



Antoni van Leeuwenhoek 1632-1723

Genezen in de Gouden Eeuw

Bekijk dit boekje liefst beeldvullend  .

Blader met toetsenbordpijltjes of met

  . Raadpleeg de helppagina  voor

het knippen en plakken van tekst en afbeel-

dingen. Klik op items in de inhoudsopgave

 of gebruik de index  . Zoek namen

en woorden  of ga rechtstreeks naar een

bepaalde pagina **1 / 45**.

Voor meer informatie: bezoek de website

Museum Boerhaave: Algemene

Natuurwetenschappen (ANW) .

Voorwoord

Inleiding

Antoni van
Leeuwenhoek, 1632-1723

Wetenschappelijk denken
en wetenschappelijke
communicatie in
Leeuwenhoeks tijd

Microscopie in de zeven-
tiende eeuw

Prepareertechnieken ten
tijde van Van
Leeuwenhoek

Van Leeuwenhoeks
microscopen

De microscoop ten tijde
van Van Leeuwenhoek

Literatuur



Voorwoord

Het is een unieke gebeurtenis dat alle nog bestaande microscopen van Antoni van Leeuwenhoek ter gelegenheid van de 350e verjaring van zijn geboortedag weer bijeen zijn gebracht. Immers, het is meer dan twee eeuwen geleden dat zij voor het laatst bij elkaar hebben gestaan.

Daar komt bij dat nu ook voor het eerst een selectie van Van Leeuwenhoeks brieven uit de archieven van de Royal Society kan worden tentoongesteld. Het stemt tot erkentelijkheid dat dit resultaat door de nauwe samenwerking met onze Engelse zusterinstelling, het Science Museum in Londen, mogelijk is geworden. Voor de velen die zich voor de tentoonstelling en deze bijbehorende publicatie door studie, selectie, tentoonstellingsontwerp, financiële ondersteuning dergelijke zeer hebben ingespannen, past een gevoel van grote waardering.

Gaarne beveel ik dan ook tentoonstelling en catalogus in Uw aandacht aan.

A.J.F. Gogelein,

Toenmalig Directeur Museum Boerhaave

(Ter gelegenheid van de tentoonstelling 'Antoni van Leeuwenhoek 1632-1723', 26 november 1982-1 mei 1983)

Colofon

*Deze online uitgave is gebaseerd op
Mededeling 214 van het Museum
Boerhaave te Leiden.*

Realisatie: Infofilm, Leiden

© 2000 Museum Boerhaave, Leiden

*Herkomst van illustraties staan in bijschrift
vermeld.*



Inleiding

De tijd waarin Leeuwenhoek leefde wordt nog steeds de Gouden Eeuw der Nederlandse geschiedenis genoemd. Het is de periode waarin ons land in de beschaafde wereld bovenaan stond als bakermat van kunst, wetenschap en literatuur en ongetwijfeld het hoogst ontwikkelde land was op het gebied der wetenschap. Nederland was in geografisch opzicht gunstig gelegen, vooral met het oog op handel, zeevaart en kolonisatie; de concurrentie was in die tijd nog niet erg groot, en zo kon de jonge Republiek uitgroeien tot het handelscentrum van de wereld. Deze economische superioriteit zette zijn stempel op het culturele leven; de Hollandse schildersschool, de architectuur, de beeldhouwwerken en muziek uit deze tijd genieten nog steeds algemene waardering. Leeuwenhoeks geboortestad Delft biedt op micro-schaal een getrouwe kopie van deze situatie. Het was een van de belangrijkste steden van Holland, en werd op het gebied van handel en industrie alleen door

Amsterdam en Leiden overtroffen. Zeegaande schepen konden tot dicht bij de stad komen; de Oost-Indische Compagnie had er een kantoor en een pakhuis, en talrijke industrieën hadden er zich gevestigd. Delft was de verblijfplaats van zulke beroemde schilders als Jan Vermeer, Pieter de Hoogh en Carel Fabritius, en het 'Delfts-blauw' wordt in musea overal ter wereld nog steeds bewonderd.

Het is de gegoede middenstand, bekend onder de naam regenten, die aan de basis van deze ontwikkelingen ligt. Deze groepering bekleedde tal van bestuurlijke functies in de steden en in het landsbestuur, behoorde tot de Calvinistische religie, doch hield er op het gebied van wetenschap en cultuur in het algemeen liberale opvattingen op na.

Antoni van Leeuwenhoek past geheel en al in dit tijdsbeeld. Hij stamt uit een redelijk welvarende koopmansfamilie, werd opgeleid voor de handel, begon een win-

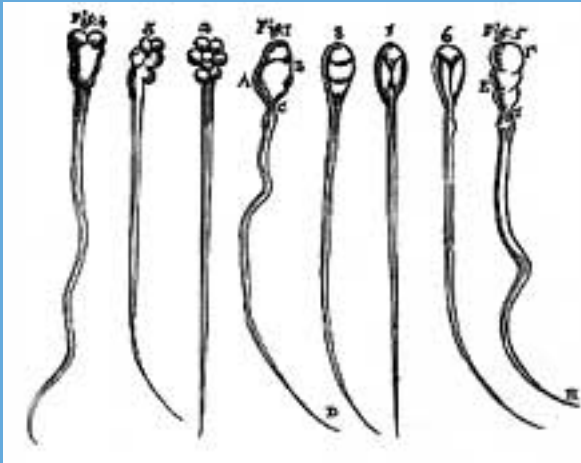


kel in garen en band, en vervulde later in zijn leven enkele stedelijke overheidsfuncties in zijn geboortestad. Tijdens zijn opleiding had hij slechts de Nederlandse taal geleerd, want kennis van andere talen was voor iemand in zijn omstandigheden overbodig. Ook had hij geen enkele vorming ondergaan op het gebied der natuurwetenschappen. Er kan derhalve geen enkele twijfel aan bestaan dat Leeuwenhoeks wetenschappelijke werk geheel en al uit een innerlijke drang is voortgekomen en dat hij alles zelf deed, op grond van eigen initiatieven. Werkzaam in de textielhandel was hij goed bekend met het gebruik van vergrootglazen, waarmee de kwaliteit van de stof en de dichtheid van het weefsel werden gecontroleerd. Op den duur bereikte hij daarbij de noodzakelijke vaardigheid om zelflenzen te slijpen en te polijsten. Door deze lenzen aan een houder te monteren ontstond een enkelvoudige microscoop. Met dit instrument bestudeerde

Leeuwenhoek vrijwel alles wat door een lens bekeken kan worden en verrijkte hij

de wetenschap met een geweldige hoeveelheid nieuwe ontdekkingen. Daarbij moeten we er ons evenwel van bewust zijn dat hetgeen hij waarnam op dat moment nog zo nieuw en onbekend was, dat hem de terminologie ontbrak om het waargenomene te beschrijven. Ondanks dit nadeel wist hij zijn resultaten zo nauwkeurig te beschrijven, dat zij tot model kunnen dienen voor elke wetenschappelijke onderzoeker.

Bij de interpretatie van Leeuwenhoeks werk moeten wij ons steeds voor ogen houden dat hij nimmer een wetenschappelijke opleiding heeft genoten. Dat betekent onder meer dat de in zijn tijd bestaande literatuur over allerlei zaken slechts in beperkte mate voor hem toegankelijk was, namelijk alleen voor zover deze verschenen was in de Nederlandse taal, of, bij anderstalige verhandelingen, was voorzien van afbeeldingen. Daarbij komt dat Leeuwenhoek Delft vrijwel nooit verlaten heeft - hij maakte een korte reis naar de krijtrotten van Zuid-Engeland en bracht eens een bezoek aan Antwerpen - en dat



hij dus in het algemeen in een geïsoleerde positie verkeerde. Dat had het grote voordeel dat Leeuwenhoeks geest minder geremd werd door bestaande vooroordelen en bestaande theorieën en meer openstond voor het trekken van logische conclusies op grond van zelf gevonden feiten. Het nadeel van Leeuwenhoeks geïsoleerde positie is geweest dat hij de scholing miste om uit zijn conclusies een logisch bouwwerk op te trekken; hij heeft zijn waarnemingen en opvattingen dan ook nooit systematisch tot een boek verwerkt. Het is dan ook niet eenvoudig om zich een beeld te vormen van de juiste inhoud en betekenis van zijn talrijke ontdekkingen, maar desondanks laat zich een tweetal basisprincipes uit zijn geschriften afleiden.

De eerste is dat de structuur van zowel de organische als van de anorganische natuur op dezelfde grondslagen zou berusten. Talrijke waarnemingen, verricht aan de meest verschillende substanties uit de levende en dode natuur, brachten hem tot de overtuiging, dat de 'globulen' de meest elementaire bouwstenen zijn, en deze veronderstelling leidde omgekeerd tot een aantal van zijn meest opvallende

ontdekkingen. Zo ontdekte hij de zgn. 'kleine diertgens' welke leven in alle mogelijke soorten water, en hij slaagde er zelfs in deze diertjes in kunstmatig samengestelde waterinfusies te kweken. Voortzetting van deze onderzoeken naar steeds andere gebieden der natuur leidde niet alleen tot de ontdekking der bacteriën, doch ook tot die der zaaddiertjes.

Leeuwenhoeks tweede basisprincipe is dat er in elk organisme een onlosmakelijke samenhang zou zijn tussen vorm en functie. Voortbouwend op zijn ontdekking van de zaaddiertjes demonstreerde hij hoe de voortplantingsorganen bij alle dieren zodanig gebouwd zijn dat de overdracht van de zaaddiertjes op het wijfje van de eigen soort maximaal gegarandeerd is. Tevens toonde hij aan dat de lichaamsbouw van dieren en planten fundamenteel dezelfde structuur vertoont en hoofdzakelijk bestaat uit vaten van verschillend formaat die dienen voor het transport van voedings- en afvalproducten. Bij deze onderzoeken ontdekte hij o.m. de rode bloedlichaampjes en de bloedcapillairen, en bracht hij de kennis der planten-anatomie op een plan, onver-



gelijkbaar hoger dan zijn voorgangers hadden gehaald.

Het overgrote deel van zijn waarnemingen heeft Leeuwenhoek vanaf 1673 vastgelegd in brieven aan de Royal Society te Londen. Dankzij de publicatie van de meeste van zijn ontdekkingen in het tijdschrift van de Royal Society werd zijn naam wereldberoemd. Van een geïsoleerde amateur werd hij een wetenschapsman van wereldfaam; een steeds aanzwellende stroom bezoekers - onder wie koningin Mary van Engeland en tsaar Peter de Grote van Rusland - kwam hem bezoeken, teneinde die wondere wereld persoonlijk te kunnen waarnemen. Leeuwenhoeks ontdekkingen waren zo nieuw en vaak zo ongehoord, dat het geen wonder is dat vele van zijn tijdgenoten er aanvankelijk zeer kritisch tegenover stonden. Zo bijvoorbeeld toen hij schreef dat wel tien honderd duizend van zijn 'kleijne diertgens' niet zoveel ruimte innamen als één kleine zandkorrel; of daar waar hij schreef, dat het aantal zaaddiertjes, geproduceerd door de hom van de kabeljauw, meer dan dertig maal groter is dan het aantal menselijke wezens op aarde.

De beschrijving van zijn experimenten en de erbij gebruikte apparaten was evenwel zo duidelijk, dat deze door de leden der Royal Society gemakkelijk herhaald en op hun betrouwbaarheid getest konden worden. Zo slaagde Robert.Hooke, een van de secretarissen van de Royal Society, er na enkele mislukte pogingen in de 'kleijne diertgens' aan zijn medeleden te demonstreren, waardoor er een einde aan hun twijfels kwam. Zelfs koning Karel II van Engeland wenste de diertjes te zien en toonde zich bij de aanschouwing daarvan zeer verheugd.

Antoni van Leeuwenhoek had een diep religieus geloof in de doelmatigheid van zelfs de meest nietige structuren van de natuur; doelstelling van zijn onderzoekingen was voor hem om het ongelimiteerde vermogen van zijn Schepper algemeen bekend te maken. De waardering en het prestige dat hij in de wetenschappelijke wereld heeft gekregen is in niet geringe mate te danken aan de betrouwbaarheid van zijn waarnemingen en beschrijvingen, waarbij hij altoos duidelijk het verschil tussen waarneming en interpretatie wist te handhaven.

Antoni van Leeuwenhoek, 1632-1723



Antoni van Leeuwenhoek werd op 24 oktober 1632 geboren. Hij was het vijfde kind van de mandenmaker Philip Tonisz Leeuwenhoeck en Grietje Jacobsdr van den Berch, een gezin dat behoorde tot de niet onbemiddelde middenklasse van de stad Delft; zijn moeder stamde uit een familie van bierbrouwers en magistraten. Antoni verloor zijn vader nog voor hij zeven jaar oud was, en werd naar een lagere school in Warmond gestuurd. Zijn moeder had voor hem blijkbaar een carrière als gemeenteambtenaar of middenstander voor ogen, want na de lagere school stuurde zij hem achtereenvolgens in de leer bij een oom in Benthuizen die daar schout was, en daarna bij de in Amsterdam gevestigde Schotse lakenhandelaar William Davidson. Hij bleef daar van 1648 tot 1652 of 1653 in dienst en verwerfde zich al snel een vertrouwenspositie op financieel gebied. Teruggekeerd in Delft kocht Leeuwenhoek een huis en een winkel in de Hippolytusbuurt, waar hij zich vestigde als manufacturier en garen-

en bandverkoper. Ongeveer te zelfder tijd trouwde hij met de koopmansdochter Barbara de Meij. Van hun vijf kinderen overleden er vier en bereikte alleen de dochter Maria de volwassen leeftijd. Na de dood van zijn vrouw in 1666 sloot Leeuwenhoek een tweede huwelijk met de predikantsdochter Cornelia Swalmius, waardoor hij in contact kwam met de meer intellectuele kringen van Delft. Toen in 1694 ook Cornelia stierf nam de dochter Maria de zorg voor haar vader op zich.

