaal in de natuurwetenschap was mislukt, maar er ontstond wel een



Afb. 12. Portret van Simon Stevin door onbekende kunstenaar. [Leiden, Academisch Historisch Museum]

⁹ Van Winter, *Beroepsopleiding*; Westra, *Nederlandse ingenieurs*.

Afb. 13. Het wiskunde-onderwijs aan de Duytsche mathe-
matique diende een praktisch
doel, zoals bijvoorbeeld de me-
ting van hoogten en afstanden.
Pagina uit het college-dictaat
(circa 1620) van een van de do-
centen, Frans van Schooten sr.
[Leiden, Universiteitsbiblio-
theek]



toenadering tussen professoren en ambachtslieden. Ook elders in Europa gebeurde dat. Men ging inzien dat theorie en praktijk, tekst en tastbare werkelijkheid niet zonder elkaar konden. Ervaringskennis werd meer en meer gezien als bron voor wetenschap. We zagen in het vorige hoofdstuk al dat Willebrord Snellius geïnteresseerd was in praktische zaken als landmeting en navigatie. Veel andere Hollandse professoren waren dat ook, en ze werkten samen met kaartenmakers of adviseerden de handelscompagnieën. Geleerden als Snellius, Beeckman en Mulerius werden bovendien betrokken bij het beoordelen van octrooiaanvragen voor soms de meest onwaarschijnlijke 'consten ende inventiën', zoals horizontaal draaiende windmolens, technieken om uit zand goud te winnen, of nieuwe methodes voor de scheepsnavigatie. Op deze manier groeide binnen de universitaire wereld de waardering voor de meer praktische natuurwetenschap. Een mooie illustratie van deze ontwikkeling is de familie Metius.¹⁰

10 Snelders, 'Alkmaarse natuurwetenschappers'.

Vader Adriaen Anthonisz (ca. 1543-1620) was landmeter. Hij verbeterde het bolwerk van Alkmaar, dat in 1573 het Spaanse beleg glansrijk doorstond, werd vervolgens bevorderd tot ‘Stercktebouwmeester der Vereenigde Nederlanden’, en was samen met Stevin verantwoordelijk voor de fortificaties die het Spaanse gevaar op afstand hielden. Hij hield zich bovendien bezig met zaken als tijdrekening, cartografie, zuiver wiskundige problemen, en het opstellen van astronomische tabellen voor de zeevaart. Al dit werk verscheen in het Nederlands. Deze belangstelling gaf hij door aan zijn zonen Adriaan en Jacob.

Adriaan Metius (1571-1635) maakte een academische carrière. Hij ging enige tijd bij Tycho Brahe in de leer, en deelde behalve diens sterrenkundige, ook diens astrologische en alchemistische interesse. Hij schijnt een flink vermogen uitgegeven te hebben op zijn zoektocht naar de Steen der Wijzen. In 1598 werd Metius hoogleeraar wiskunde in Franeker, waar hij ook in het Nederlands onderwees. Samen met zijn vriend en latere collega Mulerius verrichtte hij regelmatig sterrenkundige observaties. Metius’ destijds zeer populaire, maar traditionele astronomische handboeken verschenen zowel in de landstaal als in het Latijn.

Deelde Adriaan Metius het praktische wetenschapsideaal van Stevin, de werkwijze van zijn jongere broer Jacob stond hier lijnrecht tegenover. Jacob Metius (ca. 1580-1628) was een achterdochtige en in zichzelf gekeerde brillenslijper, die in 1608 een telescoop construeerde, een tot dan toe onbekend instrument. Metius had het uitgevonden toen hij op zoek was naar ‘eenige verborgen konsten’ bij ‘eenighe ouden’ – ook hier zien we dus weer hoe sterk de klassieke en magische traditie was. Hoe het precies zit met de ontdekking van de verrekijker is overigens onduidelijk, maar vast staat dat een Nederlander de uitvinder is. In oktober 1608 bleken namelijk ineens zowel Jacob Metius als de Zeeuwen Hans Lipperhey en Sacharias Janssen een dergelijk ‘instrument om verre te sien’ geconstrueerd te hebben. Maar geen van drieën kon bewijzen dat hij de uitvinder was, en alle octrooi-aanvragen werden daarom afgewezen.¹¹ Metius en anderen vroegen zich af of de Ouden dit instrument gekend hadden. ‘Laat iedereen de Oudheid ophemelen zoveel hij maar wil’, merkte Constantijn Huygens nuchter op, ‘dit is een van die dingen die vroeger nooit bestaan hebben’.¹²

Ogenblikkelijk realiseerde men zich het belang van de telescoop. Lipperhey demonstreerde zijn kijker aan prins Maurits, die er meteen het militaire nut van beseftte. Metius, zwaar teleurgesteld dat zijn octrooi-aanvraag was afgewezen, richtte zijn telescoop op de hemel. Over zijn waarnemingen heeft hij nooit een letter gepubliceerd en met vrijwel niemand gesproken. Voor zijn dood vernielde hij al zijn instrumenten. Volgens zijn broer Adriaan had Jacob reeds in 1608 ‘veel onghelooflijke ende onghoorde vreemdigheden’ waargenomen, zoals ‘eenighe dwalende sterren

11 De Waard, *Uitvinding der verrekijkers*, passim.

12 Huygens, *Mijn jeugd*, p. 110.

ofte planeten, die haer ganck omtrent Iupiter hebben'.¹³ Jacob Metius heeft waarschijnlijk ook de bergen op de maan en de schijngestalten van Venus gezien, ontdekkingen die Galilei in 1610 in zijn *Sidereus nuncius* publiceerde en die hem wereldberoemd maakten. Succes in de beoefening van de natuurwetenschap was en is niet alleen een kwestie van ideeën en ontdekkingen, maar vooral ook van het creëren van een wetenschappelijk en sociaal draagvlak – een kunst die Galilei in tegenstelling tot Metius tot in de puntjes beheerste.¹⁴ Het was onder andere door Galilei's met veel verbale en visuele retoriek uitgedragen ontdekkingen, dat steeds meer mensen gingen twijfelen aan het aristotelische wereldbeeld.

Tussen Aristoteles en Copernicus

Welke conclusies Jacob Metius uit zijn observaties getrokken heeft, is onbekend. Zijn broer Adriaan bleef in ieder geval het traditionele systeem van Aristoteles en Ptolemaios trouw. In zijn veel gebruikte astronomische leerboeken legde hij echter ook het nieuwe stelsel van Copernicus en het tussenstelsel van Brahe uit. Hetzelfde deed zijn Groningse collega Mulerius die, zoals we al zagen, zelfs in 1617 een editie van *De revolutionibus* publiceerde, zonder evenwel de centrale stelling van dit boek te onderschrijven. Astronomen in deze tijd waren goed bekend met alle drie de stelsels, zonder overigens duidelijk voor een van de theorieën te kiezen. Dat lijkt misschien vreemd, maar we moeten ons bedenken dat er in deze tijd nog nauwelijks doorslaggevende argumenten vóór het heliocentrische stelsel waren, terwijl het wel de traditie tegen zich had. De relatieve positie van de hemellichamen ten opzichte van elkaar kon met behulp van alle drie de stelsels vrij nauwkeurig worden berekend. De keuze die sommigen maakten voor het heliocentrische systeem werd dan ook dikwijls ingegeven door filosofische opvattingen, of door subjectieve argumenten als de grotere schoonheid of overzichtelijkheid. Aan de universiteiten, waar in eerste instantie de uitleg van de klassieke centraal stond, werden argumenten voor en tegen Copernicus te berde gebracht, zonder dat de hoogleraren het heliocentrisme aanhingen.¹⁵

Juist buiten de muren van de Academie vinden we de eerste aanhangers van de gedachte dat het heliocentrisme geen wiskundige hulpconstructie was, maar een feitelijk gegeven. We zagen al hoe Stevin het copernicanisme verdedigde; hij werd later bijgevalen door de drukker en cartograaf Willem Jansz Blaeu (die ook Mulerius' editie van Copernicus publiceerde) en de predikant en astronoom Philips Lansbergen. Lansbergens *Bedenkingen op den Daghelijckse, ende Iaerlijcksen loop vanden Aerdt-kloot* (1628) werd in de Latijnse vertaling uit 1631 zelfs in heel Europa bekend (en in bepaalde kringen berucht). We moeten ons deze vroege coperni-

13 Metius, *Nieuwe geographische onderwysinghe*, p. 15.

14 Biagioli, *Galileo, courtier*.

15 Vermij, 'Copernicanisme'.

canen overigens niet al te modern voorstellen. We zagen al hoe Stevin de gedachte verdedigde dat alles in de Oudheid al ontdekt en beschreven was. Hetzelfde zien we ook bij Lansbergen. Ook zijn pleidooi voor Copernicus was gebaseerd op de overtuiging dat de klassieken het bij het rechte eind hadden gehad, en dat de Poolse astronoom feitelijk niets anders had gedaan dan een vergeten, maar correct standpunt opnieuw onder de aandacht brengen. Lansbergen verdedigde de gedachte dat de aarde werkelijk om de zon draaide door te wijzen op de onmiskenbare, goddelijke schoonheid van dit systeem. Deze overtuiging werd door de predikant ondersteund door een beroep te doen op de antieke bronnen van wijsheid, waaronder het *Corpus Hermeticum*.¹⁶

De meeste astronomen die buiten de universiteit werkzaam waren, deelden echter de betrekkelijke onverschilligheid van hun academische collega's ten opzichte van het copernicanisme. Wat in eerste instantie telde, was het resultaat van de sterrenloopkundige berekeningen, die voor het dagelijks leven (de tijdrekening, de scheepvaart, en astrologische en medische prognosticaties) van groot belang waren. Welk feitelijk wereldbeeld daar aan vast zat, was van minder belang. De weinige Hollandse geleerden die in deze tijd Copernicus verdedigden werd niets in de weg gelegd. Maar zolang de traditionele bijbeluitleg tégen het heliocentrische systeem was, en er weinig natuurkundige argumenten vóór pleitten, hielden de meesten zich op de vlakte. Naar aanleiding van de nieuwste astronomische ontdekkingen stelde men hooguit vragen over de alwetendheid van Aristoteles. De echte discussie over het copernicanisme zou in de Republiek pas rond 1640 losbarsten na de veroordeling van Galilei en – bovenal – het debat over Descartes.

Cartografen en ontdekkingsreizigers

Het belangrijkste probleem waar Nederlandse sterrenkundigen zich in deze tijd mee bezighielden was niet het copernicanisme maar de navigatie. Door de snel opkomende handel over zee ontstond een grote behoefte aan geschoolde stuurlieden en goede zeekaarten. De reizen beperkten zich niet langer tot de oversteek van het Kanaal of een tocht naar de Oostzee. Op zoek naar nieuwe handelsgebieden legden schepen steeds grotere afstanden af en de stuurlieden ontdekten nog onbekende gebieden. Midden op de oceaan kon men zich niet meer oriënteren op de bekende Europese kustlijn, maar moest men door middel van de sterren uitvinden waar men was. Dat ging niet zonder problemen. Voor de navigatie door onbekende zeeën was het belangrijk dat men zowel de lengte- als breedtegraad wist waarop het schip zich bevond. De breedtepositie was door sterrenkundige waarnemingen makkelijk te bepalen, maar de lengte-

16 Vermij, 'Lansbergen'.

tebepaling bleef (om redenen waarop we hier niet verder in zullen gaan) tot ver in de achttiende eeuw een onoverkomelijk probleem. Talloze geleerden in heel Europa hebben zich het hoofd gebroken over deze vraag. Ook in Nederland was men druk op zoek, en de Staten-Generaal loofden tevergeefs een enorme beloning uit voor diegene die een oplossing kon bedenken. Beoordelingscommissies kregen een groot aantal voorstellen te verwerken (waaronder een van Galilei), maar geen enkele voldeed.¹⁷

Eén van de mensen die zocht naar een oplossing was de Amsterdamse dominee, sterrenkundige en cartograaf Petrus Plancius (1552–1622).¹⁸ Plancius was een invloedrijke figuur, die in de Oudezijdskapel les gaf aan navigatie-officieren. Verder publiceerde hij een aantal wereldkaarten en een kaart van de hemel van het zuidelijke halfrond met haar onbekende sterren en sterrenbeelden. De predikant deed zelf geen nieuwe ontdekkingen, maar gebruikte de informatie van stuurlieden. Maar ook Plancius kon het probleem van de lengtebepaling niet oplossen. Zijn technisch gecompliceerde oplossing was volgens stuurlieden ‘onperfekt ende gansch frivoel’. Succesvoller waren de initiatieven die Plancius nam voor het doen van ontdekkingsreizen. Het was op suggestie van Plancius dat de gebroeders Houtman tussen 1595 en 1597 om Kaap de Goede Hoop naar Indië voeren. Maar volgens Plancius kon Indië ook via een noordelijke route door de poolzee worden bereikt. De beroemde reis van Willem Barentsz, die op zoek naar de Oost in 1596 op Nova Zembla moest overwinteren, was het directe gevolg van Plancius’ bemoeienis. Ook in dit geval diende de wetenschap een praktisch doel: handel drijven. Plancius had zelf veel geld in de expedities gestoken, in de verwachting dat er in Indië rijkdommen te vinden zouden zijn. Dat bleek te kloppen. Het initiatief van Plancius leidde tot de oprichting van de Verenigde Oostindische Compagnie (1602), die al snel uitgroeide tot de grootste handelonderneming ter wereld.¹⁹

Naast Plancius waren ook anderen actief als astronoom en cartograaf. Een voorbeeld is de stuurman Lucas Jansz Waghenaer, die in 1584 de eerste gedrukte zee-atlas ter wereld uitgaf, de *Spiegel der Zeevaert*. Het bekendst is Willem Jansz Blaeu, grondlegger van een wereldberoemde uitgeverij van boeken en kaarten.²⁰ Blaeu ging bij Tycho Brahe in de leer en vestigde zich als navigatie-instructeur, globemaker en boekdrukker in Amsterdam. Al snel werd zijn winkel een ontmoetingsplaats voor zeelieden en geleerden. Blaeu schreef boeken over de navigatie, verdedigde Copernicus, en werd in 1633 benoemd tot officiële kaartenmaker van de VOC. Niet alleen moest hij alle uitgaande schepen voorzien van de benodigde kaarten, ook moest hij de constante stroom nieuwe gegevens verwerken. Daarnaast gaf de firma Blaeu vanaf 1630 wereldatlassen uit. De toenemende kennis resulteerde in 1662 in de wereldberoemde *Atlas maior* of *Grooten Atlas* van Blaeu’s zoon Joan. Mede dankzij de Blaeu’s groeide Nederland in de zeventiende eeuw uit tot het wereldcentrum van de cartografie.²¹

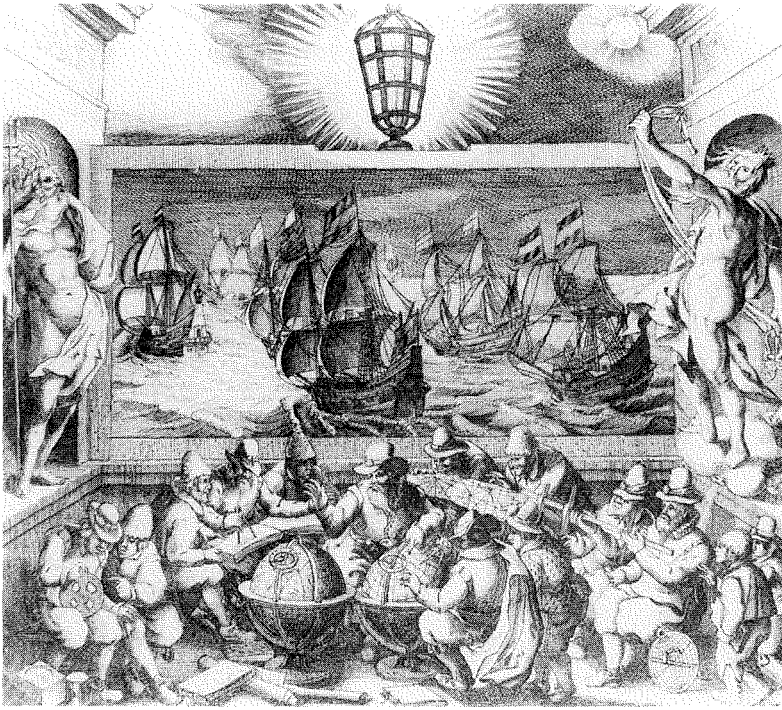
17 Davids, *Zeevaren en wetenschap*.

18 Keuning, *Plancius*.

19 Gaastra, *VOC*.

20 Donkersloot-de Vrij, *Blaeu*.

21 Van der Krogt, *Globi Neerlandi-
ci*; Zandvliet, *Mapping for money*.



Afb. 14. Zeevaarkundige les, zoals afgebeeld in Willem Jansz Blaeu's *Licht der zeevaart* (1608). [Rijksuniversiteit Groningen]

Onbekende eilanden en continenten werden ontdekt en de witte vlekken op oudere kaarten konden worden ingevuld. Door de reizen naar de Oost en West kwam men in contact met onbekende landen, mensen, planten en dieren.²² Maar net zoals de ideeën van Copernicus pas langzaam terrein wonnen, zo hadden ook de geografische ontdekkingen tijd nodig om verwerkt te worden. In beide gevallen realiseerde men zich pas langzaam dat de klassieke veel waardevols hadden geschreven, maar niet feilloos waren. Het duurde een tijd voordat boekengeleerdheid en ervaringsgegevens naast elkaar gelegd werden. Het traditionele denkkader bleef nog lang de waarneming en interpretatie van de nieuwe gegevens kleuren. Sterker nog, vaak was het onduidelijk of iets onbekends nu werkelijk nieuw was, of dat de Grieken en Romeinen hier al over hadden geschreven. De groeiende nadruk op observatie leverde weliswaar een schat aan informatie op, maar het was vaak onduidelijk hoe die moest worden geïnterpreteerd.²³

Een paar voorbeelden. Een van de meest tot de verbeelding sprekende wezens was de eenhoorn. Men meende precies te weten hoe het dier eruit zag, maar het was onduidelijk of iemand het ooit had gezien. Wel konden sommige verzamelaars vol trots de hoorn van een eenhoorn tonen. Mercator had in zijn *Atlas* al geschreven dat deze aan noordelijke kusten werden gevonden, en hij vermoedde dat het om de tand van de narwal ging.

22 Goede inleidingen en uitvoerige verdere verwijzingen in: Wennekes, *Gouden handel*; Van Gelder e.a. (ed.) *Linschoten*; Beekman, *Paradijzen*, pp. 25-128.

23 Vgl. Grafton, *New worlds, ancient texts*.

Toch duurde het nog tot ver in de achttiende eeuw voordat geleerden algemeen aannamen dat de eenhoorn een mythisch dier was. Een ander voorbeeld zijn de vreemde wezens en monsters die volgens Plinius in de uithoeken van de aarde leefden. In 1614 schreef de dichter Roemer Visser dat men lange tijd geloofd had in het bestaan van deze ‘monstreuse beesten’. Maar, zo voegde hij daar aan toe, ‘onse nieuwe Schippers ende Stuerlyuden, die nu over al ghevaren hebben, vinden daer af noch teecken noch mercke’.²⁴ Gelijktijdig kwam de geleerde VOC-arts Jacob Bontius tot heel andere conclusies. In zijn boek over Indië schreef hij dat tegenwoordig niemand meer in de monsters van Plinius geloofde. Maar vol trots meldde hij dat deze wel degelijk bestonden! Hij had er met eigen ogen een gezien in de wouden op Java, en er een tekening en beschrijving van gemaakt. Geheel in humanistische geest vermeldde hij ook de inheemse naam van het wezen: ‘Oerang oetang’.

Hemelse tekenen

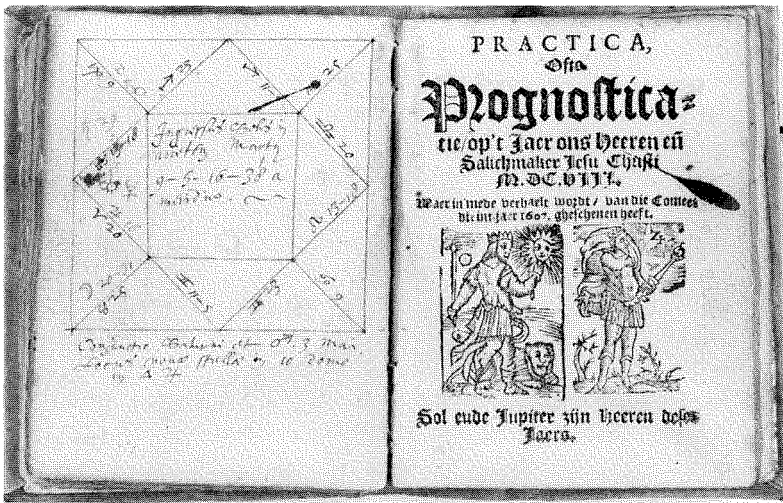
De ontdekkingsreizen leverden behalve financieel gewin en geografische kennis ook een enorme stroom exotica op. We zagen al hoe de Leidse universiteit profiteerde van de ‘rariteiten’ die uit Oost en West werden aangevoerd. Ook welgestelde burgers legden dergelijke verzamelingen aan, waarin de wonderen der natuur zichtbaar werden. De toevloed van voorheen onbekende dieren, planten, schelpen en exotische gebruiksvoorwerpen sterkten de overtuiging dat Gods Schepping een niet aflatende bron van verwondering was.²⁵

Ook dichter bij huis werden Hollandse burgers geconfronteerd met Gods majesteit. Ongewone natuurverschijnselen als sprinkhaanplagen, monsterlijke geboortes, zonsverduisteringen, walvisstrandingen en kometverschijningen riepen verwondering en soms zelfs paniek op. Telkens wanneer er hemeltekens zichtbaar werden, of er een walvis strandde (wat nogal eens gebeurde), grepen Nederlandse dichters, filosofen en predikanten naar de pen om hun gedachten over deze opmerkelijke natuurverschijnselen publiek te maken.²⁶ Ofschoon men ons begrip ‘natuurwet’ niet kende, had men wel duidelijke ideeën over de natuurlijke orde. De gangbare gedachte was dat afwijkende natuurverschijnselen tekens van God waren. Als God de mensen een signaal wilde geven, bijvoorbeeld omdat Hij ontstemd was door hun zondige gedrag, dan deed Hij dit door middel van de natuur. Grote gebeurtenissen op aarde, en straffen van God werden altijd aangekondigd door natuurtekens. Met name die tekens die zichtbaar waren aan de hemel werden met angst en beven gade geslagen. In de Bijbel stonden immers dit soort passages:

24 Visser, *Sinnepoppen* III, p. 34.

25 Bergvelt en Kistemaker, *Wereld binnen handbereik*; Van Gelder, ‘Noordnederlandse verzamelingen’; Idem, ‘Paradijsvogels in Enkhuizen’.

26 Zie b.v. Sliggers en Wertheim, *Op het strand gesmeten*; Van Deursen, *Kopergeld*, pp. 282-285.



Afb. 15. Nicolaas Mulerius publiceerde jaarlijks een populaire almanak. In dit exemplaar, uit 1608, beschreef hij ook de effecten van de komeet van 1607 en stelde hij bovendien eigenhandig een horoscoop op. [Rijksuniversiteit Groningen]

Er zullen tekenen zijn aan zon en maan en sterren, en op aarde radeloze angst onder de volkeren vanwege het bulderen van zee en branding, terwijl de mensen bezwijmen van vrees en angst voor de dingen die over de wereld komen. Want de machten der hemelen zullen wankelen.²⁷

Vandaar ook dat de spectaculaire komeet van 1618 in heel Europa zoveel opschudding veroorzaakte. In ons land publiceerden Willebrord Snellius, Nicolaus Mulerius, de dichter Jacob Cats en vele anderen tractaten waarin ze de mensen oproepen om hun leven te beteren. De versterking van de volmaakte hemelse orde kondigde aan dat God ook op aarde zou ingrijpen en de mensen zou straffen met hongersnood en pest als zij niet zouden overgaan tot boetedoening.²⁸ De precieze aard van kometen was betrekkelijk irrelevant. Evenals andere opmerkelijk natuurverschijnselen als eclipsen, aangespoelde walvissen, monsterlijke geboortes of aardbevingen kon men wel een natuurlijke verklaring geven, maar veel belangrijker dan de aard was de betekenis van het verschijnsel. Zoals Cats dichtte naar aanleiding van de 'Steert-Sterre':

't Is genouch voor ons te weten
 Dat de steerten der Cometen
 Voor gewis ons beelden aff
 Teykens van des Heeren straff.²⁹

Terwijl Mulerius en Snellius voor wat betreft de betekenis van kometen zich in belangrijke mate baseerden op de astrologie, benadrukte Cats dat dit in wezen heidens bijgeloof was. Voor een correcte interpretatie van kometen en andere hemeltekens moest men de Bijbel raadplegen, zo stelde de dichter in navolging van talloze geleerden. Kometen waren tekens van Gods

27 Lucas 21:25-26.

28 Jorink, 'Hemelse tekenen'.

29 Cats, *Aenmerckinge*, p. 71.

Afb. 16 Titelpagina van het pamflet dat Jacob Cats publiceerde over de komeet van 1618. De drie figuren discussiëren over de betekenis van de komeet. Ze concluderen dat dit een teken van God is, welke niet volgens astrologische methodes mag worden geïnterpreteerd. [Den Haag, Koninklijke Bibliotheek]

AENMERCKINGHE
OP DE TEGENWOORDIGE
STEERT-STERRE.
Ende den loop deser tijden so hier als in ander Landen.
Met aenwijfinge vande rechte wetenschap om alle teykenen des Hemels, ende vreemde Geyterten wel ende loffelijck uyt te legghen.



ESA. 51. 22.

So spreekt u heerscher de Heere ende u God die u wreectt : Siet ! ick neme den tuy-
mel-keelck , met t'amen den droefem-des Kelex : mijnder grimmicheydt : ghy en sul-
hem niet meer drincken.

toorn, maar wat er precies in het verschiep lag, was slechts aan Hem bekend. In heel Europa geloofde men al sinds de Oudheid dat er een relatie bestond tussen ongewone hemelverschijnselen en rampspoed op aarde. Iedereen wist dat er een samenhang was tussen de loop van de zon en maan, de getijden en de wisseling van de seizoenen. Ook geloofden veel geleerden dat de sterren en planeten invloed hadden op het wel en wee van de mens. Maar hoever ging die invloed? Kon je uit de sterren aflezen wat er in de toekomst ging gebeuren? Veel geleerden – waaronder Brahe, Kepler en de rechtzin-

nige Mulerius – dachten van wel en stelden gedetailleerde horoscopen op. Anderen, waaronder Cats en de invloedrijke theoloog Voetius, stelden onder verwijzing naar de Bijbel en de kerkvaders dat alleen God de toekomst kende. De mens mocht beslist niet op de troon van de Heer gaan zitten en dus ook niet proberen voorspellingen te doen. Uitrekenen wanneer je het beste op reis kon gaan, handel kon drijven of een kind kon verwekken was godslasterlijk. Kortom, de voorspellende astrologie was in religieus opzicht zeer verdacht. Gaande de zeventiende eeuw werden er steeds meer vraagtekens gezet bij astrologische praktijken, zowel door natuurfilosofen als theologen. Langzaam maar zeker verloor deze vorm van sterrenkunde dan ook haar wetenschappelijk aanzien.³⁰

Geloof en het natuurbeeld

Het voorbeeld van de astrologie, de kometen en de aangespoelde walvisen illustreert hoe nauw aan het begin van de zeventiende eeuw religie en natuurbeeld met elkaar verweven waren. In alles wat er gebeurde zag men de hand van God. Het bijbelse wereldbeeld was het uitgangspunt voor veel natuuronderzoek, en debatten over de ouderdom van de aarde, het copernicaanse stelsel, de aard van de Indianen, en de interpretatie van allerlei natuurverschijnselen werden gevoerd met de Bijbel in de hand. Wie de natuur bestudeerde deed dat niet alleen uit wetenschappelijke interesse of om er geld mee te verdienen. Het was ook een eerbewijs aan God. Vooral protestantse theologen als Melanchthon en Calvijn hamerden hier op. De Hollandse calvinisten geloofden dat het bestaan van God bewezen werd ‘door de scheppinge, onderhoudinge, ende regeeringe der gehele werelt: overmits deselve voor onse oogen is als een schoon boek, in welke alle schepselen, groote ende kleynde, gelijk als letteren zijn’.³¹ Zij geloofden dat de natuur, net als de Bijbel, een boek was van God. Zoals iedere gelovige *zelf* de Bijbel moest lezen, zo moest ook iedereen *met eigen ogen* Gods hand in de natuur ontdekken. De bestudering van de natuur was op alle mogelijke manieren verstrengeld met religieuze ideeën. Dat gold voor boeren en stuurlied die in elke storm, blikseminslag of overstroming de hand van God zagen, maar ook voor geleerden.

Plancius was bijvoorbeeld behalve navigatiedeskundige ook dominee, en berucht om zijn donderpreken. Hij tekende niet alleen zeekaarten, maar probeerde ook de precieze ligging van het Paradijs te reconstrueren. Lansbergen publiceerde niet alleen een verdediging van het heliocentrische stelsel, maar ook een uitleg van de Heidelbergse catechismus waarin hij benadrukte dat de mens het bestaan van God kon afleiden uit diens werken in de natuur. Leidse instellingen als de botanische tuin, het anatomisch theater en de rariteitenkabinetten waren mede bedoeld om de toe-

30 Vgl. Salman, *Populair drukwerk*.

31 *Nederlandse belijdenisgeschriften*, Art. II.

schouwer godsvrucht bij te brengen. De plantkundige Clusius gaf een van zijn boeken het motto mee 'Aan iedere plant heeft God zijn eigen krachten gegeven en iedere plant leert ons Zijn aanwezigheid'.³² Zijn vriend, de Enkhuizer arts en verzamelaar Bernardus Paludanus (1550-1633) merkte over zijn fraaie collectie exotische schelpen op: 'hierin kunnen we de grote diversiteit van de natuur en de bewonderenswaardige almacht van God aanschouwen'.³³

Hetzelfde zien we bij de opkomende tuinarchitectuur. De tuin was bij uitstek het symbool van Gods schepping. De tuinen die vanaf de zestiende eeuw in heel Europa werden aangelegd waren mede bedoeld als herschepping van de Hof van Eden, het verloren Paradijs. Ze verwezen door hun vorm, indeling en beplanting naar het universum. Overal kwamen de elementen aarde, water en lucht terug, terwijl er soms ook vuurwerk werd afgestoken, wat natuurlijk het vierde element vuur vertegenwoordigde. In de Republiek ontstonden eveneens dit soort tuinen.³⁴ De bekendste hiervan is Constantijn Huygens' Hofwijck (1639) bij Voorburg. Zoals veel andere Hollandse dichters bezong Huygens Gods openbaring in de natuur, en in het bijzonder de gevoelens die hij wandelend door zijn eigen tuin had:

... dit Boeck, dit Boeck der Boecken,
Is soo voll ondersoecks, soo voll van soete hoecken,
Als Hofwyck bladeren aen Boom en kruyden telt.³⁵

Net als de Bijbel was de natuur een boek van God. Het bestuderen van het boek der natuur had een religieuze functie. Men kon proberen de natuur te begrijpen (zoals de natuurfilosofen trachtten te doen). Maar ook simpelweg het weergeven van de natuur in rariteitenkabinetten, tuinen, gedichten of op schilderijen riep religieuze gevoelens op. Men hoefde niet gestudeerd te hebben om die boodschap te begrijpen.

