

# **De Eeuwende 1700**

Deel 1

## **Filosofie en Natuurwetenschappen**

**Uitgave: Bureau Studium Generale  
Rijksuniversiteit Utrecht  
Heidelberglaan 8, 3584 CS Utrecht**

**Studium Generale nummer 51**

Uitgave van het Bureau Studium Generale van de Rijksuniversiteit te Utrecht, april 1991.

Overname van één of meer artikel(en) of gedeelte(n) daaruit is slechts toegestaan na verkregen toestemming van Bureau Studium Generale R.U.U. en betreffende auteur(s).

Samenstelling: André Klukhuhn.

Verwerking van de artikelen en lay-out: Saskia van Huisstede en Käthe Grauenkamp.

Ontwerp omslag: Frans Janssen.

Druk: O.M.I.

#### CIP GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

##### Eeuwwenden

De eeuwwenden. - Utrecht : Bureau Studium Generale, Rijksuniversiteit Utrecht

Dl. 1: 1700 : filosofie en natuurwetenschappen / samenst.: André Klukhuhn. - (Studium Generale reeks. ISSN 0923-6767 ; 9101)

Met lit. opg.

ISBN 90-72145-17-8

Trefw.: filosofie ; geschiedenis ; 18e eeuw / natuurwetenschappen ; geschiedenis ; 18e eeuw.

# Inhoudsopgave

	Pag.
Voorwoord	7
<b>Filosofie op de grenslijn</b>	9
John Locke (1632-1704) tussen rationalisme en empirisme <i>M.R. Wielema</i>	11
Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) Kampioen brieven-schrijver en grote verzoener <i>W. van Dooren</i>	27
Benedictus de Spinoza: over macht en onmacht, gevangenschap en bevrijding <i>Th.H. Zweerman</i>	37
<b>Natuurwetenschappen</b>	53
Scheikunde rond 1700: theorie en praktijk in de periode 1650-1750 <i>H.A.M. Snelders</i>	55
Isaac Newton <i>C. de Pater</i>	69
Natuurlijke historie rond 1700: de rol van de microscopie in het natuuronderzoek <i>L.C. Palm</i>	109
Personalia	125





## Voorwoord

### Filosofie op de grenslijn

Aan het einde van de zeventiende eeuw wordt de filosofische discussie sterk bepaald door het spinozisme, het empirisme van Locke en het rationalisme van Leibniz. Spinoza was al overleden (1676), maar zijn invloed is sterk; Locke (overleden in 1804) en Leibniz (overleden in 1716) zijn op het hoogtepunt van hun carrière. Nederland fungeerde als intermediair: Spinoza was Nederlander en heeft hier altijd gewoond en gewerkt; de Duitser Leibniz kwam hem hier opzoeken. De Engelsman Locke heeft jarenlang in Nederland gewoond (tot 1689) en schreef er zijn eerste werk over tolerantie. Leibniz polemiseerde tegen Locke, maar Locke heeft zich helaas niet verwaardigd te reageren.

Belangrijke punten in de discussie rond 1700 waren: de functie en de draagwijdte van de rede; is God redelijk en heeft hij de wereld redelijk ingericht? Is er aangeboren kennis inclusief morele normen en kennis van God? Hoe is de relatie tussen de godsdiensten en hoe tolerant moet men zijn?

Leibniz was de filosoof van de harmonie, in theorie en praktijk; hij probeerde overal verzoeningen (door discussies) tot stand te brengen. In diens eigen filosofie vinden we dan eigenlijk alle tendensen rond 1700 terug.

### Natuurwetenschappen

Met het publiceren van de *Principia* in 1687, profileert Sir Isaac Newton zich als de voltooiër van de mechanica en de sterrenkunde uit de voorgaande eeuwen en de grondlegger van de natuurkunde en de wiskunde in de eeuwen daarna. Een eeuwwenner bij uitstek dus. Maar ook een reus krijgt pas gestalte temidden van zijn tijdgenoten. Newton twist met Leibniz over de eerste aanspraken op de differentiaalrekening, en zowel Leibniz als Huygens staan zeer afwijzend tegenover zijn theorie van de zwaartekracht. Door de ontwikkeling van de lenzen breidt het onderzoeksgebied van de wetenschap zich snel in de macro- en micro-wereld uit.



# **Filosofie op de grenslijn**



## John Locke (1632-1704) tussen rationalisme en empirisme

M.R. Wielema

John Locke is ongetwijfeld een van de belangrijkste denkers van de zeventiende eeuw geweest. Aangezien hij zijn ideeën echter pas vanaf 1688, toen hij al in de vijftig was, begon te publiceren, moet zijn voornaamste invloed wel in de achttiende eeuw liggen. Dit is inderdaad het geval: op kentheoretisch, politiek-filosofisch en opvoedkundig gebied heeft de eeuw van de Verlichting enorm veel aan hem te danken. Tussen het rationalisme van Descartes en het empirisme van David Hume vormt Lockes *Essay concerning Human Understanding* een noodzakelijke tussenschakel. Aan het eind van de achttiende eeuw trachtte Immanuel Kant op logisch-systematische wijze de vraag te beantwoorden, die Locke een eeuw eerder gesteld, maar op psychologische wijze onbevredigend had beantwoord, de vraag namelijk naar de omvang en de grenzen van het menselijk kenvermogen. Lockes politieke denkbeelden bewerkstelligden mede het einde van het absolutisme in Engeland en hebben, opgenomen door invloedrijke Franse denkers, de Revolutie van 1789 intellectueel voorbereid. Zijn opvattingen over ethiek, godsdienst en opvoeding ten slotte werden in de Verlichting zo gemeengoed, dat men al spoedig vergat van wie ze afkomstig waren.

Terwijl Lockes grootste invloed in de achttiende eeuw ligt, kan men zijn boeiende levensloop niet los zien van de politieke ontwikkelingen in het Engeland van de tweede helft van de zeventiende eeuw. Zijn politieke denkbeelden zijn onder invloed van deze gebeurtenissen tot stand gekomen en de uitgave van zijn geschriften staat er in rechtstreeks verband mee. Toen Locke nog op de middelbare school zat vond de onthoofding plaats van Karel I (1649). Zijn studiejaren in Oxford vielen in de onzekere periode van het bewind van Cromwell. Als vele anderen verwelkomde hij de Restauratie (1660), die Karel II aan het bewind bracht. Gaandeweg nam zijn afkeer van diens regering echter toe, totdat hij als fervent aanhanger van de oppositie de wijk moest nemen naar Nederland. Na de Glorious Revolution van 1688, die hij wijsgerig wist te rechtvaar-

digen, keerde hij terug en werd hij in zijn eer hersteld. Deze nauwe betrokkenheid bij de politiek van zijn dagen kwam voort, zoals we nog zullen zien, uit zijn betrekking tot een van de belangrijkste Engelse politici van die tijd, Sir Anthony Ashley Cooper, later Lord Ashley en Earl of Shaftesbury geheten.

Lockes leven is dus allerminst dat van een teruggetrokken geleerde geweest. Hij nam volop deel aan het society-leven van zijn tijd, ging om met wetenschappers, diplomaten, politici en koningen. Dat hij tot de gegoede burgerij behoorde is mede van invloed geweest op de vorming van zijn politieke filosofie, waarin de rechten van het individu op leven, vrijheid en bezittingen een centrale plaats innemen. Men kan hem dan ook een van de grondleggers van het liberalisme noemen. Het individu staat eveneens in het middelpunt van zijn pedagogische denkbeelden, en hetzelfde kan men zeggen van zijn kenleer. Ieder individu moet zijn eigen kennis omtrent de wereld verwerven, moet zichzelf uit de materialen die de ervaring aandraagt een beeld ervan vormen. Er zijn geen aangeboren begrippen waar alle mensen gelijkelijk mee zouden zijn uitgerust, zoals vele filosofen toen meenden. Het enige dat alle mensen gemeen hebben is het *vermogen* om te denken en kennis te vormen. Ook de woorden die mensen spreken hebben allereerst betekenis voor henzelf. Vandaar dat er in de menselijke communicatie zoveel misverstanden kunnen ontstaan: mensen hechten aan hetzelfde woord verschillende betekenissen. Aan de hieruit voortvloeiende problemen heeft Locke in zijn *Essay* veel aandacht besteed, terwijl hij tevens getracht heeft zijn eigen wijsgerige termen zo duidelijk mogelijk te definiëren. De ironie van het lot wil echter dat juist de centrale begrippen van Lockes filosofie, zoals die van natuurwet, rede, kennis, idee, gewaarwording en substantie, grote moeilijkheden bij de juiste interpretatie van zijn werken bleken op te leveren, zodat dikwijls niet duidelijk wordt wat Locke nu precies bedoelde. Deze pluri-interpretabiliteit betekent weer wel, dat zijn werken in menig opzicht interessant blijven om te lezen.

Laten we nu Lockes leven en werken wat uitvoeriger bekijken, waarbij ik steeds zal trachten de vorming van zijn opvattingen tegen de achtergrond van de historische situatie te plaatsen.

John Locke werd in 1632 geboren in een klein dorpje in Somerset, in het zuidwesten van Engeland. Zijn vader bekleedde er de weinig benijdenswaardige positie van klerk van de vrederechter, een functie die onder andere het ophalen van belastingen inhield. Tijdens de burgeroorlog was hij kapitein in de cavalerie. De kolonel onder wie hij diende, deed hem

een zeer grote gunst, zonder welke Locke junior het waarschijnlijk niet ver gebracht zou hebben: hij bezorgde Locke een plaats aan de op dat moment beste middelbare school in Engeland, de Westminster School in hartje Londen. Locke verbleef daar van zijn vijftiende tot zijn twintigste jaar. De opleiding diende voornamelijk als voorbereiding op de universitaire studie en bestond vrijwel geheel uit onderwijs in oude talen, niet alleen het vanzelfsprekende Latijn en Grieks, maar ook Arabisch en Hebreeuws. Voor vakken als wis- of natuurkunde was vrijwel geen plaats ingeruimd, en het leren geschiedde door het uit het hoofd leren van grammaticaregels.

Locke betreurde later zowel de methode van onderwijs als de eenzijdigheid in vakkenkeuze op dergelijke scholen. Tijdens zijn verblijf in Nederland schreef hij aan een vriend een aantal brieven over de opvoeding van diens zoon, welke hij later gebundeld uitgaf onder de titel *Some Thoughts concerning Education* (1693). Een van de leidende beginselen hierin is, dat de individuele mogelijkheden van ieder kind afzonderlijk de leidraad voor het onderwijs moeten zijn. Het leren moet ervaren worden als een spel en beheerst door voorbeeld en toepassing. Latijn zou men niet uit een grammatica, maar in de mondelinge omgang moeten leren. Grieks is alleen nuttig voor geleerden, niet voor de gemiddelde 'gentleman'. Aan natuurwetenschappelijke vakken zou men meer aandacht moeten besteden. Lichamelijke opvoeding en karaktervorming moesten volgens Locke trouwens eerder ter hand worden genomen dan de ontwikkeling van de intellectuele vermogens. Het uiteindelijke doel van de opvoeding ligt voor hem in de vorming van het kind tot een moreel verantwoordelijke persoon, die in alles zijn redelijke vermogens zo goed mogelijk gebruikt. Deze vermogens zijn de mens aangeboren, en alleen door ze zo volledig mogelijk te ontplooiën kan de mens vrij blijven van overheersing, zowel van de kant van zijn eigen hartstochten als van de kant van hen die hem zouden willen gebruiken voor hun eigen doeleinden. Het onderwijs moet ons leren vrije redelijke wezens te worden.

Na de opleiding van de Westminster School met succes te hebben voltooid, werd Locke toegelaten tot het Christ Church 'college' in Oxford, het belangrijkste van Engeland op dat moment. Zeven en een half jaar moest men hier studeren voor de titel 'Master of Arts' ofwel meester in de vrije kunsten, waartoe naast de klassieke talen ook enkele filosofische disciplines als logica en metafysica behoorden. Het onderwijs verliep geheel in het Latijn, tot aan de afsluitende disputatie toe, waarbij de kandidaat een bepaalde stelling moest aanvallen of verdedigen. Vandaar

dat de oefening in logische technieken een uiterst belangrijke plaats in het onderwijs innam; het nut daarvan zou Locke later ten eerste betwijfelen. De overheersende filosofie was nog steeds die van Aristoteles. Zijn logica en natuurkunde golden als de enig juiste. De vele natuurwetenschappelijke ontdekkingen van de eerste helft van de zeventiende eeuw waren nog nauwelijks tot het onderwijs doorgedrongen.

Er begon echter een kentering in te treden. Onder invloed van de Engelse staatsman en filosoof Francis Bacon (1561-1626) begon het inzicht door te breken, dat kennis van de natuur, die essentieel is voor de technische beheersing ervan, niet uit antieke boeken maar uit de observatie van de natuur zelf voort moet komen. Deze nieuwe experimentele of proefondervindelijke filosofie begon in de tweede helft van de zeventiende eeuw aan een zegetocht waarvan het werk van Newton een voorlopig hoogtepunt was. De wetenschappelijke methode van deze filosofie was een zogeheten inductieve: men trachtte algemene waarheden, bijvoorbeeld natuurwetten, af te leiden uit bijzondere feiten, die of in de vrije natuur of onder experimentele omstandigheden geconstateerd werden. De wiskunde was hierbij onmisbaar als denkinstrument, zij verving in feite de oude logica, die meer betekenis had voor het bewijzen van reeds bekende dan voor het ontdekken van nieuwe waarheden. De wiskunde speelde niet in alle wetenschappen een even grote rol; in de geneeskunde of de biologie was het verzamelen en classificeren van gegevens belangrijker. Newton liet echter duidelijk zien wat de betekenis van de wiskunde kon zijn voor de mechanica en de astronomie. De oprichting van de Royal Society for the Improving of Natural Knowledge kort na 1660, waarvan ook Locke spoedig lid werd, gaf aan de nieuwe filosofie een institutioneel kader dat van wezenlijk belang werd voor de wijdverbreide aanvaarding ervan.

Reeds in zijn studie jaren kwam Locke met een aantal vertegenwoordigers van de experimentele filosofie in contact. In Oxford bevond zich vanaf 1649 een club van wetenschappers waaruit later de Royal Society zou ontstaan. Nadat Locke zijn meestergraad had behaald (1659) bleef hij nog tot 1667 in Oxford als docent voor de kandidaatsstudenten; hij doceerde Grieks en retorica. Tegelijk studeerde hij voor zichzelf geneeskunde, waar de nieuwe wijsbegeerte reeds spoedig het pleit gewonnen had. Twee belangrijke ontmoetingen vonden in deze jaren plaats. De ene was met de beroemde chemicus Robert Boyle (1627-1691), in wiens kring Locke werd opgenomen en zelf experimenten begon uit te voeren. Boyles methode was streng inductief, zijn natuurfilosofie volkomen mechanistisch:



alle natuurprocessen konden door materie in beweging verklaard worden. Locke volgde hem hierin en poogde bijvoorbeeld later in zijn *Essay* te verklaren hoe langs mechanische weg zintuiglijke indrukken van de dingen buiten ons ontstaan.

De tweede invloedrijke kennismaking betrof de grootste Engelse geneesheer van dat moment, Thomas Sydenham (1624-1689). Deze had alle oude speculatieve medische theorieën overboord gezet en concentreerde zich zuiver en alleen op wat de onmiddellijke ervaring hem leerde. Hij ging met uiterste nauwkeurigheid de geschiedenis van ziektegevallen na en registreerde de gevolgen die geneesmiddelen bewerkstelligden, zonder te speculeren over de verborgen oorzaken van de ziekte dan wel van de genezende kracht van de medicamenten. Men kan zeggen dat Locke in zijn *Essay* in grote lijnen deze zelfde methode hanteert in het beschrijven van cognitieve processen; men heeft het werk daarom wel het begin van de cognitieve psychologie genoemd. Locke onderzoekt in zijn *Essay* empirisch (evenwel niet zonder hier of daar een meer speculatieve theorie te ontvouwen) over welke kenvermogens de mens beschikt, hoe deze functioneren en wat de zekerheid van hun uitkomsten is. Hij gaat daarbij even onafhankelijk van traditie en het gezag van de gevestigde auteurs te werk als Sydenham in de geneeskunde deed.

Bacon, Boyle en Sydenham bepaalden zo de empirische richting van Lockes filosofie. Maar het is ook in deze jaren dat hij kennis maakt met de werken van de grondlegger van het moderne rationalisme, René Descartes (1596-1650). Een aantal belangrijke elementen uit de kenleer van Descartes nam Locke over, zoals het centraal stellen van ideeën of voorstellingen als de directe voorwerpen van kennis, het fundamentele belang van onmiddellijk intuïtief inzicht als bron van kennis en de mogelijkheid het bestaan van God met argumenten te bewijzen. Er was echter één leerstuk dat Locke radicaal in Descartes afwees en aan de bestrijding waarvan het hele eerste boek van het *Essay* gewijd is, namelijk dat van de aangeboren ideeën en waarheden. Volgens Descartes (tenminste in een mogelijke interpretatie van wat hij bedoelde) beschikt de menselijke geest over bepaalde voorstellingen en inzichten die er als het ware op ingeprent zijn en derhalve niet pas door ervaring en redenering geleerd worden, zoals de idee van God en een aantal logische en ethische beginselen. Volgens Locke was deze opvatting niet alleen empirisch onjuist, maar zou zij ook de mensen ervan weerhouden zelf te denken en argumenten te zoeken voor hun beweringen; ze zou de ontplooiing van hun

verstandelijke vermogens ten zeerste belemmeren en hen overleveren aan het onwrikbaar gezag van zogenaamde leraren. In Lockes eigen woorden:

And it was of no small advantage to those who affected to be Masters and Teachers, to make this the Principle of Principles, That Principles must not be questioned: For having once established this Tenet, That there are innate Principles, it put their Followers upon a necessity of receiving some Doctrines as such; which was to take them off from the use of their own Reason and Judgment, and put them upon beleiving and taking them upon trust, without farther examination: In which posture of blind Credulity, they might be more easily governed by, and made useful to some sort of Men, who had the skill and office to principle and guide them. (*Essay* I.iv.24.)

Men ziet hieruit dat Locke de theorie van de aangeboren beginselen niet alleen uit kennistheoretische gronden verwerpt, maar ook wegens de morele en politieke implicaties ervan. Het gelovig aanvaarden van bepaalde waarheden kan iemand uitleveren aan de ongelegitimeerde macht van een ander. De vrijheid van het individu wenste Locke hoog te houden, en zelfstandigheid van oordeel is een noodzakelijk middel om deze vrijheid te verwerven dan wel te behouden.

Het jaar 1667 betekende voor Locke een keerpunt in zijn leven. De eerder genoemde politicus Lord Ashley nodigde hem uit naar Londen te komen en bij hem in dienst te treden als zijn lijfarts. Dat Ashley zich niet in Lockes medische capaciteiten vergist had, bleek reeds een jaar later, toen Locke hem door een moeilijke operatie het leven redde. Door Ashley werd Locke nauw betrokken bij de politiek van zijn dagen, waarin onder andere de kwestie van de tolerantie ten opzichte van dissenters en katholieken centraal stond. Ashley was een groot voorstander van tolerantie, behalve ten aanzien van de katholieken, voor wier machtspolitiek hij beducht was. Naarmate koning Karel II meer en meer sympathie voor het katholicisme begon te koesteren en hij zijn katholieke zoon, de hertog van York, als zijn wettige troonopvolger ging beschouwen, kwam hij met Ashley meer en meer in botsing. Na in 1672 Lord Chancellor te zijn geweest ging Ashley, vanaf dat moment Earl of Shaftesbury, in de oppositie, die eindigde met een poging tot opstand en zijn vlucht naar Nederland, waar hij in 1683 overleed. In de Republiek had hij steeds een goed voorbeeld van het samengaan van tolerantie en bloeiende handel gezien. Behalve als lijfarts fungeerde Locke dikwijls als Ashleys politiek adviseur. Onder zijn inspiratie begon Locke zijn eigen

gedachten op het gebied van de politieke filosofie op schrift te stellen; hij publiceerde ze echter pas veel later. Eveneens werd in discussies ten huize van zijn werkgever de basis gelegd voor het *Essay*, waaraan Locke met onderbrekingen ongeveer achttien jaar gewerkt heeft.

Na terugkeer van een vierjarig verblijf in Frankrijk in 1679 werd Locke meegesleurd in de woelingen die Shaftesbury had veroorzaakt. Nadat al diens pogingen om de aanstaande katholieke opvolging van Karel II te verhinderen mislukt en hij met vele van zijn aanhangers gevlucht was, werd het ook zijn voormalige medewerker Locke, wiens activiteiten in de gaten gehouden werden, te heet onder de voeten. Hij koos het ruime sop en belandde in september 1683 in Rotterdam. De vijf en een half jaar die hij in de Republiek zou doorbrengen, behoren tot de belangrijkste van zijn leven. Hier verrichtte hij zijn eerste publikaties en legde hij de laatste hand aan de manuscripten van zijn hoofdwerken, terwijl hij bovendien door zijn Nederlandse omgeving in menig opzicht werd beïnvloed. Het lijkt mij daarom gepast bij deze periode wat langer stil te staan alvorens Lockes overige wijsgerige denkbeelden te behandelen.

Van de aankomsthaven Rotterdam reisde Locke onmiddellijk door naar Amsterdam, waar hij zijn eerste jaar zou doorbrengen. Hij ontmoette er de arts Pieter Guenellon en de remonstrantse hoogleraar in de theologie Philippus van Limborch. Lockes eigen religieuze overtuigingen verschilden nauwelijks van die van de remonstranten. Evenals hij bepleitten ze een grote mate van religieuze verdraagzaamheid -ze waren trouwens zelf een 'getolereerde' groepering- en meenden ze dat het geloof zo min mogelijk theologische dogma's diende te bevatten. Bovendien hechtten ze grote waarde aan de rol van de rede in de godsdienst. Locke publiceerde in 1695 zijn werk *The Reasonableness of Christianity*. Daarin betoogt hij dat geloofswaarheden en -voorschriften, hoewel ze niet alle door de natuurlijke rede gevonden kunnen worden, toch niet met redelijke inzichten strijdig mogen zijn. Locke had een grote afkeer van elk religieus fanatisme, dat oproept tot geloof omwille van het geloof. Men kan zeggen dat Locke ook hier de vrijheid van het individu verdedigt, de vrijheid om zichzelf een oordeel te vormen over datgene wat als geheiligde openbaring wordt aangedragen. Locke was overigens een overtuigd christen: hij geloofde dat de bijbel een goddelijke openbaring bevatte en dat de wonderverhalen daarvan het bewijs leverden. Voor zijn vriend Van Limborch schreef Locke zijn beroemde *Brief over de tolerantie*, die in 1689 te Gouda anoniem in het Latijn gedrukt werd en waarin hij een grote mate van persoonlijke gewetensvrijheid verdedigt. Alleen atheïsten waren

volgens hem een gevaar voor de staat, daar zij niet de wetten kunnen erkennen waarop deze gegrond is: de natuurlijke morele wetten namelijk, die voor Locke uiteindelijk weer in de wil van God hun gezag vinden. Zijn in Rotterdam wonende tijdgenoot Pierre Bayle (1647-1706), die hij wel eens ontmoet zal hebben, ging overigens verder dan Locke en erkende een *absolute* gewetensvrijheid. Ondanks zijn gematigde standpunt kwam Locke later toch in conflict met orthodoxe anglicanen in Engeland, die meenden dat zij het recht hadden de volgens hen ware leer onder dwang aan anderen op te leggen.

In de nazomer van 1684 reist Locke twee maanden door Nederland, waarbij de belangrijkste universiteitssteden bezocht worden. De daarop volgende winter verblijft hij in Utrecht, druk werkend aan zijn *Essay*. Andere Engelse uitgewekenen waren op dat moment de opstand aan het voorbereiden die de hertog van Monmouth, een onechte zoon van Karel II, op de troon moest brengen. De rebellie mislukte echter geheel en in 1685 volgde de katholieke Jacobus II zijn broer op. Lockes naam werd door de Engelse inlichtingendienst met die van de rebellen in verband gebracht, maar in hoeverre dit terecht was, is historisch niet komen vast te staan. Zeker is dat zijn naam voorkwam op een lijst van samenzweerders die de Engelse regering graag aan haar uitgeleverd zag. Locke besefte het gevaar en dook gedurende de winter van 1685 op 1686 onder in het huis van een bevriende arts in Amsterdam. Zijn brieven schreef hij onder het pseudoniem dr. Van der Linden en hij bedacht een manier om boodschappen in code door te geven; soms gebruikte hij ook onzichtbare inkt. In mei 1686 was zijn naam van de lijst afgevoerd en kon hij zich weer vrijer bewegen. Toen hij zich echter aan het eind van het jaar opnieuw in Utrecht vestigde, schijnt een vijand hem bij de autoriteiten als een ongewenste vreemdeling te hebben aangegeven. Terwijl hij doende was de laatste hand aan het *Essay* te leggen, zag hij zich gedwongen een ander onderkomen te zoeken.

De laatste twee jaar van zijn verblijf in Nederland woonde Locke bij een vriend in Rotterdam, de quaker Benjamin Furly, zelf uit Engeland afkomstig en bezitter van een rijke bibliotheek. In diens huis kwam geregeld een deel van de Rotterdamse intelligentsia samen om over politieke, godsdienstige en wijsgerige kwesties te debatteren. De hugenoot Pierre Bayle baarde er opzien met zijn radicale denkbeelden over tolerantie en menselijke onwetendheid. De regent Adriaan Paets, eveneens een warm voorstander van vergaande tolerantie, had in 1685 vanuit Londen een brief aan Bayle geschreven, waarin hij zich verzette tegen de opvatting

dat een katholiek geen koning van het protestantse Engeland kon zijn. Lockes weigering om aan de katholieken gelijke rechten toe te kennen, lijkt in verhouding hiermee ietwat kleinzielig, is echter gezien de situatie in Engeland wel begrijpelijk; Jacobus was immers begonnen op alle hoge regeringsposten katholieken te benoemen.

Locke hield zich ondertussen bezig met het recenseren van boeken voor een Amsterdams geleerdentijdschrift onder redactie van een andere remonstrantse hoogleraar, Jean le Clerc. Hierin publiceerde hij in 1688 een Franstalige samenvatting van het *Essay*, zodat lezers in Nederland de eersten waren die van de inhoud ervan kennis konden nemen. Afzonderlijke overdrukjes ervan stuurde Locke naar Engeland, teneinde de bodem te bereiden voor de uitgave van het grote werk zelf, dat eind 1689 in Londen verscheen.

In november 1688 gebeurde dan eindelijk datgene waarop Locke zo lang had gewacht: Engeland kwam weer onder het bestuur van een protestantse vorst, Willem van Oranje. In februari van het jaar erop voer Locke aan boord van het schip van de latere koningin Mary terug naar zijn vaderland. Vanaf dat moment begonnen de werken van Locke in rap tempo te verschijnen, hoewel hij zijn politieke hoofdwerk, *Two Treatises of Government*, niet anders dan anoniem durfde uit te geven.

Het had echter op geen beter tijdstip gepubliceerd kunnen worden dan vlak na de Glorious Revolution. Het bevat namelijk een goed onderbouwde verdediging van het recht van opstand tegen het heersend gezag, indien dit zijn oorspronkelijke functie verwaarloost. Locke gaat ervan uit dat het recht van de koning om het volk te besturen geen natuurlijk of van God gegeven recht is, zoals de conservatieven meenden, maar dat oorspronkelijk alle individuen in wat hij noemt de natuurtoestand, volkomen gelijke rechten hebben op leven, vrijheid en bezittingen. De enige wet die in de natuurtoestand gezag heeft, is de zogeheten natuurwet, die door de rede ingezien kan worden en erin bestaat dat niemand de natuurlijke rechten van een ander mag schenden. De natuurtoestand is dus geen wetteloze anarchie: ieder gehoorzaamt aan de redewet die de basis van het samenleven vormt. Er is geen hoger gezag dan dat van ieder individu afzonderlijk. Het gevolg hiervan is dat ieder individu het recht heeft om overtredingen van de natuurwet, die dus bestaan in schendingen van het recht op leven, vrijheid en bezit, te bestraffen. Iedere mens, zegt Locke, is de 'uitvoerder van de natuurwet' en heeft zodoende in principe een legitieme macht over anderen, zodra dezen de natuurwet overtreden.

Locke stelt bijvoorbeeld zelfs dat in de natuurtoestand eenieder het recht heeft een dief te doden, daar deze het natuurlijk recht van een ander op bezit heeft geschonden. Het oordeel over de juistheid van die straf berust bij de mensheid als geheel, ten opzichte waarvan iedereen verantwoording van zijn daden moet kunnen afleggen.

Het is duidelijk dat een dergelijke natuurtoestand vele gebreken vertoont. Niet iedereen is in staat zijn natuurlijke rechten zelf te beschermen, en de afwezigheid van een gemeenschappelijke beoordelende instantie zou veel willekeur in de rechtspraak met zich mee kunnen brengen: wie bepaalt uiteindelijk of een natuurwet overtreden is en welke straf dat verdient? Daarom, zegt Locke, is het beter dat mensen besluiten hun individuele recht op de uitvoering van de natuurwet over te dragen aan een gemeenschappelijk lichaam. Daarmee ontstaat dan wat hij noemt de 'politieke samenleving', die een grotere rechtszekerheid moet garanderen dan in de natuurtoestand mogelijk is. Het uitvoerend lichaam kan de middelen van de gemeenschap aanwenden om de natuurlijke rechten van de individuen te beschermen. De hoogste regeringsleider, bijvoorbeeld de koning, kan alleen handelen als uitvoerder van de wetten die het volk in vrijheid heeft aangenomen. Overtreedt hij deze wetten en daarmee de natuurlijke rechten van de burgers, dan verspeelt hij zijn recht op gehoorzaamheid en mag hij afgezet worden.

Locke kon deze theorie natuurlijk onmiddellijk van toepassing verklaren op de situatie in het Engeland van 1688: Jacobus II schond de rechten van het protestantse volk en verdiende dus afgezet te worden. Hoewel de *Two Treatises* reeds jaren eerder schijnen te zijn geschreven, in de tijd dat Shaftesbury zijn opstand voorbereidde, konden ze nu dienst doen als een politiek-filosofische rechtvaardiging van een ook voor Locke zelf uiterst belangrijke gebeurtenis. Lockes theorie vormde bovendien de intellectuele grondslag van de Franse Revolutie een eeuw later en is ook van grote invloed geweest op de Amerikaanse vrijheidsstrijd. Zijn werk is een cruciale bijdrage geweest tot de overgang van absolutisme naar volkssoevereiniteit.

De *Two Treatises* verschenen anoniem en Locke heeft het auteurschap ervan pas in zijn testament willen erkennen. De omstandigheden hadden hem een grote mate van omzichtigheid bijgebracht, die hij tot zijn dood toe vasthield. Zodoende verschenen de meeste werken van Locke anoniem, behalve het *Essay*, waarvoor hij zo veel mogelijk publiciteit zocht. Dit lukte, want in de loop van de jaren 1690-1700 werd het boek zowel

beroemd in verlichte kringen alsook gevreesd aan de universiteiten, waar het door de studenten ijverig bestudeerd werd als een alternatief voor de aloude scholastieke opleiding. De docenten in Oxford klaagden over het verval van de kunst van het disputeren en trachtten het werk zonder succes uit handen van de studenten te houden. Locke had namelijk geen hoge dunk van de academische logica, in het bijzonder de syllogistiek, die hij nutteloos achtte voor het verwerven van nieuwe kennis. In plaats daarvan prees hij de methode aan die in de natuurwetenschappen van zijn tijd met zoveel succes werd toegepast: een combinatie van wiskunde en ervaring. Lockes *Essay* kan men zien als een poging om deze methode filosofisch te onderbouwen en te rechtvaardigen.

Om dit te begrijpen is het eerst nodig iets meer van de inhoud van het boek te weten. De doelstelling omschrijft Locke als "*to enquire into the Original, Certainty, and Extent of humane Knowledge; together, with the Grounds and Degrees of Belief, Opinion, and Assent.*" Locke wilde dus beschrijven hoe de mens kennis vormt, en op grond daarvan beoordelen hoe zeker deze is en hoeveel de mens eigenlijk van zichzelf, van de natuur en van God te weten kan komen, daarbij duidelijk kennis in strenge zin afgrenzend van wat alleen mening of geloof mag heten. Een centraal begrip in het boek is dat van idee of voorstelling, een technische term waarmee Locke bedoelt alles wat maar voorwerp van verstandelijke activiteit kan zijn, alles waar de geest over nadenkt. Deze ideeën zijn de onmiddellijke objecten van kennis en staan als het ware tussen onze geest en de buitenwereld in; we kennen de buitenwereld alleen door middel van deze voorstellingen. Lockes empirisme komt nu hierin tot uitdrukking, dat hij aanneemt dat al deze voorstellingen door ervaring verkregen worden. Het verstand zelf kan hieraan andere ideeën toevoegen door simpele voorstellingen te combineren tot samengestelde. De idee van goud bijvoorbeeld is samengesteld uit de voorstellingen van geel, een zekere zwaarte, smeltbaarheid, mengbaarheid en dergelijke. De simpele ideeën vormen zodoende de basisvoorraad waaruit alle overige worden opgebouwd. In het grootste boek van het *Essay*, boek 2, poogt Locke te laten zien door welke verstandelijke operaties deze samengestelde en abstracte begrippen gevormd worden.