Later zou zij ook de erfenis beheren, waaronder een collectie van meer dan 500 lenzen en microscopen, die pas twee jaar na haar dood, in 1747, werd geveild. Naast zijn zakelijke activiteiten had Leeuwenhoek belangstelling voor een ambtelijke loopbaan. In 1660 werd hij kamerbewaarder van de schepenen van Delft, een functie die lijkt op een combinatie van conciërge en deurwaarder. Deze post bezette hij 39 jaar lang en hij streek er tot zijn dood in 1723 het salaris van op.



Daarnaast werd hij betaald voor een echte sinecure: zijn diensten als generaal-wijkmeester. Intussen studeerde hij voor landmeter, een beroep waarvoor enige wiskundige kennis vereist was. Sporen van deze wiskundige belangstelling zijn in de brieven duidelijk terug te vinden in de vorm van allerlei berekeningen en van groottemetingen. Toen hij in 1669 als landmeter werd toegelaten, lag de weg open naar een andere gemeentelijke betrekking, die van wijnroeier. In 1679 werd hij als zodanig aangesteld. Wijnroeiërs moesten alle spiritualiën en wijnen die de stad binnenkwamen keuren en de vaten waarin ze vervoerd werden ijken. Terwijl hij er door het aanstellen van assistenten steeds minder voor hoefde te doen, leverden al deze ambtelijke functies hem op het laatst een inkomen van ongeveer 800 gulden per jaar op, wat meer was dan de stadssecretaris in die tijd verdiende. Het is aannemelijk te veronderstellen dat het zo hoog salariëren van Leeuwenhoek een gevolg was van de overtuiging van het Delftse stadsbestuur dat het voor de stad van groot voordeel kon zijn een dergelijke beroemdheid

binnen de muren te hebben. Hoewel Leeuwenhoek beroemd is geworden door de onderzoeken die hij met zijn zelfgemaakte microscoopjes verrichtte, heeft hij noch over de manier waarop hij ze maakte noch over zijn microscopetechniek veel losgelaten. Leeuwenhoek hield er niet van de resultaten van zijn studies aan de geleerde wereld bekend te maken, omdat, zoals hij zelf schrijft, hij geen enkele wetenschappelijke opleiding had genoten, hij niet de stijl had om zijn waarnemingen op een juiste manier te presenteren en vooral omdat hij een hekel had aan tegenspraak en polemieken. Pas nadat zijn bevindingen in bredere kring als juist erkend waren en zijn zelfvertrouwen was toegenomen, was hij bereid zijn waarnemingen en gedachten ook te bespreken met sceptici en tegenstanders. Het waren zijn vrienden uit de medische wereld, met name zijn buurman, de stadsanatomist Cornelis 's Gravesande, en de arts Reinier de Graaf, die hem ertoe brachten met zijn spectaculaire ontdekkingen in de wereld van het kleine naar buiten te komen, en die de aandacht van de officiële geleerde wereld



(821)

Observations; communicated to the Publisher by Mr. Antony van Leeuwenhoek, in a Dutch Letter of the 9th of Octob. 1676. here English'd: Concerning little Animals by him observed in Rain-Well-Sea- and Snow-water; as also in water wherein Pepper had lain infused.

IN the year 1675, I discover'd living creatures in Rain-water, which had stood but few days in a new earthen pot, glassed blew within. This invited me to view this water with great attention, especially those little animals appearing to me ten thousand times less than those represented by Monsr. Swammerdam, and by him called *Water-fleas* or *Water-lice*, which may be perceived in the water with the naked eye.

The first sort by me discover'd in the said water, I divers times observed to consist of 5, 6, 7, or 8 clear globuls, without being able to discern any film that held them together, or contained them. When these *animalcula* or living Atoms did move, they put forth two little horns, continually moving themselves: The place between these two horns was flat, though the rest of the body was roundish, sharpening a little towards the end, where they had a tayl, near four times the length of the whole body, of the thickness (by my Microscope) of a Spiders-web; at the end of which appear'd a globul, of the bigness of one of those which made up the body; which tayl I could not perceive, even in very clear water, to be mov'd by them. These little creatures, if they chanced to light upon the least filament or string, or other such particle, of which there are many in water, especially after it hath stood some days, they stook intangled therein, extending their body in a long round, and striving to dis-intangle their tayl; whereby it came to pass, that their whole body leapt back towards the globul of the tayl, which then rolled together Serpent-like, and after the manner of Copper- or Iron-wire that having been wound about a stick, and unwound again, retains those windings and turnings. This motion of extension and contraction continued a while; and I have seen several hundreds of these poor little creatures, within the space of a grain of gross sand, lye fast cluster'd together in a few filaments.

I also discover'd a *second* sort, the figure of which was oval; and I imagined their head to stand on the sharp end. These were a little bigger than the former. The inferior part of their body is flat, furnished with divers incredibly thin feet, which moved
very

op Leeuwenhoek richtten. 's Gravesande had hem het ontleden geleerd, en had in 1684 de eerste uitgave van Leeuwenhoeks brieven bezorgd, terwijl De Graaf hem via zijn kennis Henry Oldenburg in contact bracht met de Royal Society, waarvan Oldenburg secretaris was. En zo begon in 1673 een correspondentie die meer dan vijftigjaar zou duren en die eindigde met twee brieven die Leeuwenhoek op zijn sterfbed schreef. Meer dan 110 samenvattingen of gedeelten van brieven werden gepubliceerd in het officiële tijdschrift van de Society, de *Philosophical Transactions*; hiervan werden voor andere tijdschriften Latijnse, Franse of Duitse vertalingen gemaakt. Leeuwenhoek heeft nooit een boek geschreven, maar van zijn meer dan 250 wetenschappelijke brieven werden verzamelingen gedrukt in het Latijn en in het Nederlands. De brieven zijn geschreven in een eenvoudige stijl, want Leeuwenhoek schreef zoals hij sprak, of liever zoals hij dacht. Zijn zinnen vertonen dikwijls een wat zwakke grammaticale constructie, waardoor het niet altijd even duidelijk is wat hij precies bedoelt te zeggen, en bovendien presen-

teert hij zijn waarnemingen op een nogal chaotische manier en behandelt hij soms veelonderwerpen in een en dezelfde brief. Niettemin laten ze zijn enthousiasme duidelijk zien. De brieven zijn dikwijls geïllustreerd met tekeningen of gravures, die trouwens niet door Leeuwenhoek zelf, maar door professionele tekenaars waren gemaakt. Leeuwenhoeks mededelingen veroorzaakten somtijds veel opschudding; de ontdekking van de 'kleine Dierkens', infusoriën of bacteriën is een voorbeeld van zo'n observatie die de leden van de Royal Society in eerste instantie maar moeilijk konden geloven; Leeuwenhoek voelde zich dan ook verplicht om zijn brief vergezeld te doen gaan van enige attesten van predikanten en juristen.

Leeuwenhoek bestudeerde een ongelooflijk aantal objecten, afkomstig van mineralen, planten, dieren en mensen. Zijn nuchtere manier van kijken en interpreteren, onbelast door theorieën van anderen, leverde een grote reeks ontdekkingen op, zoals die van de bacteriën, de protozoën, de zaadcellen, de parthenogenese van bladluizen, etc. etc. Nadat hij eenmaal



bewezen had een scherp en betrouwbaar waarnemer te zijn, werden zijn feitelijke waarnemingen over het algemeen snel aanvaard. Zijn theoretische speculaties daarentegen ontmoetten soms heftige tegenstand; en het zal daar wel aan gelegen hebben, dat Leeuwenhoek door geleerden als Swammerdam en Hartsoeker niet altijd even vriendelijk werd bejegend, en dat de Royal Society in sommige perioden wat minder belangstelling voor zijn werk toonde. Tevens is het een van de redenen waarom Leeuwenhoek nooit anderen heeft willen leren om microscopen te maken zoals hij dat zelf deed, terwijl veel vrienden en zelfs wetenschapsmensen als Leibniz er bij hem op hebben aangedrongen om een school van microscopisten te beginnen. De Delftse microscopist werkte op zichzelf en was tevreden als hij door middel van zijn microscopische waarnemingen kon aantonen dat de Almachtige Schepper de natuur op een eenvormige wijze had geschapen. Dezelfde structuren die in hogere schepselen aanwezig waren, moesten ook in de lagere gevonden kunnen worden, en Leeuwenhoek vond ze

inderdaad.

De erkenning van zijn wetenschappelijk werk kwam toen de Royal Society hem in 1680 verkoos tot Fellow. De universiteit van Leuven eerde hem in 1716, toen hij al 84 jaar was, door hem een medaille te sturen met als opschrift: 'In tenui labor, at tenuis non gloria' (zijn werk ligt in het kleine, maar klein is niet zijn roem). Leeuwenhoek bleef tot op hoge leeftijd actief; vlak voor zijn overlijden op 26 augustus 1723 schreef hij een van zijn laatste brieven aan de Royal Society over de ziekte waaraan hij zelf zou komen te overlijden: een zeldzame afwijking aan het middenrif. Zo bleef Leeuwenhoek tot het einde toe wat hij altijd geweest was: een nieuwsgierig en enthousiast onderzoeker, een man van feiten, een scherp waarnemer en een koel schrijver.

Wetenschappelijk denken en wetenschappelijke communicatie in Leeuwenhoeks tijd

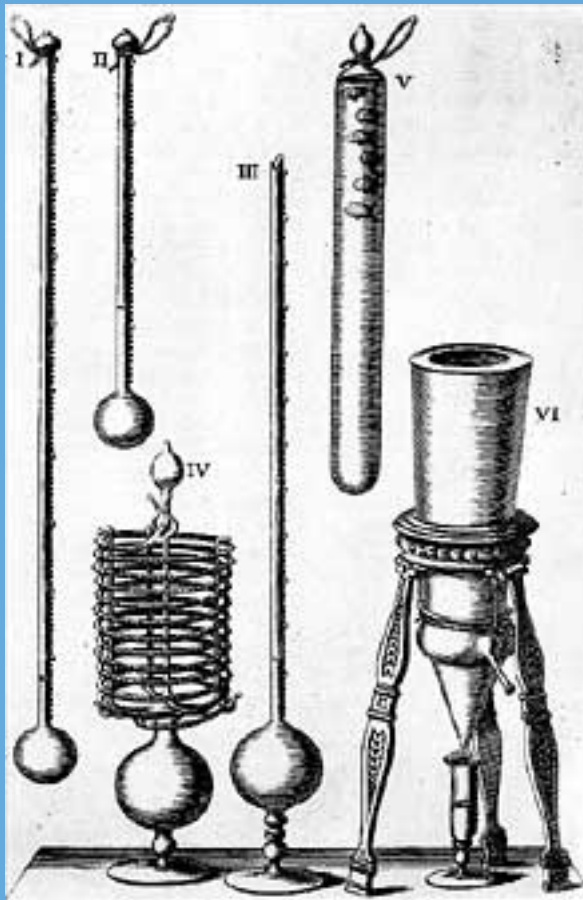


De periode van vijftig jaar waarin Antoni van Leeuwenhoek actief met zijn microscoop is bezig geweest, is de periode van opkomst van de experimentele natuurwetenschap, waaraan de Nederlandse natuurwetenschappers en de Nederlandse universiteiten veel hebben bijgedragen. Leeuwenhoek verenigde in zijn persoon veel van de karakteristieke trekken van deze opkomende wetenschappelijke aanpak, die onder andere werd bepleit door de Royal Society in Londen, en later, tegen het einde van Leeuwenhoeks leven, in Nederland door Herman Boerhaave, Willem Jacob 's Gravesande en Petrus van Musschenbroek. De benoeming van Van Musschenbroek tot hoogleraar aan de Utrechtse Universiteit in Leeuwenhoeks sterfjaar 1723 kondigde in de natuurwetenschappen het einde van het Cartesiaanse rationalisme en de aanvaarding van Newtons experimentele methode aan.

Gedurende deze periode werd men zich

er in toenemende mate van bewust dat wetenschappelijke vooruitgang alleen door waarneming en experiment kon worden verkregen. Deze verschuiving van Aristotelianisme ('kennis kan alleen door denken worden verkregen') naar een experimentele aanpak had in de voorafgaande eeuwen reeds langzaam maar zeker gewonnen.