Hollandse schilders hadden een ongelooflijke vaardigheid en productiviteit, en in bijna elk Hollands huishouden hingen schilderijen. Wij bekijken nu die schilderijen anders dan men vroeger deed. De landschapsschilderingen, de schilderijen van anatomische lessen, of de vele stillevens met insecten, planten en schelpen lijken ogenschijnlijk vreselijk knappe, zeer realistische weergaven van de werkelijkheid. Maar de zeventiende-eeuwers zagen daar naar alle waarschijnlijkheid ook godvruchtige lessen in.³⁶ We zagen al hoe men overal in de natuur verborgen boodschappen ontdekte, en aan alles een religieuze betekenis gaf. Een bij was niet alleen een insect. Evenmin was een schelp alleen maar een sierlijk voortbrengsel van de zee. Niet voor niets waren emblematabundels van Cats en anderen zo populair in deze tijd. Aan de lezers werd hier uiteengezet hoe zelfs in een grassprietje of een mug een goddelijke betekenis school. Ook wie een gravure of schilderij kocht van een landschap of een stillevens met bloemen, insecten en schelpen haalde een stukje van Gods schepping in huis.

32 Clusius, *Rariorum plantarum historia*.

33 BLF MS Ashburn. 1828.10 f 11/r.

34 De Jong, *Natuur en kunst*; De Jong en Dominicus-van Soest, *Aardse Paradijzen*.

35 Geciteerd in: Van Veen, *Soetichheit*, p. 29. Zie ook: De Vries, *Het Nederlandse hofdicht*.

36 Zie bijvoorbeeld: Segal, *Prosperous past*; Taylor, *Dutch flower painting*, pp. 28-76.



Afb. 17 *Stilleven met hemelglobe, schelpen, vlinders en vogels door K. Lux. Olieverf op paneel, 99 x 95 cm, circa 1650. [Den Haag, Rijksdienst Beeldende Kunst]*

In alle lagen van de samenleving dachten de mensen dus dagelijks na over de natuur en haar geheimen. Meer en meer begonnen de praktische kennis en waarnemingen van uitvinders, ingenieurs en ontdekkingsreizigers door te dringen tot de kring van geleerden. Die tendens was in heel Europa zichtbaar, en zeker ook in de Republiek met zijn dynamische economie en cultuur. Maar tegelijk begon er onrust te ontstaan. Het vertrouwde, overzichtelijke wereldbeeld stond ter discussie. Waarop moest de wetenschap gefundeerd worden, nu bleek dat de Ouden niet alles geweten hadden, en nu de toevloed aan nieuwe ervaringsgegevens nauwelijks meer viel bij te benen, laat staan te interpreteren? Iemand die hier uitgesproken ideeën over had was een Fransman die zich in 1629 in de Republiek vestigde: René Descartes.

4 Descartes en de nieuwe natuurfilosofie

Een nieuwe methode

In de vorige hoofdstukken zagen we de invloed van de klassieke traditie en de ontdekkingsreizen op het veranderende wereldbeeld. In de zeventiende eeuw zag men ook al duidelijk dat er een bepaald verband bestond. De Franse filosoof René Descartes (1596-1650) schreef:

Het omgaan met mensen uit een andere tijd is heel goed te vergelijken met het maken van reizen. Het is belangrijk om iets te weten over de zeden en gewoontes van verschillende volkeren. Je krijgt daardoor een betere kijk op onze eigen gewoontes, en je voorkomt daarmee dat je alles wat anders is dan bij ons belachelijk en dom vindt... Maar zoals je door te veel te reizen op den duur een vreemde deling wordt in je eigen land, zo word je ook, door al te veel belang te stellen in wat er vroeger gebeurde, nooit wijzer ten aanzien van wat er thans gebeurt.¹

Het was duidelijk dat de stroom nieuwe informatie, ervaringsgegevens, artefacten en 'seldsaemheden' het bestaande wereldbeeld ondermijnde. De ontdekking van alternatieve en soms onderling tegenstrijdige theorieën uit de Oudheid, de ontdekking van nieuwe werelden, en de aanvulling van boekenwijsheid met zintuiglijke waarnemingen en praktijkervaring leidde bij veel geleerden tot twijfel. De veilige gedachte dat alles al eens door de Ouden gezegd en geschreven was, klopte niet. De ware wetenschap lag niet verborgen in het corpus van klassieke teksten. De hamvraag was natuurlijk: waar is deze dan wèl te vinden?

De jonge Descartes was vastbesloten deze kwestie op te lossen. Hij was in 1596 in Frankrijk geboren en had een degelijke klassieke opleiding gehad.² Hij was diep onder de indruk van de stormachtige ontwikkelingen aan het begin van de zeventiende eeuw, en kreeg daardoor een grote afkeer van de boekenwijsheid. Hij bewonderde de pogingen van mensen als Bacon om een alternatieve onderzoeksmethode te vinden, maar toch bleef deze aanpak volgens hem lapwerk. Volgens Descartes was de natuurfilosofie van zijn eigen tijd net een huis dat eindeloos verbouwd was. De wetenschap leek op een middeleeuwse stad. Die stad was wel mooi, maar door de regelmatige verwoestingen en uitbreidingen die daar hadden plaatsgevonden verdwaalde de bezoeker meteen. Hoeveel fraaier en overzichtelijker waren gebou-

1 Descartes, *Over de methode*, p. 46.

2 De meest recente biografie over Descartes is Gaukroger, *Descartes*. Een uitstekend overzicht biedt Verbeek, *De wereld van Descartes*.

wen die door één bouwmeester waren ontworpen, of 'die nieuwe, harmonisch aangelegde vestigingen, die in alle vrijheid door een ingenieur mid- den in een vlakke ontworpen kunnen worden'!³

Ook voor de tempel der wijsbegeerte zou zoiets moeten gebeuren en Descartes vond in alle bescheidenheid, dat hij de meest aangewezen architect was voor dit project. Om een nieuwe wetenschap op te kunnen bouwen moest men blanco beginnen. Descartes stelde dat hij alle via zijn opleiding ingeslopen valse informatie en schijnzekerheden kwijt moest raken. Hij moest op reis, om door het contact met de wereld alle boekenwijsheid te vergeten. Pas als hij was teruggeworpen op zichzelf, kon hij op zoek naar de ware wetenschap. Als eerste stap in zijn zoektocht naar de waarheid nam Descartes in 1618 dienst in het leger van prins Maurits. In Breda maakte hij kennis met iemand die veel invloed op hem zou uitoefenen: Isaac Beeckman.

Beeckman (1588–1637) had in Leiden gestudeerd.⁴ Hij was een bekende van Drebbel, Lansbergen, Blaeu en vader en zoon Snellius, en zelf onder andere werkzaam als kaarsenmaker en rector van de Latijnse school in Dordrecht. Beeckman was erg geïnteresseerd in de natuurfilosofie. In zijn dagboek noteerde hij allerlei observaties en originele theorieën. Tijdens zijn leven zijn die niet gepubliceerd, maar de weinig systematisch werkende Beeckman heeft zijn 'Journael' wel aan een select aantal bevriende geleerden laten lezen. Beeckman schreef in november 1618 dat hij in Breda een 'Fransman uit Poitou' had getroffen, met wie hij allerlei natuurfilosofische problemen had besproken. Het contact was voor beiden belangrijk. Beeckman en Descartes stimuleerden elkaar zeer. Eén van de kwesties die ze bespraken was de beweging van voorwerpen, een probleem dat ook Stevin en Galilei al had beziggehouden. Volgens Beeckman vielen objecten niet met een constante snelheid, maar nam tijdens de val de snelheid toe. Samen met Descartes stelde hij de eerste wiskundig geformuleerde beschrijving van de valbeweging op. Dat was iets geheel nieuws: in de aristotelische natuurfilosofie werd geen wiskunde gebruikt om fysische processen te beschrijven.

Na de ontmoeting met Beeckman trok Descartes verder door Europa, nadenkend over de nieuwe wetenschap. Uiteindelijk vestigde hij zich in 1629 in de Republiek, waar hij tot kort voor zijn dood in 1650 zou blijven. Meteen na zijn aankomst legde de zeer tactisch opererende Descartes contacten met een aantal geleerden en invloedrijke personen. Hij bezocht waarschijnlijk de colleges van de wiskundige Metius in Franeker, maakte kennis met diens Leidse collega's Golius en Frans van Schooten junior, en raakte bevriend met de invloedrijke Constantijn Huygens. In de Republiek deed Descartes natuurkundige experimenten, woonde anatomische lessen bij, en schreef zijn filosofische werken.

Descartes' eerste boek zou tijdens zijn leven niet verschijnen. In dit



*Primum inaccessum qui per tot saecula verum
Fuit et tunc longe caliginis umbra
Nudi sagas Naturae, tunc sic carutarum Orbis
Cartesius. Poluit sacros in magno pulvis
Iungere motus artificis pia dextera fano.
Omnia ut ajecerunt quem saecula nulla tacebunt*
CONSTATINI HUYGENI V.

Afb. 18. René Descartes. Gravure van Frans van Schooten jr. (1644), met een loflicht door Constantijn Huygens. [Rijksuniversiteit Groningen]

3 Descartes, *Over de methode*, p. 51.

4 Van Berkel, *Beeckman*.

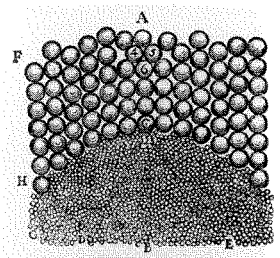
werk, *Le Monde*, zette hij een groots en alomvattend alternatief voor de aristotelische natuurfilosofie uiteen. Opgeschrikt door de veroordeling van Galilei in 1633 besloot hij echter van publicatie af te zien. Niet geheel ten onrechte vreesde Descartes, dat ook zijn werk in katholiek Europa wel eens aanstoot zou kunnen geven. Hij besloot vervolgens zijn ambities tijdelijk wat terug te schroeven, en publiceerde in 1637 in Leiden een drietal scherpzinnige essays over natuurfilosofische en wiskundige problemen, die werden voorafgegaan door een inleiding, getiteld *Discours de la méthode* ('Over de methode').

In deze verantwoording beschreef Descartes zijn lange speurtocht naar het fundament waarop de hele nieuwe wetenschap gebouwd zou moeten zijn. Volgens Descartes bevatten de werken van de Ouden voornamelijk onjuiste informatie. Ook de zintuigen konden de mens bedriegen. Maar waar vond je dan wél een solide basis? Absolute zekerheid was volgens Descartes alleen in de menselijke geest te vinden, in het zuivere en logische denken. De Rede was een geweldig instrument, dat jammer genoeg vaak verkeerd werd gebruikt. De waarheidzoekende mens moest geen boeken lezen, maar letterlijk met een schone lei beginnen. Je moest denken. De mens moest in gedachten alle waarheden en zekerheden betwijfelen, en alle informatie ter discussie stellen. Als alle (waan)ideeën waren afgebroken, hield de mens maar één zekerheid over, namelijk die van zijn eigen bestaan. '*Cogito, ergo sum*', 'ik denk dus ik besta', is de beroemde gedachte die Descartes in dit verband formuleerde. Descartes zei het niet met zoveel woorden, maar suggereerde dat tijdens dit proces van methodische twijfel ook de autoriteit van de Bijbel en het bestaan van God ter discussie gesteld moesten worden.

Het zal duidelijk zijn dat Descartes een radicaal standpunt innam. De Bijbel, de klassieken, en alle inzichten die door ambachtslieden en ontdekkingsreizigers waren aangedragen, waren volgens hem tamelijk nutteloos. Eeuwenoude zekerheden waren illusies. Er was volgens Descartes uiteindelijk één onwrikbaar fundament van kennis: het menselijke denkvermogen. Descartes wordt hierom wel de vader van het rationalisme genoemd. Alleen door te denken kon de mens tot de ware wetenschap komen. Maar men kon niet zo maar wat waanideeën verkondigen. Alleen met ideeën die volgens Descartes 'helder en welonderscheiden' waren kon men iets beginnen. Het ideaal dat Descartes voor ogen stond was de wiskunde en de wiskundige redeneertrant. Allereerst moest een onwrikbaar uitgangspunt worden gevonden, van waaruit verder gedacht kon worden. Dat uitgangspunt was volgens Descartes de zekerheid van ieder mens dat hij bestond. Vanuit dit *apriori* kon de mens proberen ingewikkelder zaken te begrijpen. Pas in deze fase kon ervaringskennis nuttig, en soms zelfs onmisbaar worden.

Wat voor de filosofie als geheel gold, gold ook voor de natuurfilosofie. Natuurkundige problemen moesten tot hun essentie worden terugge-

bracht. Tussen alle natuurverschijnselen moest een logisch en begrijpelijk verband bestaan. In de aristotelische traditie hadden alle individuele dingen en processen een eigen oorzaak, een eigen vorm en een eigen doel. De loop van de hemelen, de groei van bomen, de val van stenen en de verschijning van kometen hadden allemaal hun eigen ingelegde oorzaken. Volgens Descartes moest de mens echter niet proberen elk afzonderlijk geval of iedere individuele entiteit te verklaren, maar alle verschijnselen proberen te herleiden tot één hoofdoorzaak. Het verzamelen van rariteiten en spelingen van de natuur was volgens Descartes volkomen zinloos. Eindeloze opsommingen in de geest van Gesner of Aldrovandi, waarbij alle beschikbare informatie over een bepaalde zaak werd opgesomd om tot een goed begrip van de essentie te komen, werden door Descartes verworpen. Het enige dat telde was de vraag wat de achterliggende regels en principes van een bepaald verschijnsel waren. De essentie lag louter in de materiële verschijningsvorm en structuur. De wereld werd volgens Descartes niet gestuurd door occulte krachten, maar door *natuurwetten*.



Afb. 19. Volgens Beeckman en Descartes was het universum niet opgebouwd uit vormeloze elementen, maar uit kleine, harde deeltjes van verschillende grootte. Uit: Descartes, *Principia philosophiae* (1644). [Rijksuniversiteit Groningen]

Materiedeeltjes en natuurwetten

Descartes wilde het hele aristotelische systeem opblazen en vervangen door een stelsel van eigen ontwerp. In de *Essays* liet hij zien hoe hij dankzij de rationele, wiskundige methode uiteenlopende fysische verschijnselen kon verklaren. Met behulp van een mathematische benadering verklaarde Descartes onder andere de regenboog en de breking van licht. In zijn essay over de geometrie behandelde Descartes als eerste meetkundige problemen volgens de algebraïsche methode, en het boek wordt daarom wel beschouwd als het begin van de moderne wiskunde.

De essays waren uitermate belangrijke werken, maar hadden betrekking op deelgebieden van de wiskunde en fysica. In zijn *Principia philosophiae* ('Grondslagen van de [natuur]filosofie', 1644) presenteerde Descartes een alomvattend verklaringsmodel voor de *hele* natuur. De ijdele en egocentrische Descartes deed het voorkomen alsof hij dankzij zijn eigen zuivere denken tot de oplossing van het wereldraadsel was gekomen. Maar in werkelijkheid ontleende hij veel aan Beeckman, in wiens 'Journael' hij inzage had gehad. De introverte Beeckman had zich tevreden gesteld met het noteren van gedachten en observaties, zonder zich te bekommeren om de publicatie hiervan, en verdween dientengevolge vrij snel in de vergetelheid. Descartes daarentegen wist, dankzij zijn boeken, zijn beheersing van de retoriek en zijn internationale netwerk, in korte tijd een enorm draagvlak voor zijn opvattingen te creëren.

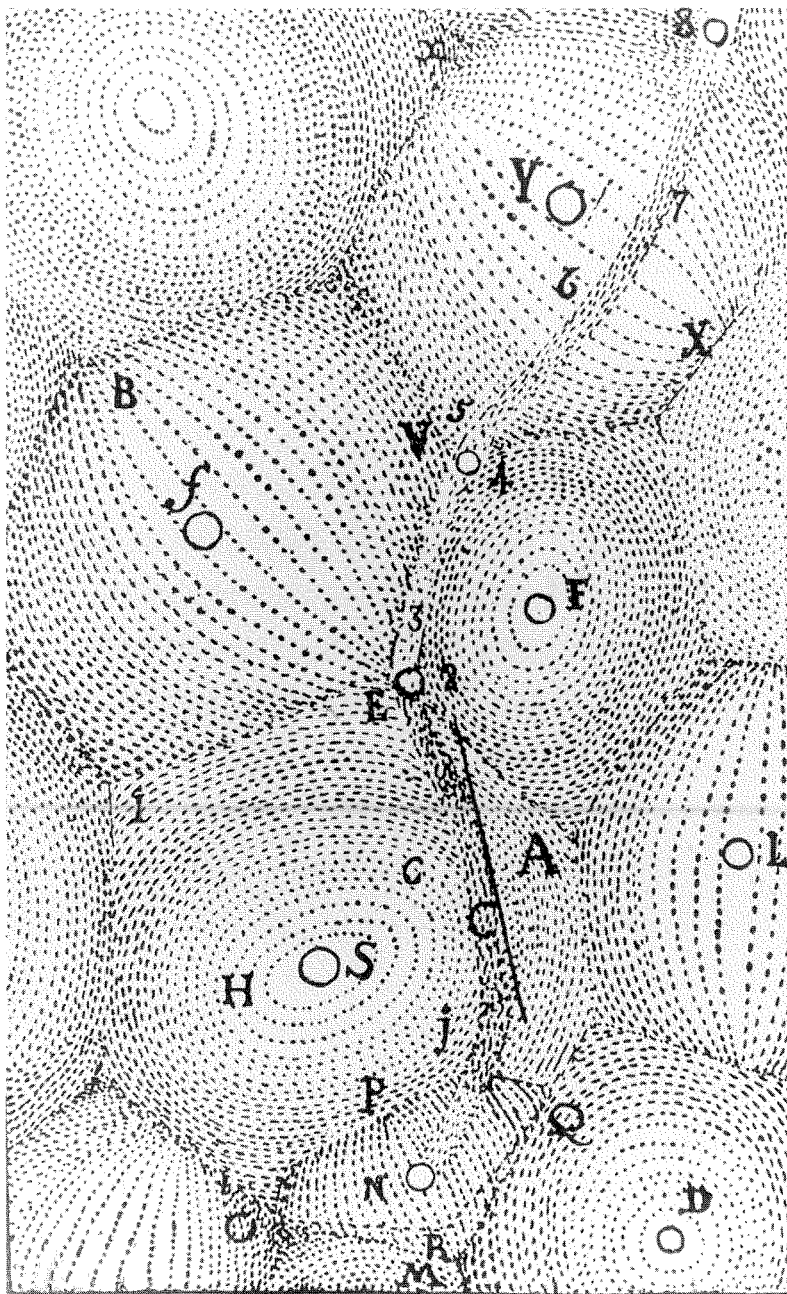
In de jaren vóór de eerste ontmoeting tussen Descartes en Beeckman in 1618 had deze laatste al een alomvattend alternatief bedacht voor de

aristotelische natuurfilosofie. Beeckman geloofde niet in het bestaan van de vier, op zich vormeloze, elementen. Ook verwierp hij verklarende principes als 'ingelegde krachten' en 'aangeboren neigingen'. Volgens hem bestond het hele universum uit kleine harde deeltjes (corpuskels) die van verschillende vorm en grootte waren. Alle processen in de natuur vielen te verklaren door de onderlinge botsing van deze onzichtbare deeltjes. Volgens Beeckman gold in de natuur slechts het principe van druk-en-stoot, en zijn wereldbeeld wordt daarom wel 'mechanistisch' genoemd. Het heelal was een soort groot poolbiljart, waarin door onderling fysiek contact van de afzonderlijke deeltjes allerlei processen tot stand kwamen. Een mooi voorbeeld is de val van voorwerpen. We zagen al hoe Aristoteles dit verklaarde met begrippen als 'natuurlijke neigingen', enzovoort. Beeckman verwierp deze visie. De zwaarte van objecten werd volgens hem niet veroorzaakt door het streven van een steen om zijn natuurlijke plaats op te zoeken, maar door materiedeeltjes die van bovenaf op het voorwerp botsten, en het naar beneden drukten.

Bovendien filosofeerde Beeckman door over het probleem 'beweging'. De aristotelici probeerden dit verschijnsel te verklaren door te stellen, dat voorwerpen zich normaal gesproken in *nust*, op hun natuurlijke plaats, zouden bevinden. Beeckman vond dit een fout antwoord op een verkeerd geformuleerd probleem. Hij deed iets wat recht tegen onze intuïtie ingaat. Hij draaide de kwestie namelijk om, en nam niet de *stilstand* maar de *beweging* van een object als uitgangspunt. Beeckman vroeg zich af waarom een voorwerp überhaupt zou stoppen met bewegen. Niet de beweging, maar het stoppen hiervan was datgene wat verklaard moest worden. In een ideale toestand (dus zonder wrijving) zou een eenmaal in beweging gebracht object simpelweg volharden in zijn beweging. Of, zoals Beeckman in 1613 in zijn 'Journael' schreef: 'Dat eens roert, roert altyt, soo 't niet belet en wort'.⁵ Dit door Beeckman als eerste geformuleerde traagheidsbeginsel is één van de grondslagen van de moderne fysica. Het was een totale breuk met de klassieke natuurfilosofie.

Descartes nam veel van Beeckmans ideeën over. We zagen al hoe ze samen een wiskundig geformuleerde valwet opstelden. Maar er was meer. Ook volgens Descartes bestond het hele universum uit onzichtbare deeltjes in beweging. Alle fysische processen konden louter worden verklaard door de druk en stoot van deze materie. Het hele universum was volgens Descartes gevuld met wervelende en kolkende materiedeeltjes van verschillende grootte. Een groot probleem was te verklaren hoe al deze corpuskels samen niet een woeste chaos opleverden, maar een geordend heelal. Descartes loste het probleem als volgt op. God had volgens hem een allesoverheersende macht. Volgens Descartes botsten de deeltjes niet op toevallige wijze, maar gehoorzaamden zij aan een door God gegeven *natuurwet*.

5 Beeckman, *Journael* I, p. 44.



Afb. 20. Volgens Descartes bestond het hele universum uit materiedeeltjes in beweging. Hier wordt de baan van een komeet voorgesteld als een samenklontering van materie, die tussen de planeten door wordt gestuwd. Afbeelding uit R. Descartes, Principia philosophiae (1644). [Rijksuniversiteit Groningen]

Descartes formuleerde als eerste dit voor de moderne natuurkunde zo cruciale concept.⁶ De natuurwetten waren geen toevallige regels, maar vormden de sleutel tot alle geheimen van Gods schepping. Natuurwetten waren geen ervaringsregels of willekeurige wiskundige verbanden. Het waren door God opgestelde regels waaraan alles in het heelal gehoorzaamde. Ze konden door de mens alleen maar via logisch denkwerk afgeleid worden. Descartes schreef dat hij zelf de drie hoofdwetten had weten te achterhalen. De belangrijkste hiervan was regelrecht overgenomen van Beeckman: 'Elk materiedeeltje volhardt in zijn toestand zolang het niet wordt gedwongen door een uitwendige oorzaak.' Uit zijn hoofdwetten leidde Descartes zeven botsingsregels af, door middel waarvan *alle* processen in het heelal konden worden verklaard.

Volgens Descartes was het hele universum eigenlijk één groot, mechanisch uurwerk, waarvan alle onderdelen in onderling contact stonden. De kosmos was een enorme klok. Beweging en verandering werden verklaard door middel van druk en stoot tussen de verschillende delen. Het bij Aristoteles zo cruciale onderscheid tussen bovenmaanse en ondermaanse fysica, alsmede tussen planten, dieren en mensen kwam bij Descartes te vervallen. *Alles* gehoorzaamde *overal* aan *dezelfde* wetten. Het heelal was in essentie één groot planetarium, terwijl planten en dieren niets anders dan automaten waren. Ook het menselijk lichaam was een machine. Het enige verschil met dieren was dat de mens een ziel, gevoel en – bovenal – denkvermogen had.

Het verschil tussen de traditionele natuurfilosofie van Aristoteles en de nieuwe mechanistische filosofie van Descartes werd later glashelder uiteengezet door de Fransman Bernard de Fontenelle. De natuur was volgens hem een theater. Stel, zo zei Fontenelle, dat we kijken naar een voorstelling over de vlucht van Phaëton (een mythische, overmoedige held die voor één dag met de zonnewagen door de hemel mocht rijden). Op een gegeven moment zien de toeschouwers Phaëton met zijn wagen wegvliegen. De aristotelici in de zaal zullen zeggen dat de held van het podium opstijgt omdat hij wordt gedreven door een verborgen kracht, of door een sympathie voor het dak van het theater. Maar de cartesianen zeggen dat Phaëton wordt opgetakeld aan een koord dat via een aantal katrollen is bevestigd aan een contragewicht.⁷

Gelijktijdig met Fontenelle keek Christaan Huygens terug op Descartes, die hij als kind via zijn vader Constantijn wel eens had ontmoet:

Wat toen deze filosofie naar buiten kwam erg aansprak was, dat men begreep wat Descartes zei. Dit in tegenstelling tot de volkomen onbegrijpelijke taal van andere filosofen, die spraken over kwaliteiten, substantiële vormen, intentionele soorten en zo meer. Radicaler dan iemand vóór hem heeft Descartes al dit onzinnige gebeuzel verworpen. Maar wat vooral voor zijn filosofie pleit is dat hij niet is blijven steken in afkeer van het oude. Hij heeft alles durven vervangen door begrijpelijke oorzaken voor alles wat in de natuur bestaat.⁸

6 Vermij, 'Een nieuw concept'.

7 Fontenelle, *Entretiens*, p. 19.

8 *OCCH X*, p. 399.

Anders geformuleerd: Descartes forceerde een radicale breuk met het verleden. Hij verwierp het idee dat er nog iets uit de antieke en christelijke geschriften viel te leren. De mens moest vertrouwen op zijn eigen denkvermogen en de blik vooruit wenden.

Debatten over Descartes

Geprikkeld door de uitgekookte wijze waarop Galilei zijn ideeën propageerde en gewaarschuwd door de wijze waarop de Italiaan uiteindelijk zijn hand had overspeeld, had Descartes al ruimschoots voor de publicatie van zijn *Essays* en het *Discours* in binnen- en buitenland de kansen voor zijn filosofie gepeild. Toen het werk uiteindelijk in 1637 verscheen, stuurde hij presentemplaren door heel Europa. De reacties waren redelijk positief. Veel geleerden zagen in Descartes, net zoals in Bacon, een vernieuwer van de wetenschap. In Nederland werd Descartes verdedigd door zijn vriend Henricus Regius, hoogleraar medicijnen in Utrecht. Regius besprak direct na het verschijnen het *Discours* op zijn colleges, en verdedigde een aantal stellingen van Descartes. De Utrechtse universiteit was zodoende de eerste ter wereld waar de revolutionaire natuurfilosofie werd onderwezen. In 1643 kreeg Utrecht een tweede wereldprimeur: de cartesianse filosofie werd officieel verboden. Wat was er in de tussentijd gebeurd?

Regius' verdediging van de nieuwe filosofie veroorzaakte ongekend veel opschudding.⁹ Veel geleerden zagen in het cartesianisme een dodelijk gevaar voor het traditionele christelijk-aristotelische stelsel, en niet geheel ten onrechte. Het protest werd geleid door de invloedrijke Gisbertus Voetius (1589-1676), die behalve hoogleraar theologie in Utrecht ook predikant en de voorman van de Nadere Reformatie was. Met veel vuur verdedigde Voetius Aristoteles tegen de aanvallen van Descartes en Regius. Het gevolg was een knallende ruzie, die in de collegezalen, vanaf de kansel, in boeken en pamfletten werd uitgevochten. Descartes en Regius beschuldigden Voetius van achterlijkheid, volksverlakkerij en machtsmisbruik. Voetius en diens leerling Martinus Schoock verweten op hun beurt Descartes en Regius dat zij godslasterlijke en maatschappij-ondermijnende ideeën verkondigden. In deze filosofische twist werd schaamteloos op de man gespeeld. In een brief aan het stadsbestuur van Utrecht klaagde Descartes erover dat Voetius hem een 'godloos mensche oft *atheist*' noemde en dat de theoloog deze beschuldiging als een 'vergift overal in dese lantschappen uitstrooide'.¹⁰ Colleges en disputaties eindigden in knetterende ruzie, studenten en professoren gingen met elkaar op de vuist, en om erger te voorkomen werd er een verbod afgekondigd op het dragen van wapens in de collegezaal. De strijd rond het cartesianisme was een van de heftigste debatten die in de zeventiende-

9 Ook over deze kwestie is veel gepubliceerd. De belangrijkste titels zijn: Verbeek, *Querelle d'Utrecht*; Idem, *Descartes and the Dutch*; Van Ruler, *Crisis of casuality*.

10 Bos (ed.), *Verantwoordingh*, p. 78.

eeuwse Republiek werden gevoerd, en zou tot aan het eind van de eeuw duren. Het conflict had uitstraling naar heel Europa en zou de verhouding tussen geloof en natuurwetenschap drastisch veranderen.

Het werk van Descartes bevatte voor de theologen veel om zich over op te winden. Tot dan toe was de filosofie een ondersteuning van de theologie. Filosofie werd in het propedeutische jaar onderwezen; theologie was de hoogste discipline. De mens moest Gods schepping bewonderen en uitleggen; hij moest niet proberen deze te doorgronden. De traditionele verhouding tussen geloof en natuurwetenschap werd door de Leidse theoloog Du Bois kernachtig als volgt omschreven: 'De Philosophie is maer een dienaar van de Theologie; de dienaar nu moet swijghen daer de vrouwe spreeckt'.¹¹ Gods schepping werd volgens de gangbare opinie beheerst door verborgen krachten en bevatte talloze geheimen. Wat de theologen betrof moest dat vooral zo blijven.

Maar Descartes stelde dat in principe *alles* kenbaar was voor de rede. Met zijn methodische twijfel stelde hij volgens de rechtzinnige Voetius het bestaan van God ter discussie. Zijn deeltjestheorie en natuurwetten legden een bom onder het scheppingsverhaal uit Genesis. Descartes moest niets hebben van de symbolische betekenis die aan allerlei natuurverschijnselen werd gegeven. Het cartesische beeld van de schepping-als-uurwerk was volgens de theologen onverenigbaar met het geloof in de constante zorg en aanwezigheid van God. Descartes wilde geloof en wetenschap van elkaar scheiden, en bakende een eigen onderzoeksgebied en eigen methode voor de natuurfilosofie af, los van de theologie. Dat was voor de godgeleerden al verontrustend genoeg. Maar nog erger was dat het geloof ondergeschikt dreigde te worden gemaakt aan de rede.

Voetius verkondigde dan ook met een stortvloed aan bewijzen uit de Bijbel, klassieke filosofen en eigentijdse commentatoren dat Descartes' filosofie levensgevaarlijk was. Heel duidelijk zien we hier de kern van het conflict: het beroep op autoriteit.¹² Voetius beriep zich op de autoriteit van de Bijbel en de geschiedenis. Descartes erkende alleen zijn eigen denken als bron voor alle wijsheid. Volgens Voetius bracht Descartes alle traditionele geloofswaarheden in gevaar: hij ontkende het geloof in de menswording van Christus, de bijbelse wonderen, en het bestaan van de duivel. Tegen Descartes in verdedigde Voetius dat dieren gevoel hadden, en dat de aarde stilstond.