Kan Lockes opvatting over de *oorsprong* van kennis empiristisch genoemd worden, zijn mening over de *zekerheid* van kennis klinkt veeleer rationalistisch. Hij definieert kennis als het inzien van relaties van overeenstemming of tegenstrijdigheid tussen onze ideeën onderling. Naarmate de ideeën die we met elkaar vergelijken helderder en onderscheidener



zijn -Locke gebruikt hier de termen die Descartes ook gebruikt- kunnen we de relaties ertussen met meer zekerheid vaststellen. Zien we de relatie in één oogopslag (bijvoorbeeld dat een cirkel geen driehoek is) dan is onze kennis intuïtief, zoals Locke het noemt. Zien we de relatie tussen twee ideeën slechts door bemiddeling van een derde, dan beschikken we over kennis die door bewijs tot stand komt. De minst zekere vorm van kennis tenslotte is die betreffende het bestaan van dingen buiten ons; we leggen in dat geval een relatie, niet tussen ideeën, maar tussen een idee en een ding in de buitenwereld.

Een direct gevolg van deze indeling in graden van zekerheid is dat Locke aan die wetenschappen meer waarde toekent die geheel uit intuïtie en bewijsvoering bestaan en niet onmiddellijk op de werkelijkheid zijn betrokken, zoals in het bijzonder de wiskunde en volgens Locke ook de ethiek. De ideeën in deze wetenschappen zijn zo helder en onderscheiden dat we al hun onderlinge relaties kunnen leren kennen. Dit is bepaald niet het geval in de empirische wetenschappen zoals de natuurkunde of Lockes eigen vakgebied de geneeskunde. Locke staat, vreemd genoeg voor een aanhanger van de nieuwe experimentele filosofie, enigszins sceptisch tegenover de mogelijkheid onze kennis op deze gebieden belangrijk uit te breiden. Niet alleen beschikken we over slechts een minniem aantal voorstellingen, in vergelijking met de totale natuur, maar bovendien slagen we er slechts zelden in constante relaties tussen deze voorstellingen te constateren. Het ontbreekt ons ook vooral, zegt Locke, aan kennis van de verborgen aard en oorzaken van de dingen. Boven hetgeen de ervaring ons van de natuur leert kunnen we niet uitstijgen, en veel leren we op die manier niet; hooguit doen we enkele praktische ontdekkingen en uitvindingen die onze gezondheid kunnen doen toenemen en ons leven veraangenamen.

Zodoende stelt Locke in feite eisen aan de ervaringswetenschap, die aan een rationalistisch wetenschapsideaal ontleend zijn. Lockes eigenaardig mengsel van rationalisme en empirisme leidt hier duidelijk tot inconsequenties. Alle ideeën of voorstellingen worden aan ervaring ontleend, maar *ware* kennis bezit een algemeenheid en noodzakelijkheid die boven de ervaring uitgaan. Locke slaagde er niet in een methodologie van de ervaringswetenschappen te ontwikkelen volgens welke deze, in onderscheid van de wiskundige, een eigen karakter en werkwijze bezitten en aanspraak kunnen maken op een zekere mate van evidentie, hoewel geringer dan die van de wiskunde. Het is misschien interessant hierbij op te merken, dat de achttiende-eeuwse empiristen in Nederland, onder wie



de Leidse hoogleraar Willem Jacob 's Gravesande (1688-1742), die het newtonianisme in Nederland introduceerde, er beter dan Locke in slaagden om de empirische evidentie van de natuurwetenschappen op vrijwel gelijk niveau met de evidentie van de wiskunde te brengen. Volgens Lockes *Essay* echter, hoewel het geïnspireerd is door de nieuwe proefondervindelijke wijsbegeerte, is de ervaring als zodanig geen zelfstandige bron van ware kennis. Locke ontwikkelde zijn empirisme, zou men kunnen zeggen, binnen de grenzen van het rationalisme.

Toch achtte de grote vertegenwoordiger van het rationalisme in Duitsland, Leibniz (1646-1716), het nodig om de theorie van de aangeboren kennis tegen het empirisme in Lockes kenleer in bescherming te nemen. Hij reageerde in 1696 op het *Essay*, maar Locke verkoos op dat moment Leibniz' opmerkingen niet te beantwoorden. Zodoende is er tussen de twee geen debat ontstaan, en in het jaar waarin Leibniz een meer uitvoerige kritiek, *Nouveaux essais sur l'entendement humain*, voltooid had met de bedoeling deze te publiceren en aan Locke voor te leggen, maakte het overlijden van Locke verdere discussie onmogelijk.

Slaan wij tot slot nog een blik op het vervolg van Lockes levensloop na zijn terugkeer naar Engeland. Koning Willem wenste hem met een ambassadeurspost te bedanken voor de geboden steun, maar Locke voelde zich hiervoor reeds te oud geworden. Tot 1700 toe vervulde hij enkele ambtelijke functies die hem in het bijzonder met buitenlandse handel en kolonisatie in contact brachten. In 1691 besloot Locke zoveel mogelijk tijd door te gaan brengen op een landgoed in Essex, daar hij de slechte Londense lucht wegens zijn asthma niet meer kon verdragen. Dit landgoed behoorde toe aan zijn vriendin Lady Masham, de dochter van de platonist Ralph Cudworth. Hij ontmoet daar onder anderen de grote Newton, met wie hij in correspondentie blijft. De reacties op het *Essay* stromen binnen en Locke geniet in stilte van de waardering voor zijn anonieme publikaties, hoewel zijn auteurschap al spoedig een publiek geheim is. Kritiek kwam vooral van de zijde van platonistische filosofen, die de theorie van de aangeboren ideeën tegen Locke staande hielden, en van orthodoxe geestelijken. De laatsten beschuldigden hem er zelfs van met zijn verwerping van bepaalde dogmatische noties de weg tot het atheïsme te hebben gebaad. Locke had in zijn *The Reasonableness of Christianity* de stelling verdedigd, dat het geloof dat Christus de verlosser is reeds voldoende is om christen te zijn. Een groot deel van de bestaande protestantse theologie werd daarmee in feite overboord gezet. De godgeleerden zagen dit natuurlijk als een ondermijning van hun gezag en kwa-

men in het geweer. Locke zag zich gedwongen stelling te nemen, eerst tegen de grove aanvallen van John Edwards, een fanatieke pamfletschrijver uit Cambridge, later tegen de meer subtiele kritiek van de bisschop van Worcester, Edward Stillingfleet. Hun protest getuigde van inzicht, want Lockes ontkoppeling van geloof en academische theologie betekende inderdaad een stimulans voor de ontwikkeling van allerlei heterodoxe stromingen in de eeuw van de Verlichting. Locke stond zelf in persoonlijk contact met twee van de latere voormannen van het vrije denken, John Toland en Anthony Collins.

De vele polemieken zullen Lockes laatste jaren er niet plezieriger op gemaakt hebben. In 1700 neemt hij uit al zijn functies ontslag. Zijn gezondheid wordt slechter en hij brengt de meeste tijd door met het schrijven van een commentaar op de brieven van Paulus, dat postuum gepubliceerd werd. In oktober 1704 tenslotte valt voor hem het doek.

Laat ik eindigen met Lockes eigen inschatting van wat hij als filosoof heeft willen bereiken:

The Commonwealth of Learning, is not at this time without Master-Builders, whose mighty Designs, in advancing the Sciences, will leave lasting Monuments to the Admiration of Posterity; But every one must not hope to be a Boyle, or a Sydenham; and in an Age that produces such Masters, as the Great --- Huygenius, and the incomparable Mr. Newton, with some other of that Strain; 'tis Ambition enough to be employed as an Under-Labourer in clearing Ground a little, and removing some of the Rubbish, that lies in the way to Knowlegde. (*Essay, The Epistle to the Reader*, pp. 9-10.)

Dat Locke veel van de overgeleverde wijsgerige 'rommel' heeft opgeruimd en zodoende de weg tot de eeuw van de Verlichting mede begaanbaar heeft gemaakt, is een prestatie die we hem zeer zeker kunnen aanrekenen.

## Literatuur

Colman, J., *John Locke's Moral Philosophy*, Edinburgh 1983.

Cranston, M., *John Locke. A Biography*, Londen 1957.

Dunn, J., *The Political Thought of John Locke: An Historical Account of the 'Two Treatises of Government'*, Cambridge 1969.

Gough, J.W., *John Locke's Political Philosophy. Eight Studies*, Oxford 1950.

Locke, John, *An Essay concerning Human Understanding*. Edited with an Introduction by Peter H. Nidditch, Clarendon Edition, Oxford 1975.

Locke, John, *Two Treatises of Government*. A Critical Edition with an Introduction and Apparatus Criticus by Peter Laslett, Cambridge 1960.

Locke, John, *Educational Writings*. Edited by James L. Axtell, Cambridge 1968.

Ryle, G., *Locke on the Human Understanding*, Oxford 1933.

Thijssen-Schoute, C.L., 'De Nederlandse vriendenkring van John Locke', In: *Uit de Republiek der Letteren* (Den Haag 1967), pp. 90-103.

Vaughn, K.I., *John Locke, Economist and Social Scientist*, Chicago 1980.

Yolton, J.W., *John Locke and the Way of Ideas*, Oxford 1957.

Yolton, J.W., *Locke. An Introduction*, Oxford 1985.



## **Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)** Kampioen brieven-schrijver en grote verzoener

*W. van Dooren*

De grote filosoof en wetenschapper Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) leefde in een tijd, dat er in politiek en godsdienstig opzicht een zeker evenwicht werd bereikt. Ondanks de grote onderlinge verschillen, was er een hoge mate van communicatie, die zich vooral afspeelde binnen de internationale 'geleerde wereld'. De wetenschappers of 'geleerden' voelden zich met elkaar verwant over de landsgrenzen en de godsdienstige verdeeldheden heen en droomden van een ideale 'republiek der letteren'. In dit alles speelde Leibniz een zo toonaangevende rol, dat hij met recht het centrum van dit onderlinge netwerk kan worden genoemd. Om de positie van Leibniz nader te bepalen, is het nodig om eerst de situatie op politiek en religieus gebied rond 1700 te bekijken.

### **Europa rond 1700**

De 17e eeuw is een tijd van oorlogen, waarin pogingen tot overheersing zowel van binnenuit Europa als van buitenaf werden ondernomen. De godsdienstige en politieke eenheid uit de Middeleeuwen, al dan niet een fictie, was nu definitief verloren. Katholieke en protestantse staten staan tegenover elkaar en proberen elkaar te verdringen. Lodewijk XIV zet zijn stempel van expansie op een groot deel van deze 17e eeuw. Met de vrede van Rijswijk in 1697, die een einde maakt aan de negenjarige oorlog, is de dreiging vanwege Lodewijk XIV voorgoed voorbij. De laatste grote aanval op Europa door de Turken wordt in 1683 voor Wenen afgeslagen; als evenwel in 1687 Oostenrijk-Hongarije tot stand komt, betekent dit het einde van de droom van het omvattende (Duitse) Rijk.

Nu er een evenwicht tot stand komt, krijgt men meer neiging om de blik buiten Europa te werpen; de expansie vindt elders zijn beslag, waarbij de verdeeldheid in Europese invloedssferen ook wordt geëxporteerd in de elkaar beconcurrerende katholieke missie en

protestantse zending. China wordt een gewild object als doelwit van verovering, maar wordt daardoor tegelijk een bron van bewondering en zelfs een model ter navolging. We zullen in het vervolg merken, hoezeer Leibniz een belangrijke rol heeft gespeeld in al deze ontwikkelingen. Eerst moeten we nog wat nader met Leibniz zelf kennismaken. Wie was deze uitzonderlijke figuur?

### **Leven en werk van Leibniz**

Gottfried Wilhelm Leibniz werd geboren in Leipzig, waar zijn vader hoogleraar was in moraalfilosofie. Hij studeerde rechten en filosofie op zeer jeugdige leeftijd. In 1663 sloot hij zijn filosofiestudie af met een dissertatie over het individualiteitsprincipe (een thema dat zijn hele filosofie zou blijven beheersen). Toen hij drie jaar later in de rechten wilde afstuderen, weigerde men in Leipzig zijn dissertatie omdat hij nog te jong was(!). De universiteit van Altdorf wilde hem wel accepteren en bood hem meteen een professoraat aan.

Leibniz wilde dit zelf niet en ging in diplomatieke dienst bij de aartsbisschop van Mainz. Hij moest vier jaar lang de politieke belangen van deze wereldlijke vorst in Parijs behartigen. Het verblijf in Parijs bracht hem meteen in contact met de 'geleerde wereld'.

Ook later was Leibniz zeer reislustig, maar al vanaf 1673 was hij voor zijn gehele verdere leven in dienst van het Huis Braunschweig met o.a. de opdracht de geschiedenis hiervan te schrijven en (vanaf 1676) de bibliotheek in Hannover te beheren. Het is in Hannover, dat hij voortaan zou werken, tot zijn dood in 1716.

De meest typerende eigenschap van Leibniz is zijn verzoeningsgezindheid. Hij gebruikte graag als bijnaam 'Pacidius' (de vredelievende); deze naam bezigde hij ook voor een gesprekspartner in een door hem geschreven tekst. Om zijn filosofie te karakteriseren, duidde hij zichzelf meestal aan als de filosoof van de *harmonie préétablie* (de vooraf ingestelde harmonie). Een neveneffect van zijn verzoeningspogingen tussen elkaar bestrijdende partijen, vooral als het de godsdienst betrof, was dat geen van allen Leibniz als een van de hunnen kon beschouwen. Zo kreeg hij het odium, dat hij zelf eigenlijk niets geloofde; een grapje deed de ronde, dat hij eigenlijk 'Loev' nix' (ofwel: geloof niks) heette.

Zijn geloof in de ene redelijke filosofie, waarin alle wetenschappen zijn geïntegreerd inclusief de theologie, werd er niet minder om. Hij bleef zijn leven lang eraan werken om het redelijke geloof te verspreiden; hij stond open voor alle nieuwe ontwikkelingen en probeerde met iedere deskundige waarvan hij iets nieuws kende of verwachtte, in contact te treden. Het monument hiervan is zijn enorme bewaardgebleven correspondentie met bijna alle groten uit zijn tijd.

In het Leibniz-archief in Hannover liggen ongeveer 15.000 brieven, gericht aan 1.000 verschillende personen. De inhoud van deze brieven is bijna altijd inhoudelijk van belang: hij zet zijn eigen theorieën uiteen (soms zelfs in grote bijlagen, die zelfstandige boeken zouden kunnen zijn) en hij bediscussieert de theorieën van anderen. We moeten trouwens bedenken, dat het in zijn tijd vanzelfsprekend veel meer gebruikelijk was om brieven te schrijven gezien het ontbreken van onze moderne communicatiemiddelen en eveneens, dat het schrijven van brieven een zekere vorm van publikatie was. Brieven waren meestal voor ruimer gebruik bedoeld dan alleen voor de geadresseerde.

### Verzoeningspogingen

Leibniz heeft vele malen als intermediair gefungeerd in pogingen om tegengestelde partijen te verzoenen en om samenhangende verbanden te organiseren. Hij deed dit zowel op politiek als op godsdienstig, wetenschappelijk en filosofisch terrein. Hij had al vroeg het plan om een soort volkenbond op te richten ter verzekering van de veiligheid in Europa. Tegelijk betekende dit voor hem een internationaal verband van intellectuelen; vanuit een 'Societas philadelphica' (met zetel in Holland) zou cultuurpolitiek moeten worden bedreven. Bovendien zou er zo een overkoepelende instantie kunnen bestaan om arbitrage te plegen in internationale geschillen.

Leibniz streefde naar evenwicht in Europa en probeerde de activiteiten van Lodewijk XIV, die daarvoor een bedreiging waren, in andere banen te leiden. In een geschrift wekte hij deze koning op om Egypte te veroveren met als voornaamste uitgesproken argument dat hij zo de handelsweg naar het Oosten zou controleren. Lodewijk XIV heeft het niet gelezen, maar Napoleon later wel, met alle gevolgen van dien.

Op godsdienstig gebied heeft Leibniz getracht een concilie voor te bereiden, waaraan zowel katholieken als protestanten zouden deelnemen ter voorbereiding van een kerkelijke hereniging. Hij correspondeerde hierover uitvoerig met Bossuet, de invloedrijke Franse bisschop

en vertrouweling van Lodewijk XIV, zonder dat dit overigens tot enig resultaat leidde. Het grootste struikelblok voor een dergelijk concilie was de eis die Leibniz eraan stelde: dat men zonder voorwaarden vooraf zou bijeenkomen. In de praktijk was zeker de situatie er niet rijp voor, vooral nadat Lodewijk XIV de katholieke hegemonie in Frankrijk had versterkt door het edict van Nantes, waarbij voorrechten aan de protestanten waren toegekend, in 1685 op te heffen.

Leibniz' grote voorbeeld voor een politiek-godsdienstig-wetenschappelijke eenheid was het Chinese rijk. Door toedoen van missionarissen was hierover steeds meer kennis voorhanden en Leibniz was begerig naar alle nieuwe informatie. Hij zette zich aan moeizame correspondenties met bijvoorbeeld de Jezuïet Bouvet, missionaris in China en schrijver van vele werken over China. Wanneer deze Bouvet in China was, lieten de antwoorden op zijn brieven soms jaren op zich wachten.

In 1697 schreef Leibniz zijn *Novissima sinica* ('Het laatste nieuws uit China') waaruit we zijn voorliefde goed kunnen lezen. Leibniz bewonderde de situatie van het ene rijk, dat uit zeer veel verschillende onderdelen bestond, en dat in zijn tijd als eenheid functioneerde onder de lange regering van keizer K'ang hsi (1662-1722). De Chinese godsdienst beschouwde hij als een voorbeeld van een natuurlijke redelijke religie, zoals hij die zelf voorstond. Tenslotte zag hij verder nog in China (ten onrechte overigens) het prototype van het door hem zelf opgezette tweetalig stelsel. Hiermee zijn we tegelijk op een ander belangrijk thema van Leibniz' werkzaamheid als filosoof gekomen.

### **Het ideaal van de ene taal**

Een groot obstakel voor de eenheid van de mensheid en meer in het bijzonder van de 'geleerde wereld' was het ontbreken van een voor ieder begrijpelijke en gemakkelijk hanteerbare taal. In de tijd rond 1700 leefde er een nostalgisch verlangen naar de ene taal, zoals die sinds Adam tot aan de Babylonische spraakverwarring gesproken zou zijn. Men wilde in een bovenmenselijk pogen deze ene 'lingua adamica' reconstrueren, ook al was deze door het goddelijke ingrijpen vernietigd.

Ook Leibniz streefde ernaar alle talen tot een enkele taal te reduceren, hoewel hij daarbij zeker niet dacht aan een bestaande omgangstaal, maar aan een universele tekentaal, een 'characteristica universalis'.



Taal zou eigenlijk moeten worden teruggebracht tot een rekensysteem met duidelijke ondubbelzinnige symbolen. Zo moet volgens Leibniz God gerekend hebben, toen hij de wereld schiep: "*cum deus calculat fit mundus*" (als God rekent, ontstaat de wereld). Rekenen is het meest eenvoudig in een tweetalig stelsel, en hiervoor nu meende Leibniz in de Chinese cultuur het aanknopingspunt te hebben gevonden. In de *I Tsjing* wordt immers een systeem geboden, dat gebaseerd is op twee tekens: -- en — . Ook de yin en yang-polariteit zou als weergave van 0 en 1 kunnen worden geïnterpreteerd. Jammer voor Leibniz past dit alles toch niet in zijn tweetalig stelsel, omdat in feite niet van een nul sprake kan zijn in de Chinese cultuur. Leibniz' werk is er niet minder belangrijk om.

### Leibniz' veelzijdigheid

Er is al een tipje van de sluier opgelicht ten aanzien van de vele verschillende activiteiten van Leibniz. Op het gebied van de wetenschappen is het onvoorstelbaar in hoeveel disciplines Leibniz baanbrekend werk heeft verricht. Ik zal het belangrijkste even de revue laten passeren. Genoemd is al zijn werk als taalkundige, wiskundige en logicus: hij was de uitvinder van de differentiaalrekening (overigens min of meer tegelijk met Newton, zodat er een onverkwikkelijke jaloerse discussie ontstond, wie nu eigenlijk 'de eerste' was geweest). Hij ontwierp een model voor een volledig nieuwe formele logica, die met ondubbelzinnige tekens opereerde (dit model is noch door hem noch door zijn tijdgenoten uitgevoerd, en herontdekt toen tegen 1900 de nieuwe logica ontstond en Russell het model weer terugvond). Als praktisch hulpmiddel voor zijn berekeningen ontwierp Leibniz de eerste rekenmachine. Op ander technisch gebied was hij werkzaam in o.a. de mijnbouw, waarvoor hij in de Harz pompinstallaties bouwde. In het algemeen was hij een natuurwetenschapper in theorie en praktijk.

Het grootste deel van zijn leven was zijn feitelijke beroep dat van bibliothecaris. De bibliotheek, die hij beheerde, is nu nog steeds belangrijk als de landsbibliotheek van Nedersaksen. Als bijkomende opdracht had hij het schrijven van de geschiedenis van het Huis Brunswijk; daarvoor verrichtte hij diepgaand bronnenonderzoek, dat voor historici van nu nog steeds van groot gewicht is. De op die bronnen gebaseerde geschiedenis heeft hij helaas niet meer zelf kunnen schrijven. Behalve historicus was Leibniz ook theoloog, filosoof, jurist en politicus, waarvan ik bovenal enige voorbeelden heb gegeven. Toen

het eerste internationale Leibniz-congres in 1966 te Hannover werd gehouden, bleken van heinde en ver wetenschappers van de meest uiteenlopende disciplines bij elkaar te zijn gekomen om zich er allemaal met 'hun' Leibniz bezig te houden. De toen opgericht Internationale Leibniz Gesellschaft met het orgaan *Studia Leibnitiana* illustreert tot op heden deze veelzijdigheid van Leibniz' eigen activiteiten via alle wetenschappers die hem bestuderen. Van een echte Leibniz-aanhang kunnen we evenwel niet spreken; hoe fascinerend deze grote geleerde ook nu nog is, zijn werk heeft nu eigenlijk alleen nog historische waarde.

Na aanvankelijk het Latijn als voertaal te hebben gebruikt voor zijn publikaties, ging Leibniz over op het Frans, dat rond 1700 een gangbaar communicatiemiddel was geworden in de 'Republiek der Letteren'. Hij schreef het als zijn moedertaal, hoewel hij zelfs in het Duits wat korte werkjes maakte: het Duits was als wetenschappelijke taal in zijn tijd nog totaal ongeschikt. Het gebruik van het Frans was een prima middel voor hem en vele anderen om met elkaar in contact te kunnen treden en te corresponderen. Ook op deze manier werkte Leibniz als een centrale figuur. Vanwege zijn enorm aantal deskundigheden fungeerde hij als een spil in de discussies, maar vooral trad hij op als de organisator van wetenschappelijke contacten.

### **Internationale wetenschappelijke organisaties**

De behoefte aan onderling contact tussen wetenschappers werd maar voor een deel gedekt door de oude en de vele pas opgerichte universiteiten. Men probeerde ook andere bestaande of nieuwe internationale organen te benutten om tot uitwisseling van informatie en ideeën te komen. Een tijdlang oefenden genootschappen van rozekruisvaarders daarvoor een grote aantrekkingskracht uit. Veel filosofen waren er bij betrokken, en uiteraard ook Leibniz. Hij was er via Boineburg, de eerste minister van de aartsbisschop van Mainz, mee in contact gekomen in de tijd dat hij voor deze werkte. Toch verdienden voor Leibniz verenigingen van uitsluitend geleerden zonder religieuze of andere achtergronden, met geen andere doeleinden dan het onderhouden van wetenschappelijke contacten, de voorkeur. Als lichtend voorbeeld zag hij de in 1660 gestichte Royal Society in Londen, naar welk model hij in Duitsland een vergelijkbare instelling wilde oprichten. Al in 1671 schreef hij daarvoor een program *Grundriss eines Bedenkens von Aufrihtung einer Teutschen Gesellschaft zur Aufnahme von Künsten und Wissenschaften*.

Uiteindelijk lukte het hem om in 1700 de Preussische Akademie te Berlijn te stichten en werd hij daarvan de eerste president. Ook in Wenen en St. Petersburg deed hij zijn uiterste best, maar de academies daar kwamen pas na zijn dood van start, en de overkoepeling van alle academies in de wereld kwam pas aan het einde van de 19e eeuw tot stand. Hoezeer Leibniz de drager van de academie-gedachte was, realiseerde men zich terdege, toen in 1901 als hommage aan Leibniz besloten werd om vanuit de internationale academies de volledige uitgave van zijn verzameld werk te gaan verzorgen (door alle politieke wederwaardigheden rond en in Duitsland in de 20e eeuw is deze uitgave nog bij lange na niet voltooid).

Een ander communicatiemiddel, waarvan Leibniz een groot promotor was, werd gevormd door de geleerde tijdschriften. Enkele beroemde en wijd verspreide bladen dateren uit de tijd van Leibniz: in Leipzig verschenen sinds 1672 de *Acta eruditorum* ('Berichten der geleerden'); in Parijs bestond sinds 1666 de *Journal des savants* en ook in Nederland kende men dit medium: *Nouvelles de la république des lettres* (sinds 1684). Leibniz schreef er zelf veel in en kon naar hartelust met vakgenoten polemiseren. Daarnaast stimuleerde hij ook meer vrije en open vormen van universitair onderwijs en onderzoek: geen hoorcolleges, maar seminarie-oefeningen (werkcolleges) waaraan studenten actief deelnemen; vrije vakkenkeuzes; in het onderwijs geïntegreerde bibliotheken; bibliotheken, die voor iedere geïnteresseerde openstaan (een voorbeeld: pas in 1735 werd in Parijs de koninklijke bibliotheek voor publiek opengesteld). In al de genoemde opzichten kunnen we de bedoeling van Leibniz zo samenvatten: hij streefde naar een harmonisch samenhangende, voor iedereen toegankelijke geleerdenwereld. Al zijn concrete plannen zijn op realisering hiervan gericht. De neerslag ervan vinden we in zijn correspondentie, waarover nu meer.

### **De correspondentie van Leibniz**

Leibniz rustte niet, voor hij contact had gelegd met iemand, wiens werk hij waardeerde. Leek het directe contact moeilijk, dan probeerde hij het via tussenpersonen; helaas lukte het in een enkel geval dan nog niet. Ondanks alle verwoede pogingen is het hem niet gelukt een reactie van Locke en van Newton te krijgen: hij kwam niet verder dan tot een correspondentie met personen uit hun kring. Wel lukte het bijvoorbeeld met Arnauld, Malebranche, Spinoza en Bayle, de meest vooraanstaande filosofen uit zijn tijd. Het is zeer verhelderend te be-

kijken welke thema's Leibniz bij hen ter discussie stelde. Een interessante bijkomstigheid is, dat Leibniz kennelijk zo verzet was op het discussiëren, dat hij de werkelijke gesprekken die hij mondeling of schriftelijk voerde, nog vaak voortzette in gefingeerde dialogen, waarin hij zijn opponent onder een andere naam liet optreden. Zo vinden we ook zijn discussie met Locke (1632-1704), die in werkelijkheid niet heeft kunnen plaatsvinden, in een grote, omvattende door hemzelf geschreven dialoog tussen twee partners, waarvan elk een van beide filosofen 'speelt'. Het boek was bedoeld om zijn eigen standpunt duidelijk tegenover dat van Locke te profileren, met als gevolg, dat toen Locke overleed, Leibniz het niet meer nodig vond tot publikatie over te gaan (het is pas uit zijn nalatenschap gepubliceerd, bijna vijftig jaar na zijn dood).

De discussie met Locke zoals die nu te lezen is in de *Nouveaux Essais sur l'entendement humain* (als reactie op Locke's *Essay concerning human understanding* [1690]) heeft als kernstuk de vraag of de mens over aangeboren begrippen beschikt. Locke meende te kunnen aantonen, dat alle kennis op ervaring berust, waartegenover Leibniz op zijn minst een aangeboren kenvermogen verdedigde. Volgens Leibniz leert men geen redelijk denken uit de ervaring, maar gaat dit aan de ervaring vooraf. Waar Locke alleen van kennis wil spreken, wanneer deze bewust aanwezig is, verdedigt Leibniz (voor het eerst in de geschiedenis van het westerse filosofie!) het onbewuste.

Ervaring kan wel dienen als hulpmiddel om het onbewuste bewust te maken, maar is daarmee nog niet de bron van de kennis. Omdat ook God redelijk denkt, zijn we in staat hem met onze eigen rede te begrijpen en kunnen we ook begrijpen, hoezeer de wereld redelijk in elkaar steekt, omdat zij door de redelijke God is geschapen. Met vele andere tegenstanders van Locke meende Leibniz, dat een volledig ervaringsstandpunt vanzelf tot twijfel en onzekerheid ten aanzien van alle vaste normen en zekere ideeën moet leiden.

Een uitvoerige polemiek, die wel heeft plaatsgevonden en van beide kanten tot verschillende publikaties heeft geleid, was er met Pierre Bayle (1647-1706), de 'filosoof van Rotterdam'. Bayle stond wel een redelijk gefundeerde filosofie voor, en was het in zoverre eens met Leibniz, maar meende, dat de godsdienst buiten deze redelijke filosofie moest worden gehouden, als zijnde een zaak van geloven. De godsdienst is volgens Bayle in zoveel opzichten in strijd met de rede, dat de

filosoof zich er niet mee moet bezighouden om er toch een redelijke draai aan te geven. Voor Leibniz was dit een volledige degradatie zowel van de godsdienst als van de rede: godsdienst zou geen waarde hebben als deze niet redelijk kan worden ingezien en de menselijke rede zou wel een heel zwak instrument zijn, als deze niet tot de godsdienst zou kunnen doordringen. Leibniz vreesde in Bayle het begin te zien van een volledig atheïsme (dat in feite later ook uit Bayles standpunt zou worden ontwikkeld). Sluitstuk van de hele discussie was het door Leibniz geschreven (en in 1710, dus na de dood van Bayle!) gepubliceerde grote werk *Theodicée*, een uiteenzetting over de overeenstemming van de principes van geloof en rede, waarin onder andere werd uitgelegd hoe het kwaad in de wereld te rijmen is met de redelijkheid van God. Leibniz verdedigde de stelling, dat onze wereld de meest redelijke is, die door een redelijke God had kunnen worden geschapen.

Op een vergelijkbare manier discussieerde Leibniz anderzijds ook met filosofen, die zozeer van een religieus standpunt uitgingen, dat ze daarmee de rede onderwaardeerden. Arnauld (1612-1674) is overtuigd van de onbegrijpelijkheid van God, omdat hij ons begrip en onze rede volkomen te boven gaat. Arnauld gelooft in de vrijheid van de menselijke wil, ook al kan hij deze niet bewijzen. Geheel in de lijn van de discussie met Bayle komt ook hier Leibniz op voor de redelijke begripelijkheid van God en wereld. Ook tegenover Malebranche (1638-1715), die dichter bij Leibniz staat, zijn er bezwaren als zou deze toch een te mystiek standpunt innemen en daarmee de (redelijke) realiteit van onze werkelijkheid onderwaarden of zelfs wegwerken.

De discussie met Malebranche heeft trouwens geleid tot een korte bondige uiteenzetting van Leibniz metafysisch standpunt in zijn *Nouveau système de la nature* (1695). Het heelal bestaat uit krachtpunten, bezielde lichamen (elders door hem ook 'monaden', eenheden, genoemd), die elk voor zich het heelal representeren (d.w.z. op hun eigen wijze weergeven en zijn). Alles bestaat in een grote harmonie, en deze is door God zelf zo ingesteld.

Met Spinoza (1632-1677) had Leibniz de meeste verwantschap; tijdens een bezoek aan hem in Nederland uitte hij zijn bewondering en daarna is het ook tot een uitwisseling van een aantal brieven gekomen. Leibniz waardeerde de strikte redelijke opbouw van Spinoza's systeem, maar meende toch, dat er manco's in de redeningen zaten. Tegen Leibniz

pleit overigens, dat hij, ondanks een groot aantal aanzetten, nooit tot het formuleren van een omvattend systeem is gekomen. Om het oneerbiedig te zeggen: Leibniz zag door de bomen het bos niet meer. Hij had overal zoveel geniale ingevingen, dat hij er niet toe gekomen is alles in een geheel op te nemen. Zelfs heeft hij veel zaken niet eens goed kunnen uitwerken, zodat hij niet de invloed heeft kunnen uitoefenen, die zijn werk zeker verdiend heeft.