Alhoewel de middeleeuwse academische wetenschap in theorie ver afstond van experimenteren, was het toch niet zo dat de natuurwetenschappers destijds in het geheel niet geïnteresseerd zouden zijn geweest in de zintuiglijk waarneembare wereld en in het toetsen van hun theoretische beschouwingen aan de waarneming. Ook de ambachtelijke techniek en het empirisme van de handwerkslieden vonden hun plaats in het wetenschappelijk onderzoek. Reeds in de 16e eeuw werd hun belang voor de natuurwetenschap onderkend en benadrukt door



onder andere Bernard Palissy en Petrus Ramus, en in de volgende eeuw door Francis Bacon en Robert Boyle. Ook René Descartes, voor wie en voor wiens volgingen waarneming en experiment nog steeds ondergeschikt bleven aan puur rationele beschouwingen, heeft er het zijne toe bijgedragen om de natuurwetenschap te bevrijden uit de worgende greep van het Aristotelianisme. In 1657 werd in Florence het eerste genootschap opgericht waarin men zich het doen van experimenten ten doel stelde; deze Accademia del Cimento werd drie jaar later gevolgd door de Royal Society in Londen. En ook hier zijn rationele filosofie en ambachtelijke empirie nauw verstrengeld. Van zeer grote invloed op de houding van de Accademia del Cimento was het werk van Galileo Galilei; maar terwijl het bij Galilei zelf niet altijd even duidelijk is in hoeverre hij zich werkelijk iets aan experimenten gelegen liet liggen, bestaat er over de houding van de Accademia geen enkele twijfel: haar experimenten waren er alle op uit om het Aristotelische dogma met de grond gelijk te maken, en experimenten

die daarbij niet behulpzaam bleken te zijn werden gewoonweg genegeerd en niet gepubliceerd. In de Republiek der Nederlanden waren in het bijzonder Simon Stevin, Cornelis Drebbel en Isaac Beeckman al vroeg voorstanders van het verbinden van de ad hoc technieken van handwerkslieden met de analytische aanpak van de filosofen. Drebbel wendde zijn wetenschappelijke inzichten aan bij het doen van indrukwekkende openbare natuurkundige demonstraties (van bijvoorbeeld zijn perpetuum mobile machine), maar ook vervaardigde hij thermometers, microscopen en telescopen. Stevin was er sterk in geïnteresseerd om ambachtelijk werk te verbeteren door middel van meer systematisch onderzoek. Hem was eraan gelegen om wetenschappelijke kennis ook toegankelijk te maken voor hen die geen universitaire opleiding hadden genoten, en hij stelde voor het Latijn te vervangen door de moedertaal. Hij ging daarin zelfs zover, dat hij volhield dat het Nederlands de wetenschappelijke taal bij uitstek was. Anderen, zoals de schrijver Lodewijk Meyers, galmden hem hierin na. Maar het

Instrumenten gebruikt door de Accademia del Cimento



Latijn bleef de academische taal aan de Nederlandse universiteiten, zodat deze instellingen toegankelijk bleven voor de vele buitenlandse geleerden en studenten.

De grootste invloed op de vroege groei en bloei van de experimentele wetenschap in de Nederlanden kwam van Robert Boyle, wiens werk daar alom bekend, en zelfs veelal in het Nederlands vertaald was. Uit Boyles werken als de *Seraphic Love* (Serafijnse liefde) uit 1659 of zijn *Some Considerations Touching the Usefulness of Experimental Naturall Philosophy* (Enkele beschouwingen over de nuttigheid der experimentele natuurfilosofie) uit 1663 bleek niet alleen Boyles mechanistische wereldbeschouwing, zij benadrukten eveneens het belang dat de studie der natuurwetenschappen had voor de theologie. Bijvoorbeeld zo: 'Als ik met forse telescopen de oude en de net ontdekte sterren en planeten overzie die de bovenste regionen van de wereld sien, en als ik met uit'muntende microscopen in anderszins onzichtbare voorwerpen de onnavolgbare fijnheid van de natuur en haar zeldzame ambachtelijk-

heid onderscheid, en als ik, kort gezegd, met anatomische messen en bij het licht van m'n alchemistisch stookhuis het boek der natuur bestudeer en de geschriften van Aristoteles, Epicurus, Paracelsus, Harvey, Helmont en andere geleerde tolken van dat leerzame boekwerk raadpleeg, dan blijft mij vaak niets anders dan met de psalmist uit te roepen: Hoe veelvuldig zijn Uw werken, O Heer; in wijsheid heeft U alles geschapen.'

De eerste en meest belangrijke vertegenwoordiger van dit fysicotheologische thema in Nederland was de arts en Purmerender burgemeester Bernard Nieuwentijt, wiens *Het regt gebruik der Wereltbeschouwingen*, ter overtuiging van ongodisten en ongelovigen in 1715 vrijwel tegelijkertijd met andere werken van soortgelijke strekking, zoals William Derhams *Physico-theology*, verscheen. Nieuwentijts boek werd in het Engels vertaald en verscheen in 1718 onder de titel *The Religious Philosopher* (De religieuze wijsgeer). Zijn denkbeelden bleven gedurende de gehele 18e eeuw van invloed op het geestelijk klimaat in de Republiek der Nederlanden. Het Christendom had altijd

Robert Boyle

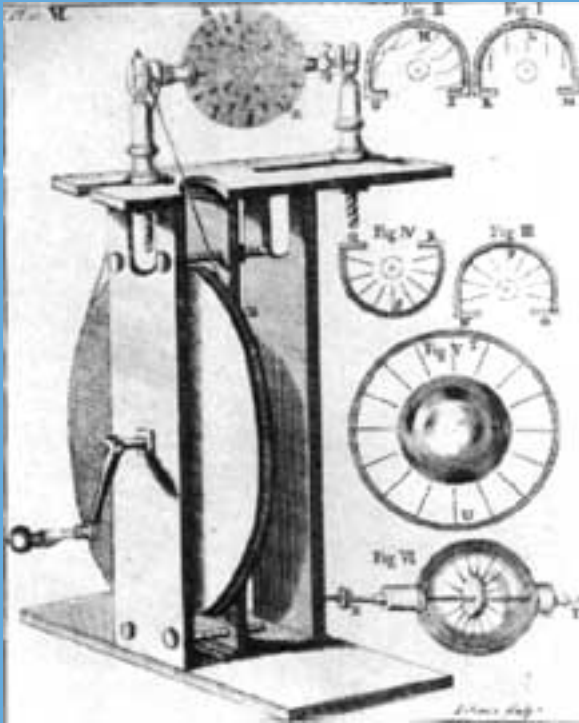


al in de complexiteit van de natuur een godsbewijs gezien, en daar kwam nu met de fysico-theologie het idee bij dat systematisch natuuronderzoek ook een daad van geloofsbelijdenis is.

Vele beschaafde Nederlanders zijn door Nieuwentijt in deze onduikende experimentele wetenschap ingevoerd, waarvan de stichtende aard ook werd erkend door Petrus van Musschenbroek.

Veelal wordt aangenomen dat Leeuwenhoek door zijn gebrek aan universitaire opleiding en kennis van vreemde talen een behoorlijke handicap had; hij moest zich immers daardoor beperken tot Nederlandse auteurs of vertalingen van standaardwerken. Soms kon hij zich ook behelpen met de illustraties in de boeken die hij niet kon lezen, zoals hij dat gedaan heeft in het geval van Grews boek over de anatomie van planten. Zelden werd er naar zijn opinie gevraagd in theoretische aangelegenheden, maar zijn correspondenten vertrouwden daarentegen op zijn geduld, zijn integriteit en zijn waarnemingskracht. Het ontbreken van een wetenschappelijke opleiding

maakte dat zijn geest niet was vertroebeld door algemeen aanvaarde wetenschappelijke theorieën; hij bezat een gezonde afkeer van boekenwijsheid, en het enige wat hij op een gegeven moment over een auteur te zeggen had die in een pamflet de opinies van een groot aantal autoriteiten over de voortplanting had opgesomd, was dat dit alleen aantoonde 'dat de man een boel gelezen en veel onthouden had'. Toch was Leeuwenhoek een kind van zijn tijd, terdege op de hoogte van de filosofische en wetenschappelijke discussies die om hem heen gaande waren. Ook hij kon zich bij het verklaren van fysiologische processen niet geheel bevrijden van de invloed van Aristoteles en Descartes. De nieuwe benadering van wetenschappelijk onderzoek karakteriseerde hij door het belang van de waarneming te benadrukken. Leeuwenhoek was niet de enige die in het voetspoor van zijn eerder genoemde landgenoten Beeckman en Stevin trad; dat deden ook andere geleerden van groot aanzien, zoals Christiaan Huygens en Jan Swammerdam, met wie Leeuwenhoek deze houding gemeen had.

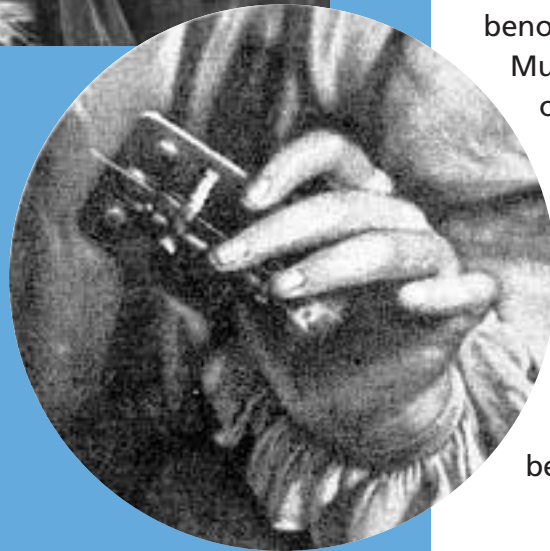


Alhoewel beiden een conventionele universitaire opleiding hadden genoten maakten ook zij zich los van de scholastieke traditie en kwamen zij tot successen door scherpe waarneming en experiment. Huygens verbeterde het slingeruurwerk en de luchtpomp op dezelfde manier waarop Leeuwenhoek het vergrootglas van de manufacturier ontwikkelde tot microscoop.

In de ontwikkeling van de nieuwe experimentele wetenschap namen instrumenten een centrale plaats in. In het onderzoek waren zij de sleutel voor nieuwe ontdekkingen, en bij colleges en voordrachten dienden zij als hulpmiddel bij demonstraties. Populaire voordrachten, van groot belang voor de verspreiding van de wetenschap in de 18e eeuw, werden in Groot-Brittannië vanaf het einde van de 17e eeuw gegeven. Een van de eersten die een dergelijke cursus met demonstraties gaf was Francis Hauksbee de oudere, die bij de Royal Society de functie van 'curator der experimenten' bekleedde. Na zijn dood werden zijn cursussen voortgezet door zijn neef Francis Hauksbee de jongere, die in 1714 samen met William

Whiston, de voormalige Lucasian professor in de wiskunde aan de universiteit van Cambridge het boek *A Course of Mechanical, Optical, Hydrostatical and Pneumalical Experiments* (Een cursus van mechanische, optische, hydrostatische en pneumatische experimenten) publiceerde. In dit dunne boekje waren alle instrumenten afgebeeld die bij deze demonstraties werden gebruikt en die konden worden gekocht in Hauksbees winkeltje in de buurt van de Royal Society.

In Nederland was Burchardus de Volder de eerste die zijn natuurwetenschappelijke colleges met experimenten verluchtte. Een bezoek aan Boyle en andere leden van de Royal Society in 1674 had hem op het idee gebracht om aan de universiteit van Leiden 'physica experimentalis' te gaan onderwijzen, en de Leidse universitaire autoriteiten hadden toegestemd in zijn verzoek een bescheiden 'Theatrum physicum', (fysisch kabinet) te mogen inrichten. Door het werk van Boyle en Newton ontstond bij De Volder tegen het einde van zijn carrière een steeds grotere onvrede met het rationalisme à la Descartes; zijn opvolger Wolferd



Senguerd propageerde een 'huwelijk' tussen rede en experiment, geïnspireerd door onder andere Bacon, Boyle, Von Guericke, Harvey, Swammerdam en Leeuwenhoek. De Volder en Senguerd waren beiden in het bijzonder geïnteresseerd in experimenten met de luchtpomp, waarvan elk zijn eigen model ontwierp. Aan de universiteiten van Groningen, Harderwijk en Franeker waren de eerste pogingen om collegedemonstraties te introduceren niet bepaald succesvol geweest. Wel werd een dergelijke cursus in 1706 door Joseph Serrurier, een leerling van De Volder, begonnen aan de universiteit van Utrecht; maar pas na de benoeming van Petrus van

Musschenbroek 17 jaar later kwam het onderwerp daar pas echt tot bloei.

Wel de belangrijkste stuwende kracht achter de overgang van Cartesiaans rationalisme naar het experimentalisme in de natuurwetenschappen waren twee werken van Isaac Newton, de in 1687 verschenen *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis* (Wiskundige beginselen der natuurfilosofie) en de

Optics uit 1704. In Nederland was Willem Jacob 's Gravesande een van de eerste vertegenwoordigers van dit Newtoniaanse experimentalisme. In 1715 had hij een bezoek gebracht aan Newton en de Royal Society toen hij in Londen was ter gelegenheid van de kroning van George I. Ongetwijfeld heeft hij tijdens zijn verblijf aldaar de populair-wetenschappelijke voordrachten en demonstraties van Hauksbee en Whiston bezocht, en hun pamflet zou hem wel eens op het idee kunnen hebben gebracht zijn eigen, heel wat substantiëlere leerboek *Physices Elementa, experimentis confirmata. Sive Introductio ad Philosophiam Newtoniam* (1720/21) (*Beginselen der fysica, door experimenten bevestigd. Ofwel een inleiding tot de natuurkunde van Newton*) te schrijven. Hierin zijn menige instrumenten van Hauksbee afgebeeld. In zijn *Inleiding* verwees 's Gravesande expliciet naar de Engelsen, aan wie hij zijn experimentele methode te danken had: 'Ik zal mij er altijd op beroemen hen in het voetspoor te volgen, die met de vorst der filosofen als hun leider de weg hebben gevonden om in filosofische zaken de waarheid

Antoni van Leeuwenhoek met zijn microscoop in de hand



te ontdekken.'