Vooral dit laatste is interessant. Tot dan toe was er in de Republiek nauwelijks gedebatteerd over het copernicanisme, aangezien de praktisch ingestelde sterrenkundigen zich niet erg interesseerden voor de religieuze consequenties van het nieuwe stelsel. Nu onder invloed van de discussie over de relatie tussen theologie en natuurfilosofie de godgeleerden zich met het heliocentrisme gingen bemoeien, werd het een splijtzwam van de eerste orde.¹³ Talloze boeken, brochures en preken werden hieraan gewijd, en het debat duurde decennia lang; nog in 1750 werd in Utrecht een dis-

11 Du Bois, *Naecktheyt*, p. 10.

12 Van Ruler, 'Muilezels'.

sertatie tegen het copernicanisme verdedigd. De hele discussie ging eigenlijk niet om inhoudelijke, sterrenkundige problemen. De kern was één duidelijke vraag: wie heeft het laatste woord, de theologen of de filosofen? Wat heeft de hoogste autoriteit: een letterlijke interpretatie van de Bijbel, of een die in overeenstemming is met natuurwetenschappelijke inzichten? Volgens Voetius *cum suis* had de Bijbel het laatste woord, volgens de cartesianen de menselijke rede.

Echter, de discussie draaide niet alleen om de theologie. Voetius' leerling Martinus Schoock wees op een ander probleem van Descartes' filosofie. De kleurrijke Schoock was hoogleraar filosofie in Groningen, en schreef onder andere geleerde boeken over het Niets, de geschiedenis van het bierbrouwen, de gevaren van atheïsme, de Rattenvanger van Hamelen, de techniek van het turfsteken en de afkeer van kaas. In 1643 publiceerde hij een boek waarin hij vlijmscherpe kritiek op Descartes leverde, de *Admiranda methodus novae philosophiae*. Descartes zette volgens Schoock alle bestaande kennis overboord en ontkende de waarde van zintuiglijke ervaring. Descartes had een blind vertrouwen in de rede. Had dan niet iedereen een vrijbrief om elk willekeurig hersenspinsel tot absolute waarheid te verheffen?! Kennis lag volgens Schoock mede verankerd in ervaring en traditie, en kon niet zomaar uit het niets ontstaan.

Er zat natuurlijk wel iets in Schoocks kritiek. Maar deze argumenten waren niet aan Descartes besteed, die aan alles en iedereen twijfelde behalve aan zichzelf. Schoocks scherpzinnige analyse werd bovendien overstemd door vreselijke scheldpartijen en verdachtmakingen. Bovendien kreeg het debat een politieke lading. Voetius was bang dat de nieuwe filosofie de maatschappelijke orde zou bedreigen. Descartes zocht steun bij zijn invloedrijke politieke vrienden. Voetius was volgens hem een oproerkraaiër die het volk ophitste tegen waarheidsliebende filosofen en hij eiste dat er gepaste maatregelen tegen de theoloog genomen zouden worden. Maar de Utrechtse bestuurders, die als de dood waren voor onrust, keken wel uit om openlijk partij te kiezen voor Descartes. In plaats daarvan deden zij schijnbaar het tegenovergestelde. Om rust te brengen, verboden zij in 1643 het spreken over Descartes, en bevestigden zij het monopolie van de aristotelische wijsbegeerte. Zij grepen hiermee terug op de goede Nederlandse traditie om iets controversieels officieel te verbieden, om het vervolgens oogluikend toe te laten. Dankzij deze houding groeide de Republiek in de zeventiende eeuw uit tot wereldcentrum van de boekdrukkunst. Boeken die elders verboden waren konden hier openlijk worden gedrukt en verhandeld. Als er al te veel kritiek kwam, dan werden voor de vorm wat boeken in beslag genomen of werd de drukker beboet. Ondertussen ging de handel gewoon door.

Het verbod om op colleges over Descartes te spreken moet dan ook tegen deze achtergrond worden gezien. Maar de Fransman had geen begrip

voor het Nederlandse gedoogbeleid. Op hoge toon bleef hij eisen dat er harde maatregelen genomen zouden worden. Toen dat niet gebeurde verliet hij in 1649 ons land, werd als privédocent van de Zweedse koningin Christina aangesteld, en bezweek binnen enige maanden aan de gevolgen van een longontsteking.

Met Descartes' vertrek was de rust overigens niet weergekeerd. Tot aan het einde van de zeventiende eeuw werd er zowel binnen de Nederlandse universiteiten als daarbuiten heftig gediscussieerd over de nieuwe filosofie. De cartesianen stelden zich over het algemeen tactisch op, en lieten veelal de voor theologen zo aanstootgevende metafysische kwesties rusten. Ondanks – of juist dankzij – alle tumult, won de nieuwe natuurfilosofie steeds meer terrein. De nieuwlichters combineerden Descartes' ideeën veelal met klassieke en eigentijdse inzichten, en schotelden de nieuwe filosofie aldus in aangepaste vorm aan de studenten voor.¹⁴ Door het onbesuisde optreden van sommige professoren kwam het ook in Leiden een paar keer tot een verbod om over Descartes te spreken, en werd in 1676 de stokoude professor Heidanus zelfs ontslagen. Maar eigenlijk was dit niets anders dan een betrekkelijk loos gebaar om het rechtzinnige deel der natie tevreden te stellen. Tekenend voor de werkelijke verhoudingen is het feit, dat de curatoren zich genoodzaakt zagen de eis uit te vaardigen, dat professoren die de 'oude peripathetische [aristotelische] Philosophie' onderwezen niet 'door eenigh *membra Academiae* beschimt, bespott ofte mishandelt souden werden'.¹⁵ Tegenover de ontslagen cartesiaan Heidanus stond de aristotelicus De Vries, die in 1678 vrijwillig de wijk nam naar Utrecht, omdat hem doorlopend met gejoel en trompetgeschal het spreken onmogelijk werd gemaakt. De *status quo* werd duidelijk gekenschetst door de eis van de curatoren dat de 'Philosophie van de Theologie nauwkeurig blijve gesepareert'.¹⁶

De filosofie van Descartes was in theorie een complete breuk met het verleden. Volgens Descartes konden alle klassieke werken ongelezen blijven, moesten de zintuigen gewantwoord worden, en kon de mens in eerste instantie door middel van de *rede* tot de ware wetenschap komen. Klassieke verklaringsmodellen als 'verborgen krachten' en 'werking op afstand' werden vervangen door de klok-metafoor. De mechanistische natuurfilosofie van Descartes kreeg in heel Europa veel invloed, maar had in Nederland zijn eerste aanhangers. Misschien nog belangrijker dan Descartes' theorieën op zich, was het feit dat de natuurfilosofie zich geleidelijk aan losmaakte van de theologie. Tot halverwege de zeventiende eeuw werd het tot de taak van de natuurfilosofie gerekend om de bijbelse voorstellingen over de wereld te ondersteunen. Door Descartes veranderde dat. Onder luid rumoer pakte de dienstmaagd haar boeltje, en begon een deur verderop haar eigen huishouden.

14 Een uitvoerig overzicht geeft Thijssen-Schoute, *Nederlands cartesianisme*.

15 Molhuysen, *Bronnen* III, p. 292.

16 *Ibid.*

5 De wereld als uurwerk

Veranderingen in de geneeskunde

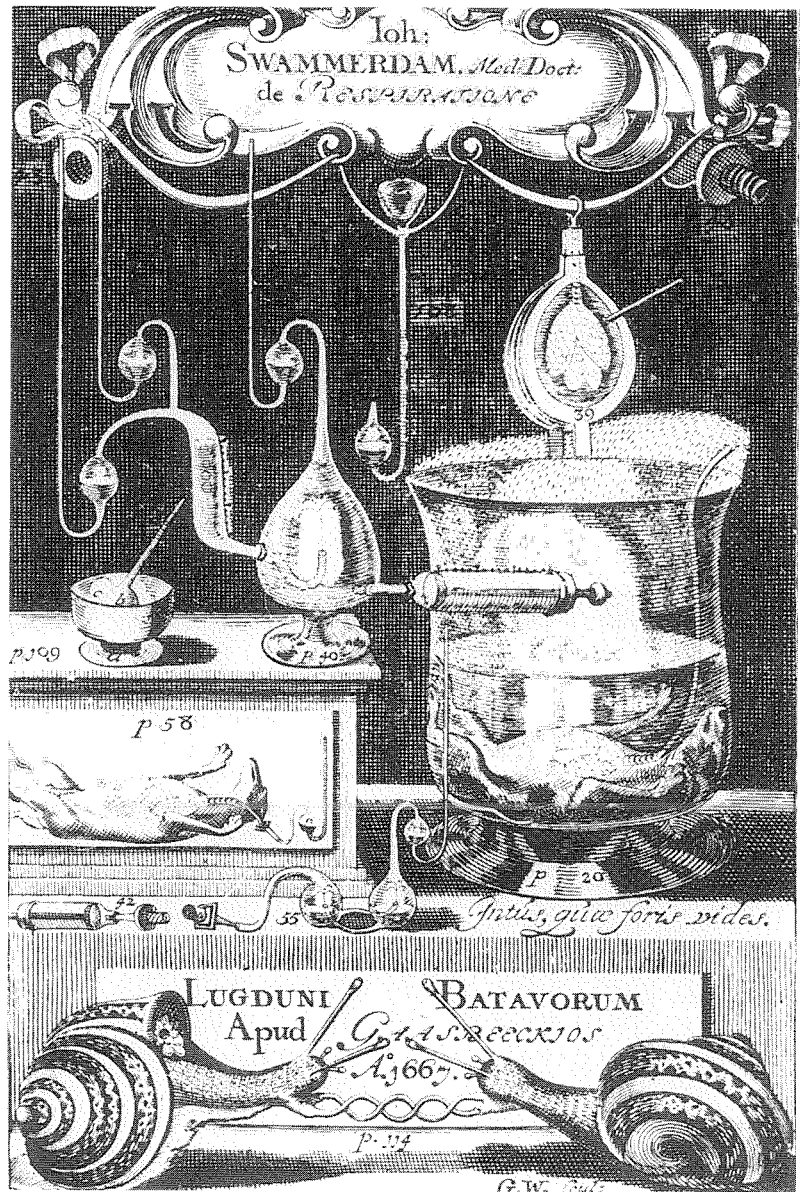
Descartes verliet de Republiek, omdat hij vond dat hem groot onrecht was aangedaan. Maar was dat terecht? Eigenlijk niet. Descartes had een enorme invloed, ondanks alle tumult en ondanks het verbod om tijdens colleges zijn naam te noemen. Dankzij Descartes werd het nieuwe, mechanistische wereldbeeld erg populair. Bovendien werden in het kielzog van het cartesianisme ook andere nieuwe natuurfilosofische ideeën in de Republiek geïntroduceerd.

Een voorbeeld hiervan is het debat over de bloedsomloop. De Engelsman William Harvey (1578-1657) had in de jaren 1620 beweerd, dat de theorie van Galenus over de beweging van het bloed onjuist was. Volgens Galenus was de lever het belangrijkste orgaan van het menselijk lichaam. Daar werd volgens hem het bloed gevormd uit voedsel, en vandaar uit bewoog het met eb-en-vloed-achtige bewegingen door de aderen, om vervolgens in de organen verbruikt te worden. Harvey verwierp deze theorie. Aangemoedigd door de baanbrekende anatomische ontleding van Vesalius was hij zelf op onderzoek uitgegaan en had de stelling geponeerd dat niet de lever, maar het hart het orgaan was waar alles om draaide. Volgens Harvey werd een constante hoeveelheid bloed vanuit het hart het lichaam rondgepompt. Harvey publiceerde zijn theorie in *De motu cordis* ('Over de beweging van het hart', 1628). Net als het copernicanisme zette ook deze theorie de traditionele opvattingen op zijn kop, en Harvey veroorzaakte dan ook in medisch Europa veel opschudding. In de Republiek werd zijn theorie aanvankelijk maar door een handjevol geleerden gedeeld, onder wie Isaac Beeckman. De grote doorbraak kwam pas onder invloed van het cartesianisme.

De theorie van de bloedcirculatie paste namelijk uitstekend in de cartesiaanse conceptie van het menselijk lichaam-als-machine. Geen wonder dat Descartes de ontdekking van Harvey, voorzien van enige aanpassingen, aanvoerde als een bewijs van zijn eigen gelijk. In het *Discours* zette Descartes zijn versie van de circulatietheorie uiteen, en deze werd al snel aan de Nederlandse universiteiten verdedigd. Ook hier liep de Republiek voorop in Europa.¹ Met name de inmiddels beroemde medische faculteit

¹ Lindeboom en Lieburg, *Geschiedenis der geneeskunde*, pp. 140-148 French, 'Harvey in Holland'.

Afb 21. Titelpagina van J. Swammerdam, De respiratio-
ne (1667). Geïnspireerd door
de cartesiaanse gedachte dat ook
de ademhaling een mechanisch
proces was, verrichtte Swammer-
dam proeven met dieren. [Rijks-
universiteit Groningen]

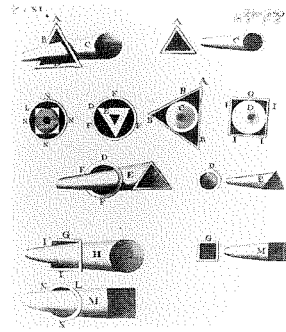


van de Leidse Academie speelde hierbij een belangrijke rol. De eerste die hier Harvey verdedigde was de medicus Franciscus dele Boë, Sylvius (1614-1672), een van Europa's beroemdste medici, die volle collegezalen trok en die talrijke volgelingen kreeg. Zijn hoorcolleges werden ondersteund met visites aan patiënten en met anatomische lessen, waarin hij ook de omloop van het bloed demonstreerde met behulp van proeven op levende dieren.

Descartes had geschreven dat dieren mechaniekjes waren die geen gevoel hebben: het geluid dat ze maakten als je ze aanraakte of sloeg was te vergelijken met het luiden van een klok. Deze overtuiging was een flinke prikkel voor het doen van tamelijk wrede experimenten. In 1663 deed bijvoorbeeld Sylvius' leerling Jan Swammerdam, geïnspireerd door de gedachte dat ook de ademhaling een mechanisch proces was, proeven met honden. Door dit soort experimenten nam de kennis van de anatomie flink toe.

Maar betekende dit nu, dat dankzij het cartesianisme binnen korte tijd alle medische en anatomische vragen waren beantwoord? Nee. Net als het aristotelisme was ook het cartesianisme een systeem dat vanuit een aantal tamelijk speculatieve vooronderstellingen het wereldraadsel probeerde op te lossen. Het uitgangspunt was een theorie. Als er dan ook nog zintuiglijke waarnemingen waren die hiermee in overeenstemming waren, dan was dat mooi meegenomen maar niet strikt noodzakelijk. Dat gold ook voor de medische wetenschap. Uitgaande van een aantal 'helder en welonderscheiden' vooronderstellingen verkondigden cartesianen soms de meest ingenieuze ideeën, die op zichzelf misschien allemaal wel logisch in elkaar zaten, maar vaak weinig binding hadden met de empirie.

Een goed voorbeeld van deze houding toont Sylvius. Hij wordt gezien als de belangrijkste vertegenwoordiger van de zogenaamde iatro-chemische of iatro-mechanische school. Uitgaande van ideeën van Paracelsus en Descartes verwierpen de vertegenwoordigers van deze stroming de klassieke ideeën over de leer van de vier elementen en lichaamssappen. In plaats hiervan zag men het menselijk lichaam als een ingewikkeld buizenstelsel, als één groot chemisch laboratorium. Ziektes werden nu verklaard door de vorm, stroming, druk en chemische reactie van kleine deeltjes in het bloed. Sylvius' theorieën hadden een enorme invloed en het is dan ook aan hem te danken dat in 1669 in Leiden een chemisch laboratorium werd opgericht. Volgelingen van Sylvius, zoals de Leidse hoogleraar Theodoor Craanen of de veelschrijvende Amsterdamse arts Stephan Blankaart, borduurden verder op deze inzichten. Aan het eind van de zeventiende eeuw, toen het cartesianisme langzaam maar zeker aan invloed verloor, boette ook de iatro-chemie in aan gezag.²



Afb. 22. Cartesianen verklaarden ziektes met behulp van de deeltjes-theorie. Scherpe deeltjes zouden 'zuur' van aard zijn en voor allerhande ziekteverschijnselen zorgen. T. Craanen, *Tractatus medico physicus* (1689). [Rijksuniversiteit Groningen]

2 Lindeboom en Lieburg, *Geschiedenis der geneeskunde*, pp. 148-154; Luyendijk-Elshout, 'Craanen'; Beukers, 'Mechanistische principes'; Van Ruler, 'Medical science'.

Descartes had niet alleen veel invloed op de medische wetenschap, maar ook op de fysica. Uitgaande van de mechanistische theorie konden de cartesianen alle mogelijke natuurverschijnselen onder en boven de maan verklaren. Zo geloofde men, dat de zwaarte van materie werd veroorzaakt door de neerwaartse druk van deeltjes en dat de beweging van eb en vloed werd veroorzaakt, doordat door de draaiing van de maan hemelse materiedeeltjes verplaatst werden. Deze deeltjes drukten op hun beurt weer de waterdeeltjes van de zee omhoog en omlaag. Sterren, planeten en kometen waren niets anders dan samenklontering van materiedeeltjes.

Cruciaal in dit verband is, dat de cartesiaanse natuurfilosofie een fysische onderbouwing gaf voor het copernicaanse stelsel. Zoals we in de vorige hoofdstukken zagen, werd de heliocentrische theorie doorgaans beschouwd als een wiskundige hulpconstructie. Om theologische en natuurfilosofische redenen werd de gedachte dat dit een fysische werkelijkheid was verworpen. Deze twee bezwaren werden door de cartesianen bestreden. Allereerst bevochten zij – met veel tumult – een eigen domein op de godgeleerden. Ten tweede leverden cartesiaanse concepties over de bouw van het heelal, de materie en het probleem van beweging, in tegenstelling tot de aristotelische theorie, wél een natuurkundige ondersteuning van copernicaanse hypothese. Cartesianisme en copernicanisme gingen hand in hand. Vanuit de cartesiaanse visie op het heelal was de aardbeweging geen hypothese, maar een natuurkundige werkelijkheid. Cartesiaanse hoogleraren hingen dan ook veelal het copernicanisme aan, dit zeer tot ongenoegen van veel theologen. Ondanks waarschuwingen van de kant van de curatoren van verschillende universiteiten, ontstonden er veelvuldig conflicten over de aardbeweging. De aanvankelijk louter academische discussie werd een waar publiek debat door een pamflet van de Utrechtse cartesiaan Lambertus Velthuyzen, dat verscheen in de volkstaal, *Bewys dat het gevoelen van die genen, die leren der sonne stilstand, en des aertrycks beweging niet strydich is met Gods woort* (1655). Een langdurige en zeer vinnige polemiek tussen cartesianen en voetianen volgde, waarbij het niet alleen draaide om fysische argumenten, maar vooral om de verhouding tussen Bijbel en natuurfilosofie.³

Een van diegenen die openlijk het cartesianisme en copernicanisme verdedigde was Johannes de Raey (1622-1707), achtereenvolgens hoogleraar in Leiden en Amsterdam.⁴ Hij trok talloze studenten en mede dankzij zijn onderwijs werd een hele generatie studenten grootgebracht met het cartesiaanse wereldbeeld. De Raey nam alle natuurkundige verklaringen van Descartes over, maar maakte verder geen woorden vuil aan diens aanstootgevende metafysische ideeën. De natuurfilosofie zoals die aan de universiteiten werd onderwezen werd hoe langer hoe meer een zelfstan-

³ Vermij, 'Copernicanisme'.

⁴ Ruestow, *Physics*, pp. 61-72.

dige discipline, die zich losmaakte van de godgeleerdheid. Door het onderwijs en de handboeken van De Raey en anderen werd het nieuwe, mechanistische beeld van de natuur zeer populair. De colleges bleven even theoretisch als vroeger, maar jonge natuuronderzoekers stortten zich vol zelfvertrouwen op het werelddraadse, dat dankzij Descartes begrijpelijker leek dan ooit. Men probeerde alle natuurverschijnselen te herleiden tot een aantal wetmatigheden. Het beeld van de wereld-als-uurwerk leek alles te verklaren.

Wiskunde en de wiskundige methode

Traditioneel bestond er in de academische wereld een scheiding tussen de fysica en de wiskunde. Onder invloed van Descartes begon er een toenadering te ontstaan tussen beiden, aangezien volgens de filosoof de beginselen van de natuurwetenschappen op wiskundige wijze moesten worden aangetoond.

Wiskunde was namelijk niet alleen een discipline, maar ook een methode, een manier van denken. De wiskunde *op zich zelf* bestond uit het oplossen van meet- en rekenkundige problemen, terwijl men onder de wiskundige *methode* de rationele, deductieve manier van denken van Descartes verstond. Volgens Descartes kwam de ware natuurwetenschap alleen maar tot stand met een wiskundig opgebouwde bewijsvoering waar, naar zijn stellige overtuiging, geen speld tussen te krijgen viel. Dankzij hem werd het erg populair om allerhande inzichten op wiskundige wijze of, zoals men het in het Latijn uitdrukte, *more geometrico*, te bewijzen. Met de zuivere wiskunde had dit soms maar weinig te maken, zoals bijvoorbeeld de cartesianen die op wiskundige wijze trachtten te bewijzen dat dieren geen gevoel hebben. De latere Amsterdamse burgemeester Johannes Hudde publiceerde een zeer degelijk *Wiskonstigh Bewys der onnoselheyt van Jacobus du Bois, Predikant tot Leyden: in het bestrijden van de hypothesis van Copernicus, en de philosophie van Descartes*.

Descartes zelf verdedigde niet alleen de logische, wiskundige aanpak in meer algemene zin. Hij leverde in zijn essay over de geometrie ook een uitermate belangrijke bijdrage tot de zuivere wiskunde. Meteen bij zijn aankomst in de Republiek had Descartes contact gezocht met Nederlandse wiskundigen als Metius, Golius en Frans van Schooten junior. Vooral deze laatste was belangrijk.⁵ Van Schooten kreeg Descartes' werk te lezen nog voor het gepubliceerd werd en bovendien maakte hij de tekeningen voor de drie essays die het *Discours* vergezelden. In 1645 volgde Van Schooten zijn vader op als hoogleraar aan de Duytsche Mathematique in Leiden. Hij was een uitstekend wiskundige, maar is het meest bekend om zijn stimulerende onderwijs en zijn edities van Descartes'

5 Van Maanen, *Facets*, pp. 18-30.

Géométrie. Van Schooten bewonderde het baanbrekende karakter van het boek. Hij vond het echter rommelig en onvolledig en verzorgde twee verbeterde, Latijnse edities. Belangrijke wiskundigen als Leibniz en Newton leerden Descartes' wiskunde kennen via Van Schooten.

Het werk van Van Schooten was een hoogtepunt van de ontwikkeling van de wiskunde in de Republiek. Dankzij Van Schooten bereikte de mathematica een dermate hoog niveau, dat tijdgenoten zijn publicaties als het laatste woord op dit gebied beschouwden. Kon rond 1600 de gemiddelde landmeter en humanist de grote lijn nog wel volgen, rond 1660 was de hogere wiskunde voer voor een klein clubje specialisten. Terwijl Van Schooten aan de ingenieurschool de landmeters in grote lijnen hetzelfde leerde als zijn voorgangers gedaan hadden, ging hij tijdens privécolleges in op de laatste ontwikkelingen binnen de pure *mathesis*. De drie bekendste studenten van Van Schooten, Johan de Witt, Johannes Hudde en Christiaan Huygens, kwamen uit deftige families en stonden in sociaal opzicht erg ver van de wereld van de ambachtslieden. Het waren briljante wiskundigen en Van Schooten nam hun werk vol trots op in zijn eigen boeken. Maar terwijl Van Schooten zich beperkte tot de zuivere *mathesis*, waren zijn leerlingen meer geïnteresseerd in de natuurkundige en praktische toepassing ervan.

Johan de Witt (1625–1672) hield zich tijdens zijn studie bezig met de algebraïsche meetkunde.⁶ Na zijn opleiding wijdde hij zich gedeeltelijk aan de verzekeringswiskunde, alhoewel hij in zijn functie van raadpenionaris maar weinig tijd overhield voor de wetenschap (wel zou hij op subtiële wijze de Hollandse cartesianen steunen). Johannes Hudde (1628–1704) werd door terzake kundige geleerden als Leibniz beschouwd als een van de grootste wiskundigen van zijn tijd, maar hij vond zuiver theoretische wiskundige problemen 'nutteloze questien die niet een olijkoek waart zijn'.⁷ Hij was na zijn studie vooral geïnteresseerd in praktische zaken, zoals onder andere het Amsterdamse grachtenstelsel. Daarnaast stak hij veel tijd in de optica, en leerde aan Swammerdam hoe lenzen moesten worden vervaardigd. In 1672 werd hij burgemeester van Amsterdam en daarnaast, enige jaren later, bewindvoerder van de VOC. Hudde is, samen met de burgermeesters Tulp en Witsen, en de staatslieden Johan de Witt en Constantijn Huygens, een goed voorbeeld van de verwevenheid van wetenschappelijke en sociale interesses in de zeventiende-eeuwse Republiek. Natuuronderzoek was geen geïsoleerde bezigheid, maar vond plaats in een breed cultureel kader. De beoefening van de natuurfilosofie en de wiskunde was een intellectuele uitdaging, leidde tot godvruchtige gedachten, werkte statusverhogend, en kon ook dienstbaar zijn aan het algemeen belang.

Van het groepje studenten van Van Schooten wijdde alleen Christiaan Huygens (1629–1696) zich de rest van zijn leven geheel aan het natuur-

6 Grootendorst (ed.), *Elementa curvarum*.

7 Vermij, 'Hudde'.

onderzoek. Met Galilei en Newton behoort hij tot de grootste natuurkundigen van de zeventiende eeuw en het is daarom de moeite waard om wat langer bij hem stil te staan.

Christiaan Huygens

Christiaan Huygens werd in 1629 geboren.⁸ Vader Huygens stuurde Christiaan op jonge leeftijd naar de universiteit, waar hij onder andere les kreeg van Van Schooten. Deze zag direct dat hij met een bijzondere jongen te maken had en merkte al meteen na Huygens' eerste werkstuk vol bewondering op dat het 'wel tegens eenig werck in de Geometrie mach gestelt worden, ende met Archimedes wercken self wel mach werden vergelecke'. Ook anderen vergeleken Christiaan met Archimedes, de beroemde Griekse wiskundige en ingenieur. Dat was een goede vergelijking. Christiaan Huygens was briljant op het gebied van de zuivere wiskunde, maar vond bovendien dat wiskunde geen doel op zich vormde, maar ook als middel gebruikt moest worden om natuurkundige processen te beschrijven. Hij deelde wat dit betreft de opvattingen van Descartes en Galilei. In zijn veelzijdigheid leek Huygens op de laatstgenoemde: zijn hele leven hield hij zich bezig met uiteenlopende theoretische en praktische vragen op het gebied van de wiskunde, mechanica, optica en sterrenkunde. Op veel terreinen pakte Huygens de draad op waar deze bij Galilei was blijven liggen.

Zoals zovelen was ook Huygens aanvankelijk betoverd door het heldere, cartesiaanse wereldbeeld. Hij schreef dat toen hij Descartes' werk voor het eerst las

het me het beste ter wereld leek. Ik dacht dat als ik ergens een moeilijkheid vond, dat het dan aan mijn onvermogen lag om zijn gedachten te begrijpen. Ik was toen maar vijftien of zestien. Maar later heb ik steeds meer dingen gevonden die bewijsbaar fout of onwaarschijnlijk zijn, zodat ik van mijn voorliefde helemaal ben teruggekomen.⁹

Enorme fouten ontdekte Huygens in 1653 toen hij zijn tanden zette in de zeven botsingsregels van Descartes. Voor de fysica van Descartes, waarin alle verschijnselen werden herleid tot het principe van druk-en-stoot, waren die botsingsregels natuurlijk van cruciaal belang. Volgens Descartes zou de botsing tussen twee materiedeeltjes precies zo moet verlopen als hij door zuiver denken had afgeleid. Maar dat bleek niet te kloppen: Huygens ontdekte dat zes van de zeven regels onjuist waren. Descartes-aanhanger Van Schooten schrok zich een ongeluk en adviseerde Huygens zijn vondst voorlopig maar niet te publiceren. Maar voor Huygens was dit een goede reden om op de ingeslagen weg voort te gaan.



Afb. 23. Portret van Christiaan Huygens. Gravure door G. Edelinck, circa 1685. [Rijksuniversiteit Groningen]

⁸ Bos e.a. (ed.), *Huygens*; Andriessc, *Titan*; Palm (ed.), *Themanummer 'Huygens', De zeventiende eeuw*.

⁹ *OCCH X*, p. 403.

Geïnspireerd door Stevin, Galilei en Descartes wijdde Huygens veel tijd aan de bestudering van voorwerpen in beweging. Hij koppelde rede aan empirie, en experiment aan een mathematische beschrijving van de fysische werkelijkheid. Huygens' natuurkundige formules van stoot-, val- en slingerbewegingen en zijn afleidingen van krachten zijn verbluffende staaltjes van toegepaste wiskunde.¹⁰ In de aristotelische fysica kon men de beweging van voorwerpen alleen in woorden beschrijven. Die waren erg onnauwkeurig. Men kon hooguit zeggen dat een kogel 'snel' viel, ten gevolge van een 'kracht'. Meten, rekenen, en de resultaten uitdrukken in een formule was er niet bij. Dankzij Huygens werd het nietszeggende begrip 'kracht' een berekenbare grootheid. Het was het resultaat van twee meetbare factoren, namelijk snelheid en afstand. Dit was van cruciaal belang voor de ontwikkeling van de natuurkunde. De taal van de fysica veranderde: ze was niet langer kwalitatief maar kwantitatief. Vanaf nu kon men natuurwetten formuleren in de vorm van wiskundige formules. Deze waren zo ingewikkeld en abstract dat ze door nog maar weinig mensen werden begrepen. Huygens' werk was wiskundig dermate complex, dat het door de meeste fysici van zijn tijd werd genegeerd: de ingewikkelde beschrijving van het verschijnsel beweging werd definitief een zaak voor een klein groepje ingewijden.¹¹

Van 1650 tot 1666, de meest productieve tijd van zijn leven, woonde Huygens in het ouderlijk huis in Den Haag. Anders dan de meeste natuuronderzoekers hoefde hij zich geen zorgen te maken om geld, en omdat hij niet aan een universiteit verbonden was hoefde hij zich evenmin iets aan te trekken van allerlei regels over de inrichting van het onderwijs. Kortom, hij had zijn handen vrij. Huygens ging zich bezighouden met allerlei praktische en theoretische problemen. Hij dacht na over de vering van koetsen, en construeerde voor zijn vriend Johan de Witt (die erg veel last had van zeeziekte) een speciale hangmat die stil bleef hangen, hoe erg het ook stormde op zee. Hij sleep lenzen en bouwde telescopen, waarmee hij ontdekte dat Saturnus een maantje had en over een ring beschikte (het waren de belangrijkste astronomische ontdekkingen sedert Galilei). Hij ging experimenteren met luchtpompen. Zelf vond hij zijn werk op het gebied van uurwerken het belangrijkste. Zoals zo velen hield ook Huygens zich bezig met het probleem van de lengtebepaling op zee. In de zestiende eeuw was al bedacht dat dit viel op te lossen door middel van een zeer nauwkeurige klok aan boord van de schepen. De lengtegraad was in theorie te berekenen door het tijdsverschil tussen de thuishaven en het schip. Het probleem was alleen dat de bestaande, opwindbare klokken onnauwkeurig waren. In 1657 construeerde Huygens iets geheel nieuws: een slingeruurwerk. Dankzij de constante beweging van de slinger had de klok een afwijking van maar 10 seconden per dag. Huygens gaf bovendien een wiskundige beschrijving van de zeer complexe slingerbeweging. Het jarenlange onderzoek publiceerde hij uiteindelijk in zijn *Horologium*

¹⁰ Yoder, *Unrolling time*.