### **Leibniz' centrale positie en zijn tragiek**

Leibniz geloofde in een 'perennis philosophia', een eeuwige filosofie, dat wil zeggen een blijvende kern van filosofische waarheden. Deze zou blij moeten geven van een grote samenhang van al het bestaande in een redelijk verband, zoals God dit heeft gewild. Hoe Leibniz ook geprobeerd heeft in detail of in globale schets dit grote geheel weer te geven, het is hem als zodanig niet gelukt. Illustratief hiervoor is zijn 'monadenleer', een systeem van metafysica, zoals hij dit tweemaal in een appendix van een brief uiteengezet heeft. De fundamentele idee daarvan is, dat alle delen van het ene grote geheel volledig zelfstandig zijn en zich geheel uit zichzelf ontplooiën, maar tegelijk het grote geheel 'spiegelen' en op hun eigen manier 'zijn'. God heeft alles tevoren zo geregeld, dat alles precies op elkaar past. In ander verband gebruikt Leibniz hiervoor graag het beeld van de gelijklopende klokken: als twee klokken dezelfde tijd aangeven, kan dit komen doordat ze telkens gelijkgezet worden (beeld voor Malebranche's filosofie), of dat de wijzerplaten samen één uurwerk hebben (beeld voor Spinoza's filosofie) of dat ze eenmaal op een perfecte wijze zijn afgesteld (Leibniz' visie). Het is de vooraf ingestelde harmonie, de *harmonie préétablie*. Deze betreft niet alleen maar een metafysische benadering, maar is tevens typerend voor de hele activiteit van Leibniz. Overal probeerde hij immers samenhang en harmonie te bewerkstelligen, die er in principe al waren; hier ligt de grote drijfveer voor al zijn verzoeningspogingen en organisatiedrift. De tragiek van Leibniz' positie is evenwel, dat hij er nauwelijks in is geslaagd om zijn projecten te realiseren. Deze tragiek wordt nog schrijnender, als we constateren, dat lang na zijn dood veel van zijn projecten opnieuw zijn gestart, zonder dat men wist of beseftte, dat men in feite werk van Leibniz aan het uitvoeren was. Nu we dit wel weten, is er alle reden om Leibniz te eren als de grote verzoenende geest, die geloofde in de waarde van de rede en streefde naar volledige humaniteit.

# Benedictus de Spinoza: over macht en onmacht, gevangenschap en bevrijding

Th.H. Zweerman

## Verdrevene bij uitstek

Niemand wordt geboren in de geschiedenis van de filosofie of van de wetenschap, ingeklemd tussen zogenaamde voorgangers, die al ingebonden op de bovenste plank staan, en navolgers, die spoedig bijgezet zullen worden in de Grote Overzichten. Met excuses voor de onelegante beweging die als 'open deur' bekend staat: iedereen, ook de geniale filosoof in de dop, wordt geboren in bepaalde familieverbanden, in een sociaal-economisch bestel, soms in een godsdienstige omgeving, en altijd verwickeld in taalstructuren, die zijn denken en doen voorafgaan. Kortom: in omstandigheden, die iemand die tot nadenken komt ertoe brengen zich te oriënteren en dus die vragen te stellen, waaraan geen mens ontkomt, als zij of hij ontwaakt uit een verdoving of bewusteloosheid, nl. 'waar ben ik?' ('waar ben ik aan toe?') en 'hoe laat is het?' ('hoe ben ik bij de tijd?'). En altijd zijn er dan reeds heersende opvattingen; is er het opgelegd pandoer, dat 'vanzelfsprekendheid' heet.

Soms echter breekt iemand daaruit: bijvoorbeeld als zij of hij denkkracht heeft en de moed opbrengt voor eigen rekening en risico opnieuw de levensvraag te stellen. Zo had in 1619 de jonge, hoogbegaafde Descartes die vraag aldus voor zichzelf genoteerd: "*welke levensweg zal ik volgen?*". Zijn *Vertoog over de Methode* zou er vele jaren later van getuigen, dat het authentieke antwoord op die vraag zich niet zonder veel zoekwerk had laten vinden.

Van de jeugdige Spinoza is ons geen soortgelijke notitie bekend. Wanneer echter in juli 1656 de banvloek over hem wordt uitgesproken in de Portugese synagoge van Amsterdam, is hij eveneens drieëntwintig jaar oud -en staat hij voorshands alleen: in zekere zin een verdrevene bij uitstek. Waarom bij uitstek een verdrevene?



Baruch de Spinoza is op 24 november 1632 in Amsterdam geboren (waarschijnlijk op de plaats waar nu de Mozes en Aäron kerk staat). Hij is afstammeling van een joods-Portugese familie, die met vele andere joden uit het Iberisch schiereiland weggetrokken is en een toevlucht heeft gevonden in Amsterdam, het 'Jeruzalem van het Westen', naar het woord van Siegfried van Praag. Deze mensen hebben behoord tot de grote groep joden, die gedurende vele eeuwen vrijelijk hun geloof in Spanje hebben kunnen beleven en belijden, -maar die op het einde van de vijftiende eeuw gedwongen werden zich te 'bekeren' tot het katholieke geloof. De keuze was: ofwel deze bekerings-vertoning, ofwel emigratie. Velen die geen kans zagen te emigreren, hebben voor de schijn het christelijk geloof moeten aannemen. In een latere periode evenwel, hebben sommigen van hen alsnog kans gezien uit het Iberische gebied weg te komen en hebben zij opnieuw het joodse geloof van hun voorvaderen aangenomen. Tot deze groep behoorde de vader van Spinoza. De tragiek van de jonge Baruch is, dat hij andermaal verdreven wordt, 'uitgebannen', uit de groep van zijn Amsterdamse geloofsgenoten -vermoedelijk, omdat hij de Mozaïsche Wet niet wenste te onderhouden.

Door de uitsluiting uit de joodse gemeenschap moet hij zijn werk in de handelsfirma, die hij met zijn broer voerde, opgeven. Is hij zich toen gaan toeleggen op het lenzen-slijpen, om zodoende in zijn levensonderhoud te kunnen voorzien? Een feit is, dat hij, van jongsaftaan reeds vertrouwd met het Hebreeuws en met de bestudering van de joodse geschriften, zich nu (verder?) gaat bekwamen in het Latijn en in alles wat op wijsgerig en wetenschappelijk gebied opgeld doet: de filosofieën van Descartes, Hobbes en Bacon; de nieuwe natuurwetenschap en de kennis van de wiskunde die daarvoor nodig is. Waar hij tussen 1656 en 1660 gewoond heeft, was tot voor kort een open vraag. Recente, soms ingenieuze, onderzoekingen wettigen de veronderstelling dat hij in die jaren in Amsterdam is blijven wonen -waar hij reeds goede contacten had opgebouwd met een groepje 'collegianten': christenen, die terzijde van de protestantse staatskerk in een zekere vrijzinnigheid een hecht onderling verkeer onderhielden. Vanaf 1660 woont Spinoza in Rijnsburg, bij Leiden. In die plaats kwamen de collegianten regelmatig voor grotere samenkomsten bijeen. De nabijheid bij de Leidse Universiteit moet Spinoza van dienst geweest zijn om zich ook in de traditionele scholastieke wijsbegeerte te verdiepen. Na enkele jaren verhuist hij naar Voorburg, en vervolgens naar Den Haag, waar hij zijn intrek neemt in het huis van een schilder aan de



Paviljoensgracht. Daar schrijft hij (verder) aan de boeken, die hem lang na zijn dood de faam van een der heel grote wijsgeren zullen bezorgen. Eigenlijk moeten we zeggen: dat is het. Over zichzelf heeft hij op directe wijze vrijwel niets te kennen gegeven. Wij weten dat hij leed aan tuberculose (de ziekte die hem waarschijnlijk ook een betrekkelijk vroege dood berokkende); dat hij zeer bedreven was in het slijpen van lenzen; dat hij ongehuwd is gebleven; en dat hij tijdens zijn leven slechts één boek onder zijn eigen naam publiceerde: een samenvattende weergave van Descartes' wijsbegeerte, die hem een zekere naam bezorgde. Zijn *Godgeleerd - Staatkundig Vertoog* (evenals het genoemde compendium in het Latijn gepubliceerd) verscheen in 1670 anoniem.

Het beeld dat de ronde doet: dat van de eenzame, teruggetrokken denker, heeft stellig een zekere werkelijkheidswaarde. Hij was soms lange perioden verslonden in zijn levenswerk: de voltooiing van zijn *Ethica* en van zijn twee werken over de filosofie van de politiek. Waarschijnlijk heeft hij aan zijn *Ethica* zo'n twaalf jaar (met onderbrekingen) gewerkt. Toch ontbrak het hem niet aan goede sociale contacten: met zijn kostbaas, met enkele vrienden in Amsterdam, met geleerde tijdgenoten, die hem, vanuit elders in Europa, ook wel in Den Haag kwamen opzoeken. Van de laatstgenoemde relaties legt de bewaard gebleven correspondentie (goedgelees in het Latijn geschreven) ook getuigenis af. Er zijn overigens aanwijzingen dat Spinoza behoorlijk Nederlands sprak. De wetenschappelijke uitwisseling had echter meestentijds in het Latijn plaats.

Wanneer hem in 1673 een professoraat aan de universiteit van Heidelberg wordt aangeboden, wijst hij dit vriendelijk af. Hij was beducht voor inbreuken op de vrijheid van denken die hem zo dierbaar was. Het is zeker geen bijkomstigheidszaak dat hij als lijfspreuk het woord *caute* koos: 'kijk uit!', 'voorzichtig', te zamen met een doornige roos (de naam *Spinoza* betekent: de 'doornachtige'), vormt deze spreuk een veelzeggend embleem.

Zo blijft Spinoza dus in Den Haag: buiten het academisch milieu en terzijde van alle universitaire conformismen. Uiterst sober levend, gelijkmoedig, aangenaam en niet zonder humor in de omgang -dit beeld van welwillende rust en innerlijke vrede wordt volgens de levensberichten slechts één keer grondig verstoord: wanneer de gebroeders De Wit in 1672 worden gelyncht, is Spinoza furieus. Zijn kostbaas kan hem dan slechts door opsluiting weerhouden van zijn voornemen

om publiekelijk aan de Gevangenpoort te protesteren (wat hem inderdaad zijn leven had kunnen kosten).

Wanneer Spinoza op 21 februari 1677 op vierenveertigjarige leeftijd overlijdt, ligt er bij hem een bundel manuscripten klaar, ter verzending aan de Amsterdamse vrienden, die de uitgave van zijn werken reeds aan het voorbereiden waren. Nog in hetzelfde jaar verschijnen de *Opera Posthuma*; gelijktijdig verschijnt de Nederlandse vertaling onder de titel *Nagelate Schriften*.

Zoals ik reeds opmerkte: één van deze geschriften, zijn *Ethica*, zal gaandeweg bekendheid krijgen als een van de kwalitatief grootste werken uit de geschiedenis van de westerse wijsbegeerte. Dit boek representeert een wonderlijk in elkaar grijpende architectuur van begrippen. Voor velen vormt het een schoolvoorbeeld van hetgeen echt filosoferen kan behelzen aan gestrengheid van gedachtenvoering, -verweven met een rijkdom van gegevens, verkregen uit de grondige peiling van wat er schuilt in de mens, van wat zich roert in de samenleving en van wat ons te boven gaat in de kosmos.

Liever dan te pogen hier een samenvatting te geven van dit hoofdwerk (dat, uiterst condens geschreven als het is, zelf al een samenvatting mag heten) wil ik proberen de intentie of blikrichting aan te geven, die we bij zijn auteur mogen vermoeden. De vraag, hoe deze voornaamste wijsgeer der Lage Landen, ook thans als gespreksgenoot in de filosofische gedachtenwisseling betrokken kan worden, zal op de achtergrond meeklinken.<sup>1)</sup>

## **De ene, oneindige, werkelijkheid en werkzaamheid**

Spinoza's *Ethica* is opgebouwd uit vijf delen, die de volgende titels dragen:

1. Over God
2. Over de aard en oorsprong van de geest
3. Over de oorsprong en aard der aandoeningen
4. Over de menselijke knechtschap; of de macht der aandoeningen
5. Over de macht van het verstand; of de menselijke vrijheid.

De ondertitel van het werk geeft terstond ook aanwijzingen over de werkwijze van de auteur: deze zedeleer wordt 'in meetkundige trant uiteengezet'. De aanhef van deel I laat daarover geen twijfel bestaan: dit deel begint met acht definities en zeven axioma's en geeft vervol-

gens een reeks van zesendertig stellingen -telkens met een bewijs en niet zelden gevolgd door een of meer *scholia* (opmerkingen). Het geheel wordt afgesloten met een aanhangsel, waarin Spinoza toelichtenderwijze laat zien hoezeer zijn Godsopvatting afwijkt van gangbare voorstellingen van het opperwezen.

In het type van filosoferen dat Spinoza trachtte te realiseren, is de 'aaneenketening' van begrippen, volgens het verband van hun logische gevolgelijkheid, van wezenlijk belang. Wie uit dit hecht geconstrueerde geheel losse ideeën of stellingnamen afzondert, loopt het gevaar slechts een illusoire kennis op te doen. Een grondige weergave van dit deel (en trouwens ook van de volgende delen) is in dit bestek evenwel uitgesloten. Om niettemin iets van Spinoza's blikrichting te laten vermoeden, beperk ik mij hier tot een uiterst vluchtige verkenning. Uitgangspunt van Spinoza's hoofdwerk is niet (zoals bij Descartes) het zichzelf bewuste 'ik denk', met diens typerende wegdenk-kracht. En evenmin de natuur, verstaan als 'schepping' (zoals bij de scholastici). Spinoza heeft onderstreept, dat hij welbewust die twee wegen van denken heeft afgewezen, en dat hij voor het optrekken van zijn wijsgerige behuizing wenste te beginnen met (zijn begrip van) God. Wat voor Spinoza schuil gaat achter die drie letters kan alleen -hetzij nogmaals benadrukt- door zorgvuldige doordenking van de bewijsvoering die via de reeks der stellingen wordt uitgewerkt, achterhaald worden. Uiterst voorlopig zij hier alleen het volgende aangestipt: de ene, oneindige werkelijkheid, buiten welke niets is en waarbinnen alles wat is zijn bestaan heeft, en gekend wordt, is één en al werkzaamheid. Dat wil zeggen: één oneindige produktiviteit, die alles voortbrengt en draagt, uitdrukt en bijeenhoudt. 'Alles', dat is zowel de stoffelijke uitgebreidheid, als de wereld van het denken. Dit 'een en al' laat zich -voor ons mensen slechts zeer ten dele- kennen als oneindige reeksen van oorzaken en gevolgen, die één onwrikbare orde uitmaken. Het goddelijk wezen brengt alles voort volgens eigen wezenaard, dat wil zeggen: niet gedwongen door iets buiten zich. Volstreekte vrijheid blijkt hier overeen te komen met natuurnoodzakelijkheid.

Ik laat hier nu enkele begripsbepalingen uit het eerste deel volgen:

**Definitie III:** Onder 'substantie' versta ik datgene, wat opzichzelf bestaat en uit zichzelf moet worden begrepen; dat wil zeggen datgene, waarvan het begrip niet het begrip van iets anders, waaruit het zou moeten worden afgeleid, vooronderstelt.

**Definitie IV:** Onder 'attribuut' versta ik datgene, wat het verstand opvat als uitmakende het wezen van een substantie.

**Definitie VI:** Onder 'God' versta ik het volstrekt oneindige wezen, dat wil zeggen een substantie, uit een oneindig aantal attributen bestaande, van welke ieder voor zich een eeuwig en oneindig wezen uitdrukt.

Spinoza zet uiteen dat wij mensen slechts twee van de goddelijke attributen vermogen te onderkennen, nl. het denken en de materiële uitgebroidheid. Voorts kwalificeert hij de afzonderlijke zijnden -van welke aard die ook zijn, mensen, dieren, voorwerpen- als 'bestaanswijzen' (*modi*) die in God hun bestaan hebben, en alleen in en vanuit God begrepen kunnen worden. In de lange reeks van stellingen bouwt Spinoza, met behulp van de definities, axioma's en de voorafgaande stellingen, stap voor stap zijn Godsbegrip op. Het 'Aanhangsel' kan dan ook als volgt beginnen:

Hiermede heb ik Gods aard en eigenschappen ontvouwd, namelijk dat hij noodzakelijk bestaat; dat hij enig is; dat hij uitsluitend krachtens de noodzakelijkheid van zijn aard bestaat en handelt; dat alles in God is en zodanig van hem afhangt, dat het zonder hem noch bestaanaar noch denkbaar is; en tenslotte dat alles door God is voorbeschikt, weliswaar niet uit vrije wil of onbepaalde willekeur, maar krachtens zijn volstrekte aard ofwel zijn oneindige macht.

Voor de mens van het einde der twintigste eeuw klinkt deze wijsgerige taal, vermoed ik, veelal vreemd -zij het ook dat een zekere grootheid er niet aan ontzegd kan worden. Een grootheid en grondigheid die doordenkt wat de laatste vragen behelzen: over eenheid en veelheid, oneindigheid en eindigheid, eeuwigheid en tijdelijkheid. Die vragen hadden in de Griekse filosofie en bij de grote middeleeuwse denkers, telkens op een eigen wijze, een doordenking gekregen. Spinoza trachtte ze opnieuw te doordenken, geplaatst als hij zich wist tegenover de nieuwe openlegging van de werkelijkheid door de nieuwe wijze van wetenschapsbeoefening van zijn tijd.

Is Spinoza's poging in dezen te brandmerken als speculatieve 'hoogvliegerij'? Zal dit oneindigheidsdenken moeten worden 'gekortwiekt' (naar het woord van Kant)?<sup>2)</sup> Is alle verdedigbare filosofie in onze dagen gehouden eindigheidsfilosofie te zijn? Deze vragen kunnen alleen positief beantwoord worden, indien het vaststaat dat 'metafysica' onbegonnen werk is. Maar is dit zo? Het grote Duitse idealisme dacht daar reeds anders over dan Kant. En tot op de dag van vandaag

gaat het debat over de bestaansmogelijkheden van het metafysisch denken voort. In dat debat klinkt ook de stem van Spinoza voort.

### **Ethiek als een 'thuis'**

Een enkele blik op de inhoudsopgave van Spinoza's *Ethica* maakt duidelijk dat een groot deel van dit boek handelt over de 'aandoeningen', waarmee de mens te stellen heeft. Het derde deel (dat aansluit op deel II over de 'aard en oorsprong van de geest') betreft, zoals we zagen, de 'oorsprong en aard der aandoeningen'; en het vierde deel gaat over 'de menselijke knechtschap of de macht der aandoeningen'. Staande in een lange traditie van filosoferen over hetgeen de mens 'aangrijpt', d.i. over de *affectus* of *passiones* (hartstochten) waaraan de mens onderhevig is, poogt Spinoza voor eigen rekening zicht te krijgen op die moeilijk vatbare component van het leven van de mens: het dynamische en emotionele streven en gedreven zijn. Ik kom daarop terug.

De *Ethica* eindigt met een uiteenzetting over 'de macht van het verstand of de menselijke vrijheid'. Dit vijfde deel toont, te zamen met het derde en vierde deel, waarom het de schrijver te doen was in de metafysische peilingen van deel I en in de kentheoretische verkenningen van deel II: hem stond van meetaf een vrijheidsleer voor ogen, een 'filosofie van de bevrijding' (of in een ander taalveld: een 'verlossingsleer'). Inderdaad is dat het beoogde resultaat van zijn lange denkroute: een wijsheid of levensleer te bieden, waarin de mens, bij alle benardheid die zijn bestaanssituatie eigen is, toch echt geluk in uitzicht gesteld kan worden. Aldus had Spinoza de horizon van zijn filosoferen reeds geschetst in de eerste bladzijden van zijn jeugdwerk (*Het Vertoog over de verbetering van het inzicht*), en zó schildert hij de bestemming van de wijze mens in de finale van zijn hoofdwerk.

Een levenskunst dus -en wel voor wezens die in verregaande mate onderhevig zijn aan de inwerking van krachten en machten die bepaald niet stroken met datgene wat hen als mensen uiteraard eigen is, en wat zij, zo stelt Spinoza vast, gemeen hebben met alle andere wezens, namelijk de drang tot zelfbehoud. Spinoza moge dan op een uitzonderlijke wijze gegrepen zijn geweest door de oneindigheid van de werkelijkheid waarin de mens zichzelf aantreft, toch wil hij in zijn vrijheidsleer uiteindelijk zo goed mogelijk recht doen aan de specifieke eindigheid (en de eindige eigenheid) van het menselijk bestaan. Wel is waar is dit de specifieke eindigheid van iemand, die weet heeft -en

meer en meer weet kan krijgen- van het Oneindige en Eeuwige, waarvan hij deel uitmaakt, maar die (om te beginnen) daarom niet minder getekend is door eindigheid en tijdelijkheid.

Die menselijke bestaanssituatie wordt door Spinoza geschilderd met accenten, die in een latere periode van de westerse wijsbegeerte 'existentieel' zullen heten: vragen over zin of onzin, over hoop en vrees, over angst en vreugde, klinken er in alle duidelijkheid. In enkele trekken samengevat: ingebed, ja vaak ingeklemd, in een Bestel dat onze greep en ons organisatievermogen ver te buiten gaat, blijkt het mens-bestaan door en door verstoortbaar en feitelijk ook veelal verstoord en gestoord, verward en vervreemd. Mensen worden eerder geleefd door omstandigheden, door hetgeen hen aandoet en aangrijpt, dan dat zij zelf de regie over hun leven uitoefenen. Veelal worden zij 'ellendig heen en weer geslingerd tussen hoop en vrees', vallen zij ten prooi aan indrukken en invloeden die hen op sleeptouw nemen, kennen zij geen gemoedsrust. Zij lijden niet zelden aan een 'ziekte ten dode' -vóór Kierkegaard gebruikt Spinoza dit beeld-, ontregeld en beheerst als zij worden door hun passies ('lijdingen' geheten in de oude vertaling). Welke? Dat is niet in een paar woorden te zeggen. De affecten zijn evenzeer gedifferentieerd, als er vele mensen in vele, zeer onderscheiden, situaties zijn. Een van de bedoelingen van *Ethica* was precies, dit landschap der 'gemoedsbewegingen' te overzien en in kaart te brengen.

In zijn *Inleiding tot de filosofie* (d.i. in de reeds genoemde aanhef van zijn jeugdwerk) geeft Spinoza een voorlopige opsomming der 'gedrevenheden' die de mensen gewoonlijk bezielen; en om te beginnen wil hij zich wel aansluiten bij deze karakteristiek: waar het altijd weer om draait in het leven der mensen, dat is om bezit, om aanzien en om genot. Deze waarden worden allerwegen aangesteld als hoogste waarden, als het uiteindelijke goed. In die rol echter moeten zij wel falen en frustreren. Zij kunnen immers onmogelijk voldoen aan de vraag om blijvende vastheid, om onvergankelijke goedheid, om werkelijk zelfbehoud -de vraag die wij mensen ten diepste zelf *zijn*. Die vraag van verstoortbare, krenkbare, mensen, poogt Spinoza op te vatten en te doordenken als de vraag om een *ethiek*. Anders gezegd: hij is uit op het ontwerpen van een levensinrichting, waarin de mens, blootstaande aan zoveel wat hem raakt, beïnvloedt of aangrijpt, niettemin een woning, een thuis, een blijvende beschutting kan verwerven. Het is Spinoza te doen om een *novum institutum*, een nieuwe ordening en stijl van leven, waarin de mensen niet langer *worden* geleefd, doch zelf hun

leven (leren) regisseren.<sup>3)</sup> En dit kan slechts dan gebeuren, wanneer zij de krachtsverhoudingen in henzelf en buiten hen leren doorzien, om vervolgens ook de eigen krachtbronnen te leren aanwenden in het woelige samenspel van zoveel botsende belangen, aggressiviteiten en verdedigingsmechanismen.

### **Naturalisme: geen staat in de staat**

Wat kunnen mensen inrichten en aanrichten, als zij eenmaal bewust geworden zijn van hun leven in vervreemding en gestoordheid, van hun bevangenheid en gevangenschap (*servitus*)? Zoals we zagen, komt deze vraag neer op de kwestie, wat een mens in te brengen heeft in de machtsstrijd die zich in hem en om hem heen afspeelt. Spinoza denkt inderdaad gedurig in termen van kracht en macht: zowel waar het gaat over het bestaan van de afzonderlijke mens (opgevat als een ziels-huishouding, die één werkelijkheid uitmaakt met zijn lichaams-huishouding) -als waar het gaat over de maatschappij (bezien als staats-huishouding). De leidende vraag is, met andere woorden, een *economische* vraag (in de ruime zin van dat woord): hoe kan een mens, gegeven de schaarste aan machtsmiddelen en bijgevolg de bedreigdheid van zijn positie, komen tot een opvoering van zijn kracht ( dat is in een oorspronkelijke betekenis van het woord, tot een 'vermogensaanwas'). En dit alles steeds gezien in het grote verband van de alles en allen omvattende, kosmische, ordening, die hij wel aanduidt als *Deus, sive Natura*: God, oftewel de Natuur. Een ordening -dit benadrukt Spinoza bij herhaling- waarin wij mensen in geen enkel opzicht een uitzonderingspositie innemen, alsof wij een *imperium in imperio*, een 'staat in de staat' zouden kunnen vormen. Met andere woorden: de werkelijkheid (zonder illusies gezien) draait niet om de mens. De wereld is niet ingericht volgens onze zeer betrekkelijke standaarden van goed en kwaad. De kosmos heeft geen bedoeling, laat staan een bedoeling die aan de mens(heid) een bijzondere plaats zou waarborgen. Wij mensen zijn opgenomen in een natuurnoodzakelijke aaneenketening van oorzaken en gevolgen; en het is zaak zoveel als in ons vermogen ligt inzicht en doorzicht te verwerven in dat onwrikbare bestel. Het is dit standpunt dat men wel Spinoza's *naturalisme* heeft genoemd. Hij staat hiermee lijnrecht tegenover alle vormen van anthropocentrisme die vóór en na hem opgeld hebben gedaan. Nietzsche zal er -wanneer hij eenmaal Spinoza ontdekt heeft- zijn onverholen bewondering over uitspreken, in een brief van juli 1881. Spinoza wenst slechts de ene Werkelijkheid (*Natura*) onder ogen te zien, zó als deze in zichzelf *is* -en dus *niet*,



zoals wij ons die altijd weer inbeelden, dromen, wensen en vertekenen; kortom: niet, zoals wij die op onze menselijke maat proberen te snijden. Veelbetekenend in dit verband is de tegenstelling die Spinoza afbakent, tussen wat wij mensen 'menselijkerwijze' inbrengen over de werkelijkheid *en* wat men 'op filosofische wijze' verantwoordt. Deze wil tot waarheid en niets dan de waarheid is door K. Löwith treffend aldus omschreven:

De grootheid van Spinoza ligt hierin, dat hij met een bijna bovenmenselijke, indien niet onmenselijke, versaging aan de menselijke zwakheid, aan de *ene* Natuur van alle dingen haar waarheid heeft teruggegeven.<sup>4)</sup>

Dit naturalisme vormt een belangrijk weerwoord op de fundamentele positiekeuze van Descartes. Deze had immers, door zich terug te buigen op het menselijk zelfbewustzijn, dat *wonder aller wonderen* (Husserl), en door de exploratie van dat bewustzijn, geprobeerd een onschokbare grondvesting voor een nieuwe filosofie bloot te leggen. Spinoza's reactie komt hierop neer, dat hij, bij alle hoogschatting van het menselijk denkvermogen, dit evenwel vóór alles beschouwt als deel van het ons ver te buiten gaande goddelijke Denken, -dat zelf de keerzijde is van dat andere attriboot dat wij van God kunnen kennen, nl. de uitgebreidheid.

Onze vraag was: wat heeft een mens in te brengen? Waar ligt zijn kracht, als het aankomt op de herordening van zijn leven en van de samenleving? Spinoza's antwoord houdt in, dat het *kunnen* van een mens bovenal in diens *kennen* ligt: in *de macht van het verstand* (titel van deel V). Dáár ligt de mogelijkheid tot zelfbevrijding uit een bestaan dat bepaald *wordt*, van buitenaf. De actieve bepaling van de eigen levensvoering -en wel uit eigen diepste wezensaandrift -kan slechts zijn loop krijgen, wanneer zijn denkkracht zich ontwikkelt. En dit kan gebeuren, wanneer iemand zich losmaakt uit de gewone wijze van waarnemen, die in hoge mate getekend is door verbeelding en inbeelding, door wensdromen en door het min of meer toevallige associëren van allerhande gegevens van het geheugen. Pas via een dergelijke verbetering van het verstand, kan een geleidelijke verbetering van leven zinvol op stapel worden gezet, dat is: kan een menswaardig ethisch leven gestalte gaan krijgen.



Aan Spinoza's toeleg op verbetering van het verstand ligt een voor hem zeer gewichtig inzicht ten grondslag, namelijk dat in de *wiskundige betoogtrant* inderdaad een onafhankelijke macht tot dóórdenken voor ons klaar ligt. Die mogelijkheid kan als een 'kiem' ontwikkeld worden. Zeer voornaam is dan voor Spinoza, dat de wiskunde niet alleen een onvergelykelijke klaarheid en zekerheid biedt, maar dat zij ook (in zeventiende-eeuwse taal gezegd) als een 'stelkonst' wordt aangewend. Met andere woorden: de trant van denken die op de wiskunde is gericht, stelt mensen in staat *construerend* te denken. Echt begrijpen is begrijpen hoe iets tot stand komt. Welnu, zoals in de wiskunde van Euclides een figuur stap voor stap wordt begrepen in zijn samenstelling uit bepaalde grondelementen -zo is het voor de wijsgeer de uitdaging de werkelijkheid in de mate van het mogelijke 'constructief' te begrijpen, uitgaande van hetgeen de ervaring aan voor-begrippelijke elementen aandraagt.<sup>5)</sup> Terzijde van de verbeeldingskennis (die een mens nooit geheel achter zich kan laten) kunnen mensen gaandeweg inzicht verkrijgen in hun ware levenssituatie en vervolgens hun leven steeds meer in regie gaan nemen. Dit laatste komt neer op een vorm van overname van de macht door de rede. En deze komt neer op een vermeerdering van de 'activa' ten opzichte van de 'passiva', en op een overgang uit een eerder bedrukt en triest bestaan naar een leven in echte vreugde.

Gueroult heeft Spinoza "*de Euclides van de menselijke ziel*" genoemd: degene die als eerste de krachten die mensen bewegen in kaart heeft gebracht in hun veelzijdige schakering en verwevenheid.<sup>6)</sup> En dit op een koel-zakelijke wijze, zonder illusies; zoals hij zelf zegt:

Ik zal dus over de aard en de werking der aandoeningen en de heerschappij van de over hen volgens dezelfde methode spreken als ik dit in de voorafgaande delen deed over God en de geest. En de menselijke handelingen en begeerten op dezelfde wijze beschouwen alsof er sprake was van lijnen, vlakken of lichamen.

(derde deel, voorwoord).

Niets is belachelijk of betreurenswaardig: het gaat er slechts om, met terzijdelating van wat mensen zich verbeelden, te begrijpen.

Natuurlijk heeft Spinoza niet gemeend, alle krachten die zich in een mens of in een samenleving roeren, naar aard en omvang te hebben gevat. Het is zeer de vraag, of hij die pretentie had. Het blijft evenwel zeer opmerkelijk, hoe in zijn werk -lang vóór Marx en Freud- het

besef van de macht van het onbewuste in onze psyche doorschemert, en hoe inzichten van ideologie-kritische aard zelfs uitdrukkelijk vermelding krijgen.<sup>7)</sup>

### Overschatting van de rede?

"Zijn leven in regie nemen"; "begrijpen wat mij aangrijpt, en er aldus geleidelijk aan een greep op krijgen" ... klinkt dit alles niet rijkelijk optimistisch? Is die gedachte overgang uit een toestand van vervreemding naar een zeker meesterschap over onze drijfveren, niet typisch iets van de rationalistische theoreticus, die denkt dat hij wat kan, omdat hij *denkt*, dat hij het kan? Worden op die wijze de machtsverhoudingen in ons leven nog wel realistisch geschat? Heeft toch het euforisch gevoel van de t.b.c.-patiënt het laatste woord gehad?

Het is, mijns inziens, geen uitgemaakte zaak dat bij Spinoza de kracht van de rede overschat wordt, ten koste van een realistische beoordeling van mens en maatschappij. Zowel zijn politieke geschriften, als zijn *Ethica* stellen enkele zaken helder in het licht:

1. Spinoza is er zich ten volle van bewust geweest, dat de weg naar levensgeluk, op de wijze die hij in zijn filosofie uiteengezet heeft, 'zeer moeilijk' is en voor de meeste mensen niet begaanbaar. De laatste woorden van zijn *Ethica* laten hierover geen misverstand toe:

Indien al de weg, die naar ik aantoonde daarheen leidt (d.i. naar waarachtige rust van de ziel) zeer bezwaarlijk lijkt te zijn, hij kan nochtans worden gevonden. En zeker, wel moet het moeilijk zijn, wat men zo zelden aantreft. Want indien de redding voor het grijpen lag en zonder grote inspanning te bereiken was, hoe zou het dan mogelijk zijn dat zij door bijna iedereen wordt voorbij gezien? Doch al het voortreffelijke is even moeilijk als zeldzaam.