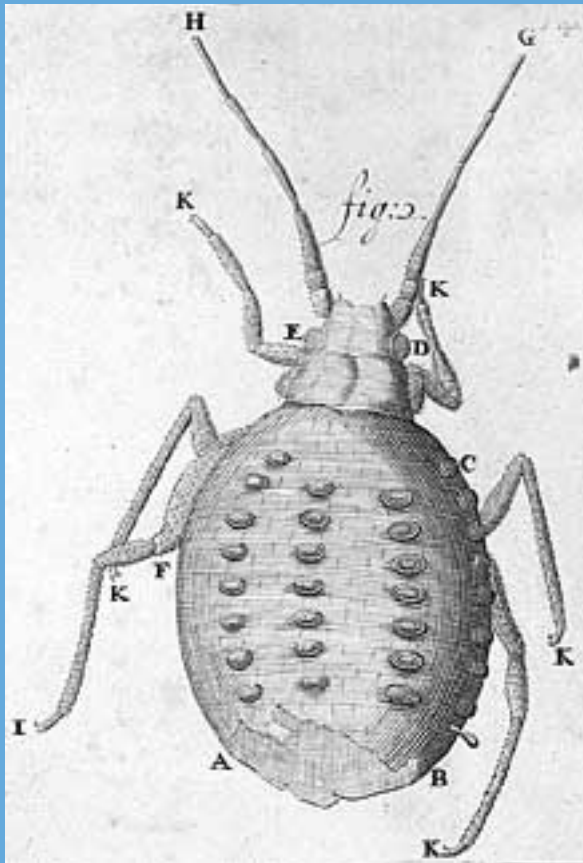
Op zeer kundige wijze terzijde gestaan door de instrumentmaker Jan van Musschenbroek stelde 's Gravesande als eerste een samenhangende cursus demonstratiecolleges in de fysica op, waarin experiment en theorie een gelijkwaardige status hadden. Dankzij de onvermoeibare inspanning en didactische vaardigheid van 's Gravesande en Petrus van Musschenbroek was de Republiek der Nederlanden voor korte tijd het bolwerk van de nieuwe Newtoniaanse experimentele natuurwetenschap. Scharen studenten stroomden naar Leiden, om deze grote leraren te horen, en deze nieuwe houding tegenover wetenschappelijk onderzoek breidde zich van daar over geheel Europa uit.

Antoni van Leeuwenhoek maakte van deze overgang deel uit. Hij liet niet na de Royal Society te prijzen voor de ruime verspreiding die zij aan zijn ontdekkingen had gegeven. Hierdoor was hij in contact gekomen met buitenlandse geleerden, en dit had hem er voor behoed een onbekende en geïsoleerde auteur te blijven. Zo schreef hij in 1717, in de verwachting niet

lang meer te zullen leven: 'Ende dus laat ik myne groote dankbaarheid by desen aan UE. Hoog-Edele Heeren toekomen: hier in bestaande dat my in den jare 1679. hebt gelieven zoo gunstig te wesen, ende buyten myne kennisse tot een Lid van UE. Hoog weerdig Collegie der Koninklyke Societeit aan te, nemen.

Leeuwenhoek bleef nog net lang genoeg in leven om de algemene aanvaarding mee te maken van die houding tegenover wetenschappelijk onderzoek waaraan hij zelf, door zijn onvermoeibare en uiterst zorgvuldige waarnemingen zo veel had bijgedragen.

Microscopie in de zeventiende eeuw

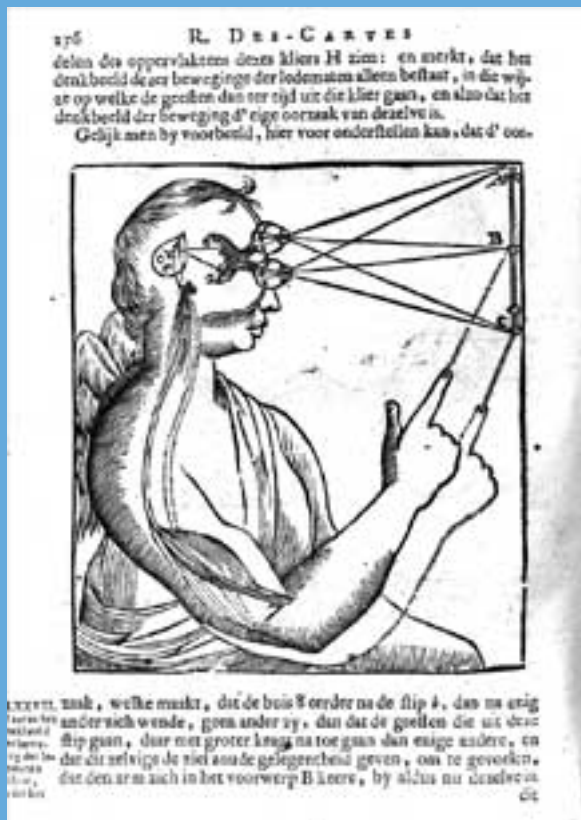


Toen Antoni van Leeuwenhoek rond 1670 voor het eerst een microscoop ter hand nam, was de aandacht van de geleerde wereld juist op dit instrument gericht. Een halve eeuw later, op het moment dat Van Leeuwenhoek zijn laatste onderzoeken afrondde, werd de microscoop nog slechts af en toe gebruikt. In de tussenliggende periode van 50 jaar beleefde de microscopie haar eerste bloeiperiode: tevoren nooit vermoede, laat staan waargenomen organismen zoals de infusiediertjes en bacteriën werden ontdekt, tal van nieuwe structuren zoals rode bloedlichaampjes en zaaddiertjes werden zichtbaar, en de bouw van allerlei organismen in planten en dieren werd tot in de kleinste details onderzocht.

Microscoop en telescoop waren in het begin van de zeventiende eeuw ongeveer gelijktijdig uitgevonden. De telescoop werd vrijwel onmiddellijk door de astronomen bij hun wetenschappelijk onderzoek toegepast; met de microscoop daarentegen werd in die tijd vrijwel geen serieus

werk gedaan. Hij riep slechts verbazing op bij diegenen, die hem hanteerden en dan 'vliegen zo groot als lammeren' zagen. Toch groeide in deze vroege periode door de mededelingen over verbazingwekkende details aan alledaagse insecten het besef, dat deze nietige diertjes wel degelijk een ingewikkelde bouw bezaten. Rond 1650 nam de belangstelling voor de microscoop vrij plotseling toe, en wel in eerste instantie bij natuurkundigen, die vooral geïnteresseerd waren in de wijze waarop door een lenzenstelsel een beeld wordt gevormd. Ook zijn er uit die tijd verschillende instrumentmakers bekend, die zich speciaal op de vervaardiging van microscopen toediepen; met name waren dat Wiesel in Augsburg, Divini in Rome en Reeves in Londen.

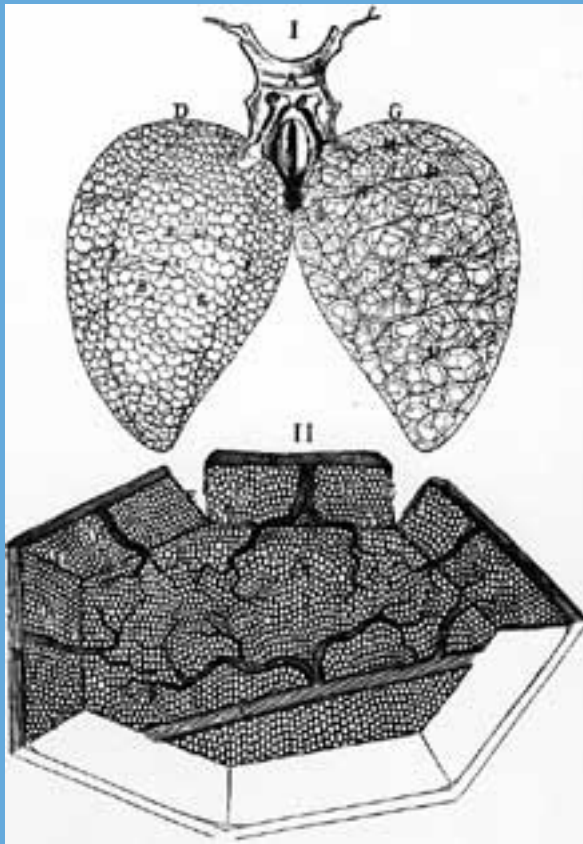
In diezelfde tijd valt er een groeiende tendens te bespeuren om de levensverrichtingen van mens en dier met behulp van mechanische principes te verklaren. Deze zogenaamde iatromechanische theorie gaat ervan uit, dat het levende orga-



nisme opgebouwd is uit minuscule 'machientjes', althans op mechanische wijze werkende structuren, die de verschillende levensverschijnselen veroorzaken. Als dat zo was, dan zouden die structuren opgespoord moeten kunnen worden; deze veronderstelling was de belangrijkste stimulans om de microscoop te gaan gebruiken bij het onderzoek naar de bouw van levende wezens.

De eerste belangrijke mechanistische theorie omtrent een levensverschijnsel werd aan het einde van de twintiger jaren van de zeventiende eeuw door William Harvey geponeerd. Volgens hem was het hart niets anders dan een pomp, die het bloed voortdurend door het lichaam stuwt. Harveys theorie werd door René Desartes overgenomen in zijn *Traité de l'Homme* (Verhandeling over de mens) uit 1662, waarin Descartes het menselijk lichaam beschrijft alsof het een machine was. Behalve op de bloedsomloop ging hij ook uitvoerig op de werking van de zenuwen in. Zenuwen, zo stelt Descartes, zijn dunne buisjes, waar een uiterst vluchtige vloeistof doorheen beweegt, die vanuit de hersenen via 'klepjes' wordt aange-

voerd. Wanneer deze vluchtige vloeistof vanuit de zenuwen in de spieren stroomt, veroorzaakt zij daar een opzwellling, die de beweging van het betreffende lichaamsdeel teweeg brengt. Descartes' *Traité* vormde de motor achter een groot deel van het fysiologisch onderzoek van de daaropvolgende honderd jaar. Van groot belang voor de opkomst van de microscopie was voorts de heroriëntatie die zich in de eerste helft van de zeventiende eeuw in de anatomie voerde. De anatomie werd traditioneel gezien als de kunst dierlijke lichamen te ontleden en de onderlinge ligging van de verschillende lichaamsdelen en organen vast te stellen, maar nu verschoof de aandacht steeds meer naar het onderzoeken van de organen zelf en naar het opsporen van hun structuur, om zo te kunnen verklaren hoe ze werken. Deze methodologische ontwikkeling komt naar voren in verschillende anatomische boeken, zoals de in 1645 gepubliceerde *Zoötomia Democritea* van Severinus. Deze nieuwe opvatting maakte ook een nieuwe manier van werken noodzakelijk. Eén van de nieuwe methoden was het opspuiten van



holle vaten met was of kwik. Deze twee ontwikkelingen, de mechanistische verklaring van levensverschijnselen en het anatomisch onderzoek naar fijne structuren van organen, maakten de weg vrij voor het gebruik van de microscoop als wetenschappelijk instrument. Een eerste mijlpaal werd bereikt in de twee korte brieven, die Marcello Malpighi in 1661 aan zijn vriend en leermeester Borelli schreef over de bouw van de long van de kikker. In de wand van een opgeblazen en vervolgens gedroogd stukje long had Malpighi met zijn microscoop tal van kleine bloedvaten waargenomen. Dat waren de haarvaten, de verbindingsschakels tussen de aderen en slagaderen die op grond van Harveys theorie over de bloedsomloop wel moesten bestaan, maar nog nooit waren aangetoond. Malpighi had dit gat in Harveys theorie nu gedicht. De mogelijkheden van het microscopisch onderzoek werden velen echter pas geopenbaard door het meesterwerk van Robert Hooke: zijn *Micrographia*, die in 1665 werd gepubliceerd. Meer dan eens herhaalt en benadrukt Hooke daarin zijn uitgangspunt, dat met behulp van de

microscoop: 'de subtiliteit van de samenstelling van lichamen, de structuur van hun delen, de verschillende aard van hun materie, de instrumenten en de manier van hun inwendige bewegingen [...] nader ontdekt kunnen worden [...]. Vanwaar er vele bewonderenswaardige voordelen bereikt kunnen worden voor de toename van de Praktische en Mechanische Kennis [. ..] omdat we misschien in staat gesteld worden alle geheime werken van de natuur te onderscheiden.' Hooke verwoordt hier de hoge verwachting, die aan de opbloei van de microscopie ten grondslag heeft gelegen, de verwachting namelijk dat de natuur aan de met een microscoop gewapende onderzoeker uiteindelijk al haar geheimen zou moeten prijsgeven. De *Micrographia* bestaat uit een serie min of meer uitgebreide beschrijvingen van zeer verschillende objecten: de rand van het lemmet van een mes, een stukje steenkool, planten en insecten. Belangrijker nog dan deze beschrijvingen waren de prachtige tekeningen waarmee Hooke zijn beschrijvingen illustreerde. Wie zou niet onder de indruk raken van de mon-

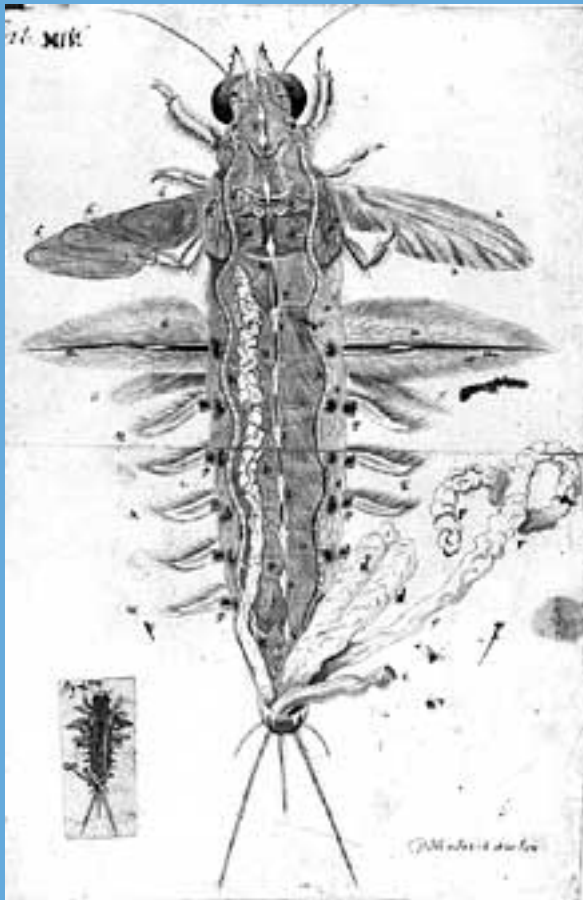


sterachtige verschijning van een vlo, door de microscoop vergroot tot het formaat van een kat? Juist deze afbeelding heeft zeer tot de verbeelding van de lezers gesproken en werd tot in de 19e eeuw vele malen door minder serieuze microscopisten gekopieerd. In feite bereikte Hooke zijn doel, het stimuleren van het gebruik van de microscoop, voornamelijk door deze illustraties.