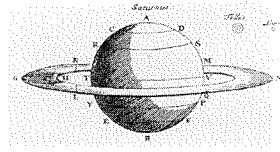
¹¹ Dijksterhuis, *Mechanisering*, pp. 404-414, pp. 504-508.

oscillatorium (1673). Zijn suggesties voor de lengtebepaling werden in de praktijk getest, echter zonder succes, omdat de slingeruurwerken niet bestand bleken tegen de ruige omstandigheden op zee.

Huygens' genialiteit werd overal erkend, waardoor hij al snel een van de beroemdste geleerden van Europa was. In 1666 werd hij benoemd tot (zeg maar) de eerste wetenschappelijk directeur van de Franse *Académie Royale des Sciences*. Lodewijk XIV was van mening dat een sterke staat niet zonder een nationaal wetenschappelijk instituut kon. Hij volgde daarmee min of meer het Engelse voorbeeld. Daar was in 1660 de *Royal Society* opgericht, waar een groepje geleerden zich bezig hield met allerlei wetenschappelijke en technische problemen. Anders dan de Engelse *Society* was de *Académie* een staatsinstelling, met alle voor- en nadelen van dien. In de loop van de zeventiende en achttiende eeuw zouden dergelijke instituten belangrijke centra van wetenschapsbeoefening worden. Men besteedde veel tijd aan onderzoek, experimenten, samenwerking en discussie, en hoefde in tegenstelling tot de universiteiten geen zorg te dragen voor onderwijs. Ongeveer gelijktijdig ontstonden de eerste wetenschappelijke tijdschriften, zoals de *Philosophical Transactions* (1663) en het *Journal des Sçavants* (1666). Het natuuronderzoek kreeg hoe langer hoe meer een eigen onderzoeksgebied, een eigen institutioneel kader, en eigen regels, codes en conventies. Het begon enigszins te lijken op wat wij nu 'natuurwetenschap' noemen.

Ondanks de hooggespannen verwachtingen viel de wetenschappelijke opbrengst van Huygens' verblijf aan het hof van de Zonnekoning enigszins tegen. Het boterde niet echt met de Fransen, die hem in 1683 te verstaan gaven dat zijn aanwezigheid niet langer op prijs werd gesteld. Huygens maakte met een aantal collega's ruzie over plagiaat, en kreeg bovendien kritiek voor zijn houding ten opzichte van Descartes. Het belangrijkste probleem lag waarschijnlijk in Huygens' wat introverte en rusteloze karakter. Huygens was geen systeembouwer die alles wilde herleiden tot één oorzak. Dat is mede de reden dat zijn werk minder bekend is dan dat van tijdgenoten die hun ideeën wél in een alomvattend stelsel onderbrachten, zoals Descartes en Newton. Hij was altijd met veel dingen tegelijk bezig en hij kon zich er maar moeilijk toe zetten om over een bepaald thema te publiceren. Bovendien wist Huygens, anders dan bijvoorbeeld Galilei, nauwelijks het subtiel spel van de hoveling te spelen. Succes in de natuurwetenschap was in hoge mate afhankelijk van de wijze waarop de onderzoeker zichzelf presenteerde. Terwijl Huygens zich vaak nauwelijks zichtbaar opstelde, wist bijvoorbeeld zijn collega Cassini de ogen van heel Parijs op zich gericht, toen hij van de installatie van de reusachtige telescoop op het koninklijk observatorium een publiek spektakel maakte.¹²

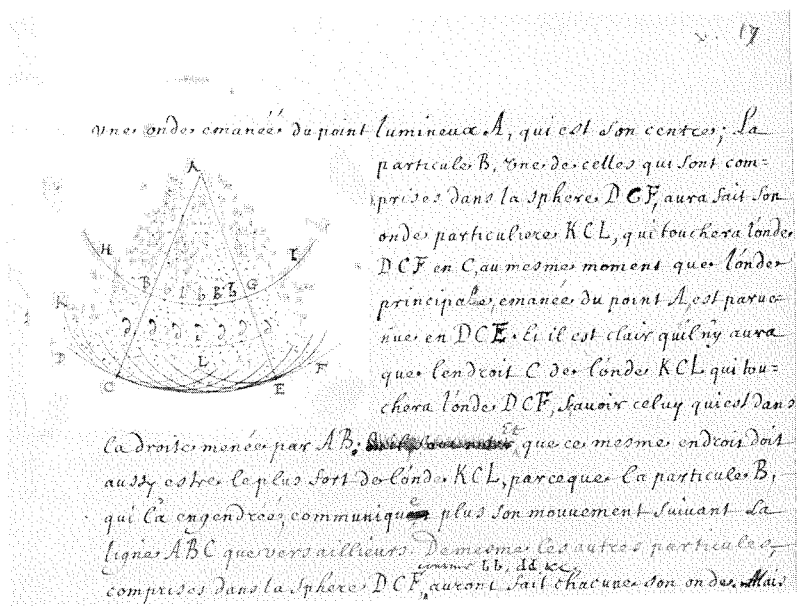
Terug in Holland, borduurde Huygens op belangrijke punten voort op het werk van Descartes, ondanks al zijn kritiek op de Fransman. De beroemde lichttheorie van Huygens gaat uit van de gedachte dat licht be-



Afb. 24. Door middel van zijn telescoop ontdekte Huygens dat Saturnus een ring had. C. Huygens, *Kosmotheoros* (1696). [Rijksuniversiteit Groningen]

12 Van Helden, 'Contrasting careers'.

Afb. 25. Volgens Huygens be-
staat licht uit het doorgeven van
de stoot van etherdeeltjes. Elke
deeltje (A, B) vormt de bron
voor een nieuwe beweging (b, d),
en deze plant zich voort via
golffronten (H-I, C-E). Manu-
script van Huygens' *Traité de
la lumière*, dat in 1690 werd
gepubliceerd. [Universiteit Lei-
den]



staat uit de onderlinge stoot van deeltjes. Volgens Huygens ging het niet om de deeltjes zelf, maar om de golffronten die ze samen vormden. In zijn *Traité de la lumière* ('Verhandeling over het licht', 1690) zette hij uiteen hoe de beweging van deze golffronten op wiskundige wijze beschreven kon worden, en hoe men er verschijnselen als de breking van licht mee kon verklaren.¹³

Vanuit hedendaags standpunt bezien was Huygens' *Discours de la cause de pesanteur* ('Vertoog over de oorzaak van de zwaarte', 1690) minder geslaagd. Hierin werd de zwaarte van voorwerpen op cartesiaanse wijze verklaard door de druk en stoot van materiedeeltjes. Het werk was het antwoord op de gravitatie-theorie van Isaac Newton. Deze had in 1687 een boek gepubliceerd dat extreem invloedrijk zou worden, de *Philosophiæ naturalis principia mathematica* ('De wiskundige grondslagen van natuurfilosofie'), en dat mede was bedoeld als een weerlegging van de ideeën van Descartes (wiens belangrijkste natuurfilosofische werk was getiteld *Principia philosophiæ*).¹⁴ In dit werk hield Newton zich onder meer bezig met het probleem van de zwaartekracht. Volgens het bekende verhaal zat Newton onder een boom. Toen er een appel naar beneden viel, vroeg hij zich af waarom een appel wel op de aarde viel, en de maan niet. Het doet er weinig toe of dit verhaal nu werkelijk gebeurd is of niet, aangezien het precies de kern van het probleem aangeeft. Volgens Newton zorgde dezelfde kracht die de appel naar beneden deed vallen er ook voor dat de maan in zijn baan bleef. De Engelsman nam aan, dat alle voorwerpen in

13 Dijksterhuis, *Lenses*.

14 Over Newton bestaat zeer veel literatuur: zie bijvoorbeeld Westfall, *Never at rest*.

het universum een aantrekkingskracht op elkaar uitoefenen die in verband staat met hun massa en onderlinge afstand. Vervolgens gaf hij een wiskundige formule waarin deze kracht beschreven stond. Het werk van Newton was van cruciaal belang, omdat hierin de oplossing voor een aantal andere problemen werd gegeven. Het koppelde ideeën van Kepler (over de planeetbanen), Galilei (over de valbeweging), Descartes (over de natuurwetten) en Huygens (over de krachten) aan elkaar. Het was het absolute hoogtepunt van de natuurkunde van die tijd. Wat nu precies de oorzaak van de zwaartekracht was, was een vraag die Newton niet kon en niet wilde beantwoorden. In plaats van – zoals Descartes – allerlei ongefundeerde theorieën te bedenken, beperkte Newton zich tot een wiskundige beschrijving van de krachtenwerking-op-afstand.

Huygens moest hier niets van hebben. Descartes had de onduidelijke klassieke verklaringen als ‘sympathie’ en ‘verborgen krachten’ de voorkeur uitgewerkt. Volgens Huygens haalde Newton deze nu weer binnen, niet eens via de achterdeur maar via de statietrap.

Maar was Huygens zelf zo afkerig van speculatieve ideeën? Kort voor zijn dood in 1695 schreef hij de *Kosmotheoros*, dat in 1698 in het Latijn verscheen. Het opmerkelijke boekje werd meteen vertaald in het Engels, Duits, Frans, Russisch en Nederlands, het laatste met als titel *Wereldbeschouwer, of gissingen over de hemelsche aardklooten*. In dit werkje zette Huygens zijn opvattingen over het heelal uiteen, en verdedigde hij onder andere het copernicanisme. Dit was voor natuurkundigen niet schokkend meer, maar Huygens voegde er een berekening aan toe waaruit bleek, dat het heelal oneindig veel groter was dan men dacht. In een zó groot universum moesten wel andere, bewoonde werelden voorkomen, stelde Huygens. Hoe zagen de bewoners van andere planeten er uit? God had volgens Huygens al het leven zo doelmatig mogelijk geschapen. Daarom moesten deze ‘Dwaalstarrelingen’, net als de mensen, ook twee ogen, een neus enzovoort, hebben. Ze kenden ‘het vermaak van samenkomsten, liefkozen enzovoort’ en bovendien de ‘zangkunst, welke echter verscheiden zoude kunnen wezen van de onze’. Het waren rationele wezens: ‘De Dwaalstarrelingen hebben geen andere Rede, als wy’.¹⁵ En omdat de natuurkunde in principe tijd- en ruimteloos was, zouden ook zij deze kennen.

Descartes, Spinoza en het veranderende wereldbeeld

Huygens was, ondanks zijn kritiek op Descartes, sterk door hem beïnvloed. Zowel zijn natuurkundige werk als zijn boek over het buitenaardse leven zijn ondenkbaar zonder de Fransman. Maar ook buiten het kleine kringetje van gespecialiseerde natuurwetenschappers raakten veel mensen in Europa in de ban van Descartes’ ideeën. Descartes had zijn filosofie bedoeld als

15 Huygens, *Kosmotheoros*, passim.

antwoord op *alle* vragen. Hij had niet alleen invloed op de natuurwetenschap, maar ook op het wereldbeeld. Zijn deeltjestheorie, zijn afkeer van magische opvattingen over werking-op-afstand, en zijn strenge, wiskundige methode veroorzaakten een verandering in het natuurbeeld van veel mensen. De rationalistische aanhangers van Descartes zagen in zijn filosofie het middel om allerlei bijgelovige ideeën uit te roeien. Vooral in Nederland was dat duidelijk te merken. Er begon bijvoorbeeld twijfel te ontstaan over de symbolische betekenis van allerlei natuurverschijnselen.

Het is een opvallend gegeven, dat de astrologie vanaf het jaar 1640 langzaam maar zeker uit het wetenschappelijke *discours* verdween. Hoewel de precieze redenen hiervan onduidelijk zijn, heeft ongetwijfeld het cartesiaanse verklaringsmodel (waarin werking-op-afstand en de correspondentie tussen macrokosmos en microkosmos werd verworpen) hiertoe bijgedragen. Een concreter voorbeeld van de invloed van Descartes is de daverende ruzie die in 1665 in Utrecht ontstond tussen cartesianen en de theoloog Voetius over de angstaanjagende komeet die dat jaar verscheen. Kometen werden traditioneel, met een beroep op de Bijbel en de klassieken, beschouwd als tekens van Gods gramschap, en als voorbodes van pest en hongersnood. De Hollandse cartesianen vielen als eersten in Europa openlijk deze interpretatie aan. Volgens hen was een komeet een hemellichaam dat gehoorzaamde aan natuurwetten. Dergelijke verschijnselen moesten natuurkundig, en niet vanuit een bijbels perspectief worden bekeken. Voetius reageerde woest. 'Laet se woelen so sij willen', bromde hij, 'God sal metterdaet wel tonen dat die kometen iets quaets beduiden'.¹⁶

In heel Europa beroemd was de Friese predikant Balthasar Bekker die, in tegenstelling tot Voetius, niet geloofde dat Descartes' ideeën gevaarlijk waren.¹⁷ Integendeel: met behulp van Descartes en de Bijbel konden allerlei bijgelovige ideeën uit de wereld worden geholpen. Bekker schreef in 1682 dat hij niet geloofde dat kometen voorbodes waren van rampspoed. In 1696 publiceerde de dominee een tweede boek, *De betooverde wereld*. Hierin stelde hij dat toverij niet bestond, en dat de duivel geen invloed had op aarde – de geest kon niet op materie inwerken!

Bekkers opvattingen veroorzaakten veel verontwaardiging, hoewel hij een gelovig man was en een gematigd cartesiaan. Nog veel heftiger waren de reacties op het werk van een andere, veel radicalere denker: Baruch Spinoza (1632-1677).¹⁸ De jonge Spinoza was erg onder de indruk van Descartes, en was vanwege zijn onorthodoxe opvattingen in 1656 uit de joodse gemeente van Amsterdam gezet. Hij was een goede bekende van onder anderen Johan de Witt, Johannes Hudde en Christiaan Huygens. Spinoza was lenzenslijper, maar echte bijdragen tot de exacte wetenschap heeft hij niet geleverd. Veel belangrijker is zijn invloed op het beeld van God en de schepping. Spinoza voerde Descartes' rationele methode van redeneren door tot in het extreme. Hij ging verder waar Descartes was ge-

16 Geciteerd in: Jorink, 'Van omnieuwe tot glorieuze hemeltekens'.

17 Over Bekker is recent veel geschreven: zie bijvoorbeeld Van Sluis (ed.), *Bekkeriana*; Van Ruler, 'Onttovering'.

18 Een uitstekende inleiding met verdere literatuurverwijzingen over Spinoza en zijn invloed geeft: Krop en Van Bunge (ed.), *De draagbare Spinoza*.

stopt, namelijk bij de theologie. Aan het begin van de zeventiende eeuw was de natuurfilosofie ondergeschikt aan de theologie. Descartes vond dat deze twee los van elkaar moesten staan. Spinoza ging nog een stap verder en stelde, *more geometrico*, dat de theologie ondergeschikt was aan de filosofie: de uitleg van de Bijbel was ondergeschikt aan de rede. De natuur en het goddelijke gehoorzaamden volgens Spinoza aan onveranderlijke wetten, die overal en altijd hetzelfde waren. Hij beweerde dan ook dat de bijbelse wonderen niet echt gebeurd konden zijn. We zagen al dat protestanten tamelijk sceptisch waren over eigentijdse wonderen; dit werd beschouwd als rooms bijgeloof. Maar omdat God almachtig was, geloofden protestanten wel dat God te allen tijde een wonder zou kunnen verrichten. De Schepper was niet gebonden aan Zijn eigen wetten. Bovendien stond voor alle christenen de waarheid van de bijbelse historiën niet ter discussie. De daarin verhaalde wonderen waren ècht gebeurd. Spinoza vond dit allemaal irrationele waangedachten, en trof daarmee de christelijke orthodoxie in het hart.

Met Spinoza begonnen ook anderen te twijfelen aan traditionele geloofswaarheden. Dit was niet uitsluitend het gevolg van het cartesiaanse rationalisme, maar ook van de opkomst van de bijbelkritiek. Humanistische geleerden gingen de oorspronkelijke Hebreeuwse en Griekse bijbeltekst toetsen aan nieuwe natuurwetenschappelijke inzichten en het feitenmateriaal dat uit alle hoeken van de wereld werd aangedragen. Sommigen beweerden, dat er al vóór Adam mensen op aarde geweest waren. Anderen beweerden dat het onmogelijk was, dat de duizenden nieuw ontdekte diersoorten in de ark van Noach hadden gepast. Weer anderen (zoals Huygens) leek het statistisch waarschijnlijk dat God niet alleen de aarde en de mens geschapen had, maar ook andere bewoonde planeten.¹⁹

Dit ging allemaal recht in tegen de letterlijke tekst van de Bijbel. Sommige filosofen beweerden dan ook dat de Bijbel in bepaalde opzichten figuurlijk gelezen moest worden, of dat bepaalde passages of hele stukken anders geïnterpreteerd moesten worden. In heel Europa ontstonden zulke ideeën, maar vooral in de tolerante Republiek werden ze in boeken uiteengezet of hardop uitgesproken. Zo publiceerde de Fransman Isaac La Peyrère in Amsterdam een geruchtmakend boek over de voorgangers van Adam, *Prae-adamitae* (1656), en kwam de Hollandse humanist Isaac Vossius enige jaren later op basis van filologisch onderzoek van de overgeleverde bijbelteksten, rationalistische overwegingen, en materiële en tekstuele bronnen van over de hele wereld tot de slotsom dat de aarde aanzienlijk ouder moest zijn dan men algemeen aannam. De cartesiaan Lodewijk Meyer stelde in zijn beruchte *Philosophia sacra scripturae interpretis* (1666), dat de rede de uiteindelijke uitlegger van de Heilige Schrift was. Deze lijn werd doorgetrokken door Adriaan Koerbagh in zijn *Bloemhof* (1668), waarin hij onder andere stelde dat 'Bijbel' een 'bastaard Grieks

19 Hazard, *Crise*; Allen, *Noah*.

woord' was dat gewoon 'boek' betekende. Het kon zowel betrekking hebben op de Heilige Schrift als op 'Reyntje de Vos of Uylen-spiegel'.²⁰ Dergelijke opvattingen riepen bijzonder heftige reacties op, in de kerk, op de universiteit en rond de dorpspomp. Kerkeraadnotulen, preken, geleerde tractaten en talloze vlugschriften getuigen hiervan. Koerbagh werd, als een van de weinige Hollanders, voor zijn boek gestraft: hij overleed in het Amsterdamse rasphuis.²¹

Maar vooral Spinoza moest het ontgelden, al maakte hij de grootste commotie rond zijn werk niet mee. Men noemde zijn filosofie 'monstrueus', 'atheïstisch' of 'ongodisch'. Zo noemden de curatoren van de Leidse universiteit Spinoza's posthuum verschenen verzameld werk goddeloos en 'bequaem om de geheele Christelycke religie ende veele van de artyculen van 't geloof te subverteren en voor eenvoudige menschen de wegh te bannen tot een absoluut atheïsmus'. Het Leidse stadsbestuur werd verzocht Spinoza's boeken te verbieden, alle reeds gedrukte exemplaren 'waer deselve ook te vinden souden mogen sijn' te verbranden, en de eigenaars streng te straffen.²²

Maar de geest was uit de fles. De filosofie was voor sommigen niet langer ondergeschikt of zelf maar gelijk aan de theologie, maar stond daar boven. De gedachte dat de natuur een boek was waarin alle schepselen net als woorden of zinnen een diepere, symbolische betekenis hadden, verloor aan invloed. Daarvoor in de plaats kwam een conceptie van de wereldals-uurwerk, waarin de zichtbare, voor de rede kenbare structuur het bestaan van de goddelijke Architect bewees.

Het cartesianisme kreeg dus veel invloed, zowel in Nederland als daar buiten. Natuurwetenschap kreeg meer en meer een eigen onderzoeksgebied en een eigen methode, los van de theologie. Met de wiskunde kon men natuurkundige verschijnselen beschrijven, en met de deeltjestheorie kon men alles verklaren. Talloze mensen binnen en buiten de universiteit werden dan ook gegrepen door de helderheid van het mechanistische natuurbeeld en wierpen zich vol enthousiasme op het wereldraadsel. Rationalistische filosofen ondermijnden het traditionele wereldbeeld. Maar het cartesianisme was tamelijk speculatief. Een genie als Christiaan Huygens besepte de beperkingen ervan. Door zelfstandig denkwerk, eigen experimenten en een onnavolgbaar gebruik van de wiskunde leverde hij belangrijke bijdragen tot de fysica. Maar de meeste natuurfilosofen die door Descartes waren beïnvloed toetsten hun theorieën niet aan de feiten. Voor meer waardering voor zintuigelijke waarnemingen moeten we kijken naar de manier waarop de levende natuur bestudeerd werd.

20 Koerbagh, *Bloemhof*, p. 95.

21 Het meest uitvoerige overzicht over deze vrijdenkers geeft nog steeds: Meinsma, *Spinoza en zijn kring*. Zie verder: Van Bunge, 'Spinozistische vrijdenkers'.

22 Mollhuysen, *Bronnen III*, p. 337.

6 Dieren, mensen en rariteiten

Swammerdam, Van Leeuwenhoek en de 'bloedeloose dierkens'

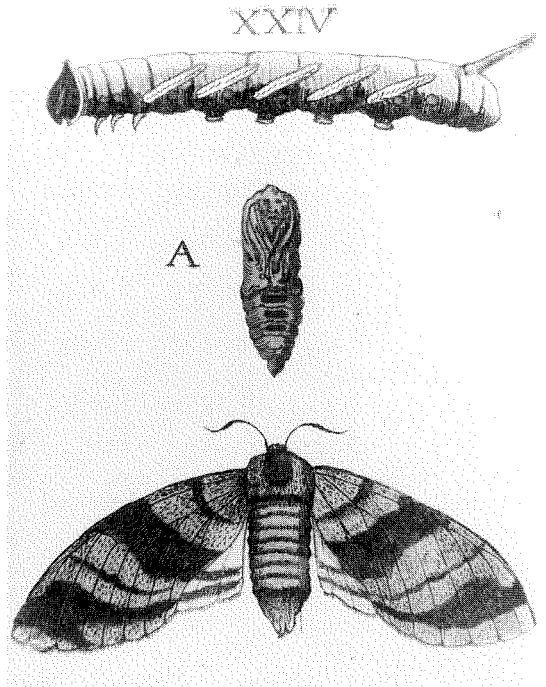
In de vorige hoofdstukken zagen we hoe bij de bestudering van natuurkundige processen de aanpak langzaam veranderde. Speculaties over de oorzaak en de diepere betekenis maakten plaats voor een (wiskundige) beschrijving van de waargenomen verschijnselen en uiterlijke kenmerken. Dat gebeurde ook bij de studie van de levende natuur. Heel duidelijk is dat te zien bij de bestudering van insecten, een gebied waarin Nederlanders uitblonken. Tot aan de zeventiende eeuw besteedden geleerden nauwelijks aandacht aan deze dieren. Het toenmalige begrip van insecten was overigens veel ruimer dan nu: zo ongeveer alles wat klein was en wriemelde werd daartoe gerekend. Aristoteles had geschreven dat *insecta* de laagste vorm van leven vertegenwoordigden, aangezien ze zouden voortkomen uit spontane generatie, dat wil zeggen dat ze hun oorsprong niet hadden in de groei van een embryo, maar dat ze ontstonden uit rot-tend afval of vlees. Sommige insecten werden traditioneel wél bestudeerd, zoals de bij of de mier, maar dat was omdat men geloofde dat men morele lessen uit hun gedrag kon trekken.

Deze aandacht voor symbolische betekenissen zien we duidelijk bij Johannes Goedaert (1617-1668).¹ Goedaert was schilder, en specialiseerde zich vanaf ongeveer 1630 in stillevens met bloemen en insecten, een genre dat hoogstwaarschijnlijk een diepere betekenis had. Maar Goedaert schilderde niet alleen insecten, hij bestudeerde ze ook. Het waren volgens hem wezentjes die bij uitstek de almacht van God toonden. Ook deze 'kleynste ende minst gheachte schepselen' hadden een ziel. Goedaert was gefascineerd van de metamorfose die veel insecten ondergingen, en beschreef de gedaanteverwisseling van ongeveer 150 soorten in zijn driedelige *Metamorphosis naturalis* (1660-1669), de eerste systematische studie op dit gebied in Europa. Goedaert benadrukte keer op keer dat hij al zijn waarnemingen zelf had gedaan, en vermeldde dan ook vol trots in de ondertitel van zijn werk: '*niet uyt eenighe boecken, maer alleenelyck door eygen ervarentheyd uytegevonden, beschreven, ende na de konst afgeteyckent*'. Maar de klassieke traditie was sterk. Op veel plaatsen citeert Goedaert de Bijbel, de antieken en Aldrovandi. De wereld van de insecten was een bron van mo-

¹ Bol, 'Goedaert'.



Afb. 26. Johannes Goedaert, *Boeketje in Chinese vaas, olieverf op hout, 28 x 22 cm, particuliere collectie.*



Afb. 27. *Metamorfose van rups in vlinder; let op de menselijke gelaatstrekken van de pop.* J. Goedaert, *Metamorphosis naturalis I* (1660). [Rijksuniversiteit Groningen]

rele lessen. Goedaert geloofde dat een rups eerst stierf, waarna de vlinder geboren werd. Dit was een allegorie op de Wederopstanding van Jezus. Goedaert geloofde in spontane generatie. Ook de zo edele bijen, die volgens Goedaert hun naam dankten aan het feit dat ze bij-een leefden, ontstonden volgens hem uit rottende kadavers, alleen 'de Koningen ende Hooft-officieren uyt de hersenen, maer de ghemeene [gewone] byen uyt het vleesch'.² Het feit dat insecten worden aangetrokken door kaarslicht, was volgens Goedaert een waarschuwing voor diegenen die

al te nieuws-gierich zijn om de Goddelicke geheymnissen te onder-soecken; want God woont in een ontoeganckelick licht, ende veel eer souden wy van den glants sijner heerlijkheyt verslonden worden, dan sijn geheymen ende onnaspeurelicke volmaecktheden uyt-vinden.³

Geen *curiositas*, geen ongeoorloofde nieuwsgierigheid, maar waarneming en contemplatie paste de natuuronderzoeker. Goedaert noteerde bij al de door hem geobserveerde insecten van dag tot dag wat hij zag, legde dit vast in gravures, en gaf er zijn godvruchtige bespiegelingen over.

² Goedaert, *Metamorphosis I*, p. 22.
³ *Ibid.* 1, p. 18.

Goedaert gebruikte geen microscoop. Dit instrument was rond 1610 ongeveer gelijktijdig met de telescoop uitgevonden (Drebbel speelde daarbij een belangrijke rol), maar werd aanvankelijk nauwelijks gebruikt.⁴ Rond 1660 veranderde dat ineens, mede ten gevolge van het cartesianisme. Geleerden raakten geïnteresseerd in minuscule deeltjes en structuren, en probeerden deze door de microscoop te bekijken. Van de vijf belangrijkste zeventiende-eeuwse microscopisten kwamen er twee uit Nederland: Jan Swammerdam en Antoni van Leeuwenhoek.

Jan Swammerdam (1637-1680) was de zoon van de Amsterdamse apotheker Jan Jacobsz. Swammerdam, die een beroemd rariteitenkabinet bezat.⁵ Swammerdam junior was van jongs af aan gefascineerd door de levende natuur en ging tegen de zin van zijn vader in 1661 medicijnen studeren. In Leiden excelleerde hij in het doen van anatomische ontleding. Na zijn studie verbleef hij enige tijd in Frankrijk (in de kring waaruit later de *Académie* zou voortkomen). In 1667 promoveerde hij in Leiden en ging vervolgens weer in Amsterdam bij zijn vader wonen. Hier deed hij zijn onderzoek, schreef een aantal belangrijke boeken, en legde ook hij een imposante collectie naturalia aan. Vader en zoon kregen aardig wat reizigers, verzamelaars en collega-wetenschappers over de vloer, zoals de Florentijnse prins Cosimo de Medici. De gedreven Swammerdam werd dermate gegrepen door het natuuronderzoek, dat hij rond 1674 in een geestelijke crisis belandde. Eén van de oorzaken was zijn vader, die wilde dat zijn zoon zelf de kost verdiende. 'Hij perst mij alle ogenblik tot de practyk', klaagde de briljante onderzoeker, 'latende Anatomie, Insecten ende alle curieuse experimenten vaaren: waar toe ik soodaanig van hem gedwongen werde dat hij mij geen gelt of clederen meer wil geeven'.⁶ Om van zijn geldzorgen verlost te zijn, dacht Swammerdam een tijdje na over het aanbod van Cosimo de Medici om voor een vorstelijk beloning, met kabinet en al, naar Italië te verhuizen. Hij ging uiteindelijk niet op dit voorstel in, evenmin als op een aanbieding van de *Royal Society*.