Voor verreweg de meeste mensen geldt -daarvan is Spinoza overtuigd- dat zijn weg niet de hunne kan zijn, omdat zij niet toekomen aan een leven, geleid door de rede. Precies daarom gaat Spinoza in zijn *Godgeleerd - Staatkundig Vertoog* uitvoerig in op de tweede weg naar heil, die *wel* openstaat voor de menigte. Dat is de weg van de joodse en de christelijke godsdienst. Centraal staat daarin de gehoorzaamheid aan de twee geboden die alle ware

godsdienstigheid samenvatten en die, bij involging zeker ook tot het heil voeren, nl. het gebod van de liefde tot God en tot de naaste.

2. Ook binnen het perspectief van Spinoza's eigen filosofische weg naar levensgeluk geldt, dat de macht die een mens zich langs die weg kan verwerven, altijd 'uitermate beperkt is en door de macht der uitwendige dingen oneindig overtroffen wordt'. Het slot van het vierde deel, waaruit ik hier citeer, gaat dan als volgt verder:

Derhalve bezitten wij ook niet een volstreckte macht om de dingen buiten ons voor ons gebruikt geschikt te maken. Niettemin zullen wij alles wat ons, in strijd met wat ons belang eist, overkomt, met gelijkmoedigheid dragen indien wij ons slechts ervan bewust zijn dat wij onze taak gedaan hebben; dat de macht welke wij bezitten zich niet zover uitstreckte dat wij die tegenslag hadden kunnen vermijden, en dat wij een deel zijn der gehele Natuur, wier orde wij moeten volgen. Indien wij dit helder en duidelijk inzien, zal dit deel van onszelf dat ons verstand genoemd wordt, d.w.z. ons beste deel, volkomen hierin berusten en in deze berusting trachten te verblijven. Want voorzover wij begrijpen, kunnen wij niets begeren dan wat noodzakelijk is en in volstrekt niets anders berusten dan in wat waar is. Derhalve is, voorzover wij dit goed begrijpen, het streven van ons beste deel in overeenstemming met de orde der gehele Natuur.

Onmiskkenbaar klinkt in deze woorden een toon van berusting -maar bepaald niet van een doffe berusting. Het gehele vijfde deel, dat op deze woorden volgt, ademt vreugde, rust en vrede van het gemoed. Spinoza begrijpt in aanzienlijke mate wat hem aangrijpt en aandoet. Maar bovenal begrijpt hij, dat zijn bestaan, en zijn begrip van de werkelijkheid in hem en om hem heen, inbegrepen is in een oneindige macht -en tevens een oneindig denken- die zich met een absolute noodzaak als een eeuwige orde voltrekken. Zijn geluk is, zich opgenomen te weten in dat Bestel, dat hem draagt en omvat, dat hij tot op zekere hoogte kan kennen, en dat hij kan erkennen. Wie tot die kennende aanvaarding komt, weet zich opgenomen in een eeuwige kringloop: die van de liefde, die de oneindige oorsprong van alles zichzelf toedraagt.

Het laatste woord van Spinoza is dan ook van de orde van hetgeen men wel 'een wijsheid van het heden' heeft genoemd.<sup>8)</sup> Geen vlucht of toevlucht in een verhoopde toekomst, maar aanvaarding van, en instemming met, de noodzaak die alles bestuurt. 'Vrijheid' betekent dan voor de mens: van binnenuit instemmen met die ordening. Dat hier opmerkelijke overeenkomsten doorklinken met de wijsheid van de Stoa, van Nietzsche en van Freud, kan hier slechts worden aangestipt.

### Serene kracht

Ik hoef hier wel nauwelijks op te merken, dat denken en spreken in termen van macht, zoals dit bij Spinoza wordt aangetroffen, helemaal niet hoeft te betekenen: op hoge toon, met machtsvertoon, met een stem die probeert te overstemmen, of te betoveren. Dat zou immers het fascistisch misverstand zijn, zo oud als de mensheid. Dat fascisme weet, na zich overschreeuwd te hebben, nooit iets beters te doen, dan te proberen de tegenstanders monddood te maken: niet zelden door de andersdenkende letterlijk de mond dicht te slaan. 'Geen woorden maar daden' wordt er dan gebruld. Er is echter een geestkracht, die weet, dat als er alleen maar daden zijn, niemand nog kan zeggen wat wandaden en misdaden moeten heten. Er is een kracht die weet, dat echte kracht rustig en met zachte stem kan spreken. *Veritas seipsam patefacit*, 'de waarheid openbaart zichzelf', zegt Spinoza. En dus: wel woorden. En moeizaam zoeken naar de goede woorden, in de ware en enige volgorde. Dat is de intentie en pretentie van Spinoza's *Ethica*. Dat is de vrucht van het rustige vertrouwen in het licht dat zichzelf zal verspreiden.

Enkele eeuwen later beseffen wij misschien beter dan Spinoza het kon, hoezeer ook zijn denken bepaald was door *de taal* die hij bezigde en door *de geschiedenis* waarin ook het denken over de Eeuwigheid is opgenomen. Betekent deze *aarding* van het denken in taal en in geschiedenis evenwel de doodsteek aan de verbinding van ethiek en metafysiek zoals Spinoza die had gelegd?

Of is de verhouding tussen het eindige en het oneindige 'alleen maar' gecompliceerder geworden? Maar dit zou dan betekenen dat de mens op de frontlijn van het eindige en oneindige zichzelf nog meer tot vraag wordt.

Welke richting ons antwoord ook uitgaat: Spinoza is een volwaardige gespreksgenoot, evengoed herkenbaar, en in feite ook herkend, door

een Freud als door een Einstein, door een Nietzsche als door een Foucault of Althusser. Grote namen, die niet mogen doen vergeten welke innerlijke moed en welk taai geduld nodig zijn geweest om op het einde van de zeventiende eeuw op die wijze een eigen weg te vinden en te gaan.

Het laatste beeld is dat van Spinoza in zijn kamertje aan de Paviljoensgracht, of zijn huisje in Rijnsburg, werkend in die stille en rustige klaarheid waarin de belangrijke dingen slechts kunnen gedijen. Zijn leven en werk hebben de strijd gekend van licht en donker, de strijd van Rembrandt -maar tenslotte is er alleen het licht van Vermeer, van het gezicht op Delft: het licht dat straalt op de stad van de mens. Een laatste sereniteit, als verzoening van hoofd en hart, van kracht en overgave. De rustige glimlach van het portret dat bewaard is gebleven, als weerglans van het zich betrokken weten, en betrekkelijk, in het ene absolute: *Deus sive Natura*, God oftewel de Natuur.

## Noten

1. Een goede, recente, inleiding tot Spinoza's leven en filosofie, met een goede introductie tot de studie van zijn denken, biedt H.G. Hubbeling, *Spinoza*. Freiburg/München, 1978, 166 pp.  
Nederlandse vertalingen van zijn werken vindt men o.m. in: B. Spinoza, *Ethica*, voorafgegaan door het *Vertoog over de zuivering des Verstands*, vertaald, ingeleid en toegelicht door N. Suchtelen, Amsterdam/Antwerpen, 1969; Spinoza, *Briefwisseling*, vertaald uit het Latijn etc. door F. Akkerman, H.G. Hubbeling, A.G. Westerbrink, Amsterdam, 1977; W.N.A. Klever, Spinoza, *Verhandeling over de verbetering van het verstand*. Tekst en uitleg, Baarn, 1986; Vgl. ook Th. van der Werf en H. Siebrand, C. Westerveen, *A Spinoza Bibliography 1971-1983*, Leiden, 1984.
2. I. Kant, 'Was heisst: sich im Denken orientieren?' in: *Ausgewählte kleine Schriften*, Hamburg, 1965, p. 22.
3. Vgl. W.N.A. Klever, a.w., p. 62.
4. K. Löwith, *Gott, Mensch und Welt in der Metaphysik von Descartes bis zu Nietzsche*, Göttingen, 1967, p. 250.
5. Vgl. H. De Dijn, *Methode en Waarheid bij Spinoza* (Mededelingen XXXV vanwege het Spinozahuis), Leiden, 1975.
6. M. Gueroult, *Spinoza*, tome II: L'âme (Éthique, II), Paris, 1974, p. 368. (Dit werk biedt een tot op heden onovertroffen commentaar op de eerste twee delen van de *Ethica*).
7. Vgl. Th.H. Zweerman, *Spinoza en de hedendaagse kritiek op het humanisme als ideologie* (Mededelingen XXXIV vanwege het Spinozahuis), Leiden, 1975; idem, *Spinoza's Inleiding tot de Filosofie*, Leuven, 1983 (een Franse vertaling van deze studie zal in 1991 verschijnen).
8. Aldus Paul Ricoeur in zijn *Le Conflit des Interprétations*, Paris 1969.

# **Natuurwetenschappen**





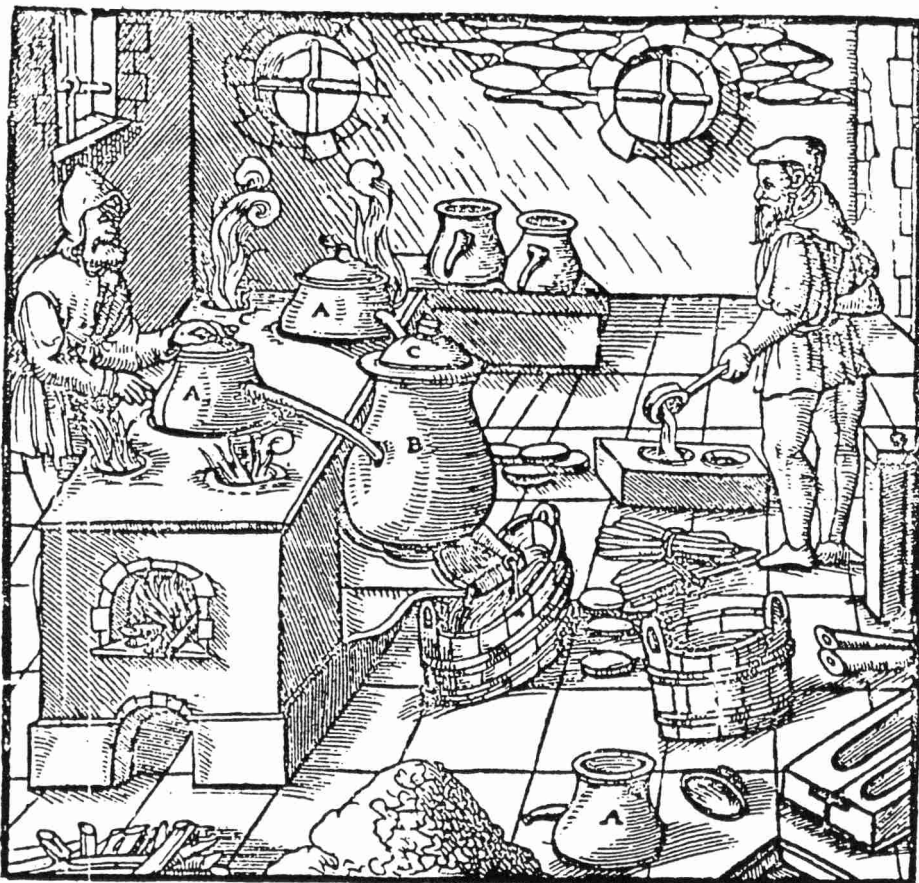
# Scheikunde rond 1700: theorie en praktijk in de periode 1650-1750

*H.A.M. Snelders*

## Inleiding

De scheikunde in de jaren 1650-1750 verkeerde in een overgangperiode tussen het tijdperk van de alchemie en de 'moderne' chemie uit de tweede helft van de achttiende eeuw. In 1673 bood de Duitse alchemist **Johann Joachim Becher** (1635-1682) de Staten van Holland en West-Friesland schriftelijk een proces aan om goud te winnen uit duinzand. Eind 1676 of begin 1677 kwam Becher naar ons land om te proberen zijn winstgevend project te verkopen aan de Staten. Hij meende dat hij met een "*eeuwigduyrend berghwerk*" uit "*Zee ofte Duyn-Sandt*" door middel van bepaalde chemische bewerkingen zoveel goud kon verkrijgen dat de Staten er jaarlijks een behoorlijke winst uit zouden maken. Het proces bestond uit het smelten van bepaalde stoffen tot een glasmassa in door blaasbalgen angeblazen ovens. Daarna hield Becher de fijnverdeelde massa, met metallisch zilver gemengd, lange tijd in gesmolten toestand. Het zilver vormt met het goud een legering en is er uit af te scheiden. Het is duidelijk dat het verkregen goud afkomstig was uit het gebruikte muntzilver en misschien een beetje uit het zand. Becher was zeker geen bedrieger en geloofde werkelijk in de mogelijkheid van deze omzetting. In december 1678 werd Becher octrooi verleend op zijn proces. De Staten benoemden nu een commissie, bestaande uit **Michiel ten Hove** en de wiskundige en burgemeester van Amsterdam **Johannes Hudde**, om het proces nader te onderzoeken. Een bedrag van 1200 rijksdaalders werd ter beschikking gesteld en de proef door de Amsterdamse essayeur **Keerman** in de Kalverstraat in het bijzijn van Becher en de commissie uitgevoerd. Er werd op 246 gram zilver 0,30 gram goud verkregen. De Staten gaven toe dat de proef gelukt was, maar ze bleven wantrouwig. De verdere onderhandelingen werden op de lange baan geschoven en tenslotte afgebroken.<sup>1)</sup>

De alchemisten uit de zeventiende eeuw waren niet alleen metallurgen die zich bezighielden met de transmutatie van metalen (processen waarbij on-



Figuur 1.

De bereiding van zwavel volgens Georgius Agricola (*De re metallica*, 1556).

edele metalen als kwikzilver en lood omgezet werden in de edele metalen zilver en vooral goud) en het zoeken naar de Steen der Wijzen dat dit proces mogelijk moest maken en dat tevens ziekten zou kunnen genezen en het leven verlengen. Naast deze exoterische alchemie, die met metalen in laboratoria werkte, was er ook een esoterische alchemie die zich vooral met geestelijke, mystieke en religieuze zaken bezighield.

Alhoewel de alchemistische experimenten niet tot het gewenste doel voerden -al beweerden tal van alchemisten dat het hun gelukt was metalen te transmuteren- werd er wel veel chemische en metallurgische kennis verworven (*figuur 1*). De alchemisten ontwikkelden en verbeterden de chemische laboratoriumapparatuur. In de overgangperiode van alchemie naar de moderne scheikunde speelde **Paracelsus** (1493-1541) een belangrijke rol. Hij hervormde zowel de scheikunde als de geneeskunde. Voor hem was het doel van de alchemie niet het maken van goud en zilver, maar het bereiden van geneesmiddelen (iatrochemie). Daarnaast lukte het de alchemisten bij het zoeken naar de Steen der Wijzen andere belangrijke ontdekkingen te doen. Zo verkreeg de Hamburgse alchemist **Hennig Brand** (1682-1719) in 1669 bij de destillatie van ingedampde urine het fosfor ('lichtdrager') en herontdekte **Johann Friedrich Böttger** in Meissen als gevangene van **August de Sterke** in 1708 het porcelein.

Geleidelijk ontstond de chemie als onafhankelijke wetenschap. In de zeventiende eeuw werd ze beoefend in relatie tot alchemie, mineralogie, metallurgie, farmacie en geneeskunde. Weliswaar hielden veel wetenschappers uit die tijd zich bezig met chemische onderwerpen, maar pas in de tweede helft van de achttiende eeuw werd de scheikunde een voor ons herkenbare discipline.

De bekendste chemicus (en fysicus) uit die tijd was **Robert Boyle** (1627-1691), die wel de 'Father of modern chemistry' genoemd wordt.<sup>2)</sup> Boyle was één van de belangrijkste geleerden uit de zeventiende eeuw. Hij hield zich met alle gebieden van wetenschap bezig, niet alleen met natuur- en scheikunde, maar ook met sociale en religieuze thema's. In 1660 verscheen zijn boek: *New Experiments Physico-Mechanicall touching the spring and weight of the Air, and its effects*, waarin hij de recent ontdekte luchtpomp van **Otto von Guericke**, burgemeester van Maagdenburg, verbeterde en toepaste om de verschijnselen in lege ruimten te onderzoeken. Boyle werkte in de geest van **Francis Bacon** (1561-1626) die in het begin van de zeventiende eeuw een pleidooi voerde voor waarneming en experiment als grondslagen van een nieuwe natuurwetenschap (*Ad-*

T H E  
SCEPTICAL CHYMIST:  
O R  
CHYMICO-PHYSICAL  
Doubts & Paradoxes,  
Touching the  
SPAGYRIST'S PRINCIPLES  
Commonly call'd  
HYPOSTATICAL;  
As they are wont to be Propos'd and  
Defended by the Generality of  
ALCHYMISTS.

Whereunto is præmis'd Part of another Discourse  
relating to the same Subject.

---

B Y  
The Honourable ROBERT BOYLE, Esq;

---

L O N D O N,

Printed by *J. Cadwell* for *J. Crooke*, and are to be  
Sold at the *Ship* in *St. Paul's Church-Yard*.  
M D C L X I.

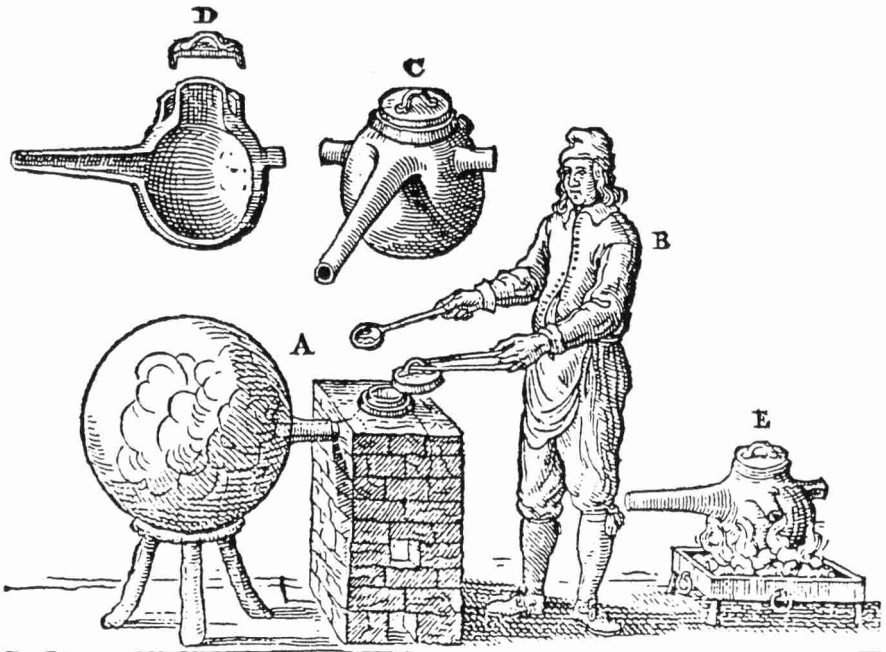
Figuur 2.

Titelblad van Robert Boyle's *The Sceptical Chymist* (1661).

*vancement of Learning*, 1605; *Novum Organum*, 1620). Boyle wilde nagaan hoe verschijnselen als verbranden, koken, voortplanting van het geluid en de inwerking van zuren op metalen veranderen als men de druk van de lucht vermindert. Dit leidde o.a. tot de naar hem genoemde gaswet: het produkt van druk en volume van een gas is bij constante temperatuur constant. Voor de scheikunde is vooral zijn boek *The Sceptical Chymist* uit 1661 van belang (figuur 2). Hierin bespreekt Boyle de grondproblemen van de scheikunde. Hij doet dat in dialoogvorm tussen twee oude vrienden: Eleuterius, die de opvattingen van de peripatetici (de alchemisten) verdedigt en Carneades, Boyle zelf. Het gaat vooral om het probleem van de chemische elementen. Eleutherius neemt de vier elementen van Aristoteles aan (aarde, water, lucht en vuur); Carneades wil weten wat eigenlijk de principiële betekenis van het begrip chemisch element is. In de loop van de discussie wordt het beroemde experiment van **Jan Baptist van Helmont** (1579-1644) besproken. Deze had gedurende vijf jaar een wilgeboompje in een afgewogen hoeveelheid aarde laten groeien en alleen water als voedsel toegevoegd. De gewichtstoename die hij vond, is dus alleen te danken aan het water dat omgezet is in aarde. Van Helmont beschouwde het water als oerelement, maar Boyle twijfelt daaraan. Hij meent dat de vier aristoteliaanse elementen uit kleine deeltjes zijn opgebouwd die in onafgebroken beweging zijn. De vier elementen van Aristoteles, maar ook de drie principia van Paracelsus, zijn niet elementair maar samengesteld. Chemische elementen zijn voor Boyle de laatste analysegrens, maar zijn 'sceptische' houding laat niet toe dat hij ook onontleedbare stoffen kan aanwijzen. Daardoor leidde zijn empirisme tot scepticisme.

Boyles voornaamste doel in de scheikunde was een mechanistisch wereldbeeld van de chemische reacties te geven. Hij bestreed oude begrippen als occulte vormen en kwaliteiten en wilde het gedrag van de materie verklaren in analogie met een machine. De wereld is voor Boyle niet een organisme, maar een mechanisme dat hij graag vergeleek met het beroemde uurwerk van Straatsburg. Voor zijn mechanistische verklaringen maakte hij gebruik van de in zijn tijd nieuwe corpusculaire filosofie, waarbij hij 'cartesiaanse' deeltjes gebruikte. Ook hier bleef hij sceptisch en deed hij geen uitspraak over het al of niet bestaan van absolute atomen of over de vorm en de bewegingen van de materiedeeltjes. Dit in tegenstelling tot **Isaac Newton** (1642-1727), die in de beroemde 'query' 31 aan het slot van zijn *Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light* (1704) zijn opvattingen over de structuur van de materie uiteenzette. Newton nam aan "that God in the

Diese Figur gehört zu pag. 3.



- A. Der Ofen mit seinem eingemauerten eisernen Distillir-gefäß, daran ein Recepter accommodiret ist.  
 B. Der Distillirer, welcher mit der linken hand den Deckel abnimmt, und mit der rechten sein zuzusetzende materie einträgt.  
 C. Die gestalt des Distillir-gefäßes.  
 D. Wie dasselbe inwendig anzusehen ist.  
 E. Ein anders, welches nicht eingemauert, sondern nur auf Holz setzet.

Figuur 3.

Bereiding van vitrioololie (zwavelzuur) door destillatie van ijzervitriool (ijzersulfaat) (J.R. Glauber, *Furni Novi Philosophici oder Beschreibung einer Neuerfundenen Distillir-Kunst*, 1648).

*Beginning form'd Matter in solid, massy, hard, impenetrable, moveable Particles*", die hij niet alleen toepaste op de lichttheorie, maar op alle fysische en chemische verschijnselen. Een zout is oplosbaar in water, omdat de aantrekkingskracht van zout voor water groter is dan van zout tot zout. IJzer lost op in kopersulfaat, omdat de aantrekking van ijzer tot zwavelzuur groter is dan van koper tot zwavelzuur, enz.

Boyle is een voorbeeld van een amateurwetenschapper, zoals Engeland er lange tijd veel van kende. Dit in tegenstelling tot het continent van Europa, waar de grootste bijdragen tot de scheikunde juist van farmaceutisch of medisch geschoolde geleerden kwamen. In Boyles tijd ontstonden ook informele gezelschappen, waar over natuurwetenschappelijke onderwerpen werd gesproken, zoals het Invisible College in Oxford en Londen. Uit deze informele gezelschappen ontstonden de officiële wetenschappelijke genootschappen (Royal Society, Londen, 1662; Académie Royale des Sciences, Parijs, 1666), die belangrijk bijdroegen tot de ontwikkeling van de experimentele natuurwetenschappen. Tussen de leden van dergelijke gezelschappen bestonden uitvoerige correspondenties, waardoor wetenschappelijke kennis snel werd verspreid.

In de achttiende eeuw leidde dit alles tot het onderzoeken van het probleem van de natuur van de verbranding en naar de krachten die de chemische verbindingen samenhouden. De experimentele richting in de scheikunde van de achttiende eeuw leidde tot affiniteitstabellen, maar het was ook de praktische ervaring van de erts- en muntessayeurs en de salpeter- en aluinzieders die tot verbrandingstheorieën voerde. Beide richtingen mondden tegen het einde van de achttiende eeuw uit in de scheikunde van de Fransman **Antoine Laurent Lavoisier** (1743-1794).

In de periode 1650-1750 breidde de kennis van de chemische elementen en verbindingen zich sterk uit. Kwantitatieve methoden voor het chemisch onderzoek kwamen steeds meer in gebruik en in het midden van de achttiende eeuw werden de verschillende gassen geïdentificeerd en geïsoleerd. De scheikundige technologie werd in de zeventiende eeuw vooral door een aantal uit de Duitse staten afkomstige wetenschappers bevorderd: **J.R. Glauber**, **J. Kunckel**, **J.J. Becher** en **G.E. Stahl**. De eerste had van 1656 tot zijn overlijden in 1670 een groot chemisch laboratorium in Amsterdam waar hij op grote schaal chemische produkten vervaardigde (*figuur 3*).<sup>3)</sup>

TABLE DES DIFFERENTS RAPPORTS  
observés entre différentes substances.

Ann. de l'Écol. 1718 Pl. 8 pag. 113

⤿	⊖	⊙	⊕	▽	⊖	⊕	SM	♁	♂	♂	♀	☾	♂	♁	▽
⊖	♁	♂	♁	⊕	⊕	⊕	⊕	⊖	☾	☾	♀	♂	♁	♂	♁
⊕	♁	♀	⊖	⊙	⊙	⊙	⊕	♂	☾	♀	PC	♀	♂	♂	⊖
▽	♀	♂	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	♀	♂						
SM	☾	♀	▽		⊕		⊕	♂	♀						
	♀	☾	♂		♁			☾	♁						
	♁	♂	♀					♁	♁						
	♁	♂	♂					♁	♁						

- |                       |                           |                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| ⤿ Esprits acides      | ▽ Terre absorbante.       | ♁ Cuivre.             | ♁ Soufre minéral.                     |
| ⊖ Acide du sel marin. | SM Substances métalliques | ♂ Fer.                | ♁ Principes huileux ou Soufre Prunif. |
| ⊙ Acide nitreux.      | ♂ Mercure.                | ♂ Plomb               | ⊕ Esprit de vinaigre.                 |
| ⊕ Acide vitriolique.  | ♁ Règle d'Antimoine.      | ♁ Etain               | ▽ Eau.                                |
| ⊕ Sel alkali fixe.    | ♁ Or.                     | ♁ Zinc.               | ⊖ Sel.                                |
| ⊖ Sel alkali volatil. | ☾ Argent.                 | PC Pierre Calaminairé | ♁ Esprit de vin et Esprits ardents    |

Figur 4.

Affiniteitstabel van E.F. Geoffroy (*Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, 1718).



## Affiniteitstabellen

De affiniteitsleer ging uit van het adagium 'similia similibus', het gelijke trekt het gelijke aan. De scheikundige affiniteit tussen twee stoffen, die meestal uit de praktijk bekend was, wees op een overeenkomstig bestanddeel in de beide uitgangsverbindingen. Water lost zouten op omdat deze ook water bevatten.

Met de opgestelde affiniteits- of verwantschapstabellen had men een methode om reacties te voorspellen en chemische stoffen te klassificeren, hetgeen van groot belang was voor de technische scheikunde van die tijd. De eerste affiniteitstabel werd in 1718 gepubliceerd door de Parijse hoogleraar in chemie en geneeskunde **Etienne-François Geoffroy** (1672-1731); het hoogtepunt vonden ze vanaf 1780 in het werk van de Zweed **Torbern Bergman** (1734-1784).<sup>4)</sup> *Geoffroy's Table des differents Rapports observés en Chimie entre différentes substances* bestond uit zestien kolommen. In iedere kolom neemt de affiniteit ten opzichte van de bovenste stof af (*figuur 4*).

Geoffroy sprak van 'differents Rapports', verschillende betrekkingen, tussen scheikundige stoffen. Bewust wilde hij niet het woord 'affiniteit' gebruiken, omdat dat op animistische opvattingen over de chemische aantrekkingskracht zou kunnen wijzen. Ook het woord 'aantrekkingskracht' tussen chemische stoffen wilde hij niet gebruiken, omdat ook dat een beladen woord was. Robert Boyle verwierp *actio in distans*. Chemische vereniging, oplossen, maar ook magnetische en elektrische aantrekkingskrachten vinden plaats door direct contact. Isaac Newtons gravitatie-theorie bevatte aantrekkende krachten die op afstand werkzaam waren. Newton nam echter aan dat chemische krachten verschillend zijn van de zwaartekracht.

Geoffroy rangschikte in zijn affiniteitstabel de praktische kennis van hemzelf en van anderen. Aan het hoofd van een kolom staat de stof die kan reageren met elke stof eronder in afnemende volgorde van affiniteit. Affiniteitstabellen zijn praktisch en niet theoretisch. Het probleem van de invloed van de temperatuur en van de toestand van de reagerende stoffen leidde tot steeds meer verschillende affiniteitstabellen die voor ieder praktisch geval werden opgesteld (Bergman). Pas in 1799 onderkende de Franse chemicus **Claude-Louis Berthollet** (1748-1822) de invloed van de massa: de richting waarin een chemische reactie verloopt is afhankelijk van twee factoren, de affiniteit en de massa. De laatste kan zo

groot zijn dat ze de invloed van de affiniteiten kan overwinnen. De leer van de chemische affiniteit speelde nog een boeiende rol in Goethes roman *Die Wahlverwandtschaften* (1810).

## De natuur van de verbranding

Van **Georg Ernst Stahl** (1659-1734), hoogleraar geneeskunde aan de universiteit van Halle waar hij ook scheikunde doceerde, is de zogenaamde flogistontheorie afkomstig, welke hij ontleende aan de reeds genoemde Becher die in zijn *Physica subterranea* (1669) aannam dat alle stoffen zijn opgebouwd uit aarde, water en lucht. Er zijn drie soorten aarde: smeltbare of eerste aarde (steen- of glasachtige aarde), terra pinguis of tweede aarde (vette of brandbare aarde) en mercuriale of derde aarde die metalen hun bijzonder karakter geven. Bij verbranding van een stof ontwijkt volgens Becher de vette of brandbare aarde.

Stahl stelde in 1697 de flogistontheorie op, die net als de zwavel-kwiktheorie van de middeleeuwse alchemisten en de tria prima-theorie (zwavel, kwik en zout) van Paracelsus met kwaliteitsdragers werkte en uitging van het adagium 'similia similibus'.<sup>5)</sup>

In alle brandbare stoffen zit een brandbaarheidsbeginsel, het flogiston, een onzichtbare, nooit in de natuur aangetroffen en uiterst subtiele materie. Bij verbranding ontwijkt het flogiston uit de brandbare stof onder licht- en vuurverschijnselen. Een metaal geeft daarbij een metaalkalk (later metaaloxijde genoemd) en een niet-metaal een zuur (of beter een zuurvormend oxyde). Behalve verbrandingsverschijnselen kon Stahl met zijn theorie ook ademhaling, rotting en gisting verklaren.

De flogistontheorie was dus een algemene theorie, die bovendien logisch was. Als verbranding (oxydatie) het ontwijken van flogiston is, dan moet reductie het opnemen van flogiston zijn. De praktijk leerde dat een metaalkalk met houtskool het metaal teruggaf, waaruit de conclusie werd getrokken dat koolstof vrijwel zuiver flogiston is. (Het tevens gevormde gasvormige koolstofmonoxyde werd niet waargenomen!)

Met de flogistontheorie waren alle chemische verschijnselen te verklaren zolang men geen waarde toekende aan het wegen: zink wordt bij verhitting zwaarder en niet lichter, ondanks het feit dat er flogiston ontwijkt. Voorlopig was dat geen groot probleem (zink wordt bij verhitting weliswaar zwaarder, maar kalksteen juist lichter). Maar dat werd het wel na

het midden van de achttiende eeuw toen men de verschillende gassen wist te isoleren en te identificeren.

Hoe kwam Stahl tot zijn theorie?

Stahl had grote belangstelling voor chemische processen en was niet tevreden met alleen praktische kennis. Hij vroeg zich af wat er bij de ertsverwerking, de ververij, de salpeterbereiding, de bier- en wijnbereiding eigenlijk gebeurt. Hij liet zijn studenten onderzoeken hoe men de metaalopbrengst uit ertsen kan verhogen. Het probleem was de rol van de houtskool dat werd toegevoegd. De ervaring in de metaalsmelterijen en tingieterijen leerde dat bij het smelten van ertsen en de reductie van de metaalkalken houtskool een bepaalde en essentiële rol speelde. De practici dachten dat voor het proces zulke hoge temperaturen nodig zijn als alleen door het houtskool kan worden geleverd, terwijl deze houtskool tevens het gesmolten metaal bescherming bood voor de trektocht in de ovens (met als gevolg weer oxydatie). Stahl meende dat de koolstof een materiële bijdrage aan het proces van de metaalvorming leverde. Er wordt bij het smelten iets materieels aan het erts toegevoegd, namelijk een bepaald bestanddeel van de houtskool, dat immers volledig in het proces verdwijnt. Dat bestanddeel zit ook in pek, olie en dergelijke stoffen en Stahl noemde het flogiston naar het Griekse woord phlox (vlam).