Tot 1650 was er nog vrijwel niets nieuws toegevoegd aan de kennis, die de Griekse natuurfilosofen omtrent de bouw van de planten vergaard hadden. Hetzelfde gold voor de levensverrichtingen van de plant: groei, voeding en voortplanting. Met name door het werk van Nehemiah Grew, Marcello Malpighi en Antoni van Leeuwenhoek werden nu op dit gebied grote vorderingen geboekt. Deze drie onderzoekers bevestigden Hookes waarneming, dat plantaardige weefsels zoals hout en kurk, opgebouwd zijn uit 'blazen' of 'globulen' die wij nu kennen als cellen. Tussen deze cellen ontdekten zij tal van buizen. Het lag voor de hand deze te vergelijken met de bloedvaten in dierlijk weefsel en te veronderstellen dat zij dien-

den voor het transport van voedingsstoffen. Malpighi werd vooral getroffen door de overeenkomst in bouw van de plantenvaten met de tracheeën in insecten (die dienen voor het transport van lucht). Op die overeenkomst bouwde hij een theorie op over de ademhalingsorganen bij planten en dieren. Malpighi was ervan overtuigd, dat de levensverrichtingen van alle levende organismen op dezelfde wijze tot stand komen, maar dat het mechanisme dat er aan ten grondslag ligt bij planten eenvoudiger in elkaar zit dan bij insecten en bij insecten eenvoudiger dan bij warmbloedige dieren.

Ook Jan Swammerdam, één van de vijf grote microscopisten uit deze periode, gebruikte blijkens zijn eerste wetenschappelijke publicaties de iatromechanische theorie om een aantal fysiologische processen te verklaren. Zijn microscopisch onderzoek van insecten stond geheel in dienst van zijn theorie omtrent de metamorfose van insecten. Insecten ondergaan in hun ontwikkeling van ei tot imago, via larve en pop, vaak een dramatische gedaanteverandering, die metamorfose genoemd wordt. In tegenstelling tot de

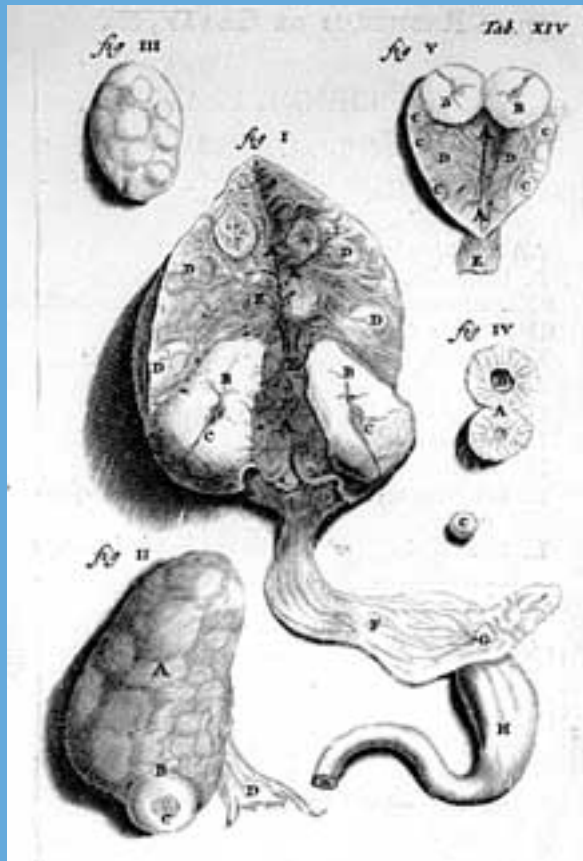


algemeen aanvaarde gedachte hield Swammerdam vol dat de rups tijdens de metamorfose niet plotseling in een vlinder verandert, maar dat al aanwezige structuren in de rups geleidelijk uitgroeien, en zo uiteindelijk de gedaanteverandering tot stand komt. Tot verbazing van zijn tijdgenoten kon Swammerdam inderdaad met behulp van de microscoop in de rups al de vlinder herkennen.

Op het moment dat Van Leeuwenhoek aan zijn carrière in de microscopie begon was de tijd rijp voor een enthousiaste ontvangst van zijn werk. Zijn rapportages aan de Royal Society ontmoetten dan ook veel weerklank; men verzocht hem met klem zijn onderzoekingen voort te zetten en suggereerde een aantal mogelijkheden. Doorgaan deed hij: een halve eeuw, zijn collega's ver overtreffend in aantal onderzoekingen en in aantal verschillende organismen die hij onder de loep nam. Tot zijn belangrijkste ontdekkingen behoren de infusiediertjes, de bacteriën, de rode bloedcellen en de zaaddiertjes. Vooral de infusoriën en spermatozoën wekten de verwondering van Leeuwenhoeks tijdgenoten. Leken, zoals

Christiaan Huygens, werden er zelfs zozeer door geboeid dat zij zelf een microscoop maakten of kochten om zich te overtuigen van het bestaan van deze organismen. Maandenlang onderzocht Huygens zijn peperaftreksels en tekende hij in een oude agenda de organismen na die hij daarin vond. Leeuwenhoeks onderzoek naar de spermatozoïden is typerend voor zijn brede, niet altijd doelgerichte wijze van werken: bij mens, mossel, mijt en vele andere organismen stelde hij vast dat zij spermatozoën produceerden; voorts toonde hij aan dat zij na de geslachtsgemeenschap in de geslachtsorganen van het vrouwelijke dier voorkwamen, bestudeerde hij de bouw van de mannelijke en vrouwelijke geslachtsorganen en ging hij na welke omstandigheden van invloed waren op de levensduur van de zaaddiertjes. Dit onderzoek strekte zich over vele jaren uit; soms was Leeuwenhoek er tijdenlang intensief mee bezig, dan weer liet hij het tijdenlang liggen.

De ontdekking van de zaaddiertjes riep natuurlijk de vraag op naar hun rol in het voortplantingsproces. Leeuwenhoek was

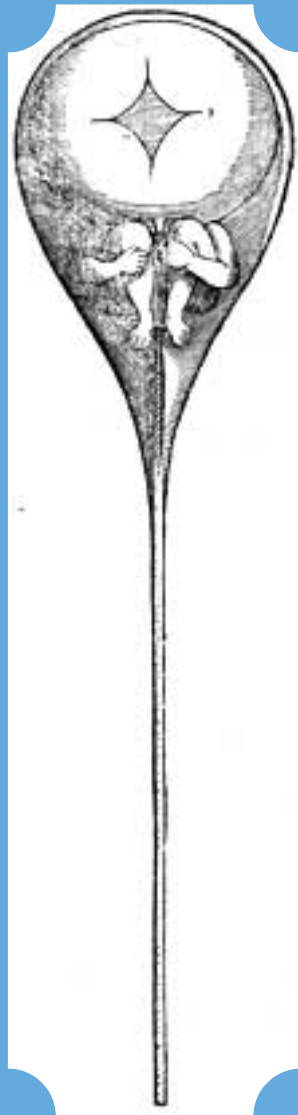


ervan overtuigd dat de zaadcellen in feite het toekomstige individu bevatten en dat het vrouwelijke dier (of mens) slechts het voedsel voor het toekomstige nageslacht levert. Enige jaren tevoren echter had Regnier de Graaf, een stadgenoot van Van Leeuwenhoek, in de eierstokken van geslachtsrijpe zoogdieren kleine blaasjes ontdekt, waarvan hij veronderstelde, dat het de 'eieren' waren. Na deze bijna gelijktijdige ontdekkingen ontbrandde de strijd tussen diegenen, die meenden dat het ei het wezenlijke deel van het nageslacht bevatte (ovisten) en diegenen, die meenden dat dit in het zaaddiertje aanwezig was (animalculisten). De verschillende theologische implicaties van de beide standpunten werden destijds uitvoerig bediscussieerd. Bijvoorbeeld: indien de zaaddiertjes de toekomstige individuen zouden zijn, dan moesten ze een ziel hebben. Maar wat gebeurde er dan met de zielen van al die zaaddiertjes die niet de kans kregen om tot een individu uit te groeien?

De fijnheid van de structuren, die met behulp van de microscoop werden ontdekt, noopte menig onderzoeker zijn

bewondering voor de Schepper te uiten. Swammerdam, bijvoorbeeld, sprak zeker niet alleen voor zichzelf toen hij schreef: 'En seeker het schynt een ongelooflyke saak; dat in een punt, jaa in een stipken soo klein als de punt van een schagt (haar) maakt, sulkeen kunst en sulke wonderen verborgen syn. Maar wat kan GODT niet, die dit alles maakt ende uytwerkt?' Bij deze verbazing over en bewondering voor het werk van de Schepper kwam in de 18e eeuw bovendien de idee dat bestudering van de natuur ook een middel is om God te eren.

De populariteit van de microscopie in die eeuw was zeker voor een groot deel het gevolg van deze instelling. Toch was tegen de tijd dat Van Leeuwenhoek overleed (1723) de grote tijd van de microscopie allang voorbij. De belangrijkste oorzaken voor dit verval waren wel de nieuwe inzichten die naar aanleiding van de microscopische ontdekkingen het denken van geleerden waren gaan beheersen, zoals bijvoorbeeld over de rol van de zaaddiertjes in de voortplanting. De gedachte dat deze de toekomstige indivi-



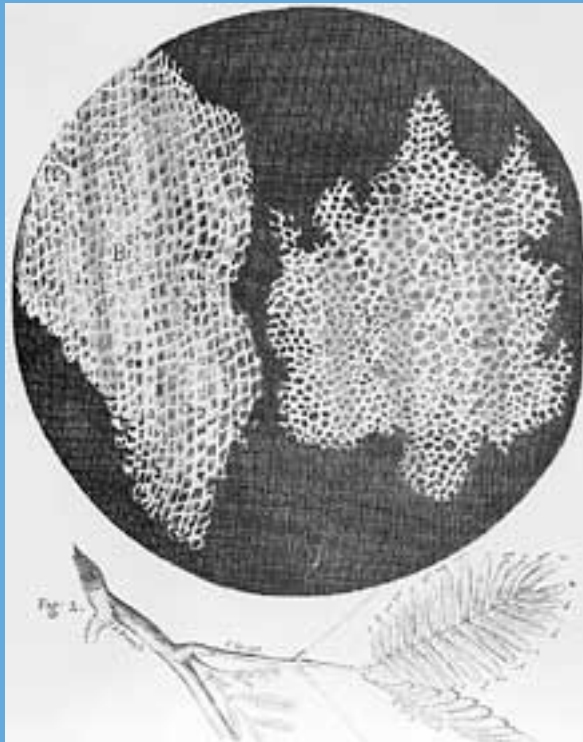
duen zouden bevatten kon weliswaar met allerlei wetenschappelijke en theologische argumenten aannemelijk worden gemaakt, maar de microscopen van die tijd waren nog te beperkt om enige structuur binnen de spermacel te kunnen ont-hullen. Afbeeldingen van spermacellen, waarin een gehurkte mensfiguur te zien is, berusten dan ook op pure fanta-sie. Hetzelfde geldt voor andere theorie-ën. Leeuwenhoek en vele anderen had-den in hun plantaardige en dierlijke pre-paraten vaten gevonden, dikke en dunne, korte en lange. Vele geleerden kwamen daarop tot de slotsom dat alle weefsels uit niets anders dan vaten opgebouwd zouden zijn, maar ook die theorie kon met behulp van de vrij zwakke micros-copen van toen niet worden bevestigd. Daarbij kwam ook nog een groeiend wantrouwen ten opzichte van de micro-scoop. Hoe kon men er zeker van zijn dat wat men door deze microscoop zag, zich ook werkelijk in het preparaat bevond? Die vraag klemde temeer bij voorberek-te preparaten: zouden de oorspronkelijke structuren in het preparaat door deze bewerking niet aangetast of veranderd

zijn? Dit wantrouwen was er al vanaf het begin van de microscopie, maar was in de eerste periode van geruchtmakende ont-dekkingen sterk op de achtergrond gedrongen. Maar toen bleek, dat er struc-turen beschreven waren, die inderdaad op vervormingen in de objecten berust-ten, werd deze kritiek weer meer gehoord.

Als gevolg van deze ontwikkelingen was de microscopie in de 18e eeuw niet langer het opwindende onderwerp dat het tevo-ren geweest was.

Dat wil niet zeggen dat microscopie niet langer beoefend werd. Integendeel, onder de 'liefhebbers' en amateurs zoals Pierre Lyonet en John Ellis bleef er grote belangstelling voor het kijken met micros-copen, maar de wetenschappelijke micro-scopie kwam pas in het begin van de 19e eeuw weer opnieuw tot ontwikkeling.