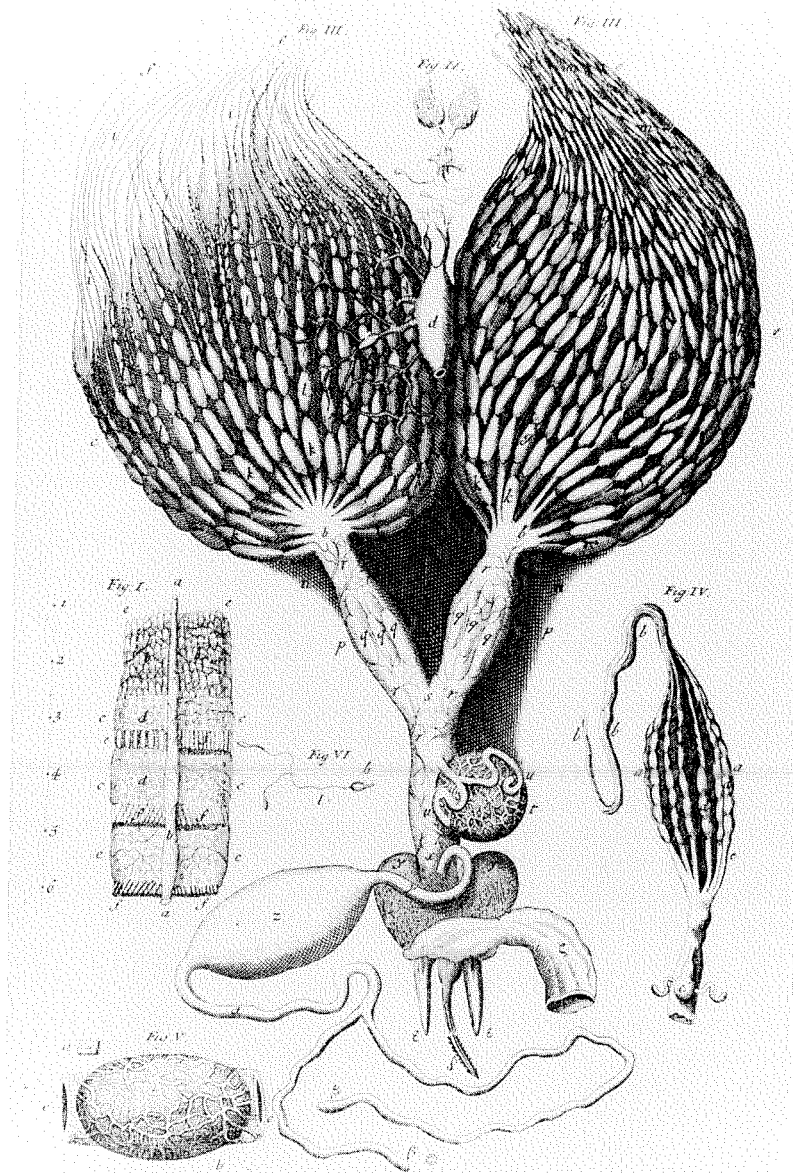
De voornaamste oorzaak voor Swammerdams labiliteit was echter niet de relatie met zijn aardse, maar die met zijn hemelse vader. Swammerdam werd heen en weer geslingerd tussen grenzeloze bewondering voor God en Zijn schepping, en de angst dat hij zich schuldig maakte aan *curiositas*. Volgens hem was nergens in de natuur duidelijker te zien dat God bestond dan in de bouw van insecten, die hij dankzij fabuleuze preparatietechnieken en optische hulpmiddelen als een van de eersten in Europa aan een nauwgezet anatomisch onderzoek kon onderwerpen. Wat hij zag deed hem duizelen. Volgens Swammerdam waren 'deese kleene Beeskens Gods onnoemelyke wonderen'. Voor zijn gevoel drong hij op een gegeven moment te diep door in deze wonderen en had hij, als een soort tweede Eva, van de Boom der Kennis gegeten. In 1675 besloot hij zich niet langer aan de afgod Wetenschap te wijden, maar alleen aan bijbellezing en gebed. Hij werd lid van

4 Ruestow, *Microscope*; Fournier *Fabric of life*.

5 Zie voor Swammerdam: Visser 'Swammerdam'; Ruestow, *Microscope*, Fournier, *Fabric of life*, Schierbeek, *Swammerdam*.

6 Lindeboom, *Letters*, p. 53.

Afb. 28. Eierstok van de bijenkoningin. Swammerdam toonde met deze ontdekking niet alleen de onjuistheid aan van de theorie van spontane generatie, maar rekende ook af met de traditionele metafoor van de bijenkorf. Afbeelding uit: J. Swammerdam, *Bybel der Natuure* (1737). [Rijksuniversiteit Groningen]



een religieuze sekte op het Deense eiland Nordstrand. De leidster, Antoinette Bourignon, kreeg hem zo ver zijn onderzoek op te geven en de resultaten hiervan gedeeltelijk te vernietigen. Na enige tijd verliet Swammerdam de sekte, en werkte de laatste jaren van zijn korte leven, gekweld door malaria en schuldgevoelens, koortsachtig aan zijn hoofdwerk, de microscopische studie van talrijke insecten en andere kleine dieren. De aantekeningen werden pas in 1737–1738 onder de toepasselijke titel *Bybel der Natuure* door Boerhaave uitgegeven. In 1680, kort na zijn vader, verwisselde Swammerdam het tijdelijke met het eeuwige.

We zagen in het vorige hoofdstuk al dat Swammerdam was beïnvloed door de ideeën van Descartes. Hij verwierp boekengeleerdheid, en vond bovendien zintuiglijk onderzoek van cruciaal belang. Hij streefde naar een combinatie van theorie en waarneming. Eén van zijn uitgangspunten was de overtuiging dat spontane generatie onmogelijk was. Volgens Swammerdam gehoorzaamden ook de ‘minst gheachte schepselen’ aan Gods ‘regelen ende ordenen’ – een gedachte die hij ongetwijfeld aan Descartes ontleende.⁷ In zijn *Historia insectorum generalis ofte Algemeene verhandeling van de bloedeloose dierkens* (1669) maakte Swammerdam korte metten met twee door Goedaert en veel anderen verkondigde opvattingen. Allereerst bewees hij dat insecten gewoon uit eieren voortkwamen. Daarnaast toonde hij aan dat de overgang van rups via pop naar vlinder niet abrupt, via een mysterieuze metamorfose verliep. In een pop en zelfs in een rups waren alle elementen van de latere vlinder al aantoonbaar aanwezig. Metamorfose of plotselinge verandering bestond niet. De gedaanteverwisseling was het gevolg van ‘een langsaame ende natuurelijke aangroeing in ledematen’.⁸ De groei van insecten was in wezen niets anders dan schaalvergroting. Insecten hadden dan weliswaar geen bloed, maar zaten verder even ingewikkeld in elkaar als mensen en de hogere diersoorten. Later toonde Swammerdam ook nog aan dat bijen over fijngebouwde geslachtsorganen beschikken, dat de vrouwelijke bijen eieren legden, en dat de leider van het bijenvolk geen koning, maar een koningin was.

Swammerdam verrichtte zijn onderzoek met preparaten en een vergrootglas en vanaf ongeveer 1670 met een microscoop (de kunst van het vervaardigen van lenzen had hij van Hudde geleerd). Dankzij de microscoop kon hij gedetailleerde beschrijvingen geven van de anatomie van allerlei levende wezens, waaronder van het haft (een soort eendagsvlieg) en de luis. ‘Ik presenteer u edele alhier den almaghtigen vinger gods, in de Anatomie van een luijs; waar in gy wonderen op wonderen, op een gestapelt sult vinden’, schreef Swammerdam aan zijn Franse vriend Thévenot.⁹ Ook de zo geminachte luizen bleken, net als alle andere insecten, hele kleine pootjes, uitzonderlijk fijngebouwde ingewanden en geslachtsorganen te hebben. Een bron van niet aflatende verwondering was de oneindige complexiteit van de ogen van insecten, die uit duizenden facetten

7 Swammerdam, *Historia*, p. 21.

8 Swammerdam, *Historia*, p. 6.

9 Lindeboom, *Letters*, p. 104.

bleken te bestaan. Hoe God dit allemaal tot stand had gebracht was een raadsel. De ware wetenschapper moest volgens Swammerdam de natuur zo precies mogelijk *beschrijven*, zonder te proberen deze te *doorgronden*.

Een uitermate belangrijke consequentie van Swammerdams onderzoeken was dat nu de zichtbare *structuur* van de Schepping een bron van godsvrucht werd. Ook de traditioneel zo geminachte insecten bleken door God geschapen te zijn en over een dermate gecompliceerde anatomie te beschikken dat slechts de goddelijke Bouwmeester hiervoor verantwoordelijk kon zijn. Het onderscheid tussen lelijk en mooi, alledaags en 'seldsaem', groot en klein, viel weg. Er bestond geen principieel onderscheid tussen insecten en andere levensvormen, maar juist uit de minuscule insectenhartjes, hersentjes, maagjes en zenuwtjes bleek bij uitstek de almacht van de Schepper. 'Wat Atheïst, die deese onuytputtelijke kunst der Ingewanden in de Dieren beschouwde, sou hier niet beschaamt en verstomt staan, myn Heer?' schreef Swammerdam aan Thévenot, in een verhandeling over de kaasmit.¹⁰ Religieuze verwondering werd nu opgeroepen door de doelmatigheid en de structuur van al het geschapene, en niet langer door bijbelse of emblematische referenties. Voor de traditionele, symbolische visie op de natuur had Swammerdam maar weinig waardering. De door Goedaert en talloze anderen uitgedragen vergelijking tussen metamorfose en Wederopstanding klopte simpelweg niet. Toen Swammerdam in het binnenste van een rups organen van een vlin-der ontdekte, merkte hij op:

... soo blijkt hier clarelyk de dwaaling van die geenen, de welke uyt deze natuurelyke ende verstaanbare veranderingen; de opstanding der dooden hebben willen bewyzen, dewelke de kragt, vande order in de natuur bemerkelyk, niet alleen geheel te boven gaat: maar ook, gans geen gelijkenis inde selve vindende.¹¹

Ook de traditionele metafoor van de bijenkorf ging mank, nu bleek dat de bijen niet onder leiding stonden van een koning, maar van een koningin!

De empirie speelde een cruciale rol voor Swammerdam. Om te bewijzen dat hij niet zomaar wat verzon, gingen zijn beschrijvingen gepaard met zelfgemaakte tekeningen. Bovendien, zo benadrukte Swammerdam, waren zijn ontdekkingen controleerbaar. De overgang van pop naar vlin-der was ook gezien door Cosimo de Medici die, toen hij bij Swammerdam op bezoek was, een kijkje door het vergrootglas mocht nemen. En niemand twijfelde toch aan de getuigenis van een vorst? Bovendien bewaarde Swammerdam zijn preparaten in zijn kabinet en nodigde hij iedere geïnteresseerde uit om ze te komen bekijken. Swammerdam schuwde de retoriek overigens niet. Niet alleen had hij vrijwel altijd gelijk, hij raakte ook niet moe te benadrukken hoe onjuist de aannames, observaties en theorieën van zijn voorgangers en collega's waren. En ofschoon hij,

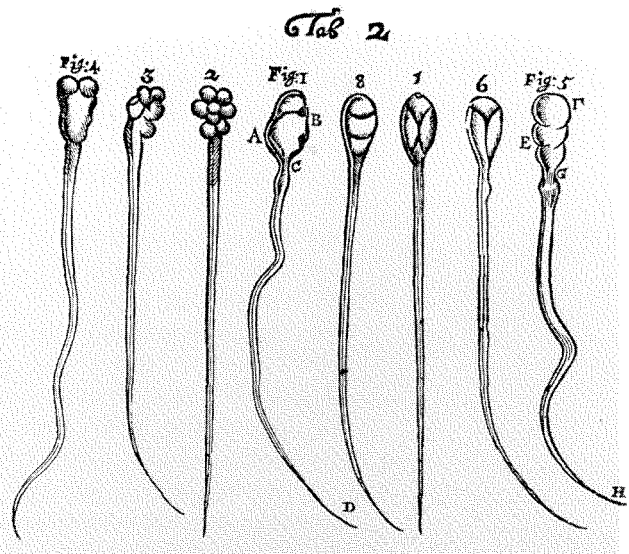
10 Swammerdam, *Bybel*, p. 705.

11 Swammerdam, *Historia*, p. 28.



ANTONIUS A LEEUWENHOEK.
Regiae Societatis Amstelredamensis
membrum

Afb. 29. Antoni van Leeuwenhoek. Gravure van A. de Blois naar schilderij van A. Verkolje, uit: Derde Vervolg der brieven (1693). [Rijksuniversiteit Groningen]



Afb. 30. Spermatozoa van mensen en honden, zoals beschreven door Van Leeuwenhoek, *Philosophical transactions* (1678). [Rijksuniversiteit Groningen]

zeker in de jaren na zijn religieuze crisis, keer op keer verzuchtte dat hij zich het liefst in totale afzondering zou willen wijden aan zijn onderzoek, had hij goede contacten met vooraanstaande geleerden en 'liefhebbers' binnen en buiten de Republiek. De boeken die hij tijdens zijn leven publiceerde raakten overal bekend en spraken zeer tot de verbeelding.

Swammerdam was een moeilijk mens en een geniaal onderzoeker. In zijn werk beperkte hij zich in eerste instantie tot een beschrijving van wat hij zag, alhoewel religieuze vooronderstellingen een belangrijke rol speelden. Swammerdams boek over de eendagsvlieg, *Ephemeris vita* (1675), bestaat voor de helft uit ongeëvenaarde anatomische beschrijvingen en voor de andere helft uit stichtelijke verzen, waarin het korte bestaan van dit insect wordt vergeleken met het menselijk leven in het aardse tranendal.

Dat soort ideeën vinden we niet bij Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723).¹² Van Leeuwenhoek hamerde er voortdurend op dat hij alleen maar beschreef wat hij zag, en niet meer dan dat. Dat had gedeeltelijk met zijn achtergrond te maken: Van Leeuwenhoek had niet gestudeerd. Hij werkte voor de stad Delft, en was zich pas op latere leeftijd gaan interesseren voor microscopisch onderzoek. Vanaf 1670 ging hij zelf lenzen vervaardigen. Sommigen hiervan vergrootten tot ongeveer 400 maal, wat voor die dagen ongekend was. Met deze enkelvoudige microscopen zag

¹² Ruestow, *Microscope*; Fournier, *Fabric of life*; Palm c.a. (ed.), *Leeuwenhoek*; Palm, 'Leeuwenhoek'.

Van Leeuwenhoek dingen die nog nooit iemand vóór hem had gezien. Al tijdens zijn leven was hij een beroemdheid en kreeg hij regelmatig hoog bezoek, zoals bijvoorbeeld van tsaar Peter de Grote.

Van Leeuwenhoek werkte niet systematisch. Hij legde zo ongeveer alles wat hij tegenkwam of wat voorbij kroop onder de microscoop: stukjes plantaardig weefsel, druppeltjes bloed, melk, slootwater, insecten, zijn eigen haar, speeksel, fecaliën, enzovoort. Op deze manier deed hij veel spectaculaire ontdekkingen. Van Leeuwenhoek zag bijvoorbeeld in 1675 de tot dan toe ondenkbare en onzichtbare protozoa (eencelligen) en in 1676 de bacteriën. In de zeventiende eeuw begreep men overigens nog weinig van deze micro-organismen. Wat vooral tot de verbeelding sprak was het feit dat microscopisch onderzoek, net als telescopisch onderzoek, de bestaande wereld onmetelijk vergrootte. Muggen leken net zo groot en even ingewikkeld van bouw als olifanten. Bovendien bleken er levende wezens te bestaan die in dezelfde verhouding tot muggen stonden, als muggen tot olifanten. In 1678 beschreef Van Leeuwenhoek als eerste, enigszins besmuikt, de krioelende 'dierkens' in het mannelijk zaad. Deze ontdekking was een impuls voor onderzoek naar het sperma van andere levende wezens. Net als Swammerdam geloofde ook Van Leeuwenhoek niets van spontane generatie. Ook Van Leeuwenhoek beschreef de microscopisch kleine eitjes van sommige insecten en hun ongelooflijk verfijnde anatomie.

Anders dan Swammerdam schreef Van Leeuwenhoek geen thematisch opgezette boeken. Hij deed verslag van zijn ontdekkingen in brieven die hij naar vooraanstaande personen als Constantijn Huygens stuurde, die dientengevolge soms werden verrast met gedetailleerde beschrijvingen van hetgeen de nijvere Delftenaar tussen zijn tenen had aangetroffen. De ontdekkingen van Van Leeuwenhoek zouden door zijn lezers waarschijnlijk als weinig anders dan curiositeiten zijn beschouwd als niet in 1673 de Delftse arts Regnier de Graaf hem had geïntroduceerd bij de *Royal Society*. Gedurende vijftig jaar beschreef Van Leeuwenhoek zijn ontdekkingen in 'Sendbrieven' die hij naar de *Society* stuurde. Deze gingen vergezeld van zeer tot de verbeelding sprekende illustraties, werden vervolgens vertaald en gepubliceerd in de *Philosophical Transactions*, en later ook afzonderlijk uitgegeven. Aldus bereikte Van Leeuwenhoek een groot en geïnteresseerd publiek. Zijn puur descriptieve aanpak paste goed bij de baconiaanse geest van de *Society*, waarvan hij in 1680 tot *fellow* werd benoemd. Maar omdat hij niet had gestudeerd, nauwelijks op de hoogte was van de klassieke en contemporaine literatuur, en bovendien dankzij zijn unieke lenzen dingen zag die niemand anders kon zien, twijfelden veel geleerden aan zijn ontdekkingen. Van Leeuwenhoek weigerde aan de 'geleerde Heeren Philosophen' te vertellen hoe hij precies aan zijn ontdekkingen was gekomen. Niet geheel ten onrechte vreesde hij dat hij zijn

troefkaart zou verspelen, als hij het geheim van zijn lenzen uit handen gaf. Hier lag een groot probleem. De *Royal Society* stelde namelijk dat een bepaalde ontdekking pas een wetenschappelijk feit was als het controleerbaar was, en had bovendien bepaalde codes en conventies waaraan onderzoekers moesten voldoen om geloofd te worden.¹³ Een goede illustratie hiervan is het volgende. In oktober 1676 schreef Van Leeuwenhoek:

Inden Jare 1675 omtrent half September ... ontdecten ik levende schepselen in regenwater, dat maer eenige weijnige dagen in een nieuwe ton had gestaen. Dit heeft mij aangemoedigt, om dit water naukeurig te onderzoeken, te meer, om dat dese diertgens in mijn oog, meer dan tien duysent mael cleijnder waren, dan het diertge dat Swammerdam heeft afgebeeld, en met den naem van watervlo, of waterlujs noemt.¹⁴

Van Leeuwenhoek had als eerste in de geschiedenis eencellige micro-organismen waargenomen (de formulering is anachronistisch – Van Leeuwenhoek wist niet precies wát hij zag). Aangezien verwijzingen naar de geschriften van anderen onmogelijk waren, en er in Europa vrijwel niemand was die Van Leeuwenhoeks claim kon controleren, paste de Delftenaar dezelfde tactiek toe als Swammerdam: hij haalde er achtenswaardige ooggetuigen bij. Bij Van Leeuwenhoek waren dat er maar liefst acht. Drie dominees, twee juristen, een arts en twee anderen ondertekenden een verklaring dat ook zij de minuscule diertjes hadden gezien. Voor de Engelsen was dat niet genoeg. Pas in november 1677 werd (na langdurige experimenten met verschillende soorten regenwater, toegevoegde stoffen en verschillende microscopen) Van Leeuwenhoeks ontdekking eindelijk bevestigd en als feit erkend.

Ongetwijfeld speelde in deze zaak Van Leeuwenhoeks nederige afkomst een rol – hij was geen *gentleman*. Aanvankelijk schaamde Van Leeuwenhoek zich voor zijn eenvoudige achtergrond. Maar naarmate hij meer ontdekkingen deed profileerde hij zich als de *self made man* die dankzij zijn open geest dingen zag waar de geleerden overheen keken. Anderen onderkenden dit cultuurverschil. Constantijn Huygens (die zich Sir mocht noemen) schreef aan de *Society* dat de brave Van Leeuwenhoek ongestudeerd was en geen vreemde talen beheerste, maar van nature nieuwsgierig en ijverig was. Minder vriendelijk was Swammerdam, die vond dat er met Van Leeuwenhoek geen inhoudelijke discussie mogelijk was, ‘alsoo hij partiaal [bevooroordeeld] is, en seer barbarisch reasonneert, synde ongestudeert’.¹⁵ Hoewel er inderdaad soms moeilijk met Van Leeuwenhoek te praten viel, was dit toch niet helemaal waar. In tegenstelling tot de boekengeleerden en de cartesianen geloofde Van Leeuwenhoek niet dat hij alwetend was. Maar ook hij had zo zijn stokpaardjes. Een daarvan was zijn overtuiging dat in het mannelijk zaad al het complete toekomstige menselijk wezen besloten zou liggen. Een foetus was eigenlijk niets anders dan

13 Vgl. Shapin, *Social history of truth*.

14 *ABL* II, p. 64.

15 Lindeboom, *Letters*, p. 108.

een in het vrouwelijk lichaam uitgegroeide spermatozoïde. Dit koppig volgehouden idee bracht hem in conflict met Swammerdam, De Graaf en andere Hollandse anatomen.

Anatomisch onderzoek

Swammerdam is bekend als insectenkenner, maar was bovenal een zeer begaafd anatoom. Samen met andere veelbelovende studenten als Regnier de Graaf en Frederik Ruysch had hij gestudeerd bij de Leidse hoogleraar anatomie Johannes van Horne. Binnen deze groep hield iedereen zich bezig met hetzelfde soort onderzoek. Men stimuleerde elkaar, maar had soms ook flinke ruzies. De aankomende medici blonken allen uit in het nauwgezet ontleden en het vervaardigen van anatomische preparaten. Zowel Swammerdam als Ruysch ontwikkelden nieuwe preparatietechnieken, waarbij de aderen en vaten van lichaamsdelen werden opgespoten met kwik en was. Dankzij deze vinding konden voorheen onbekende anatomische details nauwgezet worden bestudeerd. Swammerdam speelde een tijdje een belangrijke rol in het *Collegium privatum Amstelodamense*, een groep van Amsterdamse anatomen die, net zoals de *Royal Society*, in groepsverband onderzoek deed, elkaars ontdekkingen controleerde en de resultaten vervolgens als groep publiceerde.

De Graaf (1641-1671) is bekend door zijn in 1672 gepubliceerde boek over de vrouwelijke geslachtsorganen.¹⁶ Aristoteles had geschreven dat de rol van de vrouw eigenlijk passief was. Zij ontving het mannelijk zaad, dat in haar lichaam uitgroeide tot een foetus, zonder dat ze zelf iets toevoegde. De Graaf geloofde hier niets van. Hij onderzocht de eierstokken, 'der vrouwen ballen'. Hij ontdekte hierin 'blaaskens', de later naar hem genoemde Graafse follikels waarin de eicel verborgen ligt. De eicel heeft De Graaf overigens niet zelf gezien; evenmin was het nu meteen duidelijk hoe de voortplanting dan wél verliep. De discussie hierover zou nog eeuwen duren, maar De Graafs ontdekking was een flinke prikkel voor verder onderzoek. Van Leeuwenhoek kreeg het over deze kwestie aan de stok met De Graaf. Ook Swammerdam kwam in aanvaring met De Graaf, maar om heel andere redenen. Swammerdam beweerde dat niet De Graaf, maar hij zelf de ontdekker van de 'blaaskens' was. Het resultaat was een hoog oplopende ruzie, waarin uiteindelijk de te hulp geroepen *Royal Society* De Graaf gelijk gaf; deze was ondertussen al overleden.

Net als Swammerdam en De Graaf was ook Frederik Ruysch (1638-1731) een briljant preparateur.¹⁷ Dankzij zijn zorgvuldig geheim gehouden injectie- en balsemtechnieken deed hij veel anatomische ontdekkingen, waaronder die van de lymfhevaten (een ontdekking die ook Swammerdam claimde). Ruysch ging een grootse carrière tegemoet. Hij bleef onderzoek

16 Lindeboom, *De Graaf*.

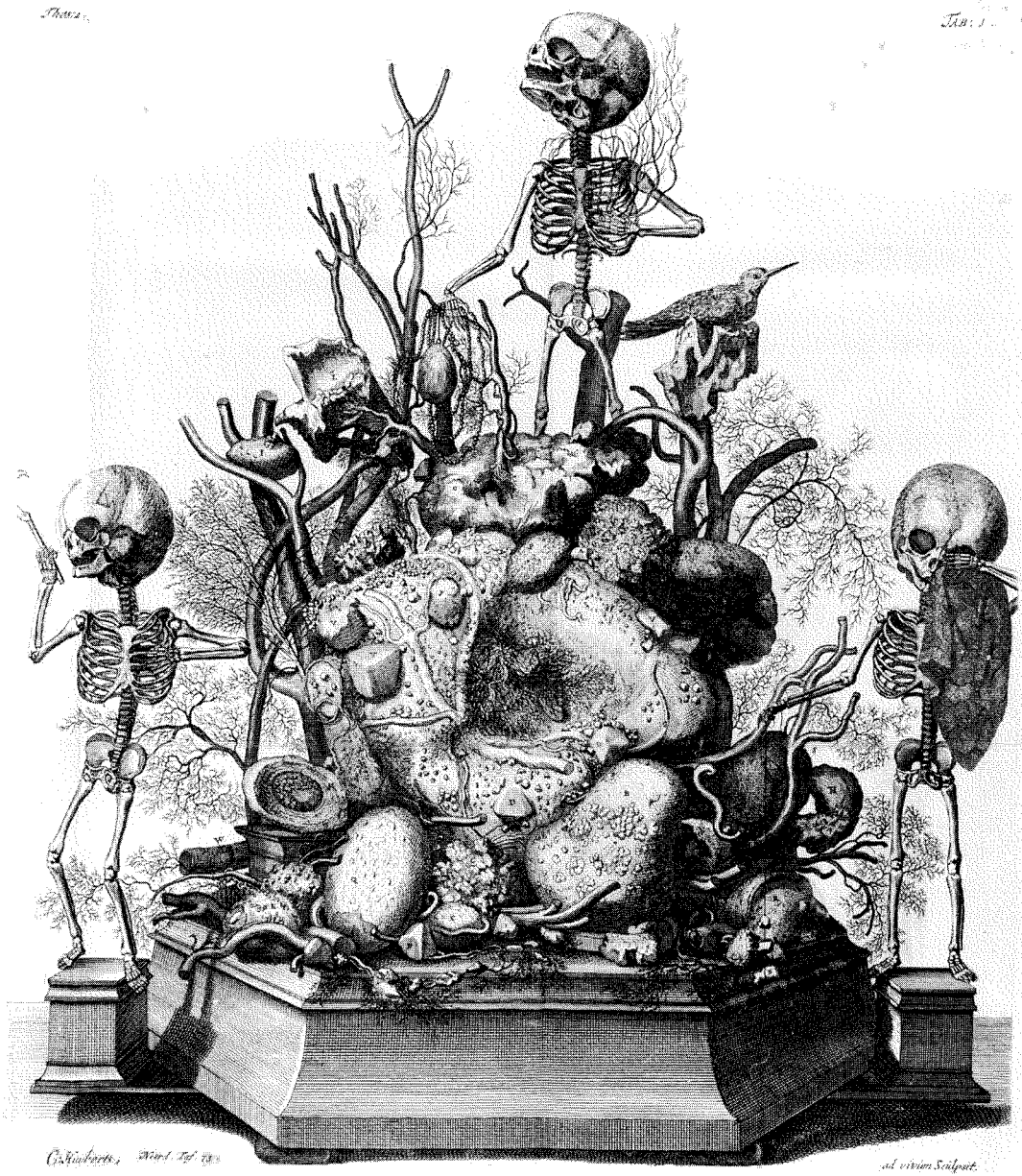
17 Luyendijk-Elshout, 'Ruysch'.

doen, was als professor verbonden aan het Amsterdams *Atheneum*, doceerde in het anatomische theater en de botanische tuin, en publiceerde een indrukwekkende hoeveelheid boeken. Maar hij is vooral bekend vanwege zijn omvangrijke verzameling naturalia, die vanaf 1671 open werd gesteld voor een select publiek. Dit verwonderde zich over de kunstig opgestelde skeletten en anatomische preparaten, waaronder een kinderlijkje dat er zo levensecht uitzag dat Peter de Grote, tot tranen toe bewogen, het gekust zou hebben. (In 1717 kocht de tsaar de hele verzameling op en verscheepte haar naar St. Petersburg, waar ze gedeeltelijk nog te zien is). Zoals zo veel verzamelingen had ook die van Ruysch zowel een wetenschappelijk als een moreel doel. Zo beschreef de hoogleraar bijvoorbeeld een aantal misgeboorten. Deze werden door een groeiende groep medici niet langer beschouwd als het resultaat van mysterieuze krachten in de natuur of als uitingen van Gods toorn, maar als het gevolg van natuurlijke oorzaken (*in casu* problemen tijdens de conceptie en zwangerschap). De veelzijdigheid en structuur van de levende natuur was voor Ruysch een niet aflatende bron van godsvrucht. Zo schreef hij naar aanleiding van zijn microscopisch onderzoek naar de menselijke haarvaten aan de *Royal Society*: ‘Oh, almachtige God, hoe wonderbaarlijk zijn uw werken!’¹⁸ Dezelfde gedachten kenmerkten Ruysch’s naturaliënkabinet. De professor toonde planten en dieren uit de Nieuwe Wereld; de vele lichaamsdelen op sterk water illustreerden de groeiende anatomische kennis; bij de aanblik van bellenblazende en vooospelende kinderskeletjes werden de toeschouwers op hun eigen sterfelijkheid gewezen.

Exotische verzamelingen

Ruysch en Swammerdam waren niet de enige verzamelaars in de Republiek. Al sinds Paludanus, die zich in 1583 in Enkhuizen vestigde, behoorden de Hollandse rariteitenverzamelingen tot de rijkste en bekendste van Europa.¹⁹ Aan het einde van de zeventiende eeuw waren het met name de kabinetten van Ruysch, de Haarlemse koopman Levinus Vincent (1658–1727) en de Amsterdamse apotheker Albertus Seba (1665–1736) die door talloze geleerden, vorsten en ‘curieuze liefhebbers’ bezocht werden. De collectie van deze laatste werd, net als die van Ruysch, door Peter de Grote opgekocht. De verzamelaars stonden in nauw contact met elkaar, en ruilden en bediscussieerden de verschillende aanwinsten. Hoewel dit geen geïnstitutionaliseerde vorm van natuuronderzoek was, zoals bijvoorbeeld aan de Leidse universiteit of bij de *Royal Society* bedreven werd, waren de activiteiten van deze verzamelaars van grote invloed. Ze hadden goede contacten met de universitaire wereld en enkelen waren *fellow* van de *Society*. Ze wilden de hele wereld binnen handbereik brengen en verzamelden – mede dank-

18 BL MS Sloane 4048 f. 112–113.
19 Bergvelt en Kistemaker, *Wereld binnen handbereik*.



Afb. 31. Uit het kabinet van Ruysch: een allegorische voorstelling op de vergankelijkheid met naturalia en kinderskeletjes. Gravure uit: F. Ruysch, *Derde Thesaurus* (1717). [Rijksuniversiteit Groningen]

zij hun voortreffelijke contacten in Oost en West – een schat aan informatie over vreemde culturen, flora en fauna. Seba bezat onder meer een enorme verzameling exotische schelpen en insecten en publiceerde een reusachtig, fraai geïllustreerd werk waarin al zijn schatten stonden beschreven.