Stahls eerste onderzoeken leidden dus tot een interpretatie van het reductieproces als een chemisch proces waarin het flogiston zich met de metaalkalk verenigt en het metaal wordt teruggekregen. Dit impliceerde dat het metaal een verbinding is, een samengestelde stof (mixta) van metaalkalk en flogiston. Bij verhitting van metalen ontwijkt dus het flogiston.

Stahl interpreteerde dit proces corpusculair. Bij de verbranding ontwijken de loslatende flogistondeeltjes in de lucht, ze brengen de luchtdeeltjes in een snelle wervelbeweging hetgeen zich uit als hitte, warmte of vlammen.

De flogistontheorie was een algemeen aanvaarde theorie, die pas in de tweede helft van de achttiende eeuw op experimentele gronden werd verlaten. Toch was er in ons land weinig belangstelling voor de flogistontheorie omdat de Leidse geneeskundige en chemicus **Herman Boerhaave** (1668-1738), die met zijn boek *Elementa chemiae* (1732) grote invloed uitoefende op de scheikunde in ons land, er geen gebruik van maakte.<sup>6)</sup> Boerhaave nam de flogistontheorie niet aan en noemde ze zelfs niet in zijn leerboek. Hij nam wel aan dat de metalen samengesteld zijn, maar wilde daarmee de verbrandingsverschijnselen niet verklaren. Daarvoor

gebruikte hij een 'pabulum ignis', een voedsel voor het vuur, dat overigens niets te maken heeft met de ook door Boerhaave aangenomen 'materia ignis' of vuurstof. Volgens Boerhaave bevatten brandbare stoffen een brandbaar beginsel, het pabulum ignis, dat niet geïdentificeerd mag worden met het flogiston van Stahl. Bij het verbranden wordt het pabulum ignis door het vuur opgenomen.

In ons land werkte de praktische scheikundige (apotheker en geneeskundige) geheel in de traditie van de empirisch-rationele methode van Boerhaave die alleen van chemisch onderzoek wilde weten dat geheel op de waarneming berust en waarbij men zich streng rekenschap geeft van alle verschijnselen en zich vrijhoudt van aprioristische uitspraken.

Boerhaaves opvolger in Leiden **Hieronimus David Gaubius** (1704-1780) was, evenals de bekende Utrechtse en Leidse natuurkundehoogleraar **Petrus van Musschenbroek** (1692-1761), wel aanhanger van de flogistontheorie. Gaubius liet zijn leerlingen praktisch chemische oefeningen doen. Hij onderzocht zelf het 'luna fixata Ludemanni', een universeel geneesmiddel, en bewees met de blaaspijp dat het niets dan zinkkalk (zinkoxyde) is. Om het onderscheid tussen zinkmetaal en zinkbloem (zinkoxyde) te verklaren, nam hij aan dat bij de bereiding van zink de reductie van zinkkalk naar zink veroorzaakt wordt door de opname van flogiston.

## Noten

1. F.M. Jaeger, 'Over Johann Joachim Becher en zijne relaties met de Nederlanden', *Economisch-Historisch Jaarboek* 5 (1919), pp. 60-135; H.A.M. Snelders, 'Johann Joachim Becher und sein Gold-aus-Sand-Projekt', *Wolfenbütteler Forschungen*, in druk.
2. M. Boas, *Robert Boyle and seventeenth-century chemistry* (Cambridge, 1958).
3. E. Homburg, 'De 'Gouden Eeuw' van de Nederlandse chemische industrie', *Chemisch Magazine*, mei 1989, pp. 311-314.
4. H.A.M. Snelders, *Hoofdstukken uit de geschiedenis van de scheikunde* (Amsterdam, 1979), pp. 13-17.
5. I. Strube, *Georg Ernst Stahl* (Leipzig, 1984); E. Ströker, *Theoriewandel in der Wissenschaftsgeschichte. Chemie im 18. Jahrhundert.* (Frankfurt am Main, 1982).
6. H.A.M. Snelders, 'Georg Ernst Stahls Phlogiston und Hermann Boerhaaves Pabulum Ignis. Eine vergleichende Analyse', *Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg* 66 (E 73) 1985, pp. 177-187.



# Isaac Newton

*C. de Pater*

## Inleiding

We zijn er in onze eeuw aan gewend geraakt dat het terrein van ons kennen in talloze deelgebieden is opgesplitst, met als gevolg dat ook de beoefenaren van de diverse disciplines in allerlei 'hokjes' worden ingedeeld: iemand is fysicus, socioloog, bioloog, en wat dies meer zij. En voor zover we van de weeromstuit daarin enige eenheid tot stand proberen te brengen, blijven we toch min of meer steken in een tweedeling die wel als alfa- en betacultuur wordt aangeduid, eventueel een driedeling met de gammavakken als derde gebied. Deze 'boedelscheiding' is ongetwijfeld mede het gevolg van de sterke groei van de natuurwetenschappen in de laatste eeuwen; een groei die ondenkbaar is zonder de *Principia* (1687) en de *Opticks* (1704) van Isaac Newton (1642-1727) (*figuur 1*).

In Newtons tijd, waarin de eeuwwende 1700 valt, is er nog geen sprake van aparte hokjes voor alfa's en beta's (en gamma's), zodat we voorzichtig moeten zijn om personen uit die periode in een van deze culturen in te lijven. Dat geldt in het bijzonder ook de figuur van Newton, die bij velen uitsluitend bekend is als wiskundige en natuurwetenschapper, terwijl hij meer tijd, papier en inkt aan theologie, (kerk)geschiedenis en alchemie besteed heeft dan aan wat wij nu natuurwetenschap noemen. Onderzoek van zijn manuscripten in de twintigste eeuw heeft onomstotelijk aangetoond dat de Brit niet de koele, recht-toe-recht-aan-mathematicus en dito fysicus was die men in de achttiende en negentiende eeuw van hem gemaakt heeft, een 'positivist', "*die niets geloofde dan datgene wat even helder en duidelijk was als de drie zijden van een driehoek*", zoals de vroegnegentiende-eeuwse essayist Charles Lamb het uitdrukte. Het is de laatste decennia steeds duidelijker geworden dat Newtons alchemie, theologie en natuurwetenschap met elkaar samenhangen. Zonder alchemie en theologie zou hij wellicht nooit op het zo vruchtbaar gebleken idee geko-



**Figuur 1.**

Isaac Newton (1642-1727)



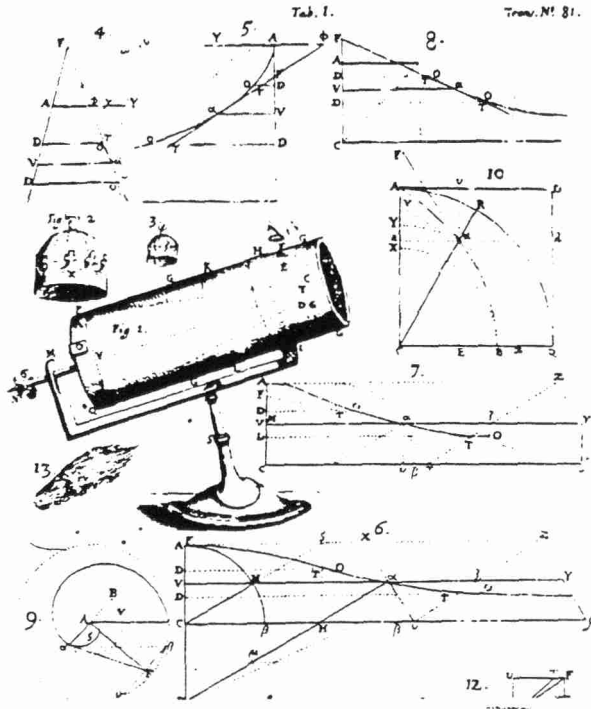
men zijn dat natuurprocessen veroorzaakt worden door aantrekkende of afstotende krachten en andere actieve beginselen.

## Leven en werk

Newton werd geboren als postume zoon van een boer in Lincolnshire. Toen hij drie jaar was, hertrouwde zijn moeder en werd hij verder door zijn grootmoeder opgevoed. Zeven jaar later kwam zijn moeder weer als weduwe naar de boerderij terug. Op zijn twaalfde jaar bezocht Isaac de *Free Grammar School* in Grantham, waar hij naar het schijnt zijn eigen weg ging, min of meer geïsoleerd van zijn medeleerlingen. Op zeventienjarige leeftijd moest Newton naar huis terugkeren om het boerenvak te leren. Dat werd echter een volslagen mislukking en gelukkig wisten anderen zijn moeder ervan te overtuigen dat ze haar Isaac beter kon laten studeren. In 1661 vertrok hij daarom naar *Trinity College* in Cambridge waar hij, behoudens een korte onderbreking, vijfendertig jaar zou blijven. Het officiële curriculum behelsde voornamelijk de aristotelische filosofie, inclusief de retorica en de logica van de oude Griekse denkers. De sporen van de daar ontvangen training in logisch denken en redeneren zijn duidelijk in zijn werken terug te vinden, tot in zijn alchemistische geschriften toe. Vooral uit de vele polemieken die hij voerde blijkt dat hij een meester was in het 'mobiliseren' van argumenten om zijn tegenstanders te verslaan.

In 1665 werd de universiteit in Cambridge gesloten vanwege een pest-epidemie, zodat Newton als kersverse *bachelor of arts* de stad verliet en van 1665-'67 in zijn geboorteplaats woonde. In deze periode legde hij op dezelfde boerderij waar zijn scholing tot boer op een mislukking was uitgelopen, de grondslagen voor zijn baanbrekende werk op het gebied van de wiskunde, de optica en de (hemel)mechanica. De denkbeelden die hij twintig jaar later zou verwoorden in zijn *Principia*, vonden hun oorsprong in de winter van 1664-'65 met het lezen van de (natuur)filosofische werken van Descartes. Verder bestudeerde hij Kepler, Galilei, Gassendi en vele andere auteurs uit zijn tijd. Lezen, nadenken en schrijven brachten hem in een paar jaar in de voorste gelederen van de Europese wis- en natuurkundigen.

In 1667 keerde Newton naar Cambridge terug, waar hij twee jaar later, 26 jaar oud, benoemd werd tot lucasiaans professor, een post die thans door de bekende fysicus Stephen Hawking wordt bekleed. Naast meetkunde, statica e.d. doceerde Newton ook geometrische optica,



**Figuur 2.**

Newton's spiegeltelescoop

waardoor hij belangstelling kreeg voor andere gebieden van de optica. Problemen met kleurverschijnselen bij lenzen, waarmee in die tijd alle verrekijkers waren uitgerust, brachten Newton ertoe een spiegeltelescoop (*figuur 2*) te construeren; een prestatie waarvoor hij in 1672 tot fellow van de Royal Society werd gekozen. Dat hijzelf de buis en de spiegels voor zijn telescoop vervaardigde, bewijst wel dat hij niet alleen buitengewone intellectuele, maar ook grote manuele vaardigheden bezat.

Rond 1670 kreeg Newton in toenemende mate belangstelling voor theologische en kerkhistorische kwesties. Meer en meer vatte bij hem de overtuiging post dat het christendom in de vierde en vijfde eeuw verbasterd was en dat bijbelteksten waarin de drieëenheid werd beleden, niet authentiek waren. Dat hij hierdoor niet in de problemen kwam, was in belangrijke mate te danken aan het feit dat hij zijn antitrinitarische opvattingen zorgvuldig voor zich hield.

In diezelfde tijd raakte hij sterk geïnteresseerd in de alchemie, waarvan diverse manuscripten getuigenis afleggen, o.a. een *Notebook* dat een verslag bevat van chemische en alchemistische experimenten uit de periode van ca. 1670 tot 1695. In de jaren 1679-'80 hield hij zich intensief met alchemie bezig om meer inzicht te krijgen in de aard van aantrekkende en afstotende krachten, die daarin een belangrijke rol speelden. Hij raakte er namelijk steeds meer van overtuigd dat alle in de natuur optredende processen door krachten werden veroorzaakt en wilde deze gedachte allereerst op de hemelverschijnselen toepassen. Vandaar dat hij zich grondig verdiepte in de problemen van de hemelmechanica. Toen dan ook de astronoom Edmond Halley in 1684 aan Newton de vraag voorlegde wat de baan zou zijn van een planeet, als men uitging van de veronderstelling dat de zon een aantrekkende kracht uitoefende die omgekeerd evenredig was met de afstand tussen zon en planeet, kon hij zonder aarzelen het antwoord geven: een ellips. De gedachten van Halley, Robert Hooke en Christopher Wren gingen eveneens in die richting, maar ze hadden hun vermoeden niet kunnen bewijzen. Toen Halley, die uiteraard zeer verrast was met dit antwoord, naar het bewijs vroeg, kon Newton de betreffende notities niet vinden, maar hij beloofde zich opnieuw in de materie te verdiepen.

Newton wist het vermoeden van Halley c.s. opnieuw te bewijzen en raakte daardoor volledig in de ban van zijn onderwerp. Het korte artikel van negen pagina's dat hij Halley toestuurde, veranderde in acht-

tien maanden in het misschien wel belangrijkste boek dat ooit op natuurkundig gebied is geschreven: de *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687). Dat de *Principia*, zoals het werk gewoonlijk wordt aangeduid, ooit verschenen is, danken we aan de actieve bemoeienis van Halley. Niet alleen stimuleerde hij Newton het werk te schrijven, maar bovendien betaalde hij de drukkosten, daar noch Newton zelf, noch de Royal Society deze konden betalen.

In 1693 kreeg Newton een diepgaande mentale inzinking, waarvan nog veel onopgehelderd is, maar die mogelijk voor een deel te maken had met de geweldige inspanning die het schrijven van de *Principia* hem had gekost. In elk geval markeerde deze crisis zijn wetenschappelijke creativiteit. De rest van zijn leven besteedde hij hoofdzakelijk aan het verbeteren en bewerken van eerder door hem behaalde resultaten, zowel op het terrein van de natuurwetenschappen, als op wiskundig en theologisch gebied. Dat gebeurde overigens niet meer in Cambridge, want in 1696 was Newton naar de Munt in Londen vertrokken, omdat hij daar een aanstelling als bedrijfsleider had gekregen (*warden of the Mint*). Vier jaar later volgde zijn benoeming tot directeur (*master of the Mint*).

In 1703 volgde Newton de overleden Hooke op als president van de Royal Society, waarvan hij tot aan zijn dood de ongekroonde koning was. Het jaar daarop verscheen eindelijk zijn reeds eerder geschreven *Opticks*. Newton gaf dit werk nu pas uit, na de dood van Hooke, omdat deze in 1672 een scherpe aanval had gedaan op zijn *New theory about light and colours*, waarin hij een geheel nieuwe visie op het ontstaan van kleuren en de aard van het licht had gegeven. In de periode van het presidentschap van de Royal Society verzamelde Newton een kring van jonge wetenschappers om zich heen, zoals William Whiston, John Keill, Jean Théophile Desaguliers, e.a., die hij benoemd wist te krijgen aan diverse instellingen van hoger onderwijs en die daar zijn opvattingen uitdroegen, niet in de laatste plaats door het schrijven van leerboeken. Bovendien verdedigden ze hem in talloze debatten. Newton was namelijk voortdurend in prioriteitskwesties gewikkeld of in discussies over de gravitatie en andere 'newtoniana'. Het bekendste dispuut is dat met Leibniz over de ontdekking van de differentiaal- en integraalrekening (*calculus*), een debat waarbij overigens ook alle mogelijke andere kwesties ter sprake kwamen, zoals de relatie tussen God en zijn schepping, het probleem van (absolute) ruimte en tijd en de oorzaak van de gravitatie. De neerslag van deze discussie is te vin-

den in de beroemde correspondentie tussen Leibniz en de theoloog Samuel Clarke, die optrad als woordvoerder van Newton. Deze briefwisseling vond plaats in 1715-1716 en brak af bij de dood van Leibniz.

Zoals ik reeds opmerkte, heeft Newton, toen hij eenmaal werkzaam was bij de munt, geen nieuwe opzienbarende ontdekkingen meer gedaan, maar wel heeft hij zich tot aan het eind van zijn leven bezig gehouden met diverse nog onopgeloste problemen, met name over de aard van de gravitatie. Veel zorg besteedde hij ook aan herdrukken van de *Principia* en de *Opticks*. Het waren, naast zijn verdiensten op het terrein van de wiskunde, deze werken waardoor Newton, anders dan vele bekende zeventiende-eeuwse onderzoekers, reeds tijdens zijn leven als autoriteit werd erkend, een erkenning die in de achttiende eeuw uitmondde in een ware Newton-cultus: in de ogen van zijn tijdgenoten en de daarop volgende generaties was hij de man "*die alle mensen in genie te boven ging*", zoals te lezen staat op zijn standbeeld dat in 1755 in *Trinity College* werd onthuld.

### **Newtons verdiensten**

Toen Newton in 1727 overleed was de natuurwetenschap grondig van karakter veranderd. In hem voltrok zich definitief de overgang van de antiek-middeleeuwse naar de moderne natuurwetenschap. In zijn werk zien we een aantal lijnen samenkomen waarlangs zij zich sinds het midden van de zestiende eeuw had ontwikkeld. Dat geldt vooral de astronomie, de mechanica en de optica.

Newton zelf schreef over zijn eigen bijdrage aan de uitbouw van de natuurwetenschap eens aan Hooke dat hij op de schouders van reuzen had gestaan en daardoor verder had kunnen zien dan zij allen; een uitspraak die overigens zeker niet moet worden uitgelegd als een bagatellisering van eigen verdiensten. De voornaamste 'reuzen' waren: Copernicus, Tycho Brahe, Kepler, Descartes, Stevin, Galilei en Christiaan Huygens. Het is inderdaad waar dat Newton op het werk van al deze onderzoekers kon voortbouwen, maar wat hijzelf tot stand gebracht heeft, was dermate uniek dat hij ze daarmee allen in de schaduw stelde. Daarbij gaat het om de volgende bijdragen:

1. Newton gaf de mechanica haar fundament als zelfstandige wetenschap door middel van een axiomatische opbouw.

PHILOSOPHIÆ  
NATURALIS  
PRINCIPIA  
MATHEMATICA.

Autore JS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos  
Professore Lucafiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.  
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.  
Julii 5. 1686.

LONDINI,  
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostant Vena-  
les apud Sam. Smith ad insignia Principis Walliæ in Cœmiterio  
D. Pauli, alioq; nonnullos Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

Figuur 3.

Titelblad van Newton's 'Principia'

2. Hij bracht de definitieve synthese tot stand tussen aardse en hemelse mechanica, die bij Aristoteles en de middeleeuwse wetenschap twee scherp gescheiden gebieden vormden. De eenheid in de natuur werd in Newtons mechanica zichtbaar gemaakt door op aardse en hemelse verschijnselen dezelfde wetten en dezelfde verklaringsprincipes toe te passen, met vooral de gravitatie als unificerend beginsel.
3. Doordat Newton ter verklaring van de verschijnselen niet alleen gebruik maakte van de contactwerking van materiedeeltjes, zoals Descartes had geëist, maar ook krachten tussen deeltjes invoerde, kreeg het begrip 'mechanistische natuurverklaring' bij hem een nieuwe, ruimere betekenis.
4. Newton droeg zowel in praktisch als in theoretisch opzicht bij aan de ontwikkeling van de optica.
5. Newtons werk verschafte het denkkader waarbinnen de natuuronderzoekers twee eeuwen lang gewerkt hebben om nieuwe onderzoeksgebieden te exploreren.

### De *Principia*

Newtons bijdragen aan de mechanica en de optica zijn in hun definitieve vorm te vinden in zijn twee reeds genoemde hoofdwerken:

1. *Philosophiae naturalis principia mathematica*, (1787<sup>1</sup> (figuur 3), 1713<sup>2</sup>, 1726<sup>3</sup>).
2. *Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. (...)*, (1704<sup>1</sup>, 1717<sup>2</sup>; Lat. ed. 1706).

De vertaling van de volledige titel van de *Principia* luidt *Wiskundige beginselen van de natuurfilosofie*. Het woord 'filosofie' zal bij de moderne lezer wat vreemd overkomen. Vanouds was echter de natuurkunde een onderdeel van de filosofie. De fysica van Oudheid en Middeleeuwen hield zich immers bezig met de vraag naar het wezen van de dingen en het 'waarom' van de verschijnselen. Ook na de zeventiende-eeuwse wetenschapsrevolutie duurde het nog geruime tijd voordat de natuurwetenschap en de filosofie, in de betekenis die wij er nu aan geven, min of meer gescheiden wegen gingen. Nog in de achttiende eeuw behelsde de filosofische faculteit alle natuurwetenschappelijke, literaire en wijsgerige vakken en kon een hoogleraar in de filosofie zowel fysica als metafysica doceren. Ook nadat de natuurkunde een experimentele wetenschap geworden was, bleef de oude terminologie nog lange tijd gehandhaafd. Zo sprak men in de achttiende, en

zelfs in de negentiende eeuw nog van *philosophia experimentalis*, (*experimental philosophy*, *proefondervindelyke wys(be)geerte*). De vertaling *Wiskundige beginselen van de natuurwetenschap* geeft de inhoud van de *Principia* daarom beter weer dan de eerder genoemde, al is het wel zo dat we in Newtons boek toch wat meer (natuur)filosofische beschouwingen tegenkomen, dan wij nu gewend zijn.

Naar het voorbeeld van de *Elementen* van Euclides -het leerboek dat vanaf de vierde eeuw tot in de zestiger jaren van onze eeuw het meetkunde-onderwijs bepaald heeft- is de *Principia* opgebouwd volgens het patroon: definities, axioma's en proposities (stellingen). Na een achttal definities, geeft Newton drie 'axioma's of bewegingswetten' en vervolgens worden daaruit in de eerste twee 'boeken' van de drie waaruit het werk bestaat allerlei stellingen afgeleid voor de beweging van mathematische entiteiten ten gevolge van mathematische krachten. Een aantal van deze proposities wordt in het derde boek toegepast op het wereldsysteem, dat wil zeggen op het zonnestelsel. Pas dan wordt dus (hemel)fysica bedreven.

Wat de definities betreft, Newton was de eerste die het begrip 'massa' invoerde als maat voor de hoeveelheid materie van een lichaam. Bij hem treedt ook voor het eerst het onderscheid tussen massa en gewicht duidelijk naar voren. Op grond van slingerexperimenten concludeerde hij dat beide evenredig zijn, zodat het gewicht een maat is voor de massa. Nieuw is ook de invoering van het begrip 'kracht'. Het woord stamt uit de omgangstaal en is als zodanig verre van eenduidig. Het houdt immers in de dagelijkse praktijk allerlei vormen van inspanning, activiteit en arbeid in, die in de fysica op den duur geleid hebben tot een scherp onderscheid tussen kracht, impuls en energie. De alledaagse ervaring lijkt ons te leren dat voor elke beweging een krachtsinspanning nodig is en dat deze bovendien nog groot genoeg moet zijn om een beweging te realiseren. Deze ervaring vormt de grondslag van de mechanica in Oudheid en Middeleeuwen. Maar ook toen men deze op de dagelijkse praktijk geënte 'traagheidswet' als onjuist had verworpen, bleven oude opvattingen over het verband tussen kracht en snelheid nog geruime tijd voortbestaan, zonder dat het tot een nauwkeurige definitie van het begrip 'kracht' kwam. Terwijl dus in de oude, aristotelische fysica een uitwendige kracht als óorzaak van beweging fungeerde, werd 'kracht' in de mechanistische natuurverklaring van Descartes juist een gevolg van beweging: het is voor hem het vermogen van een bewegend lichaam een bepaalde werking uit te



oefenen op een ander lichaam waarmee het in contact (botsing, druk) komt.

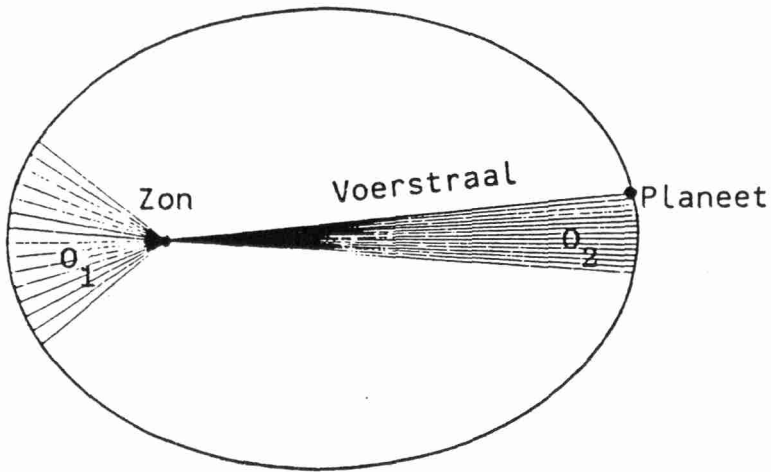
Dat het begrip 'kracht' tenslotte in de mechanica gereserveerd is voor een werking op een lichaam die van buitenaf komt en daarbij een bewegingsverandering teweegbrengt, is uiteindelijk te danken aan Newton. Toch is ook bij hem het krachtbegrip nog allerminst helder gedefinieerd. Wie de wetenschap vernieuwt, denkt voortdurend nog in termen en begrippen van de gedachtenwereld waaraan hij zich juist tracht te ontworstelen. Pas de volgende generaties zien door ervaring met de nieuwe denkbeelden scherper waarop het aankomt.

Na de definities volgen een drietal axioma's of bewegingswetten (*leges motus*). Allereerst de zogenaamde traagheidswet:

Ieder lichaam volhardt in de toestand van rust of eenparige beweging, behalve voor zover het door inwerking van krachten gedwongen wordt die toestand te wijzigen.

Eeuwenlang had men geworsteld met het traagheidsprobleem. Ik wees al op de opvatting hierover in Oudheid en Middeleeuwen. Galilei zette een belangrijke stap in de goede richting door aan te nemen een beweging langs een cirkel rond de aarde ongestoord door zou gaan, wanneer er geen invloeden van buitenaf werkzaam waren. Over een niet te grote afstand langs zo'n cirkel kan men bij benadering van een rechtlijnige beweging spreken, of, zoals hij zelf wel deed, van een beweging in een horizontaal vlak. Vandaar dat in de schoolboeken de (goede) traagheidswet nogal eens aan Galilei wordt toegeschreven. De eerste die ondubbelzinnig rechtlijnige traagheid aannam, was Descartes, wiens formulering van de traagheidswet duidelijk model gestaan heeft voor die van Newton. Ze is bij de Brit echter ingebed in een geheel andere fysica en heeft pas daarin haar betekenis gekregen.

Newton was ervan overtuigd dat er, los van een relatieve beweging ten opzichte van aarde of zon, een absolute beweging bestond in een absolute ruimte. De traagheidswet heeft bij hem betrekking op deze laatste, 'ware' beweging. Elk materiedeeltje in de absolute ruimte, hoe klein of groot ook, bezit een traagheidskracht, die een even essentiële eigenschap van materie is als uitgebreidheid, ondoordringbaarheid, hardheid en beweegbaarheid. Deze traagheidskracht wordt enkel en alleen manifest wanneer een uitwendige kracht de beweging van een lichaam wil



**Figuur 4.**

De drie wetten van Kepler voor de planetenbeweging.

1. De baan van een planeet is een ellips. In een van de brandpunten daarvan staat de zon.
2. In gelijke tijden  $T_1$  en  $T_2$  doorloopt de voerstraal zon-planeet gelijke oppervlakten  $O_1$  en  $O_2$ . In formule  $T_1 = T_2 \rightarrow O_1 = O_2$  (zie figuur).
3. De derde macht van de halve lange as  $a$  van de door een planeet doorlopen ellips is evenredig met het kwadraat van de omlooptijd  $T$ . In formule  $a^3 : T^2 = \text{constant}$ .

vertragen of versnellen, omdat het lichaam zich blijkbaar tegen een dergelijke verandering verzet. Anders dan in de aristotelische fysica is er bij Newton geen ontologisch verschil tussen rust en eenparige beweging. Voor de oude natuurkunde vereist immers elke beweging een oorzaak, maar voor Newton geldt dat alleen voor een bewegingsverandering. De eenparige rechtlijnige beweging wordt door hem beschouwd als een toestand van een lichaam, die geen nadere fysische verklaring behoeft. En daarmee is de breuk met het verleden definitief.

## Wiskundige constructies

Ik wees er al op dat de definities en de axioma's, en de daaruit in boek I en II afgeleide stellingen strikt genomen geen (hemel)fysica willen bieden, terwijl boek III dat wel pretendeert te doen. De vraag rijst dus wat het verband is tussen beide delen van de *Principia*. Met name de Amerikaanse wetenschapshistoricus I.B. Cohen heeft dit probleem diepgaand geanalyseerd. Newton scheidt zich volgens hem in boek I een *mathematical construct*, een mathematisch (wereld)systeem, met een algemene dynamica, waarin stellingen worden afgeleid over mathematische punten die bewegen in een weerstandsloze, driedimensionale euclidische ruimte volgens de gegeven axioma's en daaruit afgeleide stellingen, waarvan de bewijsvoering verloopt via hoeken, (raak)lijnen en krommen. Het wiskundige 'bouwsel' van Newton heeft echter wél een natuurkundige 'horizon': de wereld van de verschijnselen speelt op de achtergrond voortdurend mee bij de keuze van door hem behandelde bewegingsproblemen.

Zo stelde Newton zich de vraag hoe in zijn mathematische constructie een punt beweegt onder invloed van een centrale kracht. Dat blijkt een beweging te zijn die gehoorzaamt aan de wet dat de voerstraal die het krachtcentrum verbindt met het bewegend punt, in gelijke tijden gelijke oppervlakken doorloopt, en dat is precies de empirisch gevonden tweede wet van Kepler (de zogenaamde perkenwet) voor de beweging van de planeten om de zon (*figuur 4*). Voor het speciale geval dat het bewegend punt een ellipsbaan beschrijft, kon Newton bovendien nog bewijzen dat de centrale kracht omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de afstand tussen punt en centrum ( $F(\cdot)1/r^2$ ). Dit wiskundig resultaat zou hij later toepassen op de hemelbewegingen, omdat immers de planeten ellipsbanen beschrijven met de zon in een van de brandpunten.

In een volgende fase wordt deze geconstrueerde wereld vergeleken met de wereld der verschijnselen en op grond daarvan vindt bijstelling van de mathematische constructie plaats. In het zonnestelsel beweegt een lichaam (planeet) om een ander lichaam (de zon), waarbij het dus gaat om twee lichamen die elkaar wederzijds beïnvloeden. Dat leidt tot een verfijnd mathematisch systeem, waarin niet langer sprake is van een punt dat om een centrum beweegt, maar van twee puntmassa's in wederzijdse wisselwerking. Dit proces van mathematische systeemverfijning door confrontatie met de reële wereld leidt tenslotte tot een wiskundig bouwsel dat ten opzichte van de waargenomen verschijnselen vergaand is bijgesteld, maar dat nog altijd wezenlijk mathematisch van aard is. Bovendien gaat het in boek I steeds om beweging in een weerstandsloze ruimte, hoever het systeem ook verfijnd is. In verband met de natuurkundige horizon besteedt Newton ook aandacht aan de beweging in een weerstandbiedend medium. Dat gebeurt in boek II, waarin o.a. een wiskundige behandeling wordt gegeven van verschillende hydrostatische en hydrodynamische problemen, alsmede van de slinger- en golfbeweging.

Ondanks de natuurkundige horizon van zijn mathematische dynamica heeft Newton in de boeken I en II geen fysica willen geven, enkele uitzonderingen daargelaten, zoals de behandeling van de maanbeweging in boek I en de snelheid van het geluid in boek II. Newton geeft een arsenaal van (wiskundige) stellingen waarin tussen baanvorm, plaats, snelheid, omlooptijd en kracht verbanden worden gelegd die van toepassing zijn op de beweging van punten en lichamen in zijn *mathematical construct*. Het zijn deze stellingen die samen de *Wiskundige grondbeginselen van de natuurfilosofie* (natuurwetenschap) vormen. De titel van Newtons werk heeft dus in feite alleen betrekking op de eerste twee boeken. Een aantal van deze grondbeginselen paste Newton vervolgens op de bewegingsverschijnselen toe en daarmee leidde hij in boek III zijn algemene gravitatiewet af, waarmee hij de beweging van de hemellichamen, de valbeweging, de getijden en dergelijke kon beschrijven.