Prepareertechnieken ten tijde van Van Leeuwenhoek



De microscopisten uit het begin van de 17e eeuw hadden weinig reden om aandacht te besteden aan het vervaardigen van hun microscopische preparaten; wat er ook onder de loep werd genomen, het was door het vergroten alleen al indrukwekkend genoeg. In die tijd werd er weinig over de microscoop geschreven, en er zijn daarom ook maar weinig details over vroege prepareertechnieken bekend. De eerste afbeelding van wat wij nu als cellen herkennen werd door Hooke in zijn *Micrographia* gedrukt. Zoals hij zelf meedeelt maakte Hooke zijn preparaten door het te bestuderen materiaal langs twee vlakken door te snijden: 'Ik nam een mooi en goed uitzierend stuk kurk, en met een pennemes, zo scherp als een scheermes, sneed ik daar een stuk van af. Er ontstond een oppervlak van een uitzonderlijke gladheid, hetwelk mij, nadat ik het zeer zorgvuldig met een microscoop had bekeken, voorkwam een weinig poreus te zijn. Maar ik kon hen [de poriën] niet zo duidelijk onderscheiden dat ik er zeker van

kon zijn dat het inderdaad poriën waren, laat staan dat ik hun precieze vorm had kunnen vaststellen. Te oordelen naar het geringe gewicht en de verende aard van het kurk zou zo'n structuur niet zo vreemd zijn, en ik zou deze, met nog grotere zorgvuldigheid, misschien met een microscoop toch wel kunnen onderscheiden. Dus sneed ik met hetzelfde pennemes van het gladde oppervlak een uiterst dun plakje af, hetwelk ik, na het op een zwart objectplaatje te hebben geplaatst en er door een plano-convexe lens licht op te hebben gericht als geheel geperforeerd en poreus, als ware het een honingraat, kon waarnemen, zij het, dat de poriën geen regelmaat vertoonden; maar in deze opzichten leek het niet weinig op een honingraat.' Dit was natuurlijk een heel gewone manier om naar fijnere structuren te kijken; iedereen was er wel aan gewend om brood, fruit en groenten in plakjes te snijden. Hooke's microscoop was in die tijd zo gearrangeerd dat hij alleen bij gereflecteerd licht kon worden



gebruikt. Enkele jaren later werd hij zich bewust van de voordelen van doorschijnend licht. Voor de studie van natte preparaten monteerde hij een stuk Moscovisch glas (mica) aan zijn instrument, dat geheel moest worden omgebouwd, omdat de objecttafel die destijds werd gebruikt niet geschikt was voor het werken met dergelijke preparaten. Ook ontwikkelde hij een belichtingswijze met een schuine lichtinval, die de latere donker-veld-microscopie zeer dicht benaderde: 'Als de vlam van een kaars direct voor de microscoop wordt geplaatst, dan worden alle kleine creatuurtjes keurig zichtbaar door een zwarte contourlijn, en dan zijn hun lichaampjes iets donkerder dan het water; maar als de kaars iets buiten de directe gezichtslijn wordt geplaatst, dan verschijnen zij als evenzovele kleine pareltjes of luchtbelletjes, en dan is de vloeistof waarin zij zwemmen donker.' Hooke benadrukt dat diegenen die er niet aan gewend zijn om op deze manier naar preparaten te kijken daarvan gemakkelijk een verkeerde indruk kunnen krijgen. Ook vermeldt hij in deze passage de techniek van het samendrukken en uit-

smeren van substanties om ze vervolgens met doorschijnend licht te kunnen bestuderen, en beveelt hij een specifieke vorm van compressorium aan.

In een andere, nog veel belangrijkere passage beschrijft Hooke de techniek om preparaten in een vloeistof, zoals water of olijfolie, te plaatsen. Deze passage, die van zo'n uitzonderlijk groot belang voor de microscopische techniek had kunnen zijn, is het waard hier in zijn geheel te worden aangehaald: 'Er zijn nog andere substanties die op geen enkele tot nu toe beschreven manier kunnen worden onderzocht, namelijk dié delen van dierlijke of plantaardige organismen, die een zo speciale eigen vorm of uiterlijk hebben, dat datgene waar men naar zoekt verdwijnt zodra zij deze vorm hebben verloren. Voorbeelden hiervan zijn zenuwen, spieren, pezen, gewrichtsbanden, membranen, klieren, parenchym etc. in dierlijke organismen, of merg, pitten, hout, schors, bladen, bloemen etc. van planten. Sommige hiervan kunnen op zich worden bekeken zonder ze van de andere delen te scheiden; maar er zijn andere die niet kunnen worden bestudeerd tenzij zij



in een daartoe geëigende vloeistof drijven: dit zijn bijvoorbeeld stukjes vlees, spieren of pezen; als men de vezels van een alleen door lucht omgeven spier bekijkt kunnen de kleine delen waaruit deze zijn opgebouwd niet worden onderscheiden. Worden zij daarentegen in een vloeistof zoals water of heldere olie geplaatst, dan ziet men een waarlijk zeer wonderbaarlijk weefsel, dat niemand die ik ooit heb ontmoet al eerder had ontdekt; hierover meer als ik hun ware mechanische maaksel en de oorzaak van hun beweging zal bespreken. Als men op deze wijze de vezel van een gewrichtsband bekijkt, dan ziet men duidelijk dat deze is opgebouwd uit een oneindig gezelschap van uiterst kleine gladde ronde draden, die dicht tegen elkaar aan liggen en waarvan elk niet groter is dan een vierhonderdste deel van een haar.' Als deze prepareertechniek een wat algemenere toepassing had gevonden, dan was men in de volgende anderhalve eeuw zeker heel wat meer over fijnere structuren te weten gekomen. Maar dat gebeurde niet, en Hooke zelf verloor na 1680 zijn belangstelling voor de microscoop.

Een belangrijke stelregel voor de microscopist werd enkele jaren later door Grew verwoord toen hij schreef: 'Dit moet allemaal gedaan worden op allerlei verschillende manieren van sectie: scheef, haaks, dwars; alle drie zijn noodzakelijk, al was het alleen maar om beter te kunnen begrijpen in plaats van beter te zien. Soms kan het ook beter uitkomen om te breken of te scheuren of op andere wijze [het te onderzoeken materiaal] zonder sectie in stukken te delen. Bij een microscoop hoort een mes, en alle maar denkbare delen [van het gegeven materiaal] moeten worden bestudeerd.' Grews wenk is een model van verstandigheid en is nog steeds van toepassing, maar helaas duurde het nog zo'n tweehonderd jaar aler adequate snijtechnieken waren ontwikkeld.

Weer andere prepareertechnieken kwamen in de 17e eeuw in zwang naar aanleiding van het werk van Malpighi; hier toe behoort bijvoorbeeld het opspuiten van holle microscopische preparaten. Op deze manier werd met de microscoop het boeiende fenomeen van de haarvaten ontdekt, de missing link tussen slagaders



en anders in Harveys theorie van de gesloten bloedsomloop. Malpighi maakt zelden duidelijk of hij het over macro- dan wel microscopische fenomenen heeft, maar zijn werk over de nier bijvoorbeeld was van fundamenteel belang. Ook Swammerdam heeft met het injecteren van was uitstekende resultaten geboekt, zoals in zijn onderzoek over de honingbij; dit werd echter pas in de volgende eeuw bekend.

Er waren nog anderen, zoals Ruysch, die goede resultaten behaalden, en ook waren er nog wel doorbraken naar andere gebieden van microscopisch onderzoek, maar in het geheel is er in de 17e en een goed deel van de 18e eeuw verder niet veel van wetenschappelijk belang met de microscoop waargenomen. Hierop is echter één grote uitzondering, namelijk het werk van Antoni van Leeuwenhoek, die vijftig jaar actief is geweest en wiens vele resultaten, die hij aan de Royal Society in Londen heeft meegedeeld, een blijvend monument voor zijn ijver en verbeeldingskracht vormen.

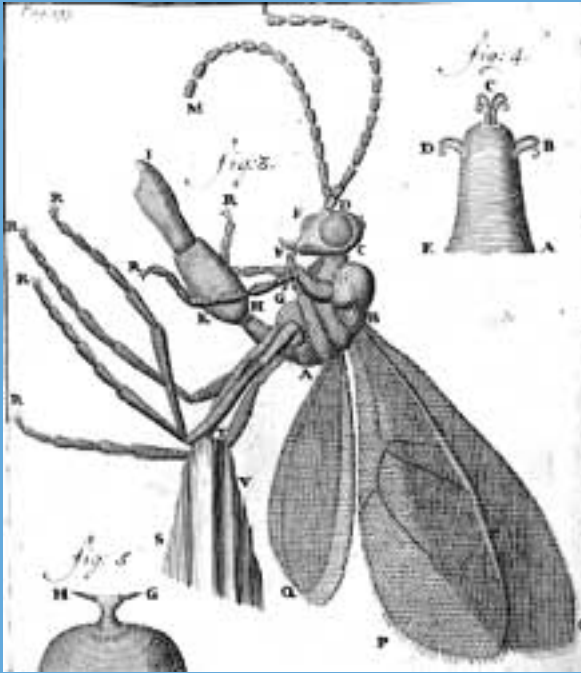
Helaas vindt men in Leeuwenhoek's geschriften maar heel weinig over de

wijze waarop hij zijn preparaten of instrumenten vervaardigde. Hij hield zijn technieken heel bewust achter, zoals blijkt uit een klacht van Hooke: 'De wijze waarop de genoemde heer Leeuwenhoek deze ontdekkingen doet acht hij, om redenen die hij zelf het beste zal kennen, tot op heden niet geschikt om aan anderen meegedeeld te worden.' Slechts af en toe krijgt men een idee van het soort preparaten dat hij maakte. Enig licht daarop werpen de preparaten die bevestigd waren aan de microscopen die naar de Royal Society zijn gestuurd of die na zijn en zijn dochters dood op de veiling zijn terecht gekomen. Voorts staan er in zijn brieven talloze verspreide aanwijzingen en wenken over prepareermethodes. Tenslotte zijn er ook nog enkele door hem zelf vervaardigde preparaten die hij naar de Royal Society heeft gestuurd en waarvan sommige nog bestaan. De dertien kleine doosjes in een Indisch kabinet die de Royal Society uit hoofde van Leeuwenhoek's testament ontving, zijn daar kort na aankomst door Martin Folkes beschreven. Elk doosje bevatte twee zilveren microscoopjes die Leeuwenhoek vol-

Een Catoen Zaatge.
in 24 ronde Schijffens
gesneden.

gens Folkes kort voor zijn dood speciaal voor de Royal Society bijeen had gezocht. Er was een handgeschreven lijst van voorwerpen, waarvan echter destijds al meer dan de helft waarschijnlijk tijdens het transport was losgeraakt van hun instrument. De dertien doosjes waren genummerd van 15 tot en met 27, en zij bevatten de volgende preparaten: nummer 15: bloedlichaampjes, TS lindehout; 16: het oog van een mug, en een onbeschreven preparaat; 17: een haar met daarop ringworm, een haartje van een hand; 18: een spier van een kabeljauw, een embryo van een cochenille; 19: een snede van olifantstand, kristallijn vocht van een walvisoog; 20: schaaпswol, spinklier van een spin; 21: een korreltje uit een tondeldoos, een theeblad; 22: zaad van een lam, een varkenstong; 23: twee vezels van een kabeljauw; 24: twee sneden van nootmuskaat; 25: een snede van een olifantstand, een spiermembraan; 26: haarvaten van een membraan, haarworm; 27: zijde, oog van een vlieg. Folkes zag er van af alle details van deze preparaten te beschrijven; dat, zo redeneerde hij, zou een even eindeloos karwei zijn als te proberen een

lijst van al Leeuwenhoeks ontdekkingen te maken. Die ontdekkingen waren ten slotte zo talrijk geweest, dat zij een behoorlijk gedeelte van de Philosophical Transactions besloegen en vier grote kwarto banden met manuscripten vulden. De door Leeuwenhoek gestuurde microscopen waren alle op dezelfde wijze geconstrueerd. De vaste preparaten waren op de objectpin vastgelijmd, terwijl de vloeibare preparaten, of die, die eerst moesten worden uitgesmeerd op een klein mica of geblazen glazen plaatje waren geplaatst dat op de pin was vastgelijmd. Folkes vermeldde nog dat de lenzen alle zeer helder waren en dat de preparaten er goed en duidelijk door waren te zien; in het bijzonder prees hij de vakkundigheid waarmee de preparaten op de best mogelijke wijze waren vervaardigd. De rest van Leeuwenhoeks microscopen werd in 1747 geveild, twee jaar na de dood van zijn dochter Maria, die de nalatenschap vanaf 1723 had beheerd. In de vorige eeuw zijn deze microscopen en de daarop bevestigde preparaten beschreven door Harting, die een met wit papier doorschoten exem-



plaar van de veilingcatalogus in handen had gekregen, waarin de gegevens over kopers en gehaalde prijzen waren vermeld. Van de door Harting opgevoerde preparaten noemen we: spieren van walvis, kabeljauw, vis, en eendehart; lens, blaas en tong van een os; haar van een schaap, en van bever, eland, beer en menselijke neus; schubben van baars, zeetong en menselijke huid; spinklier, draad, monddelen en ogen van een spin; hersenen, optische zenuwen poten van een vlieg; monddelen en poten van een vlo; menselijke bloedlichaampjes; varkenslever; coupe van een blaas; spinklier van een zijderups; oog van een waterjuffer; huid, legbuis en monddelen van een luis; rode koraal; coupe van een oesterschelp; oesterembryo's in een buis. Plantaardige preparaten waren onder andere lengte- en dwarsdoorsneden van acht verschillende soorten hout; een coupe van versteend hout; een embryo van een roggezaadje, en de vaatbundels van nootmuskaat. Minerale preparaten waren bijvoorbeeld fragmenten van marmer, bergkristal, diamant, bladgoud, stofgoud, zilvererts, salpeter, en een reeks kristallen. Significant