De Amsterdams burgemeester en VOC-bewindvoerder Nicolaas Witsen (1641-1717) was eveneens gefascineerd door de wonderen der natuur.²⁰ Witsen was een typische exponent van de geleerde burgercultuur die halverwege de zeventiende eeuw opkwam, en waartoe we bijvoorbeeld ook Hudde en de Deventer burgemeester Gisbertus Cuper kunnen rekenen. Vooraanstaande burgers combineerden hun bestuurlijke werk of sinecures met een levendige belangstelling voor de wetenschap in al haar vormen. In het Engels werden ze *virtuosi* genoemd, in Frankrijk *amateurs* of *curieux*, en in het Nederlands werden ze vaak betiteld als ‘liefhebbers’. In heel Europa stonden de heren, middels briefwisselingen en tijdschriften, met elkaar in contact, aldus een breed forum van geleerdheid vormend. Witsen beschikte over een zeer uitgebreid internationaal netwerk, en wisselde driftig informatie en artefacten uit. Hij had een brede belangstelling, variërend van scheepsbouw en Oosterse volkeren (over beide onderwerpen publiceerde hij gezaghebbende boeken) tot cartografie, oude talen en exotische dieren. Ook Witsen legde ter meerdere eer en glorie van God en de wetenschap een rariteitenkabinet aan. In het bijzonder was hij gefascineerd door mythische dieren. Hij gaf enorme sommen geld uit om feit van fictie te onderscheiden of, anders geformuleerd, om de empirie aan de tekstuele traditie te toetsen. Ook toen al beseftte men dat dit erg moeilijk was. Uit deze periode stamt dan ook het verhaal over de koning van Siam, die de Hollandse reizigers wilde straffen, omdat deze beweerden dat in hun eigen land een paar maanden per jaar het water in sloten en meren zo hard werd dat zij erover konden lopen.²¹ Volgens de koning was dit onzin en totaal in strijd met het gezonde verstand en alle bestaande kennis. Witsen zat met hetzelfde probleem: wanneer bestaat een bepaald verschijnsel of dier nu wel of niet? Witsen geloofde aanvankelijk niet dat er eenhoorns bestonden – een speciaal voor hem opgeviste narwal leverde het overtuigende bewijs dat datgene wat men aanzag voor de hoorn van een eenhoorn, in feite de slagtang van dit zeewezen was. Maar in 1700 schreef een VOC-koopman uit Siam hem dat daar ‘landeenhorens’ gesignaleerd waren. Toen hij later zelfs een hoorntje van dit dier stuurde veranderde Witsen van mening: ‘So dat ik nu geloof geve dat er waerlijk eenhoorns sijn’.²² Een groot raadsel was de ontdekking van de bevroren resten van een ‘elephant’ in Noord-Rusland. Volgens Witsen (die niet kon weten dat het hier om de uitgestorven mammoet ging) moest dit dier daar tijdens de Zondvloed heengespoeld zijn. Op deze wijze werden door Witsen en vele anderen ook de merkwaardige vondsten van dierlijke en plantaardige resten (fossielen zouden wij zeggen, maar ons begrip was vreemd aan de zeventiende eeuw) diep onder de grond of hoog op de bergen ver-

20 Gebhard, *Witsen*; Peters, ‘Witsen’.

21 Locke, *Essay*, 4.15.5, Vol. 2, p. 367.

22 Gebhard, *Witsen II*, p. 329.

klaard. Men had geen idee van de werkelijke ouderdom van de aarde (die ergens tussen 6000 en 8000 jaar werd geschat). Het gegeven dat bepaalde dier- of plantensoorten uitgestorven of geëvolueerd waren, was geheel ondenkbaar, aangezien God alles in den beginne had geschapen. Op dit vlak werd het bijbelse referentiekader enigszins geproblematiseerd, maar bleef het tot aan de tijd van Darwin in hoge mate intact.²³

Echter, door het steeds weer toetsen van nieuwe vondsten aan oude beschrijvingen werd de klassieke wetenschap langzaam ontdaan van twijfelachtige inzichten. Zo geloofde bijvoorbeeld Witsen niet meer in het bestaan van griffioenen en andere mythische dieren. De bestaande kennis werd in een explosief tempo uitgebreid, en in boeken en verzamelingen aanschouwelijk gemaakt. De 'liefhebbers' waren hierbij natuurlijk afhankelijk van hun overzeese contacten. Holland vormde het centrum van de wereldhandel, en de koopmansmentaliteit ging wonderwel samen met een grote nieuwsgierigheid naar het exotische.²⁴

Een goed voorbeeld hiervan zijn de wetenschappelijke expedities in Brazilië, dat korte tijd een Nederlandse kolonie was.²⁵ Willem Piso, die als arts in dienst was van de Westindische Compagnie, verzamelde naturalia die hij doorstuurde aan bekenden in het vaderland. Swammerdam beschreef bijvoorbeeld exotische insecten die hij van Piso had gekregen. Piso was ook een van de schrijvers van een uitermate belangrijk werk, de *Historia Naturalis Brasiliae* ('Natuurlijke historie van Brasilië', 1648). Ge-steund door gouverneur Johan Maurits van Nassau brachten Piso en zijn collega Georg Marcgraf talloze onbekende volkeren, planten en dieren in kaart. Niet alleen inhoudelijk bracht het werk ongelooflijk veel nieuws. Ook de manier van beschrijven was anders dan die in de bestaande werken. De traditionele aandacht voor tekstuele referenties en symbolische betekenissen maakte plaats voor een gedetailleerde weergave van uiterlijke kenmerken. Een van de oorzaken hiervoor is dat luiaards, miereneters, kolibries en andere dieren uit de Nieuwe Wereld onbekend waren in de Europese traditie. Ze droegen derhalve geen aangekoekte laag van betekenissen, bijbelse verwijzingen en morele lessen met zich mee.²⁶

Deze tendens tot beschrijven, tot het benadrukken van de uiterlijke kenmerken ten koste van verborgen krachten of emblematische betekenissen, zien we ook bij een aantal andere boeken die eind zeventiende, begin achttiende eeuw verschenen. Er werd al uitgebreid stilgestaan bij het werk van Swammerdam. Een ander goed voorbeeld is het werk van Georg Rumphius (1628-1702), die in nauw contact stond met de Nederlandse verzamelaars.²⁷ Rumphius was in 1652 via de VOC in de Oost verzeild geraakt en was erg geïnteresseerd in de natuur. Met steun van de VOC begon hij de levende natuur op Ambon te beschrijven. In 1670 werd hij blind, maar op de tast en geholpen door anderen ging hij verder met zijn onderzoek. In 1687 was zijn studie klaar, maar door brand gin-

23 Rudwick, *Fossils*.

24 Freedberg, 'Science, commerce and art'; vgl. Van Berkel, 'Een onwillige mecenas?'

25 Van den Boogaart (ed.), *Johan Maurits*.

26 Vgl. Ashworth, 'Emblematic worldview'; Whitehead, 'Marcgraf'.

27 Beekman, *Paradijzen*, pp. 92-128.

gen de illustraties verloren. Na herstel van de schade werd in 1692 het manuscript naar Holland gestuurd, maar het schip werd door piraten in de grond geboord. Een kopie kwam uiteindelijk in 1696 in het vaderland aan, maar uit concurrentieoverwegingen stelde de VOC de publicatie uit. In 1705 werd een gedeelte gepubliceerd onder de titel *De Amboinsche Rariteitenkamer*. Pas tussen 1741 en 1755 verscheen het zesdelige *Amboinsch Kruidboek*. Rumphius was ondertussen al in 1702 overleden.

Rumphius' werk vormt een van de hoogtepunten van de beschrijvende plant- en dierkunde. De illustraties, die één geheel met de tekst vormden, waren veel realistischer dan die uit het begin van de eeuw, zoals bijvoorbeeld die in Clusius' studies. Eén van de kunstenaars die bijdroegen aan Rumphius' werk was de in Duitsland geboren Maria Sybilla Merian (1647-1717).²⁸ In het geheel door mannen beheerste wetenschappelijke *discours* van de zeventiende eeuw neemt zij een bijzondere plaats in. Zoals zovelen was Merian gefascineerd door de gedaanteverwisseling van insecten en publiceerde hierover een boek met fraaie gravures. Ze verhuisde van Frankfurt naar Nederland, waar zij onder andere de exotische insecten in de kabinetten van Ruysch, Witsen en Vincent bekeek. Maar, zo merkte zij op, hier kon zij niet 'der zelve oorspronk en generatie' bestuderen. Dus reisde de onverschrokken Merian in 1699 naar Suriname, waar ze twee jaar verbleef. De 'heeren liefhebbers' vonden dit maar een ongepaste onderneming. 'Wat ondervindingh heeft soo een Juffer', schreef een van hen,

naa een kort verblijf in sulc een land als Suriname is, om in bossen en struwelle te gaan kruipen, en daar soodanige diertjens te vergaren ... dat laat haar kunne niet toe, daar een wel gewapend man kwaat genoeg heeft sijn selve te bevrijen, om niet van een tijgerdier overvallen en verrast te werden, waarvan een voorbeeld is, aan die brave en groote liefhebber Van Loenen, waer aan toen hij wederkeerde uijt het bosch tot Paramaribo een ieder kon sien dat hij met een tijger te doen heeft gehad.²⁹

Merian overleefde de Surinaamse hel. Ze bestudeerde de inheemse insecten en andere dieren in hun natuurlijke omgeving en maakte er natuurgetrouwe afbeeldingen van. Samen met een toelichtende tekst verschenen deze in 1705 als de *Metamorphosis insectorum Surinamensium ofte verandering der Surinaamsche insecten*, een werk dat in heel Europa veel indruk maakte, niet in de laatste plaats door Merians uitstekende gevoel voor *public relations*. Merian dacht dat sommige lezers haar tekeningen misschien niet zouden vertrouwen. Daarom schreef ze dat de oorspronkelijke afbeeldingen, 'curieus na het leven op pargement geschildert, nevens de gedroogde Beesjes by my te zien zyn'.³⁰

De feiten op een rijtje krijgen werd hoe langer hoe meer de leus van natuuronderzoekers. Uiterlijke verschijningsvormen en regelmatigheden wer-

28 Wettengl (ed.), *Merian*.

29 MS Artis Legk. 37:1. Met dank aan Florence Pieters, die me op deze bron attendeerde.

30 Merian, *Metamorphosis*, voorwoord.

den steeds belangrijker gevonden dan individuele gevallen, afwijkingen en symbolische betekenissen. De werken van Nederlandse natuuronderzoekers als Piso en Marcgraf, Rumphius, Van Leeuwenhoek en – bovenal – Swammerdam waren wat dit betreft grensverleggend. Niet de autoriteit van een klassieke tekst of het eigen verstand, maar een continu proces van observeren, beschrijven en controleren werd doorslaggevend in de wetenschappelijke discussie. Dat gold voor de bestudering van de levende natuur, en dat gold ook voor de meer exacte natuurwetenschap.

7 Wiskunde, luchtpompen en experimenten

Experimenten en natuurwetenschap

‘Ik heb liever een Van Leeuwenhoek die me vertelt wat hij ziet, dan een cartesiaan die me beschrijft wat hij denkt’, zo schreef de wiskundige en *Universalgelehrte* Leibniz in 1691 aan Christiaan Huygens, ‘maar het belangrijkste is toch om de theorie met de waarnemingen te verbinden’.¹ Leibniz en Huygens waren niet de enigen die dergelijke epistemologische ideeën verkondigden. Een enorme invloed had de *Royal Society*, die precies dezelfde gedachte uitdroeg.

Maar wat verstond men onder waarnemingen? Globaal gesproken twee dingen. Allereerst het beschrijven van wat men in de natuur zag. De nauwkeurige beschrijvingen en tekeningen van allerlei planten en dieren uit het vorige hoofdstuk zijn hier voorbeelden van. Maar daarnaast kon men ook experimenten verrichten. Deze konden worden gedaan om een al bestaand idee te bewijzen of juist te ondermijnen, kortom om een theorie te verifiëren. Men kon ook de omgekeerde weg bewandelen; men kon proeven doen en vervolgens een theorie bedenken om de resultaten te verklaren. Vanaf ongeveer 1650 begon men beide vormen van experimenteren steeds belangrijker te vinden. Bacon had al gezegd dat als de natuur bepaalde geheimen niet uit zichzelf wilde prijsgeven, zij dan maar op de pijnbank gelegd moest worden (zelf deed hij overigens geen experimenten). Deze methode ging in theorie in tegen de twee wetenschappelijke stromingen die we in de vorige hoofdstukken al leerden kennen: het aristotelisme en het cartesianisme. Deze legden in eerste instantie veel meer nadruk op bepaalde axioma’s dan op waarnemingen en experimenten.

In Engeland was de invloed van Descartes niet zo groot als in de Republiek of in Frankrijk. De *Royal Society* gebruikte Bacon als schutspatroon, en raakte steeds meer overtuigd van de waarde van experimenten. De belangrijkste bezigheid van de *Royal Society* was het verzamelen van *feiten*, die via collectieve observatie en experiment verkregen werden. Het genootschap afficheerde zichzelf dan ook een ‘union of eyes and hands’. Maar wanneer was iets een wetenschappelijk feit? We zagen al hoe belangrijk men het bij Van Leeuwenhoek vond dat observaties controleerbaar waren. Een waarneming had pas waarde als deze herhaalbaar was en

1 *OCCH X*, p. 52.

Afb. 32. Het werk van Robert Boyle maakte ook in de Republiek veel indruk. Op deze gravure van Jan Luyken wordt nadrukkelijk gewezen op het belang van zintuigelijke waarnemingen. R. Boyle, Onderzoek wegens de cynd-oozaaken der natuurlyke dingen (1688). [Universiteit van Amsterdam]



't Amsterdam by de Weduwe van Steven Swarr. 1688.

door mede-onderzoekers kon worden gecontroleerd – dezelfde experimenten moesten onder gelijke omstandigheden dezelfde resultaten opleveren. De grote ideoloog achter deze opvatting was Robert Boyle (1626-1691), een veelzijdig natuuronderzoeker die vooral bekend is geworden door zijn proeven met luchtpompen.²

Volgens zowel Aristoteles als Descartes was een vacuüm onmogelijk. Die overtuiging kwam onder vuur te liggen door de opzienbarende experimenten van Evangelista Torricelli en Otto von Guericke. Torricelli vulde in 1644 een aan één kant afgesloten glazen buis met kwik en keerde deze om. Het kwik liep er gedeeltelijk uit, maar bleef op een hoogte van 76 centimeter steken, terwijl zich boven in de buis een lege ruimte vormde. Von Guericke construeerde in 1650 in Maagdenburg de eerste luchtpomp. Hij zoog hiermee twee halve, op elkaar geplaatste bollen leeg, die zo stevig aan elkaar werden vastgezogen dat zestien paarden ze niet los kregen! De hamvraag was nu: bevond zich bovenin Torricelli's barometer en in de Maagdenburger halve bollen nu wel of geen vacuüm?

Boyle was gefascineerd door deze proeven. In 1660 bouwde hij een luchtpomp waarmee hij beweerde een glazen bol vacuüm te kunnen zuigen. Maar aristotelici en cartesianen waren niet meteen overtuigd van het bestaan van het luchtledige, en er werd een flinke wetenschappelijke strijd geleverd. Toch maakten Boyles zorgvuldige, in aanwezigheid van aanzienlijke getuigen uitgevoerde experimenten veel indruk. Deze nieuwe methode werd het grote voorbeeld voor natuurwetenschappers. Boyle, de zelfbenoemde *christian virtuoso*, werd op zijn terrein een beroemdheid, en zijn werk werd ook in de Republiek veel gelezen. Christiaan Huygens was er als de kippen bij om Boyles luchtpomp te verbeteren, en demonstreerde zijn vinding voor de *Society* en later voor zijn eigen *Académie*. In de glazen bollen stopte men ballonnetjes, kwikbarometers, bakjes alcohol, slingeruurwerken, planten en dieren, pompte de bol leeg en keek wat er gebeurde. Zulke proeven spraken in heel Europa enorm tot de verbeelding. Maar met de zo cruciaal geachte controleerbaarheid viel het nogal tegen. De luchtpomp was een moeilijk te bouwen, kwetsbaar, niet helemaal betrouwbaar en vooral duur instrument. Aanvankelijk hadden alleen instellingen als de Engelse *Society* en de Franse *Académie* er een, terwijl de armere Europese universiteiten niet mee telden. Maar ook in dit opzicht vormde de Republiek een uitzondering.

Experimenten aan de Nederlandse universiteiten

In 1674 maakte de pas benoemde Leidse hoogleraar natuurfilosofie Buchardus de Volder (1643-1709) een reis naar Engeland, waar hij de *Royal Society* en Newton bezocht. De Volder was zó enthousiast over wat hij zag

² Shapin en Schaffer, *Leviathan and the airpump*.

dat hij, terug in Leiden, vroeg of het mogelijk was zijn hoorcolleges te ondersteunen met experimenten.³ Dat mocht, mede omdat de curatoren hoopten dat door de 'nuttigheyt ende het vermaek' van de proeven 'veele studenten van andere academien ende scholen herwaerts aengelocht' zouden worden.⁴ De Volder liet voor een flinke som geld bij de Leidse instrumentmaker Musschenbroek een pomp naar Engels voorbeeld bouwen.⁵ In 1675 beschikte Leiden behalve over rariteitenverzamelingen, een anatomisch theater, een botanische tuin en een chemisch laboratorium ook over een zaaltje waarin natuurkundige experimenten werden gedaan. Het natuuronderzoek had een duidelijk zichtbare plaats gekregen in de academische wereld. De *physica experimentalis* van De Volder was een hele vernieuwing, aangezien de colleges natuurkunde tot die tijd puur theoretisch waren. De proefjes die de hoogleraar, met zelf ontworpen luchtpompen, deed, zorgden voor het nodige spektakel en trokken zoals gehoopt volle zalen. Maar, anders dan bij de *Society*, werden ze niet gedaan om tot nieuwe ideeën te komen, maar om al bestaande kennis te illustreren.

De Volder was een student van Dele Boë, Sylvius en Van Schooten. Hij was een goede vriend van Hudde en Christiaan Huygens, en evenals deze laatste een kritische bewonderaar van Descartes. De Volder had oog voor een experimentele aanpak en beseftte bovendien het belang van de wiskundige beschrijving van natuurverschijnselen. Bij Huygens en Newton bleek al hoe vruchtbaar deze verbinding was, maar dit waren onderzoekers die grotendeels buiten de universitaire wereld werkzaam waren. Daarbinnen bestond nog steeds een scheiding tussen natuurfilosofie en wiskunde, en het was dan ook een belangrijke vernieuwing dat De Volder in 1682 behalve hoogleraar natuurfilosofie ook hoogleraar wiskunde werd, ter gelegenheid waarvan hij een *Oratio de conjungendis philosophicis et mathematicis disciplinis* ('Rede over het verbinden van de filosofische en mathematische disciplines') hield. In 1687 kreeg hij van Newton een exemplaar van diens *Principia* toegestuurd. Hij zag het werk als het voorbeeld voor de juiste wetenschappelijke methode. In zijn colleges benadrukte hij het belang van de vermenigving van wis- en natuurkunde, overigens zonder les te geven over Newton.

De proeven die tijdens de colleges werden gegeven, waren dus vooral bedoeld als demonstratie van bestaande theorieën. Met deze proeven liep de Leidse universiteit in Europa voorop. In Cambridge (Newton's thuisbasis) gebeurde dat in 1707, in Parijs pas in 1752. Binnen de Republiek volgde Groningen in 1697 het Leidse voorbeeld. De Zwitser Johann Bernoulli (1667-1748), een van de meest briljante wiskundigen van zijn tijd, deed daar de proeven. Hij beloofde dat hij in zijn colleges 'alles op zeer handige wijze met meetkundige strengheid zal bewijzen en vervolgens met experimenten zal bevestigen'.⁶ We zien hier dus dezelfde volgorde als bij De Volder: je hebt een natuurkundig probleem, gaat dit met de wiskunde te lijf, en bevestigt de uitkomst met een proef.

3 Ruestow, *Physics*, pp. 89-112; De Pater, 'Experimental physics'.

4 Molhuysen, *Bronnen* III, p. 298.

5 De Clerq, *Musschenbroek workshop*, pp. 105-107, pp. 137-139.

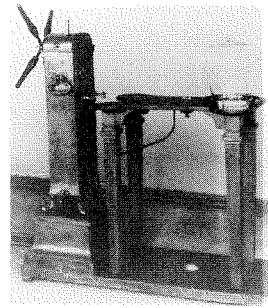
6 Geciteerd in: Van Maanen (ed.) *Bernoulli*, p. 72.

Bernoulli zocht in Leiden De Volder op, kocht bij de firma Musschenbroek een luchtpomp, en deed hiermee ter lering en vermaak een aantal proeven. Deze trokken nogal wat aandacht, maar niet helemaal op de manier die de Groningse curatoren gehoopt hadden. Bernoulli was sterk beïnvloed door Descartes. Dat was in natuurwetenschappelijk opzicht niet zo schrikbarend meer, maar voor het rechtzinnig deel der natie was dat nog steeds een probleem. Aan de universiteiten was een soort wapenstilstand ontstaan tussen traditionele theologen en cartesianen: zolang men elkaars vakgebied respecteerde was alles rustig. Maar Bernoulli hield wel van een rel. Hij deed zijn proeven in de Academiekerk, bij uitstek het domein van de godgeleerden, en deze reageerden nogal verontwaardigd. Hierop suste Bernoulli de zaak niet, integendeel. Terwijl rechtzinnige theologen – naar aanleiding van de commotie over Descartes, Bekker en Spinoza – uiterst gevoelig waren voor de verhouding tussen theologie en filosofie, riep Bernoulli uit:

Al wie maar leutert dat de tempel Gods ontheiligd is geraakt door de experimenten die ik onlangs op plechtige wijze in het koor van de Academiekerk heb gedaan, is óf ontoerekeningsvatbaar, óf toont op schandelijke wijze zijn voorin genomenheid en zijn boosaardigheid tegen mij en mijn werk... De macht en wijsheid Gods blijkt uit niets duidelijker dan uit de bestudering van Zijn werken, en niemand kan dat beter doen dan de filosoof en de mathematicus.⁷

Eens te meer bleek dat de beoefening van de natuurwetenschap aan strenge spelregels gebonden was, regels die Bernoulli bewust schond. Hij verdedigde het copernicanisme, beschuldigde sommige godgeleerden ervan expres een verkeerde interpretatie van de Bijbel te geven, en hij verdedigde een theorie over de menselijke stofwisseling die gebaseerd was op de deeltjestheorie van Descartes. In de ogen van traditionele theologen ontkende Bernoulli met dit laatste dat God de mens geschapen had, en dat de doden op de Dag des Oordeels weer zouden opstaan. Kortom, atheïsme!

Het gevolg was een rel die sterk doet denken aan de Utrechtse ruzie over het cartesianisme. Beschuldigingen van spinozisme en ketterij vlogen over en weer, studenten raakten slaags, en de overheid bemoeide zich ermee. Om de gemoederen wat te bedaren greep de universiteit uiteindelijk naar een beproefd middel. Het werd de professoren verboden om de mysteriën van het geloof ‘naer den regel en Methode der philosophie’ te behandelen, omdat anders ‘het waer Christelijcke gelove Schipbreuk soude konnen lijden’.⁸ Met andere woorden, iedereen moest zich met zijn eigen zaken bemoeien. De theologen dienden zich bij de godgeleerdheid te houden, en de natuurfilosofen moesten met hun handen van de Bijbel afblijven.



Afb. 33. Luchtpomp, in 1675 gebouwd door de firma Musschenbroek naar een ontwerp van De Volder. [Leiden, Museum Boerhaave]

⁷ *Ibid.*, p. 74.

⁸ Geciteerd in: Jorink, 'Bernoulli' p. 66.

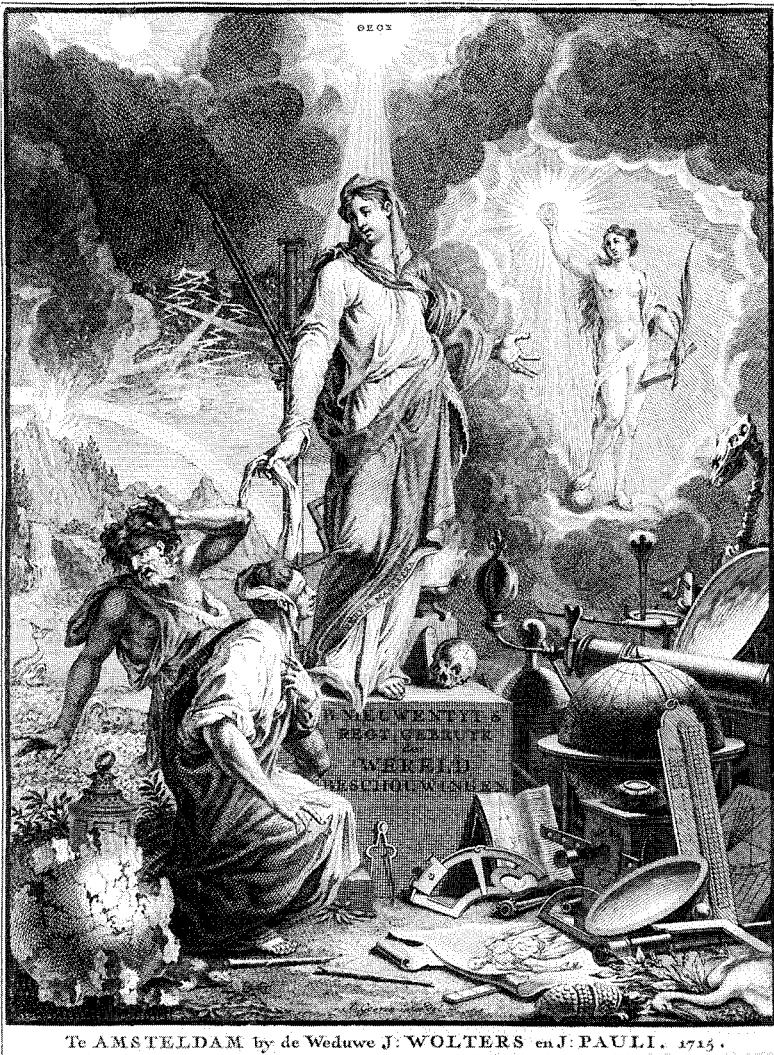
De affaire met Bernoulli toonde nog eens aan hoe wankel het evenwicht was tussen de theologen en de natuurfilosofen. Of ze nu wel of geen proeven deden, de filosofen gingen in eerste instantie uit van de rede, en geloofden niet langer dat zij op hun vakgebied ondergeschikt waren aan de theologen. Natuurfilosofie was een zelfstandige discipline, waarin spectaculaire successen werden geboekt. Veel theologen zagen met verbijstering hoe hun autoriteit op het gebied van de bijbeluitleg werd ondergraven door rationalistische natuuronderzoekers. Sommigen zagen overal gevaar, en gooiden copernicanen, cartesianen, spinozisten en atheïsten op één grote hoop. Hier lag een enorme bron van conflicten.

Iemand die dit probleem duidelijk inzag was de Purmerendse burgemeester Bernard Nieuwentijt (1654-1718).⁹ In 1715 publiceerde hij een boek dat in heel Europa beroemd werd, *Het regt gebruik der wereltbeschouwingen ter overtuiging van ongodisten en ongelovigen*. Nieuwentijt had (naar alle waarschijnlijkheid) in Leiden bij De Volder gestudeerd, waar hij in aanraking was gekomen met het cartesianisme. Ook hij raakte gefascineerd door de deeltjestheorie, en ook hij zag het belang van de wiskunde in. Maar volgens Nieuwentijt was er een groot verschil tussen wiskunde-als-discipline, en de wiskundige methode die zogenaamd tot absolute zekerheid leidde. De zuivere *mathesis* was een door Nieuwentijt zeer hoog geachte wetenschap. Maar de wiskundige methode van redeneren van Descartes en Spinoza leidde tot schijnzekerheden en atheïsme. Spinoza had felle reacties opgeroepen omdat hij beweerde dat de natuur aan blinde wetten gehoorzaamde, dat wonderen onmogelijk waren, en dat uiteindelijk de Rede het laatste woord had. Ook Nieuwentijt reageerde heftig. Volgens hem was Spinoza geen 'verstandig redeneerder', maar een 'Ongodist'.

Nieuwentijt wilde de gevaarlijke rationalisten met hun eigen wapens bestrijden. Hij nam aan dat het atheïstische gevaar viel in te dammen als men inzag dat de natuur niet gehoorzaamde aan ijzeren wetten, maar aan de wil en almacht van God. Overal zag je dat de natuur een ordelijk geheel was. Zo'n uitzonderlijk fraai universum kon toch alleen maar door God geschapen zijn? Alles in de natuur verraadde toch de voorzienigheid van de Schepper? Slechts een almachtige Architect kon het heelal, waarin immers alles zijn plaats en doel had, geschapen hebben (het zogenaamde '*argument from design*'). Nieuwentijts God was de almachtige God uit de Bijbel, niet de ingenieur-in-ruste van de cartesianen of de onpersoonlijke god van de spinozisten. Nieuwentijt wilde 'de Goddelykheit van het heilig Woord uit natuurlyke verschijnselen' aan tonen.¹⁰ Volgens Nieuwentijt kon dat niet met de wiskundige methode, maar wel met waarnemingen en experimenten. De lezing van de Bijbel en het boek der natuur sloten elkaar niet uit. Integendeel, ze vulden elkaar aan. Deze denkrich-

9 Vermij, *Nieuwentijt*.

10 Nieuwentijt, *Regt gebruik*, 'Aan den leser'.



Afb. 34. Titelpagina van Nieuwentijts Het regt gebruik (1715). Op deze allegorische voorstelling ontdoet de door het goddelijk licht bestraalde Wetenschap de oude natuurfilosofen van hun blindoeken en toont zij de lichtende Waarheid. Naast de Waarheid staan de instrumenten van de nieuwe wetenschap opgesteld. [Rijksuniversiteit Groningen]

ting wordt de fysico-theologie genoemd; natuuronderzoek met een theologisch doel. Nieuwentijt was naast de Engelsen John Ray en William Derham, beiden behorend tot de kring van de *Royal Society*, een van de belangrijkste vertegenwoordigers van deze stroming.

Het was op zichzelf niets nieuws om het bestaan van God te bewijzen uit de natuur – al sinds de Oudheid waren Bijbel, natuurfilosofie en wereldbeeld met elkaar versmolten. Ook Nieuwentijt noemde de loop van de planeten, en de doelmatigheid van het menselijk lichaam. Maar naast deze bekende argumenten gebruikte Nieuwentijt ook het nieuwe, experimentele natuuronderzoek. Hierin ligt zijn voornaamste belang. Nieuwentijt was goed op de hoogte van het werk van Boyle en Newton, die beiden diep-gelovig waren, en hun werk zagen als eerbetoon aan de Schepper. Anders dan de hemelbestormende cartesianen beperkten de Engelsen zich tot het *beschrijven* van de waargenomen verschijnselen, en probeerden ze deze niet te *doorgronden*.

De methode van Boyle en Newton was dus niet alleen in wetenschappelijk opzicht succesvol; ze was ook voor veel theologen en gelovigen acceptabel. Sterker nog, door de bouw, structuur en doelmatigheid van de Schepping te onderzoeken, konden steeds meer overtuigende bewijzen voor de almacht van God gevonden worden. Nieuwentijt citeerde uitgebreid de ‘hedendaagsche Natuur-kundige waarnemingen’ waarbij de nadruk lag op het *argument from design*. Zoals zovelen bewonderde Nieuwentijt Van Leeuwenhoeks werk. Vol ontzag verhaalde Nieuwentijt dat de ogen van insecten uit duizenden facetten bestond, en dat alleen al in één waterdruppel zich miljoenen deeltjes moesten bevinden. Alleen God kon zoiets ongelooflijks geschapen hebben! De hele wereld was volgens Nieuwentijt onder de indruk van de vacuümexperimenten van Torricelli, Von Guericke en Boyle. ‘En kan men dan sien sonder sigh over des grooten Scheppers Wysheit te verwonderen, dat hy de mont van alle menschen tot een bequaam werktuigh toebereit heeft, om dit selve te doen? Een klaar bewys daarvan geeft die Actie, welke men *suigen* noemt’.¹¹ Kortom, de structuur en doelmatigheid van de gehele natuur toonde het bestaan van een voorzienige God. Dankzij de moderne natuurkunde kon men die beter bestuderen en overdenken dan ooit tevoren.

Nieuwentijt had zelf veel proeven gedaan. Hij schreef voor een breed publiek, en hij moedigde zijn lezers aan om ‘sich tot dadelyke experimenten te begeven’, waaruit ‘de magt en wysheit des aanbiddelyken Makers’ zou blijken.¹² Nieuwentijts werk voorzag duidelijk in een enorme behoefte, en werd keer op keer herdrukt en vertaald. Bovendien verschenen er veel boeken die *Het regt gebruik* als voorbeeld hadden. Het is mede aan Nieuwentijt te danken dat het doen van natuurkundige proeven in de achttiende eeuw enorm populair werd.

11 *Ibid.*, p. 51.

12 *Ibid.*, p. 15.

De aanpak van Boyle, Newton en de *Royal Society* maakte dus veel indruk in de Republiek. Maar een overkoepelend Nederlands genootschap voor natuuronderzoek werd niet opgericht. Eén reden hiervoor was het ontbreken van een sterke overheid. Anders dan Engeland of Frankrijk was de Republiek geen centraal geregeerd koninkrijk, maar een losse verzameling van provincies. Die hadden allemaal zo hun eigen belangen, en richtten ieder een universiteit op, maar geen overkoepelend wetenschappelijk genootschap. Men vond dat eigenlijk ook niet nodig, omdat het niveau van de universiteiten erg hoog was. Zoals gezegd waren deze meer bedoeld als onderwijs- dan als onderzoeksinstellingen, maar toch speelden ze een grote rol voor de wetenschap. Vooral Leiden had de naam een goede en vernieuwende universiteit te zijn en werd destijds door bijvoorbeeld Boerhaave als equivalent van de buitenlandse genootschappen beschouwd. Hier kregen jonge onderzoekers uit binnen- en buitenland een goede basisopleiding.