### ***De regulae philosophandi* en de algemene gravitatie**

Maar dan rijst natuurlijk de vraag waarom deze toepassing geoorloofd is. Het feit dat in een euclidisch 'heelal' alle bewegingen met dezelfde beginselen beschreven kunnen worden, betekent niet automatisch dat dit voor de bewegingsverschijnselen in 'onze' wereld ook het geval is:

was de bewegingsleer niet eeuwenlang opgesplitst in een streng van elkaar gescheiden hemelmechanica en een mechanica voor de ondermaanse verschijnselen en werd bovendien in het laatste geval geen onderscheid gemaakt tussen zogenaamde natuurlijke en gedwongen bewegingen? Met het oog op dit soort vragen liet Newton aan de behandeling van het wereldsysteem (zonnestelsel) een aantal *hypotheses* voorafgaan, waarvan er twee, samen met een nieuwe derde, in de tweede editie (1713) de beroemde *Regulae philosophandi* (regels van wijsgerig redeneren) vormen, waaraan in de derde editie (1726) nog een vierde regel is toegevoegd. De vier *Regulae* luiden in deze derde editie als volgt:

- Regel 1: Men moet niet meer oorzaken van gebeurtenissen in de natuur aannemen dan die welke waar zijn en die voldoen voor de verklaring van de verschijnselen.
- Regel 2: En daarom moeten aan natuurwerkingen van dezelfde soort dezelfde oorzaken worden toegekend, voor zover mogelijk.
- Regel 3: Eigenschappen van lichamen die niet kunnen worden versterkt of verzwakt en die toekomen aan alle lichamen waarmee men experimenten kan verrichten, moeten voor eigenschappen van alle lichamen worden gehouden.
- Regel 4: In de experimentele natuurwetenschappen moeten stellingen (wetten) die door middel van inductie uit de verschijnselen zijn verkregen, voor volkomen waar of bij benadering waar worden gehouden, ondanks dat een daarmee strijdige hypothese kan worden verzonnen, totdat zich andere verschijnselen hebben voorgedaan, waardoor ze meer vast komen te staan of onderhevig blijken te zijn aan uitzonderingen.

Het zal duidelijk zijn dat deze regels niet door experimenten of berekeningen bewezen kunnen worden. De beslissing over de manier waarop we in de natuurwetenschap te werk willen gaan, valt buiten haar eigen terrein. Zo poneert de eerste regel een eenvoudigheidsbeginsel dat in de geschiedenis in verschillende vormen meermalen is uitgesproken. In zijn toelichting beroept Newton zich op 'de filosofen', volgens wie de natuur niets tevergeefs doet: ze is op eenvoud gesteld en siert zich niet met overtollige oorzaken. De tweede regel behelst het principe van de analogie en de uniformiteit van het natuurgebeuren.

Als voorbeelden noemt Newton o.a. de ademhaling van de mens in vergelijking met die van het dier en de val van lichamen in Europa en die in Amerika. Deze beide regels zijn metafysisch van aard. Ze behelzen de grondartikelen van een fysische 'geloofsbelijdenis'. Ook de derde regel is in zekere zin een analogiebeginsel, dat de mogelijkheid biedt kenmerken die aan lichamen zijn waargenomen, te generaliseren tot universele eigenschappen van de materie, zoals uitgebreidheid, ondoordringbaarheid, beweegbaarheid, traagheid en zwaarte.

Deze derde regel lijkt tamelijk gewaagd, immers met een beroep op een wellicht veel te beperkte ervaring zou men vergaande conclusies kunnen trekken, die puur speculatief zijn. Sommige historici zijn daarom van mening dat de vierde regel vooral is toegevoegd om de grenzen voor de andere regels aan te geven, en wel naar twee kanten: enerzijds waarschuwt Newton ervoor dat men conclusies die door inductie getrokken zijn, niet in twijfel mag trekken, wanneer men oncontroleerbare hypothesen kan bedenken die deze conclusies aanvechten; anderzijds moeten we ons te allen tijde laten corrigeren door waarnemingen en experimenten, als daaruit mocht blijken dat onze eerdere conclusies onjuist waren. De combinatie empirie en inductie verdient dus verre de voorkeur boven welke gefantaseerde hypothese dan ook. Alleen nieuwe waarnemingsfeiten kunnen en mogen corrigerend werken. De ervaring behoort het eind van alle tegenspraak te zijn.

Hoewel de *Regulae* in algemene bewoordingen zijn gesteld, lijkt het evident dat Newton ze met een heel speciaal doel had opgesteld, namelijk om hem in staat te stellen de beginselen van zijn mathematische constructies toe te passen op de planetenbeweging. Met name gebruikte hij ze om vanuit de beschikbare gegevens de stap te maken naar het principe van de algemene gravitatie, waardoor hij in staat was de eeuwenlange scherpe scheiding tussen hemelse en aardse fysica op te heffen. Eerst toonde Newton, mede op grond van de wetten van Kepler aan dat in vier systemen (nl. a. Jupiter en zijn manen; b. Saturnus en zijn manen; c. de zon en de (primaire) planeten en d. de aarde en haar maan) twee lichamen elkaar aantrekken (precieser: zwaar zijn of graviteren ten opzichte van elkaar) met een kracht die evenredig is met hun massa's en omgekeerd evenredig met het kwadraat van hun afstand. Vervolgens verklaarde hij op grond van regel 3 deze wet geldig voor alle lichamen in het heelal, hoe klein of groot ze ook zijn. Wie vraagt naar een empirisch bewijs, omdat de stap van hemel-

lichamen naar kleine lichamen, en zeker die naar atomen, toch niet vanzelfsprekend is, krijgt als antwoord dat de kracht tussen lichamen, waarmee wij proeven kunnen doen, onwaarneembaar klein is. Met zijn gravitatiewet kon Newton een groot aantal uiteenlopende verschijnselen verklaren: de beweging van planeten, manen en kometen, de afplatting van de aarde bij de polen, eb en vloed, een aantal eigenschappen van de maanbeweging, de valbeweging e.d. Met zijn algemene gravitatie had Newton de definitieve synthese tussen hemel en aarde tot stand gebracht: één wet beheerst alle bewegingen in het universum.

### **Newtons methode**

Van de bovengenoemde regels van redeneren vertelt alleen de vierde ons iets over Newtons methode, waarin, zoals we zagen, experiment en inductie een belangrijke rol spelen, terwijl het fantaseren van hypothesen als ondeugdelijk wordt afgewezen. De gegeven informatie is echter uiterst summier, zodat de vraag voor de hand ligt of hij elders wellicht meer over zijn methode van onderzoek heeft gezegd dan dit weinige van regel 4. Dat is inderdaad het geval, al betreft het steeds min of meer losse opmerkingen. Een aparte, samenhangende verhandeling over zijn methode heeft Newton nooit geschreven.

In de natuurwetenschap van Oudheid en Middeleeuwen nam men, in het algemeen gesproken, in het voetspoor van Aristoteles genoeg met de alledaagse ervaring, waaruit men langs deductieve weg dikwijls vergaande conclusies trok. De op deze wijze ontwikkelde fysica was een kwaliteitenfysica: men trachtte alle verschijnselen te verklaren in termen van 'kwaliteiten' (specifieke eigenschappen of hoedanigheden) en 'naturen' van lichamen. In de zestiende en vooral in de zeventiende eeuw vinden echter drie wezenlijke veranderingen plaats:

#### **1. De mechanisering van het wereldbeeld.**

Het oude organistische wereldbeeld, waarin de analogie met processen in de levende natuur een fundamentele rol speelt, maakt plaats voor een mechanistisch wereldbeeld, waarin de analogie met de machine essentieel is en waarin de verschijnselen worden verklaard door contactwerking (druk, stoot) van bewegende materiedeeltjes. Vooral de Franse filosoof Descartes had deze aanpak bepleit en tegelijkertijd de oude aristotelische kwaliteitenfysica als ondeugdelijk afgewezen. Ook zijn landgenoot Pierre Gassendi, die het antieke atomisme in geker-

stende vorm liet herleven, was voorstander van een mechanistische natuurbeschouwing.

## **2. De mathematisering van de natuurwetenschap.**

Met name Kepler en Galilei waren de pleitbezorgers van een natuurwetenschap waarin de verschijnselen met behulp van de wiskunde beschreven werden. Volgens Galilei is het boek der natuur in wiskundige (dat wil zeggen, meetkundige) taal geschreven. Wie de letters daarvan -driehoeken, cirkels en andere meetkundige figuren- niet kende, zou geen woord van dit boek kunnen lezen. Kepler meende zelfs dat de schepper de kosmos volgens een meetkundig 'bestek' had geschapen. Het ideaal van de natuurkunde wordt dan ook steeds meer het zoeken naar wiskundig geformuleerde natuurwetten. Descartes ging in die zin het verst dat hij de menselijke geest in staat achtte de natuurwetenschap op dezelfde manier als de meetkunde uit evidente beginselen te deduceren, zodat zij bij hem een soort wiskunde is geworden. Het gebruik van de deductieve methode op basis van een meetkundige ontologie, waarin de primaire eigenschappen van de materie meetkundig van aard zijn, leidde echter bij de Franse filosoof niet tot werkelijke mathematisering van de natuurwetenschap. Wiskundig geformuleerde natuurwetten komen in zijn werk nauwelijks voor.

## **3. Het systematisch en doelgericht experimenteren.**

De nieuwe natuurwetenschap van de zeventiende eeuw is voor alles ook een experimentele wetenschap. Met name Bacon voerde in het begin van deze eeuw een krachtig pleidooi voor het doen van waarnemingen en experimenten, terwijl hij bovendien pleitte voor internationale samenwerking tussen natuuronderzoekers. Waarnemingen alleen waren niet voldoende; men diende door middel van experimenten de natuur op de pijnbank te leggen en haar zo te ontfutselen wat zij niet spontaan prijs wilde geven. Zonder een betrouwbare *historia naturalis* (verzameling empirisch feitenmateriaal) achtte Bacon een goede natuurwetenschap onmogelijk. Ook bij Galilei en Kepler speelde de empirie een belangrijke rol, maar in de natuurbeschouwing van Descartes was zij duidelijk ondergeschikt aan de deductieve vermogens van de menselijke rede. De Franse filosoof heeft niet voldoende ingezien dat de natuur een contingent karakter heeft.

Ook Newton was in die zin voorstander van een mechanistische natuurbeschouwing dat hij de verschijnselen alleen wilde verklaren met behulp van bewegende deeltjes. Hij ging echter minder ver dan Descartes: terwijl voor de Franse filosoof een beweging enkel en alleen



**OPTICKS:**  
OR, A  
**TREATISE**  
OF THE  
REFLEXIONS, REFRACTIONS,  
INFLEXIONS and COLOURS  
OF  
**L I G H T.**  
ALSO  
**TWO TREATISES**  
OF THE  
SPECIES and MAGNITUDE  
OF  
**Curvilinear Figures.**

LONDON,  
Printed for SAM SMITH, and BENJ. WALFORD,  
Printers to the Royal Society, at the *Prince's Arms* in  
St. Paul's Church-yard. MDCCIV.

Figuur 5.

het gevolg kon zijn van contact tussen deeltjes, nam de Brit het bestaan van actieve beginselen aan, zoals aantrekkende en afstotende krachten, die de van zichzelf passieve materiedeeltjes in beweging konden zetten; een belangrijk probleem waarop ik nog terugkom. Wat de wiskunde betreft, ook voor Newton verschaft deze wetenschap ons de taal waarmee we de verschijnselen dienen te beschrijven. Het doel van de natuurkunde is het vinden en formuleren van grondbeginselen met behulp van de wiskunde, wat o.a. naar voren komt in de volledige titel van de *Principia*. Newtons eigen inbreng daarin was, zoals we gezien hebben, dat hij een mathematische fysica ontwikkelde van steeds verder verfijnde wiskundige systemen, waarvoor wetten werden afgeleid, waarvan sommige op de verschijnselen werden toegepast.

Tenslotte kan men Newton tot op zekere hoogte ook een volgeling van Bacon noemen. Het belang dat hij hechtte aan experimenten blijkt immers overduidelijk uit de vierde regel van redeneren. Toch gaat hij ook hier een eigen weg. Het was hem niet zo zeer te doen om een 'voorraad' proeven aan te leggen als wel om, na een eerste analyse van een verschijnsel, een zo doeltreffend mogelijke reeks experimenten of waarnemingen op te zetten waarmee de vermoedens die in de explorerende fase over dit verschijnsel waren ontstaan, hopelijk ondubbelzinnig konden worden gestaafd of weerlegd. Essentieel is ook dat Newtons experimenten overwegend kwantitatief van aard zijn, in tegenstelling tot die van 'verzamelende' baconianen als Robert Boyle of sommige cartesiaanse onderzoekers die bij kwalitatieve experimenten steun hoopten te vinden voor een of andere hypothese waarvan de juistheid voor hen al bij voorbaat vaststond.

Een klassiek geworden passage waarin Newton tamelijk uitvoerig op zijn methode ingaat, is te vinden in zijn *Opticks* (figuur 5). Aan dit werk is een groot aantal vragen toegevoegd, de zogenaamde *Queries*, die nagenoeg het gehele terrein der natuurwetenschappen bestrijken. In Query 31 komt Newtons werkwijze ter sprake, die hij kwalificeerde als een methode bestaande uit twee componenten, namelijk analyse en synthese:

Deze analyse bestaat in het doen van waarnemingen en experimenten, alsmede in het trekken van algemene conclusies hieruit door middel van inductie, waarbij men geen andere tegenwerpingen tegen deze conclusies mag accepteren dan die welke aan experimenten of aan andere vaststaande waarheden ontleend zijn. Want hypothesen moe-

ten in de experimentele natuurwetenschap niet in overweging genomen worden. En hoewel het betogen op grond van experimenten en waarnemingen door middel van inductie geen bewijs is voor algemene conclusies, is het toch de beste manier van argumenteren die de aard der dingen toestaat en ze kan als des te sterker beschouwd worden, naarmate de inductie algemener is. En als er onder de verschijnselen geen uitzondering voorkomt, mag de slotsom in het algemeen worden uitgesproken. Maar als zich, wanneer dan ook, daarna een uitzondering voordoet vanuit de experimenten, dan moet men ertoe overgaan de slotsom uit te spreken met zulke uitzonderingen, zoals ze zich voordoen.

Langs deze weg van de analyse komen we van samenstellingen tot onderdelen en van bewegingen tot de krachten die ze voortbrengen, en in het algemeen van werkingen tot hun oorzaken en van bijzondere oorzaken tot meer algemene, totdat het argumenteren eindigt in de meest algemene oorzaak. Dit is de methode van de analyse. En de synthese bestaat in het aannemen van de ontdekte en tot beginselen gemaakte oorzaken en het met behulp daarvan verklaren van de eruit voortvloeiende verschijnselen, alsmede in het bewijzen van de verklaringen.

In de analytische fase van deze analytisch-synthetische methode worden de grondbeginselen geformuleerd in de vorm van wiskundige betrekkingen tussen verschijnselen. Elders blijkt dat in deze fase reeds toetsing plaatsvindt: alvorens men de definitieve grondbeginselen formuleert, moeten de eerste conclusies experimenteel getoetst worden en moet men een aantal malen van conclusies naar beginselen gaan en vice versa. Wanneer de beginselen eenmaal vastgelegd zijn, gaat de synthetische fase in, waarin de volgende elementen aanwijsbaar zijn:

1. Reeds bestudeerde relaties tussen verschijnselen worden nu streng uit de beginselen afgeleid, bijvoorbeeld de wetten van Kepler uit het principe van de algemene gravitatie.
2. Er worden zoveel mogelijk waargenomen verschijnselen verklaard die tot nog toe buiten de behandeling gebleven waren; in het geval van de gravitatie bijvoorbeeld de getijdenbeweging.
3. Nieuwe verschijnselen worden voorspeld en (soms veel later) ontdekt, waardoor volgens de vierde regel het algemene grondbeginsel versterkt tevoorschijn komt. Dit geldt, wat de gravitatie betreft, bijvoorbeeld de afplatting van de aarde bij de polen, en de voorspelde terugkeer van de komeet van Halley in 1759.

Deze benadering van de verschijnselen is vruchtbaar gebleken. Ondanks de geweldige veranderingen in de natuurwetenschappen van de twintigste eeuw is haar methode in de kern niet gewijzigd. Nog altijd is een theorie voor ons 'goed', als ze op experimenten en waarnemingen is gebaseerd en als er niet alleen bekende verschijnselen door verklaard worden, maar ook nieuwe worden voorspeld en waargenomen.

Onwillekeurig komt bij ons de vraag op of Newton zich strikt aan zijn eigen 'spelregels' gehouden heeft. Wat de gravitatie betreft, de afleiding van de wet van de zwaartekracht voor de hemellichamen is uiteraard meer dan een inductiestap met behulp van de wiskunde op basis van de regels van redeneren. Ook de generalisatie van deze wet van macro- tot microschaal volgt niet rechtstreeks uit de verschijnselen. Dat voor de microwereld geheel andere wetten van toepassing kunnen zijn dan voor de macrowereld, blijkt bijvoorbeeld uit de ontwikkeling van de atoomfysica en quantummechanica van de twintigste eeuw. Bovendien is de geldigheid van Newtons regels van redeneren onbewijsbaar binnen de fysica. Ze gaan er immers aan vooraf. Dikwijls wordt dan ook gesteld dat het analyse-synthese schema een constructie achteraf is, die, gezien de sterke nadruk op het experiment, bovendien beter past bij de *Opticks* dan bij de *Principia*. Inderdaad bestaat er een verschil tussen de volgende twee problemen:

1. Als wit licht door een prisma gaat, worden de lichtstralen gebroken en treedt kleurschifting op (*Opticks*). De langs inductieve weg getrokken conclusie is dat dit verschijnsel bij elk prisma zal optreden.
2. De traagheidswet zegt dat alle lichamen zich in een toestand van rust of eenparige rechte beweging bevinden, tenzij een krachtwerking van buitenaf hierin verandering brengt (*Principia*). Er is echter geen direct experiment mogelijk om dit voor een aantal lichamen vast te stellen en dan door inductie algemeen te maken. De traagheidswet is dus -ik wees er reeds op- meer dan een generalisatie van een ervaringsfeit.

Dat neemt niet weg dat Newton zelf er ten stelligste van overtuigd was dat de *Principia* evenzeer op waarnemingen en proeven gebaseerd was als de *Opticks*. Voor hem was de gravitatie een waargenomen verschijnsel en in een nabeschouwing bij de bespreking van zijn drie bewegingswetten (waarvan de traagheidswet er een is) stelde hij (en daaruit blijkt tevens de fysische 'horizon'):

Tot nu toe heb ik beginselen neergelegd, zoals ze door mathematici aanvaard zijn en door een overvloed aan experimenten bevestigd worden.

Ook in het voorwoord van de *Principia* komt Newtons werkwijze ter sprake en in het eerder genoemde *Scholium Generale* aan het eind van boek III geeft hij de volgende korte typering van zijn methode:

In deze [experimentele, d.P.] natuurwetenschap worden stellingen uit verschijnselen afgeleid en algemeen gemaakt door inductie.

Het gaat daarom te ver de analytisch-synthetische methode uitsluitend als constructie achteraf te zien. Het is stellig Newtons bedoeling geweest op de door hem aangegeven wijze te werk te gaan. Dat wij nu, duidelijker dan hijzelf, inzien dat zijn principe van de algemene gravitatie meer vereist dan generalisatie van wiskundig bewerkte empirische gegevens, is een andere kwestie.

### Newton contra Descartes

Hoewel Newton zelf het in zijn voorwoord van de *Principia* doet voorkomen dat zijn beschrijving in boek III van het wereldsysteem met behulp van het gravitatiebeginsel niet meer is dan een uitgewerkt voorbeeld bij de wiskundige beginselen van boek I en II, speelt de gravitatie in werkelijkheid een centrale rol. Hierop richtte zich dan ook voornamelijk de kritiek van de cartesianen en van Leibniz. Weliswaar erkenden ze Newtons meesterschap in de mathematische boeken I en II, maar zijn filosofie (fysica) van boek III konden ze niet accepteren, omdat hij geen strikt mechanistische verklaring van de gravitatie had gegeven. Daar komt nog bij dat Newtons eigen opvatting over het wezen van de zwaarte gewoonlijk werd geïdentificeerd met de interpretatie van zijn volgelingen, die dikwijls verder gingen dan de meester zelf. Sommige epigonen namen aan dat de gravitatie niet slechts een algemene, maar ook een essentiële eigenschap van de materie is en dus onlosmakelijk daarmee verbonden. Bovendien gingen ze uit van *actio in distans* (werking op afstand): de gravitatie zou de afstand tussen twee lichamen overbruggen door een lege ruimte heen, zonder tussenkomst van een of ander medium.

Newton zelf heeft echter ten stelligste ontkend dat de zwaarte inherent is aan de materie, terwijl hij ook nooit *actio in distans* heeft aangenomen. Telkens weer stelde hij dat de gravitatie een waarneembaar

feit is, maar dat hij zich niet uitliet over een achterliggend mechanisme. Hij beschouwde haar slechts als een mathematische kracht waarvan de fysische oorzaak hem onbekend was. Desondanks verweten zijn critici hem dat hij was teruggevallen in de nietszeggende terminologie van de middeleeuwse scholastiek, met zijn specifieke, onherleidbare, occulte eigenschappen, zoals die aan elke plant of steen of geneesmiddel werden toegeschreven. Een fraai voorbeeld hiervan is te vinden in *Le malade imaginaire* (1673) van Molière, die in dit stuk een kandidaat in de geneeskunde belachelijk maakt, omdat deze op de examenvraag waarom opium slaapverwekkend is, antwoordt dat het een slaapverwekkende eigenschap heeft, zeer tot genoegen van de faculteit. De mechanistische natuurfilosofie wilde juist met dit nietszeggende verbalisme afrekenen. Omdat Newtons gravitatiebeginsel het zonder mechanistische verklaring moest stellen, was het voor leibnizianen en cartesianen een inhoudsloos begrip en als zodanig dus niets anders dan een terugkeer naar de middeleeuwse duisternis. Dit verwijt was echter niet terecht, want in tegenstelling tot de slaapverwekkende eigenschap van het opium in het stuk van Molière konden over de zwaartekracht kwantitatieve uitspraken gedaan worden. Telkens weer heeft Newton erop gewezen dat hij met de term 'gravitatie' geen verklaring bedoelde te geven, maar slechts een verschijnsel mathematisch wilde beschrijven. Zo schrijft hij in het *Scholium Generale* van de *Principia*:

Tot dusver ben ik er echter niet in geslaagd de oorzaak van deze eigenschappen van de zwaarte uit de verschijnselen te ontdekken en hypothesen verzin (fanataseer) ik niet (*hypotheses non fingo*); want wat niet uit de verschijnselen is afgeleid, moet een hypothese genoemd worden en of ze nu metafysisch zijn of fysisch, of ze nu occulte eigenschappen betreffen dan wel mechanisch zijn, hypothesen horen in de experimentele natuurwetenschap niet thuis.

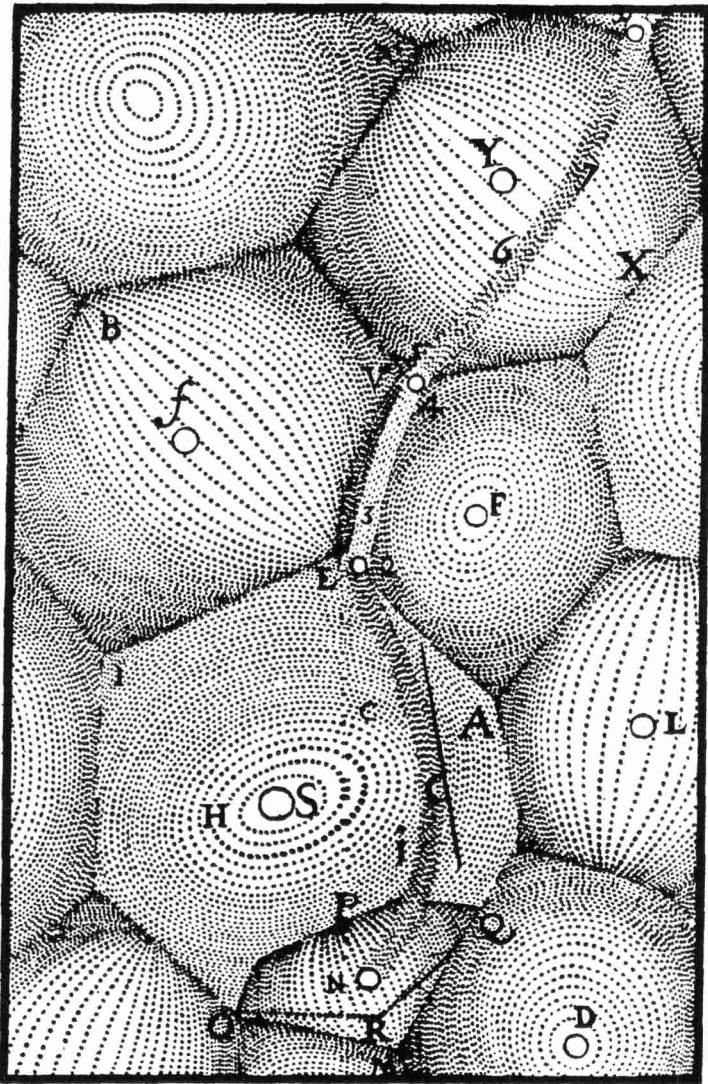
Uit dit citaat blijkt dat Newton niet alleen de argumenten van zijn tegenstanders poogde te weerleggen, maar dat hij ook zelf de aanval opende door scherp stelling te nemen tegen het ongelimiteerd gebruik van hypothesen. Een soortgelijke kritiek hierop vinden we o.a. in de eerder gegeven passage over de analytisch-synthetische methode en in de hierboven behandelde vierde regel van redeneren. Toch heeft Newton zelf ook diverse hypothesen uitgesproken. Zijn methodologisch standpunt dat experimenten het laatste woord hebben en dat we door inductie tot algemene uitspraken moeten komen, heeft een hypothetisch element in zich. Ook het aannemen van een absolute ruimte,

waarvan hij zelf erkent dat ze voor onze zintuigen niet waarneembaar is, kan men als een hypothese beschouwen. Maar nog afgezien daarvan, in hetzelfde *Scholium Generale*, waarin Newton zijn veto over het verzinnen van hypothesen uitsprak, opperde hij de mogelijkheid van het bestaan van een uiterst fijn verdeelde *spiritus* (geest), een medium dat alle 'grove' lichamen zou doordringen en waarmee wellicht natuurverschijnselen, zoals cohesie, elektriciteit, breking en terugkaatsing van het licht en prikkelgeleiding in het lichaam verklaard zouden kunnen worden. Vooral echter in de *Queries* van de *Opticks* heeft Newton in vragende vorm allerlei vermoedens en gissingen uitgesproken over alle mogelijke natuurverschijnselen.

De vraag rijst dan ook: als Newton zelf allerlei hypothesen heeft uitgesproken, wat bedoelde hij dan precies met *Hypotheses non fingo*? Om hierop een antwoord te geven moeten we niet alleen op het woord 'hypothesen' letten, maar ook op 'fingo', dat hier 'verzinnen' in de zin van 'fantaseren' betekent. Er zijn namelijk hypothesen die aan de hand van de verschijnselen worden opgesteld en zich experimenteel laten toetsen en hypothesen die niets anders zijn dan oncontroleerbare speculaties en vooropgezette meningen. En dan maakt het nog een groot verschil of men hypothesen van de laatste soort als zodanig erkent en er verder geen conclusies aan verbindt of dat men ze tot hoeksteen van een theorie maakt. Dat laatste deed Descartes, wiens fysica in belangrijke mate steunt op oncontroleerbare a priori aannames over vorm en afmetingen van onzichtbaar kleine materiedeeltjes. Het waren dit soort ad hoc hypothesen die Newton onmogelijk kon aanvaarden. Daarentegen was een zinvol gebruik van hypothesen voor hem niet alleen volkomen acceptabel, maar zelfs gewenst. In een brief aan Henri Oldenburg (1672) schreef hij:

... de beste en veiligste wijze van filosoferen lijkt mij dat we in de eerste plaats de eigenschappen der dingen nauwkeurig onderzoeken en door experimenten vaststellen, en ons vervolgens tot hypothesen wenden om ze te verklaren. Want hypothesen mogen slechts dienen ter *verklaring* van de eigenschappen der dingen, en niet ter *bepaling* (cursiv. van mij, d.P.) ervan, tenzij voor zover ze experimenten aan de hand kunnen doen.

Hieruit blijkt duidelijk Newtons kritiek op Descartes: wat hij afwijst zijn hypothesen die een dwingende verklaring voorschrijven en niet op empirische feiten berusten. Zulk soort fantasieën leidt alleen maar tot



**Figuur 6.**

De vortextheorie van Descartes (1644). Tussen de wervels van de zon (S) en de vaste sterren (f, F, enz.) loopt de baan van een komeet (1-7).



systemen die op hersenschimmen zijn gebouwd. Zijn eigen niet of niet voldoende onderzochte hypothesen houdt Newton dan ook gewoonlijk zorgvuldig buiten zijn eigenlijke betoog. Zo staan bijv. zijn speculaties over het mechanisme van de gravitatie of het wezen van het licht geheel los van de behandeling van de gravitatiewet en de wetten voor de kleurschifting. Ze worden dikwijls 'opgeborgen' in diverse nabschouwingen (*scholia*) of in de *queries* van de *Opticks*. Zo is bijv. de zoëven genoemde *spiritus* naar het *Scholium Generale* verbannen, omdat Newton naar zijn eigen zeggen over niet genoeg experimentele gegevens beschikte om de werking van dit medium nauwkeurig te bepalen.

Newtons kritiek betrof echter niet slechts dit ene facet van het cartesianisme, maar zij gold het systeem van Descartes in zijn totaliteit, omdat de Brit ervan overtuigd was dat het tot atheïsme leidde. Reeds de titel van Newtons hoofdwerk verraadde iets van zijn polemie met Descartes. De Franse wijsgeer had zijn natuurfilosofische denkbeelden uiteengezet in zijn *Principia philosophiae* (1644) en daar stelde Newton in 1687 zijn *Principia* tegenover, beginselen tegenover beginselen. Ook de plaats die boek II in de *Principia* inneemt, heeft met dit dispuut te maken. We hebben immers gezien dat Newton in boek I een theoretische, mathematische mechanica ontwikkelt en deze in boek III op het zonnestelsel toepast, zodat de vraag rijst waarvoor boek II dan dient. Men krijgt sterk de indruk dat de in boek II behandelde onderwerpen het brede kader vormen voor het uiteindelijke doel van dit boek, namelijk een grondige weerlegging van de werveltheorie van Descartes. De Franse filosoof nam aan dat de oneindige ruimte uit onzichtbaar kleine bolletjes hemelmaterie bestond en dat de overblijvende poriën waren opgevuld met uiterst fijn verdeelde subtiele materie (al moet men bij Descartes eigenlijk zeggen dat deze poriën de subtiele materie zelf zijn, omdat hij uitgebreidheid en materie identificeerde, zodat een vacuüm voor hem onbestaanbaar was). Elk hemellichaam heeft een kolk of wervel (*vortex*) hemelmaterie om zich heen, waarin eventuele lichamen in een baan om dat hemellichaam worden meegesleept (*figuur 6*). Zo worden de planeten door de zonnewervel meegenomen in een baan om de zon. Descartes had met zijn nogal vage en uitsluitend kwalitatieve wervelhypothese veel succes ge oogst. Ook in Newtons tijd waren Descartes' inzichten nog toonaangevend, zodat ze een sta-in-de-weg vormden voor de acceptatie van de gravitatie-theorie. Pas toen Newton er in boek II in geslaagd was door middel van een wiskundige behandeling van de wervelbeweging aan te tonen dat de

vortexhypothese in strijd was met de astronomische verschijnselen, kon hij er in boek III zijn eigen gravitatie-theorie tegenover stellen.

Blijkbaar was er Newton veel aangelegen definitief met Descartes' werveltheorie af te rekenen, want in het *Scholium Generale* vat hij zijn fysische bezwaren ertegen nog eens samen. Daarmee is echter nog niet de achtergrond van zijn kritiek blootgelegd. Die was religieus van aard. Toen Newton als student kennis maakte met de werken van Descartes, werd hij daardoor voorgoed gewonnen voor de gedachte dat verschijnselen verklaard dienden te worden met behulp van bewegende deeltjes. Van meet af aan had hij echter bezwaren tegen de opvatting van het 'orthodoxe' mechanicisme dat de beweging van een lichaam alleen het gevolg kon zijn van de beweging van een ander lichaam, met andere woorden, dat beweging uitsluitend veroorzaakt werd door contactwerking van deeltjes. Het blijkt dat hij op dit punt onder invloed stond van de zogenaamde Cambridge-platonisten, met name Ralph Cudworth en Henri More, die beducht waren voor de scheiding tussen materie en geest, zoals deze voorgestaan werd door Descartes, Hobbes en anderen, die voor de verklaring van verschijnselen in de stoffelijke wereld alleen materiële oorzaken accepteerden.