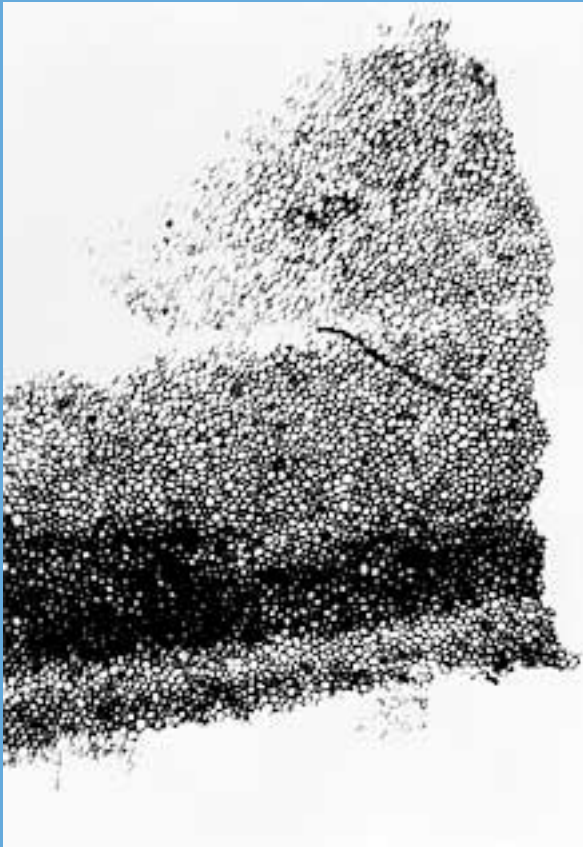
is bij deze preparaten dat zij merendeels in de vorm van coupes of uitstrijksels waren vervaardigd, terwijl elk was bevestigd op een microscoop waarvan de lens precies de juiste brandpuntsafstand had om de karakteristieke eigenschappen goed te kunnen zien. Het is zeer aannemelijk dat Leeuwenhoek veel van zijn waarnemingen heeft gedaan aan wat men noemt tijdelijke preparaten, meestal levend materiaal. Dobell benadrukt dat Leeuwenhoek over de techniek van donker-veld-microscopie moet hebben beschikt. Deze techniek was reeds door Hooke ontwikkeld. Bij het gebruik van Leeuwenhoek-microscopen is het gemakkelijk, aldus is uit experimenten gebleken, om het hoofd zo te draaien dat het licht schuin van een kant op het object valt. Een dergelijke schuin invallende bundel bereikt de lens niet, tenzij hij door delen van het object wordt afgebogen. In dat geval steken deze delen van het object heel duidelijk af tegen een donkere ondergrond, waardoor kleinere organismen of structuren kunnen worden gezien dan bij directe verlichting. Een hint naar deze techniek wordt gegeven in



een brief uit januari 1675; schrijvend over de observatie van rode bloedlichaampjes, gebruikt Leeuwenhoek de vergelijking met zandkorrels op zwarte zijde. Dit beeld is typisch voor de donker-veld-microscopie. Een heel waardevol kort overzicht van alle opmerkingen die Leeuwenhoek over het gebruik van zijn microscopen en zijn prepareertechniek heeft gemaakt is samengesteld door Cole. Daaruit blijkt dat hij veel van zijn histologische werk heeft uitgevoerd op coupes, een techniek die voor het eerst in 1674: wordt vermeld. Hij maakte coupes van oogzenuwen, hersenen, haar, tong, milt, spier, oog, pees, ruggenmerg, huid, vet, en een variëteit van plantenmateriaal. Coupes maakte hij het liefst van droog materiaal, en hij schijnt zich ook het belang te hebben gerealiseerd van de studie van sequenties van dwarsdoorsneden. Soms spoot hij preparaten op met was of kwik, en in zijn brieven is af en toe sprake van methodes als opblazen en micro-ontleding.

Een paar preparaten van Leeuwenhoeks hand zijn bewaard gebleven in het archief van de Royal Society in Londen,

zoals door Dobell en Cole reeds is opgemerkt. Een recente zoekactie heeft bevestigd dat er nog negen pakketjes met preparaten aldaar aanwezig zijn. Vier ervan waren oorspronkelijk bijgesloten bij Leeuwenhoeks brief van 1 juni 1674 (RS folio L1/4). Het eerste bevat met de hand gesneden coupes van kurk, van goede kwaliteit; het tweede coupes van vlierpit, die nog in goede conditie verkeren; het derde pakketje bevatte oorspronkelijk coupes van een veren pen, maar is nu leeg, en het vierde een aantal dikke coupes van de oogzenuw van een koe. Deze laatste zijn waarschijnlijk pas in 1675 gemaakt en later bij de brief van 1674 opgeborgen. Een vijfde pakketje bevat een in 24 stukjes gesneden katoenzaadje, het zesde 9 ontleder katoenzaadjes. Deze laatste twee pakketjes waren vastgehecht aan een brief gedateerd 2 april 1686 (RS folio L2/1). Twee andere pakketjes bevatten gedroogd algenmateriaal en waren vastgehecht aan een brief gedateerd 17 oktober 1687 (RS folio L2/16). Het laatste pakketje is eveneens met algenmateriaal gevuld en lijkt te dateren uit maart 1686, alhoewel het aan dezelfde brief was vast-

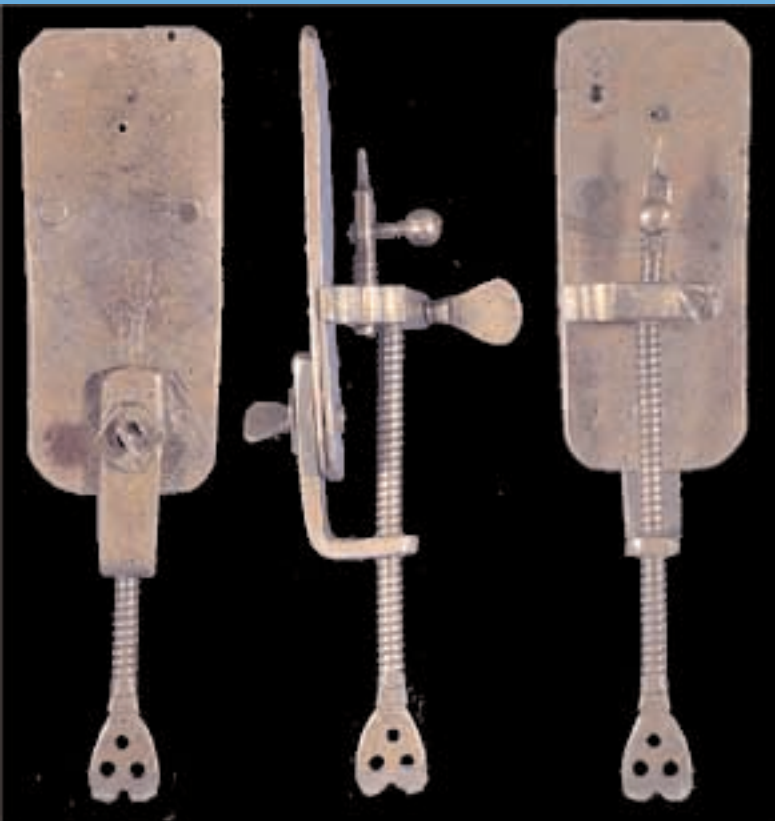


gehecht.

Op zichzelf zijn deze preparaten niet erg opzienbarend. De coupes van kurk zijn over het geheel genomen nogal dun en hebben de gebruikelijke wig-vorm die ontstaat als er uit de vrije hand wordt gesneden; delen ervan zijn slechts 10 dik. De secties van vlierpit hebben dezelfde karakteristiek. De stukken oogzenuw zijn waarschijnlijk gesneden ná het drogen en zijn relatief dik, alhoewel de interessante details van deze destijds zo nieuwe structuren wel kunnen worden gezien. Veel belangrijker zijn de coupes van katoenzaaden. De techniek om dergelijke sequenties van coupes te maken was destijds geheel nieuw, en zou pas tweehonderd jaar later ingeburgerd raken. Toen bleek het de sleutel te zijn tot het begrip van structuren, wat voor alle levenswetenschappen van uitzonderlijk belang is. Ook de micro-ontledingen van de katoenzaadjes zijn nog heden van voldoende kwaliteit om details van het embryo te laten zien. De preparaten van algenmateriaal zijn minder interessant omdat daar weinig preparatietechniek voor nodig was. Het werkelijke belang van deze prepara-

ten is dat ze door Leeuwenhoek zelf zijn gemaakt. Zij tonen ons dat hij een aanzienlijke vaardigheid heeft gehad in het prepareren. Dat hij een scherp gezichtsvermogen had was al bekend, en ook dat hij beschikte over een onderzoekende en ordenende geest en een enorme dosis vasthoudendheid. Bij zijn onderzoekingen paarde hij een grote verscheidenheid van technieken aan lange en intensieve observatie.

Daarin was hij zowel voor zijn tijd als voor de volgende eeuw uniek. Het waren deze eigenschappen die hem in staat hebben gesteld om tijdens zijn lange leven zo veel te produceren wat niet alleen nieuw maar ook nog van het grootste wetenschappelijke belang was.



Van Leeuwenhoeks microscopen

Toen in 1747 de boedel van de in 1723 overleden Antoni van Leeuwenhoek werd geveild, bleek zich daarin een immense hoeveelheid door hem zelf gemaakte microscopen te bevinden. Uit de bewaard gebleven catalogus van de veiling kan men opmaken dat Leeuwenhoek (minstens) drie essentieel verschillende soorten microscopen en enkele varianten daarop heeft gemaakt en gebruikt. In de eerste plaats waren dat microscopen van het bekende type, bestaande uit een tussen twee metalen plaatjes gevat miniem glazen lensje, waarmee een op een pinnetje bevestigd droog preparaat kon worden bestudeerd. Door middel van een schroefinstelling kon het preparaat daarbij in beeld en in focus worden gebracht. Varianten op dit type waren microscopen met twee of drie lenzen en evenveel objectpinnetjes. 248 van dergelijke microscoopjes worden in de veilingcatalogus opgevoerd, waarvan drie met twee en twee met drie lensjes. Voorts waren er 23 microscopen voor de studie

van natte preparaten, zoals oesters, alen of andere vissen. In wezen waren dit preparaathouders, aangepast aan de specifieke eisen van het preparaat, waarop losse, in plaatjes gevatte lensjes konden worden aangebracht. De catalogus noemt 172 van dit soort lensjes.

Tenslotte werden er ook nog 88 handloupes geveild, d.w.z. microscopen met een zeer kleine vergrotingsfactor. De microscopen waren alle vervaardigd van messing of zilver, behalve drie stuks, die van goud waren gemaakt en op basis van hun gewicht werden verkocht. Leeuwenhoek had echter nog meer microscopen gemaakt dan deze 359; 26 zilveren microscoopjes had hij bij zijn overlijden al gelegateerd aan de Royal Society, en twee microscoopjes had hij ooit aan koningin Mary van Engeland geschonken.

Van deze enorme schat van 387 microscopen zijn er vandaag nog maar bitter weinig over: negen microscopen van het bekende type, een aalkijker en een etuitje met vijf losse, in messing plaatjes gevatte



lensjes.

Een enkel woord over de authenticiteit van deze microscopen is hier nog op zijn plaats. Van slechts drie van deze microscopen kan worden aangetoond dat zij in 1747 zijn geveild. Die zijn daarom zeker authentiek. Voor de rest kan de authenticiteit alleen indirect aannemelijk worden gemaakt. Het belangrijkste argument daarbij is dat er pas in de tweede helft van de vorige eeuw belangstelling voor historische microscopen ontstond, en er pas toen vraag was naar kopieën van dergelijke microscopen. In die belangstelling werd voorzien door onder andere de Londense instrumentmaker en microscopist Mayall, die kopieën van Leeuwenhoek-microscopen leverde. Kopieën van voor 1850 zijn daarom erg onwaarschijnlijk, en men is dan ook geneigd om die Leeuwenhoekmicroscopen waarvan men kan aantonen dat zij al voor 1850 bestonden voor echt te verklaren.

Over de wijze waarop Leeuwenhoek zijn lenzen maakte is door hem zelf weinig meegedeeld. Op grond van onderzoek van de lenzen zelf en van hier en daar

verspreide opmerkingen in Leeuwenhoek's brieven of in geschriften van zijn tijdgenoten komt men tot het volgende beeld: van de nog bestaande 13 lenzen zijn er twaalf geslepen en is er één geblazen. Leeuwenhoek sleep zijn lenzen uit glas, een enkele maal ook uit bergkristal, met behulp van een verticale spil, die een heen en weer draaiende beweging had en waarop een klein kommetje met de gewenste lensvorm was aangebracht. De geslepen lensjes werden daarna kort gepolijst op een veerkrachtige ondergrond van leer of vilt, net lang genoeg om de oneffenheden op het oppervlak nagenoeg te verwijderen. Deze lenzen zijn te herkennen aan hun uitstekende kwaliteit glas, waarin geen luchtbelletjes voorkomen (daarop werd het glas door Leeuwenhoek uitgezocht) en hun enigszins oneffen oppervlak. Uit een opmerking ooit tegen Uffenbach gemaakt weten wij dat Leeuwenhoek ook lenzen heeft geblazen, maar hoe dat in zijn werk blijft duister. Dr. van Zuylen heeft onlangs de hypothese opgesteld dat dit soort lensjes zou zijn ontstaan bij het blazen van een glazen bol uit een gegeven



glazen cilinder. De karakteristiek van dergelijke lensjes is hun asferische vorm, hun gladde oppervlak en kleine ingesloten luchtbelletjes. Deze karaktertrekken vindt men inderdaad terug in het enige bewaard gebleven microscoopje met een geblazen lensje.

De vergrotingsfactoren van de nog bestaande Leeuwenhoekmicroscopen variëren van 30x tot 200x, met een uitschieter van 266x deze factoren zijn in goede overeen. Stemming met de in 1740 door Henry Baker gemeten vergrotingen van de 26 aan de Royal Society geschonken microscopen.