De Leidse geleerden deden geen spectaculaire ontdekkingen, maar ze speelden wel een grote rol bij de verspreiding van de nieuwste wetenschappelijke ideeën. Bijzonder invloedrijk was de al genoemde Herman Boerhaave (1668-1738), die uit heel Europa studenten trok.¹³ Zijn faam was zo groot dat een vanuit China verstuurde brief 'Dr. Boerhaave, arts in Europa' zonder problemen zijn bestemming bereikte. Boerhaave studeerde theologie en filosofie, maar verlegde later zijn aandacht naar de medicijnen. Hij was in 1715 hoogleraar in drie vakken: plantkunde, scheikunde en geneeskunde. Vooral door dit laatste werd hij wereldberoemd. Boerhaave was niet echt een onderzoeker, maar was vooral goed in het systematiseren en onderwijzen van de kennis van anderen. Hij was een veel geraadpleegd arts, zijn colleges trokken volle zalen, en de door hem geschreven handboeken of geredigeerde werken van anderen werden keer op keer herdrukt. Kosten noch moeite werden door Boerhaave gespaard om de nagelaten manuscripten van Swammerdams microscopische studies op te sporen en uit te geven, en deze verschenen vlak voor zijn dood in 1738 als de *Bybel der Natuur*. Ook Boerhaave benadrukte het belang van het *argument from design*, en was diep onder de indruk van Newton, 'het wonder van onze tijd', en diens empirisch-mathematische aanpak. In 1715, hetzelfde jaar waarin Nieuwentijts *Regt gebruik* verscheen, hield Boerhaave een invloedrijke oratie over het probleem van het verkrijgen van zekerheid in de natuurkunde. Ook de Leidse hoogleraar verwierp de hoogmoed van de cartesianen. Onder verwijzing naar Boyle en Newton verkondigde hij dat de natuur in wezen niet te doorgronden is, dat Gods almacht bleek uit de structuur van zelfs het allerkleinste haartje, en dat de mens tevreden moest zijn met de observatie en de beschrijving van feiten.¹⁴

13 Lindeboom, *Boerhaave*; Underwood, *Boerhaave's men*; Luyendijk-Elshout, 'Boerhaave'.

14 Boerhaave, *Oratio*.

Newton werd *de* grote intellectuele held van de achttiende eeuw. Het was vanuit Leiden dat het newtonianisme zijn triomftocht op het Europese vasteland begon.¹⁵ Boerhaave kreeg steun van de wiskundige en astronoom Willem Jacob 's-Gravesande, die in 1717 hoogleraar werd.¹⁶ 's-Gravesande (1688-1742) had twee jaar in Engeland doorgebracht, had daar persoonlijk kennis had gemaakt met Newton en was benoemd als lid van de *Royal Society*. Maar tijdens zijn onderwijs in Leiden liep 's-Gravesande tegen een groot probleem op. Newtons *Principia* was een ongelofelijk gecompliceerd boek, waarvan de wiskunde maar door weinig mensen werd begrepen. Diens *Opticks* was eenvoudiger, en er stonden bovendien veel proeven in beschreven. 's-Gravesande gebruikte dan ook dit boek als uitgangspunt voor zijn drukbezochte colleges. 's-Gravesande publiceerde bovendien als eerste een leerboek waarin de newtoniaanse natuurkunde werd uiteengezet en dat ook in het Engels werd vertaald. Hij trok vanuit heel Europa nieuwsgierige studenten, onder wie de Franse filosoof Voltaire, die een populair-wetenschappelijk boek over de newtoniaanse natuurfilosofie aan het schrijven was.

Door het werk van Nieuwentijt, Boerhaave, 's-Gravesande en anderen werd niet alleen Newton bekend, maar werd ook de natuurwetenschap erg populair. Aan het eind van de zeventiende eeuw was de relatie tussen geloof en natuurwetenschap soms problematisch. Dat had alles te maken met de vraag: waarop baseren we onze zekerheid? Volgens de theologen was dat de Bijbel, volgens veel natuurfilosofen was dat de menselijke rede. Maar nadat de stofwolken van de debatten over Descartes en Spinoza een beetje waren opgetrokken, kwamen beide groepen weer dichter bij elkaar. Nieuwentijt benadrukte bijvoorbeeld dat veel eigentijdse ontdekkingen eigenlijk al in de Bijbel beschreven stonden. Door in de wetenschap de nadruk te leggen op waarnemingen en experimenten ontstond er een gemeenschappelijk domein waarop zowel theologen als natuurwetenschappers zich thuis voelden. Beiden benadrukten dat Gods werken groots, maar in wezen ondoorgrondelijk waren. Zoals de hoogleraar Petrus van Musschenbroek (1692-1761) het uitdrukte: van de wetten der natuur hebben wij 'geene ingeschapen denkbeelden, maar moeten haar met veel arbeid opspeuren door proeven en ondervindingen. Alle deeze wetten hangen af van den vryen wil van onzen Almagtigen en Alwyzen Schepper'.¹⁷

Het waarnemen, beschrijven en systematiseren van de natuur leidde tot belangrijke resultaten. Maar het droeg ook bij tot diepe religieuze gevoelens. Aan het begin van de achttiende eeuw stortten geleerden, burgers en dominees zich blijmoedig op het natuuronderzoek. Het aanleggen van naturaliënverzamelingen was populair als nooit te voren. In salons en genootschappen deden welgestelde heren (soms vergezeld van hun dames) proeven met luchtpompen, barometers, thermometers en later allerhande

15 Hooykaas, 'Natuurwetenschap'; De Pater, 'Newtonianisme in Nederland'.

16 Ruestow, *Physics*, pp. 113-139; De Pater, 's-Gravesande'.

17 Musschenbroek, *Beginsels* I, 7. Over hem: De Pater, *Musschenbroek*.

elektrische en magnetische apparaten. In 1737 klaagde een schrijver dat veel mensen handenvol geld uitgaven aan allerlei instrumenten en proefopstellingen. Zij 'onthalen hunne Vrienden minder op smaakelyke spyze en drank, dan op een reeks naatuurkundige waarnemingen. Elk zoekt een Natuurkenner te worden. De Koopman trekt zyne hand van de Schryftafel, om die aan de Lugtpomp te slaan. Landluiden zelve, die men als voorbeelden van domheid plagt aan te sien, oefenen sich in de Wiskunde'.¹⁸ Verzamelaars als Vincent en Seba stelden hun collecties open voor bezoekers en beschreven hun naturalia in fraai geïllustreerde boeken met veelzeggende titels als *Wondertooneel der Nature*, waarin de toeschouwers werden opgeroepen tot godsvrucht:

Kom, Godtverzaker, die deez' wonderen beschout,
U, als een nachtuil, in de duisternis onthoudt,
Kom voor het licht, en leer, met elk, uit al dees werken,
Den Opperkunstenaar in zyn gedrag bemerkten.¹⁹

Tegelijkertijd publiceerden dominees en andere gelovigen talloze boeken waarin de almacht van God werd bewezen uit de geometrische structuur van sneeuwvlokken, de anatomie van insecten, of de gecompliceerde baan van kometen. Schokkende ontdekkingen werden aan het begin van de achttiende eeuw nauwelijks gedaan. Dat gold voor heel Europa, en dus ook voor de Republiek. Natuuronderzoek werd een stichtelijk vermaak voor de burgerij.

18 Geciteerd in: Zuidervaart, *Speculatie, wetenschap en vernuft*, p. 15.

19 Vincent, *Wondertooneel*, p. 22.

8 Het natuurbeeld rond 1700

Een terugblik op de zeventiende eeuw

‘Waarin onze eeuw alle de voorgaande overtreft’, zo schreef de verzamelaar Albertus Seba rond 1730, ‘is dat men uit zyne eigen oogen ziet, en de zaken die men beschryft zelf behandelt. Voor deze liep men er merendeels los over heen; men redekavelde over de natuur der dingen, zonder deze zelf of gezien, of onderzocht te hebben’.¹ Seba’s opmerking is kenmerkend voor zijn tijd. In de achttiende eeuw was men in heel Europa trots op de enorme toename van wetenschappelijke kennis. Was niet binnen anderhalve eeuw de natuurwetenschap totaal veranderd? Had men in korte tijd niet vrijwel de hele natuur in kaart gebracht? Seba dacht dat de grenzen van de kennis in zicht waren. Er bestonden weliswaar nog wat onbekende zaken, maar die zouden wel worden doorgrond als men op dezelfde manier verder zou gaan. Het perspectief van geleerden was in een eeuw tijd radicaal veranderd. Geloofde men rond 1600 dat alle kennis verborgen lag in het verleden, rond 1700 had men een grenzeloos vertrouwen in de toekomst, in de vooruitgang. Vooral Newton’s wet van de zwaartekracht werd in heel Europa gezien als het symbool van de moderne wetenschap. Waar het nu vooral op aankwam was het voortgaan op de ingeslagen weg en het inventariseren, classificeren, demonstreren en openbaar maken van de bestaande kennis. Van exegese tot experiment, zo zouden we de veranderende methode van de natuurwetenschap tussen circa 1600 en 1700 kunnen kwalificeren.

Aan het begin van de achttiende eeuw benadrukten geleerden steeds weer het belang van experimenten, waarnemingen en de toegankelijkheid van informatie. Ook in de zestiende eeuw waren er al mensen geweest die de natuur met hun eigen ogen en handen onderzochten, maar dit waren vooral ambachtslieden die buiten het wetenschappelijke circuit stonden. Hun kennis was geen *wetenschap*, geen *scientia*. Natuurwetenschap in onze zin van het woord bestond niet. Humanistisch georiënteerde natuurfilosofen sloten zich in deze tijd op in hun studeerkamer – wetenschap van de natuur was een occulte, verborgen zaak. Het beeld van de natuur was in overeenstemming met een letterlijke interpretatie van de Bijbel en het klassieke *corpus*, en daarom geloofde men bijvoorbeeld dat

1 Seba, *Thesaurns I*, voorrede.

de aarde in het midden van het heelal stond. Maar dat veranderde snel. Men constateerde dat de Ouden niet alles hadden geweten. Astronomen ontdekten onbekende hemellichamen. Reizigers stuitten op onbekende landen, volkeren, dieren en planten. Dè grote vraag van de geleerden werd nu: waar moeten we onze kennis op baseren nu blijkt dat de Ouden niet alles geweten hebben? Eigenlijk is dat de kern van 'wetenschappelijke revolutie'.

Op deze vraag werden verschillende antwoorden gegeven. Geleerden als Paracelsus, Gesner en Bacon stelden dat wetenschap niet alleen moest bestaan uit de lezing en interpretatie van teksten, maar ook uit de observatie van de natuur zélf. Descartes formuleerde een heel andere oplossing op de autoriteitscrisis. Hij had geen vertrouwen in het steeds bijschaven van boekenkennis, en hij wantrouwde de zintuigen. Wetenschap kwam volgens hem in eerste instantie tot stand door de rede. Volgens Descartes werd de kosmos niet beheerst door verborgen krachten, maar gehoorzaamde ze aan natuurwetten. Geloof en wetenschap werden door Descartes hardhandig van elkaar gescheiden. Bij Descartes zien we iets dat in de buurt komt van ons begrip natuurwetenschap: een eigen vakgebied, met een eigen methode. Maar Descartes' filosofie had twee grote bezwaren.

Ten eerste riepen theologen moord en brand omdat Descartes rigoureuus de bijbelse en klassieke traditie overboord zette. In de cartesisaanse conceptie van het universum werd God gereduceerd tot een ingenieur-in-ruste, die ooit het mechaniek van de schepping in elkaar had gezet, dit een zetje had gegeven, en wiens rol nu feitelijk was uitgespeeld. Het tweede bezwaar was dat cartesianen voornamelijk vertrouwden op de rede, en niet op de zintuigen en experimenten.

Natuuronderzoekers kwamen aan het einde van de zeventiende eeuw tot een soort consensus. Theorie moest worden gekoppeld aan praktijk, rede aan geloof, en experiment aan beschrijving. Natuurwetenschappelijke kennis moest openbaar en controleerbaar zijn: waarnemingen en experimenten moesten steeds dezelfde uitkomsten geven. De loop van de natuur, de uitgebreidheid, schoonheid en doelmatigheid van alle processen en verschijnselen, verraadden een goddelijk *masterplan*. Het fysico-theologische *argument from design* werd extreem populair. Natuurwetten werden niet gezien als ijzeren wetten, maar beschouwd als *de* uitdrukking van de Voorzienigheid Gods.

Het natuurbeeld aan het begin van de achttiende eeuw

Aan het begin van dit boek werd het natuurbeeld rond 1600 geschetst. Welk natuurbeeld had men nu na de stormachtige ontwikkelingen in de zeventiende eeuw? Rond 1700 geloofden geleerden nog steeds dat de

aarde slechts een paar duizend jaar oud was. Maar in heel Europa begon men in te zien dat het scheppingsverhaal uit de Bijbel misschien niet helemaal letterlijk gelezen moest worden. Misschien waren er dingen gebeurd die niet met zoveel woorden in de Bijbel stonden, maar waarvoor wèl een logische, natuurlijke verklaring was. Misschien was bijvoorbeeld de Zondvloed veroorzaakt door een komeet, en misschien was er in de ark van Noach ook wel plaats geweest voor alle dieren uit de Nieuwe Wereld. Hetzelfde gold voor de plaats van de zon en de aarde. In de Bijbel stond met zoveel woorden dat de aarde stilstond en de zon bewoog. Maar, zo dachten steeds meer mensen, dat was waarschijnlijk figuurlijk bedoeld. Rond 1700 accepteerden de meeste natuurwetenschappers (en soms ook theologen) dat de aarde bewoog. Dat hoefde het geloof in God niet in de weg te staan. Integendeel. Net als de godgeleerden geloofden ook de meeste natuurwetenschappers dat God bestond. Maar de natuurwetenschappers bestudeerden nu niet langer de Bijbel en de klassieken, maar de natuur zèlf. Geleerden beschreven fysische verschijnselen nu in wiskundige formules. De levende natuur werd onder invloed van Linnaeus (die nog bij Boerhaave gestudeerd had) geordend op basis van uiterlijke kenmerken en anatomische overeenkomsten.² Klassieke referenties, bijbelse analogieën, occulte krachten en symbolische betekenissen werden in wetenschappelijk opzicht niet langer relevant geacht. Gods majesteit en voorzienigheid bleek overduidelijk uit de orde, schoonheid, doelmatigheid en rijkdom van de Schepping.

Goede voorbeelden zijn de naturaliënkabinetten van Seba en Vincent, die werden beschouwd als de meest complete van Europa. Hier viel Gods almacht in de levende natuur het duidelijkst te zien, zo geloofden veel mensen. De indeling van deze collecties vormden een sterk contrast met bijvoorbeeld die van de Leidse universiteit, die ruim een eeuw eerder waren ontstaan. De ordening gebeurde niet langer op basis van de leer van de vier elementen of de vermeende onderlinge sympathieën, maar op basis van de uiterlijke kenmerken. Van elk soort werd het meest kenmerkende, en niet het meest afwijkende of 'seldsame' exemplaar verzameld. De verzamelaars stopten de schelpen bij de schelpen, de insecten bij de insecten enzovoorts. Dezelfde orde, regelmaat en doelmatigheid uit de levende natuur was ook te zien in de dode natuur. Ook hier gold het *argument from design* als doorslaggevend godsbewijs. De achttiende eeuw was vooral de eeuw van Newton. Voor veel mensen was hij de man van de zwaartekracht en van de natuurwetten. Volgens Newton gehoorzaamde de natuur aan wiskundig te beschrijven wetmatigheden. Maar het universum was geen doodse machine, zonder doel of betekenis. In tegenstelling tot radicale cartesianen geloofde Newton niet dat de Schepper het kosmische mechaniek in elkaar gezet had, een zetje had gegeven, en vervolgens rustig achterover kon leunen. Integendeel, de natuur verraadde con-

2 Blunt, *Linnaeus*; Koerner, 'Linnaeus'.



stant de hand van de Heer. De natuurwetten waren geen blinde wetten, maar de uitdrukking van Zijn voorzienigheid. God kon ze ook nog altijd veranderen als Hij daar behoefte aan had. Newton geloofde dan ook dat wonderen nog mogelijk waren. Maar een even groot wonder was eigenlijk de regelmaat en orde die de natuur beheersten.³

Newton groeide in de loop van de achttiende eeuw uit tot een geleerde van mythische proporties. Maar weinig mensen realiseerden (en realiseren) zich dat hij het grootste deel van zijn leven had besteed aan alchemistische speculaties en de uitleg van bijbelse profetieën. In heel Europa werd hij gezien als diegene die dankzij één geniale ingeving een eeuwenlange periode van achterlijkheid en bijgeloof had afgesloten. In Engeland dichtte Alexander Pope:

Nature and nature's laws lay hid in night:
God said, 'Let Newton be', and all was light.

De achttiende eeuw was de eeuw van de Verlichting. Vooral dankzij de spectaculaire vorderingen van de natuurwetenschap had men een gren-

Afb. 35. Het variteitenkabinet van Levinus Vincent, zoals afgebeeld in diens Wondertooneel der nature (1706). Voor de talloze bezoekers scheen de natuur een doelmatig en overzichtelijk geheel. Vergelijk de geometrische ordening met de veel meer associatieve indeling van zestiende-eeuwse kabinetten, zoals bijvoorbeeld op afb. 3. [Rijksuniversiteit Groningen]

³ Harrison, 'Newtonian science Vermij, 'Een nieuw concept'.

zeloos vertrouwen in de vooruitgang, de wetenschap en de menselijke rede.

Door de ideeën van Newton onder alle lagen van de bevolking te verspreiden konden bijgeloof en onwetendheid worden bestreden. Blijmoedig deed men in salons en wetenschappelijke genootschappen natuurkundige proeven, bejubelde men de complexiteit van schelpen en insecten, legde men allerlei verzamelingen en fraaie, geometrische tuinen aan, schreef men gedichten over de natuur, en publiceerde men fysico-theologische werken. Er verscheen een enorme stroom boeken waarin de theorieën van Newton werden uitgelegd, overigens zonder ingewikkelde formules te gebruiken. Langzaam maar zeker verdwenen theorieën over occulte krachten, werking-op-afstand, betovering, astrologie enzovoort uit de verhandelingen van de geleerde genootschappen. Voltaire, de Verlichtingsfilosoof bij uitstek, bereidde zich in Leiden voor op zijn populair-wetenschappelijke boek over Newton. Oorspronkelijk in het Italiaans, maar al snel overal vertaald was een boek van pater Algarotti, dat in het Nederlands verscheen als *De Newtoniaansche Wysbegeerte voor de Vrouwen*. In dit boek doceert een heer aan een dame de ideeën van Newton. Tot haar verwondering blijkt mevrouw het allemaal te begrijpen, en ze roept vol blijdschap uit: 'Ik kan mij voortaan onder de Newtonianen tellen'. Ja, zegt mijnheer goedkeurend,

Gy hebt, Mevrouw, een plegtige afzweriging van Uwe Filozofische dwalingen gedaan; het Newtoniaansch licht heeft de Carteziaansche harsenschimmen doen verdwijnen die u het gezigt verblindede; ja, gy zyt een Newtoniaansche, en gy zult dit met groot voordeel voor de waarheid zijn.⁴

In heel Europa geloofde men dat het tijdperk van de grote ontdekkingen nu wel was afgelopen. De dynamiek was er tot halverwege de achttiende eeuw een beetje uit, en echt belangrijke ontdekkingen werden er tot die tijd dan ook niet gedaan. Dat gold ook voor Nederland. Niet alleen op het gebied van de natuurwetenschap, maar in alle opzichten was daar de Gouden Eeuw ten einde. Het politieke, economische en culturele zwaartepunt van Europa verschoof naar Engeland en Frankrijk.

Nederland en de 'wetenschappelijke revolutie'

In dit boek is de verandering van wetenschap en wereldbeeld geschetst aan de hand van de ontwikkelingen in de Republiek. In grote lijnen waren die gelijk aan de ontwikkelingen elders in Europa. Een geleerde als Stevin is bijvoorbeeld voor Nederland belangrijk geweest, maar was in Europa slechts één van de velen die een toenadering tussen theorie en praktijk verdedigden.

⁴ Algarotti, *Newtoniaansche Wysbegeerte*, p. 173.

Maar op andere gebieden was Nederland vooruitstrevend en invloedrijk. De Leidse universiteit was een van de meest vernieuwende van Europa. Door de anatomische lessen, de botanische tuin, de rariteitenverzamelingen en de natuurkundige experimenten was het onderwijs minder theoretisch dan op universiteiten elders. Het onderwijs illustreert de overgang van een tekstuele, literaire naar een visuele, tastbare wetenschappelijke cultuur. Met name op het gebied van de geneeskunde en anatomie was de Leidse universiteit tot aan het begin van de achttiende eeuw toonaangevend.

Van niet te onderschatten belang waren de Nederlandse handelscontacten over de hele wereld. Alhoewel de VOC en de WIC de beoefening van de wetenschap nimmer tot hun taken rekenden, resulteerden hun overzeese activiteiten wel in een enorme toename van kennis op het gebied van de geografie, volkenkunde en natuurlijke historie. Nederland was niet alleen het wereldcentrum van de cartografie, maar ook de belangrijkste aanvoerhaven van exotica en 'rariteiten'. Buitenlandse *curieux* en geleerden (zoals bijvoorbeeld Linnaeus) trachtten met Hollandse verzamelaars schriftelijk in contact te treden, of ondernamen zelf de reis naar de Lage Landen.

Ook de uitvinding van instrumenten als de telescoop en de microscoop zorgde voor nieuwe werelden. Met de telescoop werd in de Republiek betrekkelijk weinig onderzoek gedaan (met uitzondering van de belangwekkende ontdekkingen van Huygens), maar op het gebied van de microscopie hadden Nederlanders grote invloed. Onderzoekers als Swammerdam en Van Leeuwenhoek ontdekten dat insecten en andere levende wezens oneindig ingewikkeld in elkaar zaten, dat er nog onbekende levensvormen bestonden, en dat de voortplanting van mens en dier totaal anders verliep dan dat men tot dan toe had gedacht.

Zeer belangrijk waren natuurfilosofen als Beeckman, Huygens en – bovenal – de in Nederland werkzame Descartes, die de basis legden voor het mechanistische wereldbeeld. Hun werk was niet alleen van grote invloed op de fysica, maar ook op opvattingen over magie en de symbolische betekenis van natuurverschijnselen.

Na de oprichting van de *Royal Society* en de *Académie des Sciences*, en met de verschijning van het paradigmatische werk van Newton, werd de rol van de Republiek in wetenschappelijk opzicht gemarginaliseerd. De natuurwetenschap werd een zaak van speciale genootschappen. Door de bestuurlijke versnippering van de Republiek kwamen dergelijke instituten hier niet van de grond. Misschien dat dit in de achttiende eeuw een handicap werd, het ontbreken van een sterk centraal gezag in de Republiek was in ieder geval in de zeventiende eeuw een zegen. Censuur ontbrak. Er was niet één alles overheersende staatsmacht, kerk of universiteit. Omstreden theorieën konden (binnen zekere, maar ruime marges) in de Republiek worden verkondigd. Talrijke geleerden en studenten verbleven voor korte of langere tijd in Nederland. De Nederlandse universiteiten

waren vernieuwend, en ook buiten de universiteiten konden geleerden hun gang gaan. Er waren mogelijkheden en geld genoeg. De bestudering van het Boek der Natuur was op alle mogelijke manieren verweven met het dagelijks leven. Wetenschap en wereldbeeld waren nauw met elkaar verweven. De ontwikkeling van de natuurwetenschap was geen flitsend succesverhaal van de zoektocht naar de Waarheid. Het werd op alle mogelijke manieren beïnvloed door religieuze ideeën, technische kwesties en maatschappelijke behoeftes. Vestingbouw, sterrenkundige waarnemingen, de lengtebepaling op zee, de planten en dieren uit Oost en West, het medisch onderwijs, de schilderkunst, religieuze en magische ideeën over de natuur: alles stond met elkaar in verband. Zolang de Nederlandse cultuur als geheel bloeide, bloeiden alle takken van wetenschap, en dus ook de natuurwetenschap.

Tot in de zestiende eeuw waren bij uitstek bibliotheken centra van geleerdheid. Vanaf de achttiende eeuw waren vooral de nationale genootschappen de plaatsen waar de nieuwe natuurwetenschap beoefend werd. In de lange zeventiende eeuw, de stormachtige overgangsfase waarin de epistemologische debatten werden uitgevochten en de kennis in een explosief tempo werd uitgebreid, speelden allerlei informele groepjes een cruciale rol. Misschien dat de belangrijkste bijdrage van Nederlandse geleerden aan de 'wetenschappelijke revolutie' juist hierin ligt. Tijdens de autoriteitscrisis op wetenschappelijk gebied (die misschien wel de essentie van de 'wetenschappelijke revolutie' vormt) kon de dynamische, heterogene cultuur van de Republiek een grote rol spelen. Anders geformuleerd: het gebrek aan een onwrikbaar epistemologisch uitgangspunt werd op wonderlijke wijze weerspiegeld in de heterogene staatsstructuur, de geringe macht van de kerk, en de pluriforme cultuur in Nederland. Er bestond een zeer breed draagvlak voor natuuronderzoek. De kringen van Plancius, Stevin en Blaeu, van Paludanus, Clusius en Pauw, van Beekman en Descartes, van Swammerdam en Ruysch, van Van Schooten en Hudde, van Huygens en De Volder, van Witsen en Seba, van Nieuwentijt en Boerhaave, en *last but not least* de vrijdenkers rond Spinoza, stonden op het snijpunt van verschillende culturen. Het waren netwerken van professoren, dominees, kooplieden, artsen, burgemeesters, wiskundigen, kunstenaars, reizigers en verzamelaars met een gemeenschappelijke interesse voor de natuur. Hier kwamen allerlei lijnen bij elkaar: geleerdheid en praktische kennis, theorie en waarneming, natuur en kunst, scepsis en godsvrucht. Die pluriformiteit leverde dan misschien niet een overkoeppelend genootschap op, maar wel impulsen voor een nieuwe wetenschap.

Afkortingen, geciteerde bronnen en literatuur

Afkortingen

- AVL *Alle de brieven van Antoni van Leeuwenhoek*. Amsterdam 1939 -
BL British Library, Londen.
BLF Bibliotheca Medicea-Laurenziana, Florence.
DSB Dictionary of scientific biography. 14 dln., New York 1970-1976.
OCCH *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*. 22 dln., Den Haag 1888-1950.

Ongedrukte bronnen

- Artis Bibliotheek, Ms. Legkast 37:1, 'Aantekeninge van verschijde Rupsen, en Wurmen, haar selsame veranderingen, Eijgene ingeschapene hoedanigheden'.
British Library, Ms. Sloane 4048 f. 112-113, brief van F. Ruysch aan H. Sloane, 25 december 1725.
Bibliotheca Medicea-Laurenziana, Florence, Ms. Ashburnhamiani, 1828.10, 'Index rerum naturalium omnium collectarum ab Bernardo Paludano Medico Enchusano'.

Gedrukte bronnen

- F. Algarotti, *De newtoniaansche wysbegeerte voor de vrouwen, of samenspraken over het licht, de kleuren en de aantrekkingskracht*. Amsterdam z.j.
J.A.J. Barge, *De oudste inventaris der oudste academische anatomie in Nederland*. Leiden 1934.
I. Beckman, *Journal tenue par Isaac Beekman de 1604 à 1634*. Ed. C. de Waard. 4 dln., Den Haag 1939-1954.
H. Boerhaave, *Sermo academicus de comparando certo in physicis*. Leiden 1715.
J. du Bois, *Naektheyt van de cartesiaensche philosophie, ontbloot in een antwoord op een cartesiaensch libel*. Utrecht 1655.
E.J. Bos (ed.), *Verantwoording van Renatus Descartes aen d'achtbare overigheid van Utrecht*. Amsterdam 1996.
J. Cats, *Aenmerkinghe op de tegenwoordige steert-sterre*. Ed. G.J. Johannes. Utrecht 1986.
C. Clusius, *Rariorum plantarum historia*. Leiden 1601.
R. Descartes, *Over de methode*. Ed. en vert. Th. Verbeek. Meppel 1977.
B. Fontenelle, *Entretien sur la pluralité des mondes*. Parijs 1966.
J. Goedaert, *Metamorphosis naturalis, ofte historische beschrijvinghe van de oirspronck, aerd...der wormen, rupsen*. 3 dln., Middelburg 1660-1669.
Christiaan Huygens, *Oeuvres complètes de Christiaan Huygens*. 22 dln., Den Haag 1888-1950.

- Christiaan Huygens, *Cosmotheoros, de wereldbeschouwer*. Ed. H.A.M. Snelders. Utrecht 1989.
- Constantijn Huygens, *Mijn jeugd*. Ed. en vert. C.L. Heesakkers. Amsterdam 1987.
- A. Koerbagh, *Een bloemhof van allerley lieflijkheid sonder verdriet...of een vertaling en uytlegging van al de Hebreuwse, Grieksche, Latijnsche, Franse en andere bastaardwoorden*. Amsterdam 1668.
- A. Leeuwenhoek, *Alle de brieven van Antoni van Leeuwenhoek*. Amsterdam 1939 - ...
- G.A. Lindeboom, *The letters of Jan Swammerdam to Melchisedec Thévenot*. Amsterdam 1975.
- J. Locke, *An essay concerning human understanding*. Ed. A. Fraser. New York 1959.
- M.S. Merian, *Metamorphosis insectorum Surinamensis ofte verandering der Surinaamsche insecten*. Amsterdam 1705.
- A. Metius, *Nieuwe geographische onderwysinghe, waerin gehandelt wordt die beschryvinghe ende afmetinghe des aertse globe*. Francker 1614.
- P.C. Molhuysen (ed.), *Bronnen tot de geschiedenis der Leidsche universiteit*. 7 dln., Den Haag 1913-1924.
- N. Mulerius, *Hemelsche trompet ende morgenwecker ofte comeet met een langebaert*. Groningen 1618.
- P. van Musschenbroek, *Beginsels der natuurkunde, beschreven ten dienste der landgenoten*. 2e ed., Lciden 1739.
- De Nederlandse belijdenisgeschriften*. Ed. J.N. Bakhuizen van de Brink. Amsterdam 1976.
- B. Nieuwentijt, *Het regt gebruik der wereldbeschouwingen*. Amsterdam 1715.
- A. Seba, *Locupletissimi rerum naturalium thesauri accurata descriptio*. 4 dln., Amsterdam 1734-1765.
- W. Snellius, *Descriptio cometae qui anno 1618 mense novembri primum effulsit*. Leiden 1619.
- S. Stevin, *De thiende*. Leiden 1585.
- S. Stevin, *De weeghdaet*. Leiden 1586.
- S. Stevin, *De wysentijt*, in: Idem, *Wisconstighe gedachtenissen*. 5 dln., Leiden 1605-1608.
- J. Swammerdam, *Historia generalis ofte algemeene verhandeling der bloedeloose dierkens*. Utrecht 1669.
- J. Swammerdam, *Bybel der Natuure*. Leiden 1737-1738.
- L. Vincent, *Wondertooneel der Nature*. Amsterdam 1706.
- R. Visscher, *Sinnepoppen*. Amsterdam 1614.
- H.J. Witkam, *Catalogues of all the chiefest rarities in the Publick Anatomie Hall of the university of Leyden*. Leiden 1980.
- J. de Witt, *Elementa curvarum linearum liber primus*. Ed. A.W. Grootendorst. Amsterdam 1997.