In hun voetspoor meende ook Newton dat een dergelijke scheiding ertoe leidt dat God wordt losgemaakt van zijn schepping. Hij was ervan overtuigd dat de identiteit van materie en uitgebreidheid in het systeem van Descartes, gekoppeld aan het idee dat de verklaring van het hele natuurgebeuren uitsluitend op rekening komt van bewegende materiedeeltjes, de weg opende naar het atheïsme. Op het eerste gezicht lijkt deze beschuldiging onterecht. Niet alleen had Descartes in zijn *Principia philosophiae* een bewijs gegeven voor het bestaan van God, maar ook had hij op grond van Diens onveranderlijkheid het behoud van 'hoeveelheid beweging' aangenomen -dat wil zeggen, de som van massa maal versnelling van alle deeltjes in het heelal is constant. Dat neemt echter niet weg dat de Franse filosoof van mening was dat hij uit zijn beginselen over materie en beweging de hele kosmos kon deduceren, inclusief het ontstaan ervan, zodat God in het cartesische systeem in feite toch overbodig werd. Reeds Pascal had erop gewezen dat er in de wereld van Descartes voor God niet meer te doen was dan een 'vingerknip' te geven, die de deeltjes in beweging zette, waarna de rest vanzelf zou gaan. Newton, die deze overbodig-

heid van God echter evenmin als Pascal kon aannemen, wees allereerst elke speculatie over het ontstaan van het heelal af:

De prachtige schikking van zon, kometen en planeten kon alleen maar ontstaan door het overleg en het vermogen van een denkend en machtig Wezen.

Daarmee is voor hem echter Gods activiteit niet teneinde. Naar het inzicht van Newton is hij blijvend bij zijn wereld betrokken, zowel door zijn alomtegenwoordigheid in de absolute ruimte, waardoor hij ononderbroken in contact staat met zijn schepping, als door zijn rechtstreeks ingrijpen, bijvoorbeeld in de door Newton noodzakelijk geachte herhaalde regeneratie van het zonnestelsel. In dit licht bezien is het niet verwonderlijk dat hij in zijn *Principia* stelt dat het spreken over God aan de hand van de verschijnselen tot de experimentele natuurwetenschap behoort, maar dat betreft dan wel een God die souverain en vrij is. Wie met Descartes poneert dat de totale hoeveelheid beweging in het heelal constant is en dat terugvoert op de onveranderlijkheid van God, legt volgens Newton diens vrijheid en macht aan banden. Het menselijk intellect heeft niet uit te maken wat God doen of laten kan. Het is de taak van de fysicus door onderzoek van de verschijnselen uit te vinden wat God in de schepping tot stand gebracht hééft en niet wat hij tot stand had kunnen of moeten brengen, omdat ons denken hem dat voorschrijft. Een standpunt dat we al bij Bacon vinden uitgedrukt in diens adagium: *de natuur wordt slechts overwonnen door haar te gehoorzamen.*

### **Alchemie en actieve beginselen**

Newton heeft altijd vastgehouden aan het mechanistische beginsel dat deeltjes-in-beweging een realiteit vormen in de natuur, maar tegelijkertijd ontkend dat dit de volledige realiteit is. Bovendien nam hij, in navolging van Gassendi, het bestaan van kleinste deeltjes (atomen) aan, iets wat Descartes niet deed en ook niet kon doen, omdat hij immers materie en uitgebreidheid identificeerde. Voor Newton was de uitgebreidheid slechts een van de eigenschappen van de materie. Andere voor ons waarneembare kenmerken zijn bijvoorbeeld haar ondoordringbaarheid, hardheid, beweegbaarheid en zwarte, maar het wezen van de stof zullen we nooit volledig kunnen doorgronden, omdat zij haar bestaan dankt aan de vrije wil van God.

In Newtons visie is Descartes' dichotomie in denkende en uitgebreide substantie, in materie en geest er de oorzaak van dat God ten onrechte van de stoffelijke wereld wordt losgemaakt. Voor Newton was zij blijvend afhankelijk van Gods bemoeienis. Zo stelde hij tegenover Descartes dat de hoeveelheid beweging altijd afneemt en dat dus het bestaan van door God geschapen actieve beginselen vereist wordt om deze afname te compenseren, al wordt ook de mogelijkheid van een rechtstreeks ingrijpen van God opengelaten. Zulke principes zijn bijvoorbeeld de oorzaak van de zwaarte, waardoor lichamen hun baanbeweging houden of een snelle valbeweging ontvangen, de oorzaak van de fermentatie waardoor hart en bloed in beweging blijven, en de warmte. In de lijn van Boyle meende Newton verder te kunnen constateren dat ook bepaalde chemische verschijnselen zich niet afdoende met behulp van contactwerking tussen deeltjes laten verklaren. Van de chemie kwam hij tot de alchemie -van een strikte scheiding tussen die twee is overigens nog geen sprake- en het is bekend dat hij zich daarmee in verschillende perioden intensief heeft beziggehouden, o.a. kort voor het verschijnen van de *Principia*, in verband met het probleem van de gravitatie: kan de zwaarte verklaard worden door middel van contactwerking van een of ander medium, is het een door God geschapen actief beginsel of staat God rechtstreeks in contact met de materie en bewerkt hij zo de zwaarte onmiddellijk? Vragen die hem zijn leven lang hebben beziggehouden. In de alchemie vond hij de tegenpool van het cartesische mechanisme: de wereld als levend organisme tegenover de wereld als machine. Zelfs een steen is daar lichaam (Venus en het vrouwelijke), ziel (zon en maan) en geest (Mercurius en het mannelijke). Zowel in de neoplatonische traditie, o.a. van de eerder genoemde Cambridge-platonisten Cudworth en More, als in de alchemistische traditie wordt de nadruk gelegd op actieve beginselen die op de passieve materie inwerken, zoals aantreking en afstoting. En aangezien hij overtuigd was van de 'analogie van de natuur' was zijn conclusie dat niet alleen in de (al)chemie, maar ook elders, zoals bij gravitatie, fermentatie, warmte, elektriciteit, prikkelgeleiding en magnetisme actieve principes werkzaam waren. Juist aan het feit dat hij de enge mechanistische categorieën aanvulde met andere, aan de alchemie ontleende beginselen heeft Newton zijn blijvende faam te danken. Of om het compact te zeggen; zonder alchemie geen gravitatietheorie.

Het is gezien het bovenstaande geen wonder dat Leibniz en de cartesianen Newton, zoals we al zagen, beschuldigden van het herinvoeren

van middeleeuwse, occulte eigenschappen. Newton heeft trouwens ook nooit ontkend dat zijn actieve beginselen occult waren in die zin dat hij hun oorzaken niet kende. Hij verwierp echter de aristotelische occulte eigenschappen even hartgrondig als zijn tegenstanders, omdat deze kwaliteiten niet alleen onbekend, maar ook onkenbaar waren. Newtons actieve beginselen stammen niet uit de scholastieke traditie, maar uit een heel andere, namelijk die van de natuurlijke magie, die in de Renaissance een sterke opleving kende. In de scholastiek betekende het invoeren van occulte eigenschappen alleen maar een poging om het concept van het bestaan van specifieke (aristotelische) 'vormen' of 'naturen' in stand te houden, zonder dat er verder onderzoek naar plaatsvond. Wanneer echter in de natuurlijke magie van de Renaissance voor een of ander verschijnsel het bestaan van occulte krachten werd aangenomen, was dit voor haar beoefenaars een stimulans om experimenten op te zetten, die ten doel hadden de verborgen oorzaak manifest te maken, zoals ook de zwaarte weliswaar een verborgen oorzaak heeft, maar als zodanig een manifeste eigenschap van lichamen is.

De verwevenheid van Newtons opvatting over krachtwerkingen bij fysische en alchemistische verschijnselen is evident. In zijn *An hypothesis explaining the properties of light* (1675) doet hij bijvoorbeeld de suggestie dat alle lichamen samengesteld zijn uit zekere etherische geesten of dampen, die in verschillende mate en in verschillende vormen gecondenseerd zijn. De kracht tot deze vorming en samenballing was in gang gezet door God, toen hij zijn schepselen het bevel gaf toe te nemen en te vermenigvuldigen. Een van deze vermeende geesten is de ether, die Newton onderscheidde in de *maine flegmatic body of aether* en de verschillende andere *aethereal spirits*, zoals elektrische en magnetische *effluvia* (uitvloeisels) en het gravitatieprincipe. Een tweede, die zich volledig door de eerste verspreid heeft, is licht. En deze twee geesten, ether en licht, werken onophoudelijk op elkaar in, zodat "*nature is a perpetual worker*". Dit soort denkbeelden is ook te vinden in het alchemistisch geschrift *Of nature's obvious laws and processes in vegetation* (ca. 1674). Ook in Newtons latere werk, als zijn denkbeelden meer gerijpt zijn, komen we soortgelijke uitingen tegen. Zo vinden we in de *Queries* van de *Opticks* een groot aantal opmerkingen over allerlei interacties tussen lichamen, licht en ether.

Terwijl voor ons alchemie en (natuur)wetenschap onverenigbare benaderingen zijn om grip op onze wereld te krijgen, is dit voor Newton en vele van zijn tijdgenoten niet het geval, zodat het ook niet nodig is

hem te zien als een gespleten persoonlijkheid. Integendeel, modern historisch onderzoek van Newtons manuscripten heeft afdoende aangetoond, dat hij geen aantrekkende en afstotende krachten als de hoeksteen van zijn fysisch systeem had aangenomen, als hij zich niet intens met alchemie en andere uitingen van de magische traditie had beziggehouden.

## Geloof en wetenschap

Er is echter meer: datzelfde onderzoek heeft ook laten zien dat de basisbegrippen van Newtons natuurfilosofie nog verder kunnen worden opgehelderd, wanneer men niet alleen de alchemie erbij betreft, maar ook oog heeft voor het theologisch raamwerk van zijn denken. Ik heb er al op gewezen dat de joods-christelijke leer van de schepping en de voorzienigheid een fundamentele rol speelde in het denken van Newton. Het aandragen van argumenten voor de voortdurende aanwezigheid en werkzaamheid van God in de natuur behoorde naar zijn diepste overtuiging tot het terrein van de natuurwetenschappen. Zijn opvatting dat de materie slechts een klein deel van de oneindige ruimte vult en dat elk lichaam vanwege de atomaire structuur van de stof een groot aantal kleine vacua bezit, hangt nauw samen met zijn standpunt over Gods handelen in de natuur, al dan niet door middel van actieve beginselen. Immers, dank zij deze corpusculaire opbouw van de materie is er voldoende tussenruimte beschikbaar voor de werking van deze principes.

Een moeilijk probleem voor Newton is de mate van (im)materialiteit van de actieve beginselen. Voor de wijze waarop hij deze kwestie trachtte op te lossen, kan men een parallel trekken met zijn ariaanse christologie. Allereerst is er de overeenkomst dat Christus middelaar is tussen God en mensen, terwijl de actieve beginselen bemiddelen tussen God en de materie. Daarnaast is er de overeenkomst in rangorde: zoals Christus ten opzichte van de mens goddelijk is, zijn de actieve beginselen ten opzichte van de materie onstoffelijk. Ten opzichte van God die een geest is, zijn de actieve beginselen echter stoffelijk, zoals ook Christus ten opzichte van God zelf zijn goddelijkheid verliest. Het lijkt een soort evenredigheid:

1. God : Christus = Christus : mens (mate van goddelijkheid).
2. God : actief beginsel = actief beginsel : materie (mate van stoffelijkheid).

Dat de natuurwetenschap bij Newton in dienst staat van de geloofsverdediging blijkt uit diverse plaatsen in zijn werken. Zo wijst hij er op dat men met de gravitatie niet kan verklaren waarom de banen van de planeten nagenoeg in hetzelfde vlak liggen en bovendien nog in dezelfde richting worden doorlopen, terwijl de kometen in alle mogelijke banen, vlakken en richtingen bewegen. Hetzelfde geldt voor het feit dat de planeten precies de snelheid hebben die past bij hun massa en afstand tot de zon. De Schepper plaatste de planeten, vooral Jupiter en Saturnus, op grote afstand van de zon. Op kortere afstand zouden ze immers vanwege hun massa zo'n sterke storing in het systeem teweegbrengen, dat ze op den duur op de zon zouden storten. Om precies dezelfde reden staan ook de veel grotere sterren zo onvoorstelbaar ver van ons zonnestelsel af, dat de gravitatie, ondanks de grote massa van de sterren, geen merkbare invloed heeft. Volgens Newton is het uitgesloten dat een dergelijk heelal door blinde en toevallige noodzaak tot stand gekomen is: het kan niet anders of we hebben hier te maken met het resultaat van de raad en het overleg van een uit vrije wil handelende Schepper, die bedreven is in wiskunde en mechanica.

Omdat Newton de natuurverschijnselen niet uitsluitend met behulp van bewegende deeltjes verklaarde, maar ook Gods actieve bemoeienis -middellijk dan wel onmiddellijk- met zijn schepping noodzakelijk achtte, was zijn natuurwetenschap in de ogen van sommige apologeten van het christendom een welkome bondgenoot in de strijd tegen atheïsme en deïsme. Aan het eind van de zeventiende eeuw was er in Engeland een groot aantal vrijdenkers, dat het christelijk geloof scherp bekritiseerde, met als gevolg dat er een stroom van apologetische geschriften verscheen. Het was aanvankelijk vooral de natuuronderzoeker Boyle, die zich veel moeite gaf het christelijk geloof te verdedigen met behulp van de nieuwe mechanistische natuurwetenschap, omdat diverse vrijdenkers daarmee juist het materialisme propageerden. Hij liet zelfs een legaat na om daarmee lezingen te bekostigen ter bestrijding van het atheïsme. Deze lezingen zijn bekend geworden onder de naam *Boyle-lectures*. De eerste die ze hield was de theoloog-filoloog Richard Bentley (1692), die daarvoor steun zocht bij Newton. Om te weten of hij de *Principia* goed begrepen had, correspondeerde hij met de auteur over diverse onderwerpen. Uit deze briefwisseling, waarin Newton ook de boven genoemde argumenten over de massa, baanvorm enz. van de planeten naar voren bracht, blijkt dat hij het initiatief van Bentley toejuichte:



Toen ik mijn verhandeling over ons systeem schreef [het zonnestelsel, d.P.] had ik het oog op zulke beginselen die zouden kunnen bewerken dat de mensen het geloof in een godheid zouden gaan overwegen, en niets kan mij meer verheugen dan te ervaren dat het nuttig is voor dat doel.

## De ontvangst van Newtons denkbeelden

Het werk van Newton verschafte het denkkader waarbinnen de natuurwetenschap zich de komende twee eeuwen zou bewegen. In het voorwoord van de *Principia* had hij de suggestie gedaan het door hem begonnen onderzoek voort te zetten met als uitgangspunt dat aan alle verschijnselen krachtwerkingen ten grondslag liggen. In zijn voetspoor bouwde men in de achttiende eeuw dan ook niet alleen de mechanica verder uit, maar begon men ook verschijnselen te bestuderen die tot dan toe nog nauwelijks waren onderzocht of die men, ondanks de beschikbare empirische gegevens, nog niet mathematisch had kunnen behandelen. IJverig speurde men naar krachtwetten voor verschijnselen als magnetisme, elektriciteit, capillariteit en sterkteleer. In Nederland was het newtonianisme reeds vroeg bekend, maar de eigenlijke doorbraak kwam na 1715. In dat jaar hield Herman Boerhaave, hoogleraar geneeskunde te Leiden, een rede over het verkrijgen van zekerheid in de fysica, waarin hij de loftrumpet over Newton opstak, kort nadat in 1714 te Amsterdam een roefdruk verschenen was van de tweede editie (1713) van de *Principia*. Met name de hoogleraren Willem Jacob 's Gravesande en Petrus van Musschenbroek hebben door hun natuurkunde-onderwijs in Leiden en Utrecht in de periode 1720-1760 een belangrijke bijdrage geleverd aan de verspreiding van het newtonianisme op het vasteland van Europa. Hun Latijnse leerboeken werden uitgegeven in een groot aantal Europese landen, terwijl er vertalingen verschenen in het Nederlands, Frans, Duits, Engels en Zweeds. Frankrijk bleef nog geruime tijd een cartesians bolwerk, maar onder andere door het populariserende boek *Élémen[t]s de la philosophie de Neuton* (1736) van Voltaire, die in Leiden 's Gravesande had bezocht, kregen de ideeën van Newton ook in Frankrijk grote invloed.

Wat de aard van de reacties op Newtons denkbeelden betreft, wij zijn al enkele eeuwen zo vertrouwd met het gravitatieprincipe dat we ons enerzijds niet meer kunnen voorstellen dat cartesianen en leibnizianen er een terugval in de middeleeuwse duisternis in zagen, maar ander-





**Figuur 7.**

Titelprent van Voltaires *Élémen[t]s de la philosophie de Neuton* (1736).

zijds kunnen we ook niet meer navoelen wat een geweldige indruk de gravitatiewet op de mensen uit het tijdperk van de Verlichting maakte. Om dat laatste te begrijpen, dienen we ons te realiseren dat, dank zij het werk van Newton, hemelse en aardse bewegingen voor het eerst met één eenvoudige wiskundige wet beschreven konden worden. Men was ervan overtuigd dat nu de grondwet van de kosmos was gevonden voor een kracht die zich tot in alle uithoeken van het heelal manifesteerde. Daarnaast spraken zijn proeven over de kleurschifting sterk tot de verbeelding van een breed publiek, toen ze algemeen bekend geworden waren door de publikatie van de *Opticks* in 1704. Het aanvankelijke verzet tegen Newtons denkbeelden dat er eerst was van de kant van de 'oude garde' verdween in de loop van de achttiende eeuw tenslotte vrijwel geheel. Hiertoe droegen onder andere bij de expedities naar Peru (1735) en Lapland (1736), georganiseerd door de Parijse *Académie des Sciences*, waardoor kwam vast te staan dat de aarde aan de polen was afgeplat, zoals Newton op grond van zijn theorie van de zwaartekracht had geconcludeerd, en niet aan de evenaar, zoals de cartesianen meenden.

De gravitatie, de kleurschifting, de differentiaal- en integraalrekening en het succes van Newtons methode maakten dat hij in de achttiende eeuw als een halfgod werd vereerd. De dichter Alexander Pope legt ons in een beroemd geworden distichon uit waarom:

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

In deze twee regels vatte hij blijkbaar niet alleen Newtons gravitatiewet en zijn optische ontdekkingen samen, maar bracht hij bovendien het gevoel dat vele achttiende-eeuwers hadden, kernachtig onder woorden, namelijk dat met de grote Brit eindelijk de eeuw van het licht was aangebroken. Voltaire deed voor Pope niet onder, toen hij in een gedicht aan de cherubijnen rond Gods troon vroeg of ze niet ja-loers waren op de grote Newton. En op de titelprent (*figuur 7*) van zijn reeds genoemde *Élémen[t]s de la philosophie de Neuton* zit hij achter zijn schrijftafel en vangt daar iets op van het hemels licht dat Newton omstraalt en via een spiegel in de hand van een vrouw, die mogelijk de (natuur)wetenschap voorstelt, ook de Franse literator verlicht. Newton is voor hem de initiator van de Verlichting, bij wie zelfs beroemde staatslieden en veroveraars tot figuren in een schelmengalerij ineenschrompelen. Zijn vriendin, de markiezin du Châtelet vertaalde en becommentarieerde zelfs de *Principia*.

Velen werden ertoe geïnspireerd Newtons zo succesvol gebleken methode toe te passen op terreinen buiten de natuurwetenschappen. Het voor ons wonderlijkste voorbeeld daarvan is wellicht het boek *Theologiae christianae principia mathematica* (wiskundige beginselen van de christelijke theologie, 1699) van John Craig. Het werk is evenals de *Principia* opgebouwd uit definities, axioma's en stellingen en volledig newtoniaans in zijn presentatie. Met behulp van algebraïsche vergelijkingen werd de waarheid van de evangeliën beargumenteerd en de maximale tijdsduur berekend waarbinnen de wederkomst van Christus noodzakelijkerwijs moest plaatsvinden. Ook op het terrein van de economie, de fysiologie, de filosofie en de letteren is de invloed van Newton merkbaar. Zo meende de Nederlandse graecist Tiberius Hemsterhuis, achtereenvolgens hoogleraar te Amsterdam, Franeker en Leiden, dat de Griekse taal onderzocht moest worden volgens de empirische methode, met het analogiebeginsel als leidraad, terwijl conclusies inductief getrokken dienden te worden. Zijn zoon, de bekende filosoof Frans Hemsterhuis, was van mening dat er slechts twee ware filosofieën waren, die van Socrates en die van Newton.

De grote belangstelling die men in de achttiende eeuw had voor de natuurwetenschappen, niet alleen onder geleerden, maar ook onder de (gegoede) burgerij, is in belangrijke mate aan Newton te danken. Van de vele genootschappen die in de achttiende eeuw werden opgericht, was er een aantal uitsluitend gewijd aan de beoefening van de natuurwetenschappen, waarbij vooral optische en elektrostatische proeven, en experimenten met de luchtpomp erg gewild waren. Bij de hogere standen kwamen ook de dames onder de indruk van de natuurwetenschap in het algemeen en de verdiensten van Newton in het bijzonder. De bellettrie op hun salontafels maakte in vele gevallen plaats voor Francesco Algarotti's *Il Newtonianismo per le Dame* (1737), dat zeven drukken telde en vertaald werd in het Frans, Engels en Nederlands. De volledige Nederlandse titel van dit werk luidt *De Newtoniaansche Wysbegeerte voor de vrouwen, of samenspraaken over het Licht, de Kleuren en de Aantrekkingskracht*. In dialoogvorm wordt een markgravin onderwezen in de fysica van Newton, "deze Goddelyke man, die voor de grontlegger der wetenschappen kan gehouden worden". Bij sommige Newton-dweepers sloegen zelfs alle stoppen door: in 1796 stelde Champlain de la Blancherie voor de kalender zo te wijzigen dat Newtons geboortejaar 1642 het jaar 1 zou zijn, terwijl zijn huis in Woolsthorpe een soort heiligdom moest worden ...

Newtons *Principia* is geen gemakkelijke lectuur. Slechts weinigen waren in staat het boek volledig te begrijpen. Desondanks heeft het, vooral vanwege de gravitatiewet en het succes van de empirisch-mathematische methode een uitstraling gehad die veel verder reikt dan de natuurwetenschap. De Europese cultuur van de achttiende eeuw is er in al haar geledingen diepgaand door beïnvloed. Vanwege zijn symboolfunctie in het tijdvak van de Verlichting, ontstond er een beeld van Newton dat van hem een positivist *avant-la-lettre* maakte, iemand die zich weliswaar (helaas) ook met theologie en alchemie had beziggehouden, maar dat was uiteraard pas op zijn oude dag, toen hij na de mentale inzinking in 1693, zijn scheppende geest verloren had. Dit Newton-beeld is in de twintigste eeuw, zoals we gezien hebben, radicaal gewijzigd en juist daardoor raakten velen opnieuw gefascineerd, niet alleen door de mathematicus, fysicus, chemicus, alchemist, theoloog en kerkhistoricus, maar ook door de *mèns* Newton. De stroom publikaties over hem houdt nog steeds aan. In het afgelopen decennium verschenen twee omvangrijke biografieën, en tientallen artikelen. Mogelijk verdient Newton, die in een gravure van G. Bickham uit 1732 is afgebeeld als een zon temidden van de planeten, een even zorgvuldige behandeling in de geschiedenisboeken van de scholen als de zonnekoning Lodewijk XIV. Tenslotte zagen zijn tijdgenoten hem, om de achttiende-eeuwse literator en wiskundige Pieter Nieuwland te citeren, als degene

Die het eerst den sterveling tot licht van kennis riep  
Wiens geest het grootsch gesticht van ware wijsheid schiep,  
De nevelen van waan en twijfling deed verdwijnen  
En goddelijken glans in sterfelijken oogen schijnen.

## Literatuur

Beth, H.J.E., *Newton's 'Principia'*, 2 dln. (Groningen/Batavia, 1932).

Cohen, I.B., *The birth of a new physics*, (rev. ed., Hammondsworth, 1987).

Christianson, G.E., *In the presence of the Creator: Isaac Newton and his times*, (New York, 1984).

Dijksterhuis, E.J., *De mechanisering van het wereldbeeld*, (Amsterdam, 1950<sup>1</sup>, 1990<sup>4</sup>).

Dobbs, B.J.T., *The foundations of Newton's alchemy or 'the hunting of the greene lyon'*, (Cambridge etc., 1975, 1989<sup>2</sup>)

Fauvel, J., e.a., eds., *Let Newton be! A new perspective on his life and works*, (Oxford, etc., 1988).

Hoeven, P. van der, *Newton, een inleiding tot zijn wijsgerige inzichten*, (Baarn, 1979).

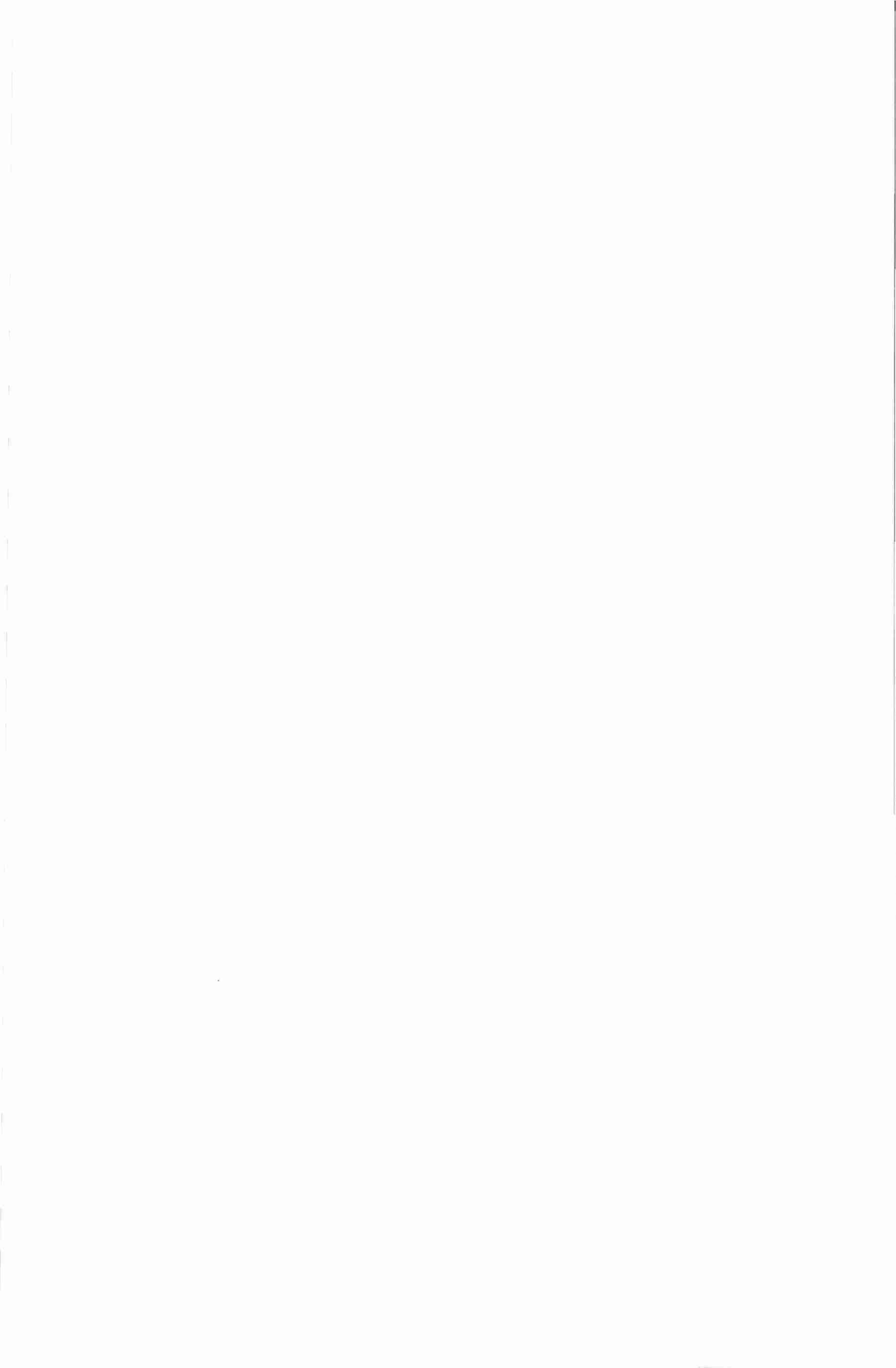
Hall, A.R., *The revolution in science 1500-1750*, (London/New York, 1983).

Koyré, A., *Newtonian studies*, (London, 1965).

[Newton, I.], *Sir Isaac Newton's Mathematical principles of natural philosophy and his system of the world*. Translated into English by Andrew Motte in 1729. The translations revised, and supplied with an historical and explanatory appendix, by Florian Cajori (Berkeley/Los Angeles, 1934; pb. 2 dln. 1966<sup>6</sup>).

Newton, I., *Opticks: or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light*. (...), (London, 1704<sup>1</sup>, 1731<sup>4</sup>; herdruk van vierde editie met 'pre-face' (I.B. Cohen), 'Foreword' (A. Einstein), 'Introduction' (E.T. Whittaker), 'Analytical table of contents' (D.H.D. Roller), (New York, 1931, 1952).

Westfall, R.S., *Never at rest: A biography of Isaac Newton*, (Cambridge, 1980).



# Natuurlijke historie rond 1700: de rol van de microscopie in het natuuronderzoek

*L.C. Palm*

## Inleiding

In de laatste decennia van de zeventiende eeuw vond een aantal belangrijke nieuwe ontwikkelingen plaats in de beoefening van de natuurlijke historie. De belangrijkste daarvan is wel het gebruik in het onderzoek van de recent ontwikkelde microscopen. Daarnaast moet gewezen worden op de toepassing van nieuwe ideeën en concepten bij het verklaren van datgene wat men in het onderzoek tegenkwam. Hierbij vallen vooral op het mechanistisch wereldbeeld, de daaruit afgeleide deeltjestheorieën en de concurrerende opvattingen over voortplanting en erfelijkheid, zoals de leer van epigenese en die van de preformatie. In deze beschouwing zal het begrip natuurlijke historie beperkt worden tot voornamelijk de levende natuur en wat wij nu biologisch onderzoek noemen aan de orde komen. In deze ontwikkeling heeft een aantal Nederlandse onderzoekers een grote rol gespeeld, zoals de filosoof en natuurkundige **Christiaan Huygens** (1629-1695), de arts **Jan Swammerdam** (1637-1680), en de Delftse microscopist **Antoni van Leeuwenhoek** (1632-1723). Als we aan eeuwwenden een speciaal karakter zouden willen toekennen, dan is het buiten kijf dat in het natuurhistorisch onderzoek aan het eind van de zeventiende eeuw het gebruik van de microscoop aan dat onderzoek een fundamenteel ander karakter heeft gegeven.

## De ontwikkeling van de microscoop

Al in de klassieke Oudheid was bekend, dat geslepen glas een vergroterende werking heeft en werd het als zodanig gebruikt. Theoretische verklaringen hiervoor werden wel gezocht, maar pas in de zeventiende eeuw gevonden. Het gemis hiervan heeft echter niet belemmerend gewerkt op het gebruik. Brillen en vergrotende lenzen worden al vanaf de dertiende eeuw als gebruiksvoorwerpen aangetroffen.

De samengestelde microscoop, die uit minstens twee lenzen bestaat, is uitgevonden vlak na het construeren van de eerste verrekijker. Van de laatste is bekend dat de Middelburger **Hans Lipperhey** (gest. 1619) er in 1608 octrooi voor aanvraag. In 1609 had de Italiaanse geleerde **Galileo Galilei** (1564-1642) ervan gehoord en maakte vervolgens zelf een kijker met een bol objectief en een hol oculair. Hiermee ontdekte hij in 1610 de manen van Jupiter, die hij ter ere van zijn broodheer de Mediceïsche sterren noemde. Bij ver uittrekken van zo'n verrekijker kon hij dichtbijzijnde voorwerpen vergroot zien. Het is niet bekend, wie de uitvinder is van de samengestelde microscoop met een bol, sterk vergrotend objectief en een eveneens bol, zwak vergrotend oculair. Vast staat dat **Constantijn Huygens** (1596-1687), de vader van Christiaan, in 1621 in Londen een dergelijk instrument heeft gezien bij de uit Alkmaar afkomstige uitvinder **Cornelis Drebbel** (1572-1633), door de laatste zelf vervaardigd of gemaakt naar een ontwerp van **Zacharias Janssen** uit Middelburg (ongeveer in 1590). In Italië werd aan dit type instrument de naam *microscopium* gegeven.

Deze vroege microscopen hadden nog erg veel gebreken: het glas was gekleurd en niet homogeen, het gezichtsveld was klein, lichtzwak en het beeld vertekend. De vergroting bedroeg ongeveer 25x. Een latere verbetering van de microscopetechniek is het gebruik van doorvallend licht in plaats van opvallend licht. Deze methode was in 1637 al geoperd door de Franse filosoof **René Descartes** (1596-1650), maar pas veertig jaar later door Christiaan Huygens voor het eerst toegepast. Toch konden met dergelijke instrumenten al fraaie resultaten behaald worden, zoals blijkt uit de afbeeldingen in de *Micrographia* uit 1665, geschreven door de Engelse natuuronderzoeker en microscoopbouwer **Robert Hooke** (1635-1703), waarin onder meer de cellen in een plakje kurk beschreven staan.

Een tweede type microscoop is de enkelvoudige, bestaande uit slechts één lens. Nadat men had waargenomen dat het vergrotend vermogen van lenzen toenam naarmate de oppervlakten sterker gekromd waren, ontstond het streven om door steeds kleinere en sterkere lenzen te gebruiken het vergrotend vermogen op te voeren. De hantering van deze lenzen werd hierdoor allengs moeilijker, zodat men de lensjes in een houdertje of statief monteerde en het geheel voorzag van een objectdrager met de mogelijkheid om scherp te kunnen stellen. De oudste enkelvoudige microscoop was nogal primitief: een kartonnen kokertje



met aan een kant een betrekkelijk zwakke lens en aan de andere kant het object (een zgn. vlooien glas).

De onbetwiste meester in het maken van dit soort microscopen was Antoni van Leeuwenhoek. Dankzij een buitengewone technische vaardigheid in het slijpen van lenzen, was hij in staat microscopen van een zeer hoge kwaliteit te maken. Ook is van hem een microscoop bewaard gebleven, in het Utrechts Universiteitsmuseum, waarvan de lens zo goed als zeker geblazen is. Dit is niet zo verwonderlijk omdat Van Leeuwenhoek als een goed glasblazer bekend stond. Van de meer dan 250 microscopen die hij na zijn dood naliet, zijn er slechts enkele bewaard gebleven.

### **Het slijpen van lenzen**

Een belangrijk aspect van de technische ontwikkeling die leidde tot het gebruik van effectieve telescopen en microscopen is de kwaliteit van de lenzen die zich in die instrumenten bevonden. Voor het volgende heb ik gebruik kunnen maken van ongepubliceerde aantekeningen van dr. J. van Zuylen, die veel onderzoek verricht heeft en nog verricht naar de technische aspecten van oude lenzen, zowel wat hun kwaliteit als de manier van maken betreft. Ik ben hem voor deze bereidwilligheid zeer erkentelijk. Zoals gezegd kwam in de dertiende eeuw het ambacht van het vervaardigen van brilleglazen tot bloei, allereerst in Venetië, later ook in Zuid-Duitsland, Spanje en de Nederlanden. In deze streng gereguleerde ambachten was grote concurrentie, zodat men er dikwijls niet veel tijd voor nam om tot een optimale kwaliteit te komen. Omstreeks 1600 waren er naast de centra waar brillen op jaarmarkten verkocht werden, plaatsen waar brillenmakers zich hadden gevestigd en voor de naaste omgeving produceerden. Zij hadden hierdoor meer tijd en konden zodoende beter werk afleveren. Juist in deze periode vallen de uitvinding van de verrekijker en de microscoop. Vooral de verrekijkers vonden direct gretig aftrek, niet alleen bij zeelieden, maar ook bij militairen die ze op het slagveld gebruikten. Ook geleerden ontdekten in navolging van Galilei al snel dat met behulp van goede verrekijkers veel betere en nieuwe astronomische waarnemingen te verrichten vielen.

Door deze ontwikkelingen werden steeds hogere eisen aan de instrumenten gesteld, en groeide de behoefte aan betere lenzen. In de loop van de zeventiende eeuw zien we dan het fenomeen dat naast

brillenmakers ook geleerden zich gingen bezighouden met het slijpen van lenzen. Nederlandse voorbeelden hiervan zijn de joodse filosoof **Baruch de Spinoza** (1632-1677), de Amsterdamse burgemeester en wiskundige **Johannes Hudde** (1628-1704) en de al eerder genoemde Huygens, Swammerdam en Van Leeuwenhoek.

Wat de techniek van lenzen slijpen betreft is het vrijwel zeker dat het in het begin van de zeventiende eeuw reeds algemeen gebruikelijk was om de lenzen in passende metalen vormen te slijpen. Er werden diverse slijpmiddelen gebruikt, maar zand was waarschijnlijk het belangrijkste. Na het slijpen moesten de lenzen gepolijst worden om het oppervlak zo glad mogelijk te krijgen. Hiervoor werd dikwijls een houten vorm toegepast, bekleed met zacht leer waarop het polijstmiddel werd aangebracht, bijvoorbeeld heel fijn, vochtig amarilpoeder. De vorm van dit soort lenzen was niet optimaal. Verbeteringen werden aangebracht in de Italiaanse school van lenzenmakers volgend op het werk van Galilei. De bekendsten van hen zijn **Eustachio Divini** (1610-1685) en **Giuseppe Campani** (1635-1715). Zij leverden lenzen met een goede vorm; hoe zij dat precies deden is onbekend. Uit angst voor de concurrentie waren zij daar heel geheimzinnig over. Onderzoek van Van Zuylen aan nog bestaande lenzen heeft aangetoond dat de stralen van verschillende lenzen nauwkeurig gelijk waren, zodat er op zijn minst van een bijzondere technische vaardigheid gesproken kan worden. Intussen was ook tijdsbesparing opgetreden door het in gebruik nemen van verschillende typen machines om lenzen te slijpen, terwijl aan de andere kant het invoeren van op kolen in plaats van op hout gestookt smeltvuur hogere temperaturen en fabricage van homogener glas mogelijk maakten.

Over de stand van zaken in de Nederlanden kunnen we terecht bij het *Journal* van **Isaac Beekman** (1588-1637), van oorsprong kaarsenmaker, later arts en rector van de Latijnse school in Dordrecht. Hij was zeer geïnteresseerd in de technische en natuurfilosofische aspecten van de natuurwetenschappen en deed daar in zijn dagboeken uitgebreid verslag van. Hij deed onderzoek om na te gaan of er bij het polijsten alleen maar glad gemaakt werd of dat er ook glas van de lens werd verwijderd, wat het geval bleek te zijn. Beekman gaf er de voorkeur aan om zijn lenzen te polijsten in de slijpschaal en niet op laken, hoewel dat laatste vlugger ging. Er zijn zover bekend geen lenzen van Beekman bewaard gebleven.

Van Christiaan Huygens zijn wèl lenzen bewaard gebleven, onder andere in het Utrechts Universiteitsmuseum. Hij schreef in 1665 over het maken van lenzen, wat hij al een jaar of tien gedaan had. Zijn methode was ongeveer die van Beeckman met enkele verbeteringen. Huygens beschreef in tegenstelling tot de beide Italiaanse lenzenmakers en later Leeuwenhoek nauwkeurig zijn manier van werken en de problemen die hij daarbij ondervond. Aan alle details werd buitengewoon veel zorg besteed. Dit had tot gevolg dat twintig jaar later Christiaan Huygens en zijn broer Lodewijk de beste lenzenmakers waren, afgezien van Campani die soms beter glas tot zijn beschikking had. Een analyse van de Utrechtse lens door Van Zuylen laat zien dat ook hier nogal wat polijstfouten voorkomen. Bovendien blijkt Huygens voortdurend problemen gehad te hebben met de kwaliteit van het glas. Het was zelden homogeen, meestal zat het vol luchtbelletjes of met zwartgekleurde verontreinigingen.

### **De microscopen van Van Leeuwenhoek**

De meest bekende microscopist uit het eind van de zeventiende eeuw was de Delftse autodidact Antoni van Leeuwenhoek. Hij had geen natuurwetenschappelijke opleiding genoten, maar was opgeleid voor de detailhandel: hij was lakenhandelaar. Daarnaast had hij zich enige wiskundige en praktische kennis eigen gemaakt, wat blijkt uit zijn diploma als landmeter en zijn aanstelling tot wijnroeier van de stad Delft. Een wijnroeier moest met een peilstok controleren of de inhoud van de vaten en tonnen wel met de opgegeven waarde overeenstemde. Van Van Leeuwenhoek is bekend dat hij daarnaast een niet onverdienstelijk glasblazer en essayeur was, terwijl bovendien uit de kwaliteit van zijn microscopen en zijn wetenschappelijk werk geconcludeerd kan worden dat zijn vaardigheid in het fabriceren van lenzen en het maken van preparaten buitengewoon groot moet zijn geweest.

Ergens in de jaren voor 1668 -het vroegste jaar waarvan met zekerheid bekend is, dat hij microscopen tot zijn beschikking had- moet Van Leeuwenhoek met het maken van lenzen begonnen zijn. Hij is altijd zeer terughoudend geweest met zijn mededelingen hierover zodat we niet weten hoe hij op het idee gekomen is en we zelfs niet precies weten hoe hij ze heeft gemaakt, hoewel recent onderzoek van Van Zuylen er wel een vermoeden van geeft. Het ligt voor de hand te veronderstellen dat hij door het gebruik van loupes of dradentellers voor de kwaliteitscontrole van textielweefsels op het idee is gekomen ook

andere dingen te bekijken, te meer daar zijn microscopen enkelvoudig waren, dus eigenlijk zeer sterk vergrotende loupes.

Meestal gebruikte Van Leeuwenhoek een type microscoop met één lens, die gevat was tussen twee metalen platen. Het object werd bevestigd op een pen die met een aantal schroeven ten opzichte van de lens kon worden ingesteld. De pen is tevens draaibaar. Meer dan 500 microscopjes zijn er door hem gemaakt, waarvan nu nog een tiental is overgebleven. het merendeel was van geel koper, ruim een derde van zilver en een drietal van goud. het metaal dat hij daarvoor nodig had smolt hij zelf uit het erts.

Van Leeuwenhoek maakte zijn lenzen op twee manieren. De eerste sloot aan bij een methode die ontwikkeld was door Hudde. Deze bracht een stukje glas aan op de punt van een naald en hield die in een vlam, waardoor een rond bolletje ontstond dat als lens werkte. Dat Van Leeuwenhoeks lenzen veel beter werkten, komt niet alleen omdat zijn montage effectiever was, maar ook doordat hij mogelijkwijs een wat gewijzigde methode gebruikte, waarbij uit een glazen buis een lens werd gemaakt. Hij zou daarbij als volgt te werk kunnen zijn gegaan. Van een kort stuk dunwandige glazen buis met een diameter van 10 tot 20 mm werd aan beide zijden een punt getrokken en een kant afgesloten. Bij verhitting werd een glazen bolletje geblazen. De gesloten kant werd vervolgens verhit en zoveel mogelijk glas werd weggenomen. Als dit alles goed gedaan werd blijft er een knobbeltje glas over dat bijna automatisch de vorm van een lens aanneemt. Door variatie in verhitting en manier van blazen kunnen verschillen typen en formaten lenzen gemaakt worden. Recente herhalingen van deze procedure leverden lenzen op die wat karakteristieken betreft aansluiten bij de enige geblazen Van Leeuwenhoek-lens die nog over is en bewaard wordt in het Utrechts Universiteitsmuseum.

De tweede manier was het slijpen van lensjes uit stukjes glas. Waarschijnlijk sloop Van Leeuwenhoek zijn lenzen op een draaiende slijpschaal, mogelijk op de verticale spil van een draaibank die hij in zijn 'comptoir' had opgesteld. Doordat de schaal bij gebruik steeds wijder werd, kreeg hij verschillende soorten lenzen. Over het polijsten heeft Van Leeuwenhoek nooit wat meegedeeld, maar onderzoek aan de nog bestaande lenzen, laat zien dat ze geslepen zijn op een enigszins zachte, veerkrachtige stof als laken, vilt of leer. De putjes in het glas die door het slijpen zijn ontstaan, zijn bij deze lenzen net niet verdwenen,

zodat we kunnen concluderen dat Van Leeuwenhoek erg goed heeft opgelet wanneer hij met polijsten moest stoppen. De oppervlakten vertonen een structuur van nog kleine putjes, als bij een sinaasappel; deze hebben op de kwaliteit van de afbeelding nauwelijks invloed. Zelf zegt Van Leeuwenhoek ergens, dat hij zijn lenzen in de loop van de jaren steeds beter heeft gemaakt, zodat hij er veel mee geëxperimenteerd moet hebben.

De geslepen lenzen van Van Leeuwenhoek konden tot 200 maal vergroten; de meeste deden dat zo'n 100x. De geblazen lenzen konden sterker vergroten, de Utrechtse lens 266x.

Voor het verrichten van nieuwe wetenschappelijke waarnemingen en een interpretatie daarvan, is een technische vaardigheid zoals Van Leeuwenhoek die bezat een belangrijke voorwaarde, maar het is niet voldoende. Een open houding, nieuwsgierigheid en een onafhankelijk oordeel zijn evenzeer belangrijk. Daarover beschikte Van Leeuwenhoek, wat een ander bestanddeel is van de verklaring van zijn originaliteit.

In het voorafgaande is niet erg gedetailleerd ingegaan op de technische aspecten van het maken van lenzen. Waar het om ging, is drie dingen duidelijk te maken. Allereerst dat geleerden van naam het in de zeventiende eeuw niet beneden hun waardigheid vonden om zelf het handwerk op te vatten; zulks in tegenstelling tot de houding van voorheen toen handenarbeid voor de gilden en werklieden was en boekenwijsheid voor de wetenschappers. Vervolgens moet benadrukt worden dat het vervaardigen van deze wetenschappelijke instrumenten met grote moeilijkheden gepaard ging die slechts met veel geduld en volharding konden worden overwonnen. Tot slot is er de merkwaardige omstandigheid dat een aantal lenzenmakers hun 'beroepsgeheim' niet wilde prijsgeven, soms uit economische motieven zoals bij Campani en Divini, soms uit angst voor misbruik van de wetenschap ten behoeve van economisch gewin, zoals bij Van Leeuwenhoek. Ondanks deze ongunstige omstandigheden heeft het gebruik van de nieuwe lenzen van hoge kwaliteit grote gevolgen gehad voor de resultaten van het wetenschappelijk onderzoek.

## **Natuurwetenschap in de zeventiende eeuw**

In de wetenschapsgeschiedenis wordt dikwijls gesteld, dat de natuurwetenschappen in de zeventiende eeuw gekenmerkt worden door de

CHRISTIAAN HUIGENS,  
W E R E L D -  
BESCHOUWER,  
O F  
ONDERZOEK OVER DE HEMELSCHE  
AARDKLOOTEN,  
E N D E R Z E L V E R C I E R A A D .  
*Met noodige wiskunstige Afbeeldingen.*  
*Uit het Latyn vertaald*  
D O O R  
P. R A B U S .



T E A M S T E R D A M,  
By S T E V E N V A N E S V E L D T,  
In de Kalverstraat, het derde Huis van  
de Roomfche Kerk de Papegaay,  
1 7 5 4.

**Figuur 1.**

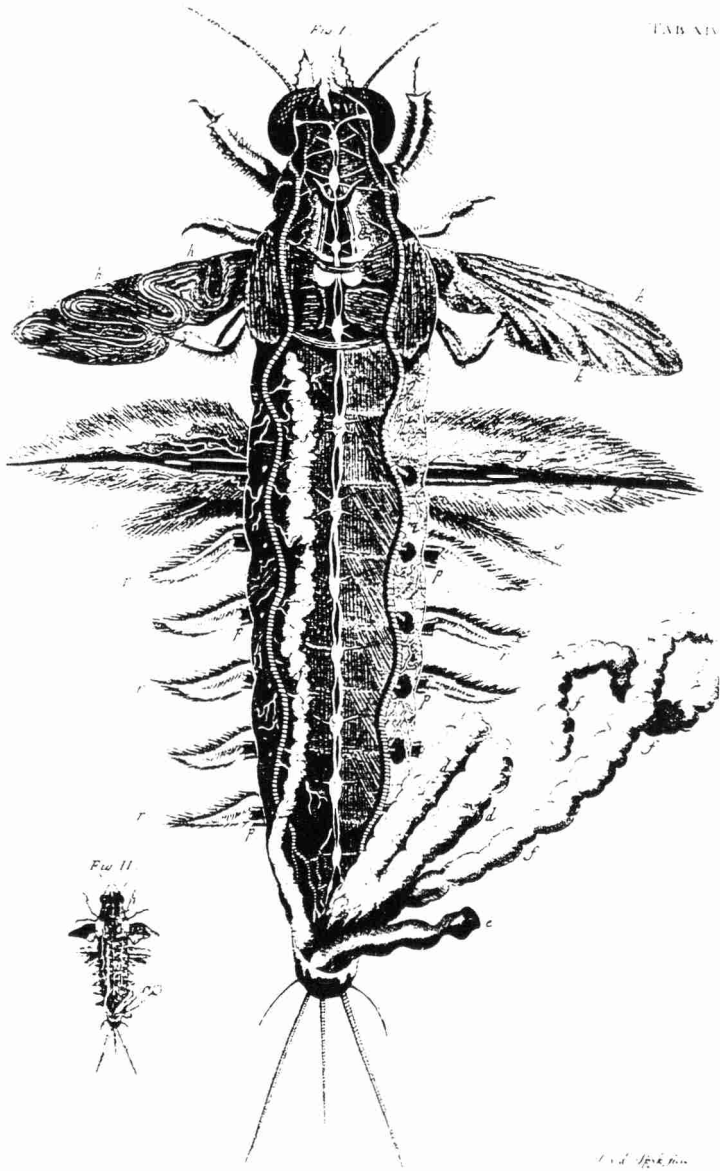
Titelblad van de derde druk van de Nederlandse vertaling van Christiaan Huygens' *Kosmotheoros*, 1754.

overgang van het organistisch naar het mechanistisch wereldbeeld, dat wil zeggen de natuur, de wereld wordt niet meer gezien als één groot organisme, maar als een mechanisme. De wegbereider voor deze nieuwe natuurwetenschap was de Engelse kanselier **Francis Bacon** (1561-1626). Hij voegde inhoudelijk weinig nieuws toe aan de bestaande wetenschap, maar door zijn pleidooi voor waarneming en experiment als grondslagen voor een nieuwe natuurwetenschap hebben vele experimentatoren uit zijn tijd en daarna zich als zijn volgelingen beschouwd.

Ook in de veranderende inzichten in de bouw van het wereldstelsel weerspiegelt zich de nieuwe natuurwetenschappelijke methode. De copernicaanse opvatting dat de aarde om de zon draait en niet andersom, werd onvermoeibaar verdedigd door Galilei, terwijl tenslotte **Johannes Kepler** (1571-1630) op grond van waarnemingen en wiskundige berekeningen aannam dat de banen van de hemellichamen ellipsvormig waren.

Belangrijke bijdragen aan de vergroting van de astronomische kennis kwamen van onderzoekers die met telescopen werkten, zoals Christiaan Huygens. Hij heeft veel fundamenteel en toegepast onderzoek verricht, vooral op het gebied van de wiskunde, sterrenkunde en mechanica. In zijn theoretische verklaringen sloot hij aan bij het belangrijkste mechanistische denksysteem uit zijn tijd, dat ontwikkeld was door Descartes. Heel kort gezegd komt dit erop neer dat de oorzaak van alle natuurverschijnselen gezocht wordt in druk en stoot van deeltjes materie. Te zamen met zijn broer Constantijn had hij een telescoop vervaardigd van 3,5 m lengte. Hiermee ontdekte hij in 1655 een satelliet van Saturnus, de maan Titan. Ook was hij in staat om dank zij zijn waarnemingen een juiste verklaring te geven voor de ringen van Saturnus. Daarnaast ontdekte hij de rotatie van de planeet Mars en de nevelvlek in het sterrenbeeld Orion.

Van Huygens verscheen in 1698 postuum de *Kosmotheoros* (in de Nederlandse vertaling van 1699 *De Wereldbeschouwer, of Gissingen over de Hemelsche Aardklooten, en derzelve cieraad (figuur 1)* geheten). Hierin schreef hij over de mogelijkheden van leven op andere werelden en probeerde hij de kritiek van theologen en anti-copernicanen te weerleggen. Huygens ging er daarbij van uit dat er uniformiteit is in de natuur, zodat het voorkomen van leven op andere planeten aannemelijk te maken is vanuit analogieredeneringen. Bij anatomisch



**Figuur 1.**

Titelblad van de derde druk van de Nederlandse vertaling van Christiaan Huygens' *Kosmotheoros*, 1754.



onderzoek veronderstelt men terecht dat organen die bij sectie van bijvoorbeeld een hond gevonden worden in ongeveer dezelfde vorm ook te vinden zullen zijn bij andere zoogdieren. De recente ontwikkelingen in de astronomie nu hebben ons geleerd, dat de aarde als planeet geen uitzonderingspositie inneemt, dus waarom ook niet wat betreft het voorkomen van leven? Voor deze veronderstelling had Huygens ook een metafysisch argument. God heeft immers de aarde geschapen om de grootheid van zijn Schepping te doen bewonderen en te doen begrijpen. Waarom zou dat dan ook niet met andere planeten het geval zijn? Huygens' beschouwingen trokken ook internationaal zeer de aandacht. De *Kosmotheoros* werd vertaald in het Nederlands, Engels, Frans, Duits en Russisch. De Russische uitgave van 1717 is zelfs de allereerste natuurwetenschappelijke publikatie die in die taal verscheen.

## De bloedsomloop

Een illustratie van de nieuwe wegen die in het onderzoek van levende wezens werd ingeslagen, is te vinden in de opvattingen omtrent de bloedsomloop. De heersende mening was afkomstig van de Romeinse arts **Claudius Galenus** (ca. 130-200). Het hart en de slagaderen zouden op eigen kracht kloppen en het bloed zo in een heen en weer klotsende beweging brengen. In het harttussenschot zouden zich openingen bevinden die voor een verbinding zorgden tussen de aderen en de slagaderen. Het bloed in de aderen zou voor voeding dienen en het bloed in de slagaderen voor het vervoer van de levensgeesten. De aanwezigheid van openingen in het harttussenschot was al eerder door de anatoom **Andreas Vesalius** (1514-1564) ontkend, toen in 1628 de Engelse arts **William Harvey** (1578-1658) voor het eerst de bloedbeweging op een juiste wijze beschreef. Hij bewees door experimenten dat het bloed van het hart door de slagaderen naar het lichaam stroomt en door de aderen weer terugkeert. Het mechanisme van de bloedsomloop werd door hem gecompleteerd door het hart als een uit spierweefsel bestaande pomp te beschouwen. Het bewijs voor het bestaan van verbindingen tussen slagaderen en aderen, de haarvaten, werd pas geleverd door de microscopische studies van drie onderzoekers, de Italiaan **Marcello Malpighi** (1628-1694) en de Nederlanders Swammerdam en Van Leeuwenhoek.

Swammerdam was een buitengewoon begaafd natuuronderzoeker die uitstekende anatomische preparaten wist te maken welke hij vervol-

BYBEL DER NATUURE,  
D O O R  
JAN SWAMMERDAM,

A M S T E L D A M M E R

O F

HISTORIE DER INSECTEN,

TOT ZEEKERE ZOORTEN GEBRACHT: DOOR VOORBEELDEN,  
ONTLEEDKUNDIGE ONDERZOEKINGEN VAN VEELERHANDE  
KLEINE GEDIERTENS, ALS OOK DOOR KUNSTIGE  
KOPERE PLAATEN OPGEHELDERT.

VERRIJKT MET ONTELBAARE WAARNEMINGEN VAN NOGIT  
ONTDEKTE ZELDZAAMHEDEN IN DE NATUUR.

Alles in de Hollandſche, des Auteurs Moedertaale, beſchreven.

HIER BY KOMT EEN VOORREEDEN, WAAR IN HET LEVEN  
VAN DEN AUTEUR BESCHREVEN IS DOOR

HERMAN BOERHAAVE,

PROFESSOR IN DE MEDICYNE &c. &c.

DE LATYNSCHE OVERZETTING HEEFT BEZORGT

HIERONIMUS DAVID GAUBIUS,

PROFESSOR IN DE MEDICINE EN CHEMIE.

I I D E E L



T E L E Y D E N,

By { I S A A K S E V E R I N U S,  
B O U D E W Y N V A N D E R A A,  
P I E T E R V A N D E R A A.

M D C C X X X V I I I

**Figuur 3.**

Titelblad van de tweede deel van de *Bybel der Natuure*,  
1738.

gens met eigengemaakte microscopen bestudeerde. Het zwaartepunt van Swammerdams onderzoek lag in de bestudering van insecten en andere lagere diersoorten. Hij bewees dat bij de gedaanteverwisseling van een rups via een pop tot een vlinder in de rups de inwendige structuren van de vlinder al aanwezig waren (*figuur 2*). Op grond van verschillen in de manier waarop de gedaanteverwisseling plaatsvond, deelde hij de insecten (bij hem hoorden daar ook nog spinnen, schorpioenen, kreeften, slakken, en dergelijke bij) in vier ordes in. Zijn ontdekking van de haarvaten dateert in elk geval van vóór 1667, maar werd pas in 1737-1738 bekend, toen postuum zijn *Bybel der Natuure* (*figuur 3*) werd gepubliceerd. Het grote belang van het werk van Swammerdam schuilt in de nieuwe vragen die hij zich stelde, de theorievorming die hij tot stand bracht en het voorbeeld dat hij anderen gaf door lagere dieren niet te min te achten voor biologisch onderzoek.

### **Antoni van Leeuwenhoek**

Het doorslaggevende bewijs voor het bestaan van een omloop van het bloed werd geleverd door Van Leeuwenhoek (*figuur 4*). Nadat hij in 1674 voor het eerst rode bloedlichaampjes had gezien, zette hij zijn onderzoek op dit gebied gedurig voort. In 1688 tenslotte zag hij in de kieuwen van kikkervisjes "*met groot vermaak seer distinct de omme-loop van het bloet*". Leeuwenhoeks werk vormt het hoogtepunt van het microscopisch natuuronderzoek rond de eeuwwende van 1700. In de ruim vijftig jaar waarin hij over zijn onderzoek berichtte, heeft hij talloze ontdekkingen gedaan in de levende en de dode natuur. Enkele voorbeelden: bacteriën, zaadcellen, de structuur van houtvaten en de radiaal verlopende mergstralen, de parthenogenese bij bladluizen.

Hoewel zijn onderzoek extreme baconiaanse trekjes vertoonde (hij onderzocht immers een schijnbaar willekeurig gekozen groot aantal verschillende objecten en berichtte daar zonder veel samenhang over), zijn er toch enkele grote lijnen uit te destilleren. Van Leeuwenhoek ging ervan uit, dat er orde was in de natuur; microscopisch kleine organismen werkten in principe op dezelfde manier als de grote die wij dagelijks om ons heen zien. Een gevolg van deze opvatting was dat hij het bestaan van een spontane generatie, leven dat uit dode materie ontstaat, afwees.



ANTONIUS A LEEUWENHOEK.

*Regia Societatis Londinensis*  
*membrum.*

*J. Verkolje pinx.*

*A. de Blois fec.*

**Figuur 4.**

Antoni van Leeuwenhoek. Gravure van A. de Blois naar een mezzotint van J. Verkolje.

Hij zocht naar zaadcellen bij alle dierlijke organismen en vond ze bij vele. Omdat enerzijds de heersende opvatting was dat leven beweging is, en anderzijds het inzicht in de structuur van de vrouwelijke voortplantingsorganen gebrekkig was, terwijl de zaadcellen steeds bewogen, meende Van Leeuwenhoek dat een nieuw organisme gevormd was in de mannelijke zaadcel. Binnen de aanhangers van deze preformatieleer rekende hij zich dus tot de animalculisten (animalcula = diertje), in tegenstelling tot de ovisten die het nieuwe leven in het vrouwelijke ei zochten. De concurrerende opvatting, epigenese, werd door hem verworpen, omdat hij niet kon aanvaarden dat zulke perfect gebouwde organismen als levende wezens uit ongeordende materie zouden kunnen voortkomen.

## Besluit

Als we het natuuronderzoek van de eeuwwende 1700 beschouwen, dan valt in de allereerste plaats op dat het onderzoek zich in zijn dimensies enorm heeft uitgebreid: zowel de oneindig grote werelden van de astronomen als de oneindig kleine van de microscopisten vormden nieuwe, vruchtbare terreinen van onderzoek. Dat het microscopisch onderzoek in de achttiende eeuw zich niet op een zinvolle wijze voortzette, valt vooral te verklaren uit het gebrek aan theoretische concepten waarmee het geziene adequaat verklaard kon worden. Toch hebben de nieuwe vragen waarvoor de microscopisten zich geplaatst zagen invloed gehad op de komende generatie. De schier volkomen volmaaktheid van alle levende wezens, de reflectie op de verbijsterende verspilling in de natuur (meer dan een miljoen eitjes per kabeljauw, bijvoorbeeld), en de oneindigheid van het heelal vormden mede de grondslag voor het ontstaan van de voor de achttiende eeuw zo karakteristieke fysicotheologie. Deze wetenschapsopvatting die zich tot doel stelde door middel van het natuurwetenschappelijk onderzoek Gods bestaan te bewijzen wordt niet beter aangeduid dan door de reeds genoemde titel van de postume uitgave van Swammerdams werken: *Bybel der Natuure*.

## Literatuur

Berkel, K. van, *In het voetspoor van Stevin. Geschiedenis van de natuurwetenschap in Nederland 1580-1940* (Meppel: Boom, 1985), pp. 35-68.

Huygens, C., *Cosmotheoros. De Wereldbeschouwer*, vert. P. Rabus, met een inleiding van H.A.M. Snelders (Utrecht: Epsilon Uitgaven 1989).

Kox, A.J. en Polak, P.H., 'Christiaan Huygens 1629-1695', in: A.J. Kox, red., *Van Stevin tot Lorentz. Portretten van achttien Nederlandse natuurwetenschappers*. (Amsterdam: Bert Bakker, 1990), pp. 34-48.

Palm, L.C., 'Antoni van Leeuwenhoek 1632-1723', in: *idem*, pp. 49-60.

Visser, R.P.W., 'Jan Swammerdam 1637-1680', in: *idem*, pp. 61-70.

## Personalia

*Prof.dr. W. van Dooren* doceert filosofie aan de Rijksuniversiteit te Utrecht en de Technische Universiteit te Delft. Hij promoveerde in 1965 op Hegel. Hij schreef o.a. *Vragenderwijs* (7e druk 1986); *Denkwegen* (1983). Hij specialiseerde zich in Renaissance-filosofie en in het bijzonder Pomponazzi. Hij is nu bezig met het uitgeven van teksten van Pomponazzi.

*Drs. M.R. Wielema* (1959), studeerde wijsbegeerte aan de Erasmus Universiteit van Rotterdam. Voornaamste onderwerp van studie: de geschiedenis van de wijsbegeerte in Nederland (hierover enkele publicaties). Secretaris van de in mei 1989 opgerichte Werkgroep Sassen voor de Geschiedenis van de Wijsbegeerte in Nederland.

*Drs. L.C. Palm* (1949), studeerde biologie met geschiedenis der natuurwetenschappen aan de Vrije Universiteit van Amsterdam. Sinds 1975 is hij verbonden aan het Instituut voor Geschiedenis der Natuurwetenschappen, thans als universitair docent.

Onder auspiciën van de Leeuwenhoek-Commissie van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen is hij belast met de uitgave van *Alle de Brieven van Antoni van Leeuwenhoek*.

Daarnaast publiceerde hij over wetenschapshistorische onderwerpen van de Renaissance tot ± 1800.

*Prof.dr. H.A.M. Snelders* (1930), is gewoon hoogleraar in de Geschiedenis van de Natuurwetenschappen aan de Rijksuniversiteit te Utrecht en de Vrije Universiteit van Amsterdam. Hij publiceerde over de geschiedenis van de natuur- en scheikunde en de romantische natuurfilosofie en is thans bezig met de geschiedenis van de scheikunde in Nederland.

*Dr. C. de Pater* (1943), studeerde wis- en natuurkunde aan de Rijksuniversiteit te Utrecht, alwaar hij in 1969 het doctoraal examen wis- kunde aflegde, met als bijvak geschiedenis der natuurwetenschappen. In 1979 promoveerde hij op een proefschrift over Petrus van Musschenbroek. In 1988 verscheen zijn *Willem Jacob 's Gravesande: Welzijn, wijsbegeerte en wetenschap*.

Hij is thans als universitair docent verbonden aan het Centrum Algemene Vorming van de Vrije Universiteit van Amsterdam en aan het Instituut voor Geschiedenis der Natuurwetenschappen van de Rijksuniversiteit te Utrecht. Daarnaast doceert hij nog aan de Evangelische Hogeschool te Amersfoort.

*Prof.dr. Th.H. Zweerman* (1931), studeerde theologie aan het seminarie der Nederlandse franciskanen en vervolgens wijsbegeerte in Leuven en Parijs. Hij is hoogleraar in de wijsbegeerte aan de Katholieke Theologische Universiteit te Utrecht en via dat instituut aan de Theologische Faculteit der Rijksuniversiteit te Utrecht. Sinds 1985 bekleedt hij tevens een leerstoel voor franciscaanse spiritualiteit aan beide genoemde instituten. Zijn publicaties betreffen onderwerpen uit de geschiedenis van de moderne wijsbegeerte en uit de spiritualiteit van Franciscus en Clara van Assisi.



# **STUDIUM GENERALE REEKS**



## **TE BESTELLEN BIJ**

Bureau Studium Generale RUU, Heidelberglaan 8, 3584 CS Utrecht, 030-532436.

Boekhandel Broese Kemink, Heidelberglaan 2, 3584 CS Utrecht, 030-534210.

Boekhandel Broese Kemink, Stadhuisbrug 5, Postbus 38, 3500 AA Utrecht, 030-313804.