Secundaire literatuur

- D.C. Allen, *The legend of Noah: Renaissance rationalism in art, science and letters*. Illinois 1949.
- C.D. Andriess, *Titan kan niet slapen. Een biografie van Christiaan Huygens*. Amsterdam 1993.
- W.B. Ashworth, 'Natural history and the emblematic worldview' in: D.C. Lindberg en R.S. Westman (ed.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*. Cambridge 1990, 303-323.
- E.M. Beekman, *Paradijzen van weeler: koloniale literatuur uit Nederlands-Indië 1600-1950*. Amsterdam 1998.
- H.M. Beliën, A.Th. van Deursen en G.J. van Setten (ed.), *Gestalten van de Gouden Eeuw. Een Hollands groepsportret*. Amsterdam 1995.
- E. Bergvelt en R. Kistemaker (ed.), *De wereld binnen handbereik. Nederlandse kunst- en rareitatenverzamelingen, 1585-1735*. (Tentoonstellingscatalogus Amsterdams Historisch Museum 1992), Amsterdam 1992.

- K. van Berkel, *Isaac Beeckman (1588-1637) en de mechanisering van het wereldbeeld*. Amsterdam 1983.
- K. van Berkel, 'De geschriften van Rudolf Snellius. Een bijdrage tot de geschiedenis van het ramisme in Nederland', *GEWINA* 6 (1983), 185-194.
- K. van Berkel, *In het voetspoor van Stevin. Geschiedenis van de natuurwetenschap in Nederland 1580-1940*. Meppel 1985.
- K. van Berkel, *Citaten uit het Boek der natuur. Opstellen over Nederlandse wetenschapsgeschiedenis*. Amsterdam 1998.
- K. van Berkel 'Een onwillige mecenas? De VOC en het Indische natuuronderzoek' in: Idem, *Citaten uit het Boek der natuur. Opstellen over Nederlandse wetenschapsgeschiedenis*. Amsterdam 1998, 131-148.
- K. van Berkel, A. van Helden en L. Palm (ed.), *A history of science in the Netherlands*. Leiden 1999.
- H. Beukers, 'Mechanistische principes bij Francis dele Boë, Sylvius', *GEWINA* 5 (1982), 6-15.
- H. Beukers, 'Clinical teaching in Leiden from its beginning until the end of the eighteenth century', *Clio medica* 21 (1987), 139-142.
- M. Biagioli, *Galileo courtier. The practice of science in the culture of absolutism*. Chicago 1993.
- W. Blunt, *The compleat naturalist. A life of Linnaeus*. Londen 1971.
- L. J. Bol, 'Johannes Goedaert, schilder-entomoloog' in: Idem, *Goede onbekenden*. Utrecht 1982, 30-35.
- E. van den Boomgaard (ed.), *Johan Maurits van Nassau-Siegen 1604-1679. A humanist prince in Europe and Brazil*. Den Haag 1979.
- E.P. Bos en H.A. Krop (ed.), *Franco Burgersdijk (1590-1635): neo-aristotelianism in Leiden*. Amsterdam 1993.
- H.J.M. Bos e.a. (ed.), *Studies on Christiaan Huygens*. Lisse 1980.
- W. van Bunge, 'Spinozistische vrijdenkers in de Republiek', *Rekenschap*, juni 1998, 103-116.
- P. de Clerq, *At the sign of the oriental lamp: the Musschenbroek workshop in Leiden 1660-1750*. Rotterdam 1997.
- H.F. Cohen, *The Scientific Revolution. A historiographical inquiry*. Chicago 1994.
- L.I. Conrad e.a. (ed.), *The Western medical tradition: 800 AC tot AD 1800*. Cambridge 1995.
- H. J. Cook, 'The new philosophy in the Low Countries' in: R. Porter en M. Teich (ed.), *The Scientific Revolution in national context*. Cambridge 1992, 115-149.
- H.J. Cook, 'The cutting edge of a revolution? Medicine and natural history near the shores of the North Sea' in: J.V. Field (ed.), *Renaissance and revolution. Humanists, scholars, craftsmen and natural philosophers in early modern Europe*. Cambridge 1993, 44-61.
- L. Daston en K. Park, *Wonders and the order of nature*. New York 1998.
- C.A. Davids, *Zeewezen en wetenschap. De wetenschap en de ontwikkeling van de navigatietechniek in Nederland tussen 1585 en 1815*. Amsterdam 1986.
- A. Debus, *Man and nature in the Renaissance*. Cambridge 1978.
- A.Th. van Deursen, *Mensen van klein vermogen. Het kopergeld van de Gouden Eeuw*. 2e ed., Amsterdam 1991.
- P. Dibon, *L'enseignement philosophique dans les universités Néerlandaises à l'époque pré-cartésienne (1575-1650)*. Leiden 1954.
- E.J. Dijksterhuis, *Simon Stevin*. Den Haag 1943.
- E. J. Dijksterhuis, *De mechanisering van het wereldbeeld*. 7e dr., Amsterdam 1996.
- F.J. Dijksterhuis, *Lenses and Waves. Christiaan Huygens and the mathematical science of optics in the seventeenth century*. Enschede 1999.
- M. Donkersloot-De Vrij, *Drie generaties Blaeu. Amsterdamse cartografie en boekdrukkunst in de zeventiende eeuw*. Zutphen 1992.
- J.A. Drake-Brockman, 'The *perpetuum mobile* of Cornelis Drebbel' in: W. D. Hackmann

- en A.J. Turner (ed.), *Learning, language and invention: Essays presented to Francis Maddison*. Aldershot 1994, 124-147.
- W. Eamon, *Science and the secrets of nature. Books of secrets in medieval and early modern culture*. Princeton 1994.
- F. Egmond, 'Natuurlijke historic en *savoir prolétaire*' in: F. Egmond, E. Jorink en R. Vermij (ed.), *Kometen, monsters en muilezels. Het veranderende natuurbbeeld en de natuurwetenschap in de zeventiende eeuw*. Haarlem 1999.
- F. Egmond, E. Jorink en R. Vermij (ed.), *Kometen, monsters en muilezels. Het veranderende natuurbbeeld en de natuurwetenschap in de zeventiende eeuw*. Haarlem 1999.
- E. Eisenstein, *The printing press as an agent of change*. Cambridge 1979.
- L.T.S. Fat en E. de Jong (ed.), *The authentic garden*. Leiden 1991
- P. Findlen, *Possessing nature. Museums, collecting, and scientific culture in early modern Italy*. Berkeley 1994.
- M. Fournier, *The fabric of life. Microscopy in the seventeenth century*. Baltimore en Londen 1996.
- D. Freedberg, 'Science, commerce and art: neglected topics at the junction of history and art history' in: D. Freedberg en J. de Vries (ed.), *Art in history, history in art. Studies in seventeenth-century Dutch culture*. Chicago 1991, 377-427.
- R. French, 'Harvey in Holland: circulation and the Calvinists' in: R. French en A. Wear (ed.), *The medical revolution of the seventeenth century*. Cambridge 1989, 46-87.
- R. French, *Ancient natural history: histories of nature*. Londen 1994.
- W. Frijhoff, *La société néerlandaise et ses gradués, 1575-1814*. Amsterdam 1981.
- F. Gastra, *Geschiedenis van de VOC*. Zutphen 1991.
- S. Gaukroger, *Descartes: an intellectual biography*. Oxford 1995.
- J.F. Gebhard, *Het leven van Mr. Nicolaas Cornelisz. Witsen (1641-1717)*. Utrecht 1881-1882.
- R. van Gelder, 'Noordnederlandse verzamelingen in de zeventiende eeuw' in: E. Bergvelt, D. Meijers en M. Rijnders (ed.), *Verzamelen. Van rariteitenkabinet tot kunstmuseum*. Heerlen 1993, 123-144.
- R. van Gelder, 'Paradijsvogels in Enkhuizen. De relatie tussen Van Linschoten en Bernardus Paludanus' in: R. van Gelder, J. Parmentier en V. Roeper (ed.), *Souffrir pour parvenir. De wereld van Jan Huygen van Linschoten*. Haarlem 1998, 30-50.
- R. van Gelder, J. Parmentier en V. Roeper (ed.), *Souffrir pour parvenir. De wereld van Jan Huygen van Linschoten*. Haarlem 1998.
- C.A. Gmelich-Nijboer, *Conrad Gesner's 'Historia Animalium'. An inventory of Renaissance zoology*. Meppel 1977.
- A. Grafton, *New worlds, ancient texts. The power of tradition and the shock of discovery*. Cambridge Mass. 1992.
- A. Grafton, *Joseph Scaliger: a study in the history of classical scholarship*. 2 dln., Oxford 1983-1993.
- E. Grant, *Planets, stars and orbs. The medieval cosmos 1200-1687*. Cambridge 1994.
- W. Harms, 'Bedeutung als Teil der Sache in zoologische Standartwerken der frühen Neuzeit (Konrad Gesner, Ulisse Aldrovandi)' in: H. Boockmann e.a. (ed.) *Lebenslehren und Weltentwürfe im Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit*. Göttingen 1989, 352-369.
- P. Harrison, 'Newtonian science, miracles and the laws of nature', *Journal of the history of ideas* 56 (1995), 531-553.
- P. Harrison, *The bible, protestantism and the rise of natural science*. Cambridge 1998.
- P. Hazard, *La crise de la conscience Européenne 1680-1715*. Parijs 1936. [Vertaald als: *De crisis in het Europese denken, 1680-1715*. Amsterdam 1990].
- A. van Helden, 'Contrasting careers in astronomy: Huygens and Cassini', *De zeventiende eeuw* 12 (1996), 96-105.

- J. Heniger, 'De eerste Nederlandse wetenschappelijke reis naar Oost-Indië, 1599-1601', *Leids jaarboekje* 65 (1973), 27-45.
- J.I. Israel. *The Dutch Republic. Its rise, greatness and fall, 1477-1806*. Oxford 1995.
- R. Hooikaas, 'De natuurwetenschap in de "eeuw der genootschappen"' in: K. van Berckel en H.A.M. Snelders (ed.), *Natuurwetenschappen van Renaissance tot Darwin. Thema's uit de wetenschapsgeschiedenis*. Den Haag 1981, 131-167.
- E. de Jong, *Natuur en kunst. Nederlandse tuin- en landschapsarchitectuur 1650-1740*. Amsterdam 1993.
- E. de Jong en M. Dominicus-Van Soest (ed.), *Aardse paradijzen: de tuin in de Nederlandse kunst*. Gent 1996.
- E. Jorink, 'Hemelse tekenen. Nederlandse opvattingen over de komciet van 1618', *GEWINA* 17 (1994), 68-81.
- E. Jorink, 'Bernoulli in conflict met de Groningse theologen' in: J.A. van Maanen (ed.), *Een complexe grootheid. Leven en werken van Johann Bernoulli 1667-1748*. Utrecht 1995, 53-68.
- E. Jorink, 'Tussen Aristoteles en Copernicus. De natuurfilosofische opvattingen van Nicolaus Mulerius (1564-1630)' in: H.A. Krop, J.A. van Ruler en A.J. Vanderjagt (ed.), *Zeer kundige professoren. Beoefening van de filosofie in Groningen van 1614 tot 1996*. Hilversum 1996, 69-84.
- E. Jorink, 'Van omineuze tot glorieuze hemeltekenen. Veranderende opvattingen over kometen in de zeventiende-eeuwse Republiek' in: F. Egmond, E. Jorink en R. Vermij (ed.), *Kometen, monsters en muilezels. Het veranderende natuurbeeld en de natuurwetenschap in de zeventiende eeuw*. Haarlem 1999.
- J. Keuning, *Petrus Plancius: theoloog en geograaf, 1552-1622*. Amsterdam 1946.
- L. Koerner, 'Carl Linnaeus in his time and place' in: N. Jardine, J. Secord en E. Spary (ed.), *Cultures of natural history*. Cambridge 1996, 145-162.
- A. Kox (ed.), *Van Stevin tot Lorentz. Portretten van achttien Nederlandse natuurwetenschappers*. 2e dr., Amsterdam 1990.
- P. van der Krogt, *Globi Neerlandici: de globeproductie in de Nederlanden*. Utrecht 1989.
- H.A. Krop en W. van Bunge (ed.), *De draagbare Spinoza*. Amsterdam 1992.
- H.A. Krop, J.A. van Ruler en A.J. Vanderjagt (ed.), *Zeer kundige professoren. Beoefening van de filosofie in Groningen van 1614 tot 1996*. Hilversum 1996.
- D.C. Lindberg, *The beginnings of Western science. The European scientific tradition, 600 B.C. tot A.D. 1450*. Chicago 1992.
- G.A. Lindeboom, *Boerhaave, the man and his work*. Leiden 1968.
- G.A. Lindeboom, *Reinier de Graaf: leven en werken*. Delft 1973.
- G.A. Lindeboom, 'Dog and frog - physiological experiments' in: Th.H. Lunsingh Scheurleer e.a. (ed.), *Leiden university in the seventeenth century, an exchange of learning*. Leiden 1975, 279-294.
- G.A. Lindeboom en M.J. van Lieburg, *Inleiding tot de geschiedenis der geneeskunde*. Rotterdam 1993.
- Th. H. Lunsingh Scheurleer e.a. (ed.), *Leiden university in the seventeenth century, an exchange of learning*. Leiden 1975.
- Th.H. Lunsingh Scheurleer, 'Une amphithéâtre d'anatomie moralisée' in: Th.H. Lunsingh Scheurleer e.a. (ed.), *Leiden university in the seventeenth century, an exchange of learning*. Leiden 1975, 217-278.
- A.M. Luyendijk-Elshout, 'The rise and fall of the mechanical school of Theodoor Craanen' in: Th. H. Lunsingh Scheurleer e.a. (ed.), *Leiden university in the seventeenth century, an exchange of learning*. Leiden 1975, 308-328.
- A.M. Luyendijk-Elshout, 'Boerhaave' in: Kox (ed.), *Van Stevin tot Lorentz*. Amsterdam 1990, 71-80.
- A.M. Luyendijk-Elshout, 'De moralistische betekenis van de verzameling van Frederik

- Ruysch, 'Uyt de Klaauw kent men de leeuw' in: R. Kistemaker, N. Kopeneva en A. Overbeek (ed.), *Peter de Grote en Holland*. Amsterdam 1996, 54-59.
- J.A. van Maanen, *Facets of seventeenth century mathematics in the Netherlands*. Utrecht 1987.
- J.A. van Maanen (ed.), *Een complexe grootheid. Leven en werken van Johann Bernoulli 1667-1748*. Utrecht 1995.
- K.O. Meinsma, *Spinoza en zijn kring*. 2e ed., Utrecht 1980 [oorspronkelijke ed. 1896].
- T. van Noughuys, *The age of two-faced Janus. The comets of 1577 and 1618 and the decline of the aristotelian worldview in the Netherlands*. Leiden 1998.
- L. Palm en H.A.M. Snelders (ed.), *Antoni van Leeuwenhoek 1632-1723: studies on the life and work of the Delft scientist*. Amsterdam 1982.
- L. Palm, 'Antoni van Leeuwenhoek' in: A. Kox (ed.), *Van Stevin tot Lorentz*. Amsterdam 1990, 49-60.
- L. Palm (ed.), Themanummer 'Huygens', *De zeventiende eeuw* 12 (1996) nr. 1 (= pagina 1-303).
- C. de Pater, 'Experimental physics' in: Th. H. Lunsingh Scheurleer e.a. (ed.), *Leiden university in the seventeenth century, an exchange of learning*. Leiden 1975, 308-324.
- C. de Pater, *Petrus van Musschenbroek (1692-1761), een newtoniaans natuuronderzoeker*. Utrecht 1979.
- M. Peters, 'Nicolaas Witsen and Gijsbert Cuper: Two seventeenth-century burgomasters and their Gordian knot', *Lias* 16 (1989), 11-150.
- M. Rudwick, *The meaning of fossils. Episodes in the history of palaeontology*. Chicago 1972.
- E. Ruestow, *Physics at seventeenth and eighteenth century Leiden*. Den Haag 1973.
- E. Ruestow, *The microscope in the Dutch Republic. The shaping of discovery*. Cambridge 1996.
- J.A. van Ruler, *The crisis of casuality. Voetius and Descartes on God, nature and change*. Leiden 1995.
- J.A. van Ruler, 'Medical science in the seventeenth century' in: M. Walenta (ed.), *De Vé-sale à Laënnec*. Luxemburg 1995, 59-71.
- J.A. van Ruler, 'Descartes en de onttovering van het wereldbeeld', *Rekenschap*, juni 1998, 78-93.
- J.A. van Ruler, 'Waren er muilezels op de zesde dag? Voetius, Descartes en de zeventiende-eeuwse methodenstrijd' in: F. Egmond, E. Jorink en R. Vermij (ed.), *Kometen, monsters en muilezels. Het veranderende natuurbeeld en de natuurwetenschap in de zeventiende eeuw*. Haarlem 1999.
- J. Salman, *Populair drukwerk in de Gouden Eeuw: de almanak als handelswaar en lectuur*. Zutphen 1999.
- E. Savage-Smith en C. Wakefield, 'Jacob Golius and celestial cartography' in: W.D. Hackmann en A.J. Turner (ed.), *Learning, language and invention: Essays presented to Francis Maddison*. Aldershot 1994, 238-260.
- A. Schierbeek, *Jan Swammerdam (1637-1680): zijn leven en werken*. Lochem 1939.
- A. Schierbeek, *Antoni van Leeuwenhoek, zijn leven en werken*. Lochem 1950-1951.
- S. Segal, *A prosperous past. The sumptuous still life in the Netherlands 1600-1700*. Den Haag 1988.
- S. Shapin en S. Schaffer, *Leviathan and the air-pump. Hobbes, Boyle and the experimental life*. Princeton 1985.
- S. Shapin, *A social history of truth. Civility and science in seventeenth-century England*. Chicago 1994.
- B.C. Sliggers en A.A. Wertheim (ed.), *Op het strand gemeten. Vijf eeuwen potvisstrandingen aan de Nederlandse kust*. Zutphen 1992.
- J. van Sluis (ed.), *Bekkeriana. Balthasar Bekker biografisch en bibliografisch*. Leeuwarden 1994.
- H.A.M. Snelders, 'Alkmaarse natuurwetenschappers uit de 17e en de 18e eeuw' in: *Van Spaans beleg tot Bataafse tijd. Alkmaars stedelijk leven in de 17e en 18e eeuw*. Zutphen 1980, 101-122.

- D.J. Struik, *Het land van Stevin en Huygens*. 3e ed., Nijmegen 1979.
- P.Taylor, *Dutch flower painting 1600-1720*. New Haven en Londen 1995.
- C.L.Thijssen-Schoute, *Nederlands cartesianisme*. Amsterdam 1954.
- E.A. Underwood, *Boerhaave's men: at Leyden and after*. Edinburg 1977.
- P.A.F. van Veen, *De soetichheydt des buyten-levens, vergheselschap met de boucken. Het hofdicht als tak van de georgische litteratuur*. Den Haag 1960.
- Th.Verbeek, *La querelle d'Utrecht: Rene Descartes en Martin Schoock*. Parijs 1988.
- Th.Verbeek, *Descartes and the Dutch: Early reactions to cartesian philosophy, 1637-1650*. Carbondale 1992.
- Th.Verbeek, *De wereld van Descartes; essays over Descartes en zijn tijdgenoten*. Amsterdam 1996.
- R.Vermij, *Secularisering en natuurwetenschap in de zeventiende en achttiende eeuw; Bernard Nieuwentijt*. Amsterdam 1991.
- R.Vermij, 'Bijdrage tot de bio- en bibliografie van Johannes Hudde', *GEWINA* 18 (1993) 25-35.
- R.Vermij, 'Het copernicanisme in de Republiek: een verkenning', *Tijdschrift voor geschiedenis* 106 (1993), 349-367.
- R.Vermij, 'Waarom werd Philips Lansbergen copernicaan?' *Scientiarum historia* 24 (1998), 39-64.
- R.Vermij, 'Een nieuw concept: de wetten der natuur' in: F.Egmond, E. Jorink en R.Vermij (ed.), *Kometen, monsters en muilezels. Het veranderende natuurbeeld en de natuurwetenschap in de zeventiende eeuw*. Haarlem 1999.
- R.Visser, 'Jan Swammerdam' in: A. Kox (ed.), *Van Stevin tot Lorentz*. Amsterdam 1990, 61-70.
- W.B. de Vries, *Wandeling en verhandeling. De ontwikkeling van het Nederlandse hofdicht in de zeventiende eeuw (1613-1710)*. Hilversum 1998.
- C. de Waard, *De uitvinding der verrekijkers*. Den Haag 1906.
- W.Wennekes, *Gouden handel. De eerste Nederlanders overzee, en wat zij daar haalden*. Amsterdam 1996.
- R. Westfall, *Never at rest. A biography of Isaac Newton*. Cambridge 1980.
- F.Westra, *Nederlandse ingenieurs en de fortificatiewerken in het eerste tijdperk van de Tachtigjarige Oorlog, 1573-1604*. Groningen 1992.
- K. Wettengl (ed.), *Maria Sibylla Merian 1647-1717. Kunstenaressen en natuuronderzoekster*. (Tentoonstellingscatalogus Teylers Museum Haarlem), Haarlem 1998.
- P.J.P.Whitehead, 'Georg Marcgraf and Brazilian zoology' in: E. van den Boomgaard (ed.), *Johan Maurits van Nassau-Siegen 1604-1679. A humanist prince in Europe and Brazil*. Den Haag 1979, 424-471.
- P.J. van Winter, *Hoger beroepsondervijns avant-la-lettre. Bemoeiing met de vorming van landmeters en ingenieurs bij de Nederlandse universiteiten in de 17e en 18e eeuw*. Amsterdam 1988.
- J.Yoder, *Unrolling time. Christiaan Huygens and the mathematization of nature*. Cambridge 1988.
- C. Zandvliet, *Mapping for money. Maps, plans and topographic paintings and their role in Dutch overseas expansions during the 16th and 17th centuries*. Amsterdam 1998.
- H. Zuidervaart, *Speculatie, wetenschap en vernuft. Fysica en astronomie volgens Wytze Foppes Dongjuma (1707-1778), instrumentmaker te Leeuwarden*. Leeuwarden 1995.

Register

- aaarde, ouderdom van de – 13, 74, 88–89, 105
Académie royale des sciences 70, 78, 94
Adam 28, 74
alchemie, alchemisten 8, 14, 35–36, 40, 106
Aldrovandi, U. 17–19, 54, 76
Algarotti, F. 107
ambachtslieden, ambachtelijke cultuur
19–21, 35–45, 53, 67, 102, 103
anatomie 19, 27–30, 62–64, 76–86, 102,
108
anatomisch theater 27–29, 48, 86, 95, 108
Antonisz., A. 40
Archimedes 68
Aristoteles, aristotelisme 12 e.v.
Argument from design 81, 86, 97–102, 105
astrologie 14–15, 33, 40, 46–48, 73, 107
astronomie 12–23, 30–33, 40–48, 65, 69, 83
- Bacon, F., baconianisme 21, 35, 51, 92, 104
Barentsz, W. 43
Battus, C. 36
Beeckman, I. 32, 39, 52, 54–56, 62, 109
Bekker, B. 73, 96
Bernoulli, J. 95–97
beweging 14, 16, 55, 68–72
Bijbel 12–13, 19–20, 23, 45–48, 53, 59, 73–
75, 96–97, 101, 105
bibliotheek 12, 24, 108, 109
Blaeu, W. Jansz 41, 43, 109
Blankaart, S. 64
bloedsomloop 62–64
Boek der Natuur 18, 48–50, 75, 97, 109
Boë, Sylvius F. dele 64, 95
Boerhaave, H. 80, 100–101, 105
Bois, J. du 59, 66
Bontius, J. 45
botanische tuin 27–29, 48, 86, 95, 108
Boyle, R. 93–94, 99–100
Brahe, T. 22–23, 32, 40
Bruno, G. 19
buitenaards leven 72–74
- Calvijn, J. 21, 48
cartesianisme, zie Descartes
cartografie 35, 42–45, 108
Cats, J. 46–48
Ceulen, L. van 38
Clusius, C. 29–30, 49, 90, 109
Cluyt, D. 29
Columbus, C. 20.
Copernicus, copernicanisme 16, 22–23, 31–
32, 41–42, 59–60, 62, 65–66, 72, 96, 105
Corpus hermeticum 12, 42
Craanen, T. 64
Curiositas 77–78
- deeltjestheorie 54–75, 73, 78
Derham, W. 99
Descartes, R., cartesianisme 42, 51–75, 80,
84, 92–109
dichtkunst 7, 18, 49
Drebbel, C. 35–36, 52, 78
Duytsche Mathematique 38–39, 67
- eenhoorn 44–45, 88
elementen, leer der – 13–15, 29, 49, 55, 64,
emblematick 18, 49, 77, 81, 105
empirie, empirisme 16, 21, 35–45, 53, 69,
76–102
Euclides 12, 32
Eva 28, 78
experimenten 12, 16, 36–37, 68–72, 92–
109
- Fludd, R. 19
Fontenelle, B. de 57
fossielen 88–89
fysica 14, 30–33, 54, –58, 65–72, 92–102
fysico-theologie 97–102, 104, 105
- Galenus 12, 14, 19, 27, 62
Galilei, G. 19, 23, 31, 41–43, 52–53, 58, 68–
70, 72

- geocentrisme 12-14, 19, 22-23, 31-32, 41-42, 59, 65
 Gesner, C. 17-19, 21, 54, 104
 Goedaert, J. 76-78, 80-81
 Golius, J. 32-33, 52, 66
 Graaf, R. de 83, 85
 's-Gravesande, W.J. 101
 Groot, H. de 25
 Guericke, O. von 94, 99
- Harvey, W. 62-64
 Hippocrates 12
 Heidanus, A. 61
 heliocentrisme 13, 22-23, 31-32, 41-42, 59-60, 62, 65-66, 72, 96, 105
 Heurnius, O. 28-29
Hortus botanicus 27-29, 48, 86, 95, 108
 Hudde, J. 66-67, 73, 80, 88, 95
 humanisme, humanisten 12, 16-18, 25-34, 38, 67, 103
 Huygens, Christiaan 7, 57, 68-72, 92, 94-95, 109
 Huygens, Constantijn 35-36, 40, 49, 52-53, 67, 83
- iatro-chemie 64
 ingenieurs 35, 37-39, 52
 insecten 18, 76-84, 90, 99, 102, 108
- Jupiter 13, 41
- Kepler, J. 19, 22-23, 31-32, 72
 Koerbagh, A. 74-75
 kometen 8, 22, 31-33, 45-48, 56, 65, 73, 102, 105
- landmeters 32, 37-39, 67
 Lansbergen, P. 41-42, 48
 Leeuwenhoek, A. van 7, 82-85, 92, 99, 108
 Leibniz, G. 67, 92
 Lemnius, L. 36
 lichttheorie 70-71
 Linnaeus, C. 105, 108
 luchtpomp 69, 92-99, 102
- maan 13, 22-23, 31, 57
 magie 19, 35-36, 40, 73, 107
 Mars 13
 Maurits, prins van Oranje 10, 40, 52
 Marcgraf, G. 89, 91
 mechanisering 54-75
 Medici, C. de 78, 81
- Melanchthon, P. 21, 48
 Mercator, G. 16, 44
 Merian, M.S. 90
 metamorfose 76-81
 Metius, A. 40-41, 52, 66
 Metius, J. 40-41
 Meyer, L. 74
 microscoop 35, 78-85
 micro-organismen 83-84
 monsters 17, 21, 45-46, 86
 Mulierius, N. 31-32, 39-41, 46-48
 Musschenbroek, P. van 101
 mythische dieren 45, 88
- natuurlijke historic 8, 16-18, 27-29, 42-45, 76-91, 105
 natuurwetten 14, 45, 54-61, 68-75, 97-102
 navigatie 32, 42-43, 69-70
 Newton, I., newtonianisme 8, 67, 70-72, 94-95, 99-109
 Nieuwe Wereld 20, 42-45, 89-90
 Nieuwentijt, B. 97-101, 109
- occultisme 19, 35-36, 107
 ontdekkingsreizen 20, 29-30, 42-45, 86-90, 101
- Paludanus, B. 29, 49, 86, 109
 Paracelsus 21, 64, 104
 Paradijs 11, 48-49
 Pauw, P. 28-29, 109
 Peyrère, I. la 72
 Peter de Grote 83, 86
Perpetuum mobile 36
Philosophical Transactions 70, 83
 Piso, W. 89, 91
 Plancius, P. 43, 48, 109
 Plato 12, 19
 Plinius 12, 16-17
 Ptolemaios 12, 23, 41
 Pythagoras 32
- Raey, J. de 65-66
 Ramus, P., ramisme 21, 32
 rationalisme 53
 Ray, J. 99
 Regius, H. 58
 Rembrandt 7
Royal society 70, 78, 83-86, 92-95, 99
 Rumphius, G. 89-91
 Ruysch, F. 85-87

- Saturnus 13, 69
 Scaliger, J. 13, 16, 25, 32, 33, 38
 schilderkunst 7, 18, 49-50, 76, 90, 109
 Schoock, M. 58, 60
 Schooten sr., F. van 38-39
 Schooten jr., F. van 38, 52, 66-68
 Seba, A. 86-88, 102-103, 105
 Snellius, R. 31-32, 52
 Snellius, W. 25, 32-33, 38-39, 46
 spermatozoön 82-83
 Spinoza, B., spinozisme 73-74, 93-96, 101, 109
 spontane generatie 76-83
 sterren 13, 22, 43, 47, 65
 sterrenbeelden 14-15
 Stevin, S. 7, 10-12, 21, 33, 37-39, 52, 69, 107, 109
 symbolische betekenissen 17-18, 28-30, 45-50, 73, 76-91, 105
 Swammerdam, J. 7, 63-64, 67, 76-86, 89-90, 100, 108-109

 telescoop 23, 40-41, 69-70, 107
Theatrum anatomicum 27-29, 48, 86, 95, 108
 Thévenot, M. 80-81
 Torricelli, E. 94, 99
 tuinarchitectuur 49, 107
 Tulp, N. 67

 uurwerk 57, 61, 69-70, 104

 Velthuyzen, L. 65
 Venus 13, 23, 41
 Vermeer, J. 7
 verzamelingen 17, 28-30, 45, 49, 81, 86-90, 102, 105
 vestingbouw 35, 38-46
 Vesalius, A. 27, 62
 Vincent, L. 86, 102, 105-106
 Visscher, R. 45
 VOC 43, 45, 67, 88-90, 108
 Voctius, G. 48, 58-60
 Volder, B. de 94-97
 Vossius, G. 25
 Vossius, I. 74
 voortplanting 76-86
 Vries, G. de 61

 Waghenaer, J. Lucasz 43
 walvisstrandingen 45
 Wederopstanding 77, 81
 werking-op-afstand 55, 72-73, 107
 WIC 89, 108
 'Wijsentyt' 10-12, 21, 36, 38, 103
 wiskunde 30-33, 37-40, 51-75, 92-99
 Witt, J. de 67, 69, 73
 Witsen, N. 67, 88-90, 109
 wonderen 21, 74, 97

 Zondvloed 13, 88, 105
 zwaartekracht 14, 65, 71-72, 104-107