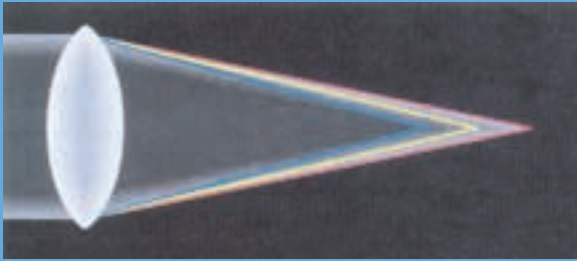
De microscoop ten tijde van Van Leeuwenhoek

Microscoop en telescoop werden aan het begin van de 17e eeuw in Middelburg ontdekt. Zij kwamen voort uit de praktijk van het brillen maken. Curieus genoeg lagen er drie eeuwen tussen de uitvinding van de bril, die berust op het vergrotings-effect van geslepen en gepolijst glas, en het gebruik van lenzen voor het wetenschappelijk onderzoek van ver verwijderde of zeer kleine objecten. Een van de redenen voor dit grote tijdsverloop ligt in het feit dat voor de correctie van het menselijk oog lenzen nodig zijn met een diameter van tussen de 2,5 en 4 cm en een brandpuntsafstand van tussen de 10 en 50 cm. Brillenglazen hebben bijgevolg vrij grote afmetingen, en vergroten niet meer dan twee a drie keer. Een combinatie van een willekeurig stel brillenglazen voldoet in het algemeen niet aan de vereisten voor een optisch instrument. Naar alle waarschijnlijkheid is de telescoop uitgevonden door een brillenmaker die om een of andere reden twee lenzen, een positieve en een negatieve (ter correctie

van respectievelijk ver- en bijziendheid) van juist geschikte vergroting in zijn handen had en deze bij toeval op een lijn hield. Een dergelijke combinatie van lenzen levert een zogenaamde Hollandse of Galilei telescoop op; men vindt een dergelijke rangschikking vandaag nog terug in toneelkijkers. Pas toen door de ontdekking van de telescoop de belangstelling voor de constructie van lenzen was gewekt, kwam het idee op om de diameter van een lens te verkleinen (tot minimaal 3 mm), waardoor de vergrotingsfactor kon worden opgevoerd tot maximaal 100x.

Ter uitbreiding van de mogelijkheden van het menselijk oog om kleine voorwerpen te zien kan óf een enkele lens óf een combinatie van twee of drie lenzen worden gebruikt. Toen de telescoop eenmaal was ontdekt lag het voor de hand om door een combinatie van lenzen ook een samengestelde microscoop te vormen. Maar aan het gebruik van samengestelde microscopen waren in de 17e eeuw ernsti-

*Boven: convexe of positieve lens
Onder: concave of negatieve lens*

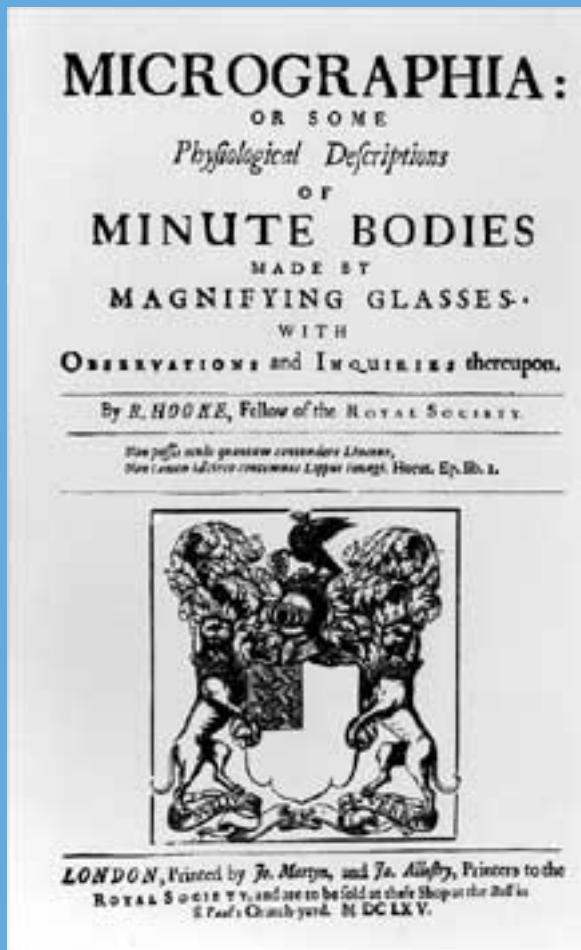


ge nadelen verbonden; zo ernstig, dat met de enkele lens van een enkelvoudige microscoop betere resultaten konden worden bereikt.

Aan het vermogen van glazen lenzen om het gezichtsvermogen te verbeteren wordt afbreuk gedaan doordat het door de lens gevormde en door het oog waargenomen beeld tal van gebreken vertoont. Deze gebreken komen voort uit de aard van het licht, uit de vervaardigingwijze van lenzen, en uit de kwaliteit van het gebruikte glas. Een glazen lens gedraagt zich als een prisma en scheidt wit licht in meer of minder sterke mate in verschillende kleurcomponenten die door hun verschillen in golflengte niet in eenzelfde brandpunt worden samengebracht. Dientengevolge vertoont het microscopische beeld gekleurde randen. Dit gebrek staat bekend als de 'chromatische aberratie'. Pas rond 1750 slaagde de Londense instrumentmaker John Dollond er in uit twee verschillende glassoorten een zogenaamde achromatische telescooplenz te ontwerpen waarin geen chromatische aberratie optreedt. De kleine achromatische lenzen voor microscopen waren veel

moeilijker te maken en kwamen pas aan het begin van de 19e eeuw in commerciële productie.

Een ander gebrek in de beeldvorming door een lens is de 'sferische aberratie'; daarmee wordt de vaagheid van het beeld bedoeld ten gevolge van de bolvormigheid van de lens. Bij normale slijpen polijsttechnieken ontstaat deze bolvorm vanzelf. Parabolische lenzen vertonen geen sferische aberratie, maar een dergelijke vorm kan met manuele slijptechnieken vrijwel niet worden gerealiseerd. De correctie voor de sferische aberratie zoals die voor het eerst rond 1830 werd toegepast werd dan ook niet verkregen door een verbeterde slijptechniek, maar door een wetenschappelijk verder doordacht ontwerp van de optische systemen. Tenslotte kon ook de kwaliteit van het gebruikte glas gebreken in het telescopische of microscopische beeld veroorzaken. Glas voor optische doeleinden moet geheel kleurloos en volledig homogeen zijn; het is echter erg moeilijk om verontreiniging van het glas door kleine hoeveelheden metaal te voorkomen, waardoor onmiddellijk verkleuring



optreedt. Omdat glas niet smelt maar zacht wordt, is er een aanzienlijke hoeveelheid warmte voor nodig om het zo vloeibaar te maken dat het goed gemengd kan worden. Goed optisch glas vereist een heel wat hetere oven dan gewoon vensterglas, en dergelijke ovens waren voor de negentiende eeuw niet beschikbaar. Verder moesten technieken worden ontwikkeld om vloeibaar glas zo te roeren dat een goed homogeen mengsel ontstond. Bij slechte menging ontstaan in het glas slierten van net even verschillende dichtheid, en dus verschillende brekingskracht, waardoor de scherpste van het optische beeld wordt aangetast. Al deze problemen waren, althans in het begin, op de enkelvoudige, uit één lens bestaande microscoop veel minder van invloed dan op de samengestelde microscoop. De chromatische aberratie bleef tot een minimum beperkt, omdat het oog door een enkele lens een virtueel beeld waarneemt waarin de verschillende kleuren over elkaar vallen. In een samengestelde microscoop daarentegen, die een omgekeerd beeld teweeg brengt, versterkt de tweede lens het chromatisch

defect van het objectief. De sferische aberratie kan in een enkelvoudige microscoop doeltreffend worden beperkt door de lensopening te verkleinen en een sterke lichtbron zoals fel zonlicht te gebruiken. Het was daarom niet verwonderlijk dat Robert Hooke, auteur van de bestseller *Micrographia* (1665) in 1679 in een lezing het volgende oordeel velde: 'Het gebruik van hen [enkelvoudige microscopen] vond ik hinderlijk voor mijn oog en ik ervoer dat ze het gezichtsvermogen hadden geforceerd en verzwakt; dat was de reden waarom ik heb nagelaten er gebruik van te maken, ofschoon zij in werkelijkheid het voorwerp helderder en duidelijker maken en ze evenveel vergroten als samengestelde microscopen. Nee, voor hen wier ogen het kunnen verdragen is het met een enkele microscoop zelfs veel beter mogelijk om ontdekkingen te doen dan met een samengestelde, omdat de kleuren die het heldere zicht in samengestelde microscopen zo zeer vertroebelen in de enkelvoudige duidelijk worden vermeden en voorkomen.' Zelfs het vinden van geschikt glas was minder problematisch, omdat voor de minuscule



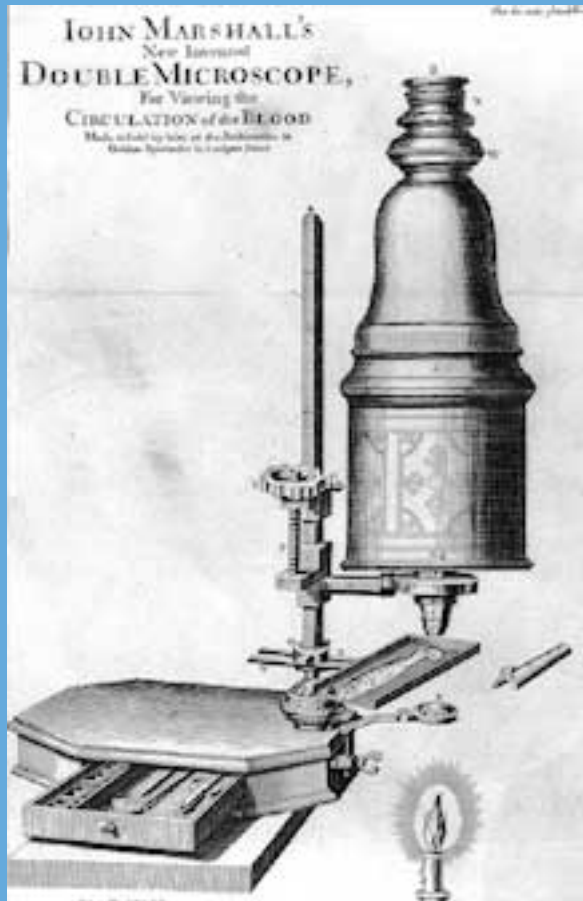
lensjes die Leeuwenhoek gebruikte slechts hele kleine stukjes nodig waren.

Om al deze redenen kon gedurende de 17e en een goed deel van de 18e eeuw met de enkelvoudige microscoop een tot tien maal beter oplossend vermogen worden bereikt dan met een samengestelde microscoop. Als gevolg hiervan ontstonden er twee microscopische tradities. De met de telescoop zo nauw verwante samengestelde microscoop kwam tot zijn recht bij het waarnemen van vaste voorwerpen met opvallend licht en bij relatief kleine vergrotingen. Op een na alle waarnemingen die Hooke in zijn *Micrographia* beschrijft zijn bij opvallend licht gedaan. De enkelvoudige microscoop, waarmee vlak bij het voorwerp scherp wordt gesteld, kan het beste gebruikt worden om doorschijnende voorwerpen bij doervallend licht te bekijken. Het gebruik ervan vergt van de onderzoeker een hoog niveau van vakmanschap en concentratie, en bovendien een stel uitstekende ogen. Als aan deze voorwaarden was voldaan kon een vakman tot echt belangrijke waarnemingen komen, waarnemingen zoals die van Leeuwenhoek. De samenge-

stelde microscoop daarentegen werd tot het einde van de 18e eeuw hoofdzakelijk gebruikt ter lering en vermaak; het was een van de belangrijkste hulpmiddelen bij de populaire beoefening van de natuurfilosofie.

De oudst bekende afbeelding van een microscoop dateert uit 1631, en is een tekening van een op drie poten staande samengestelde microscoop in het journaal van Isaac Beeckman.

Het uit 1683 daterende visitekaartje van de Londense instrumentmaker John Yarwell laat zien dat hij naast andere uitvoeringen van samengestelde microscopen ook het driepoot-model vervaardigde. In de tweede helft van de 17e eeuw kunnen er twee lijnen van ontwikkeling van de samengestelde microscoop worden onderscheiden: één in Italië, waar kleine microscopen werden gemaakt van gedraaid hout en messing, en één in Engeland, waar grote instrumenten werden gemaakt van hout, bordpapier en leer. In Rome beconcurrerden Eustachio Divini en Giuseppe Campani elkaar. Campani was erin geslaagd het optische systeem van de samengestelde micro-



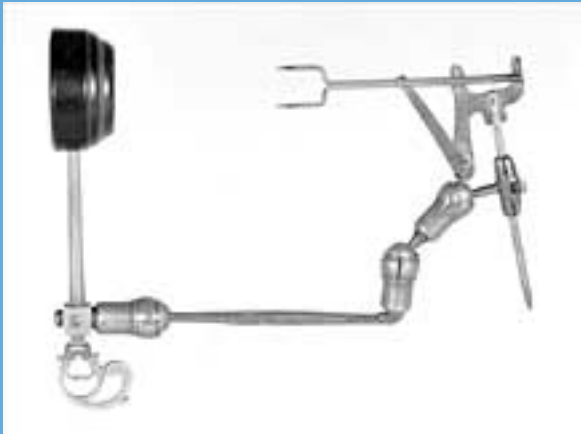
scoop onder te brengen in een houten koker van niet meer dan 10 cm lengte, ongeveer een derde van de lengte van een Engelse microscoop uit die tijd. De grote, laat-17e eeuwse Engelse microscopen waren bedekt met leer en vaak fraai versierd met goudopdruk, op dezelfde wijze waarop ook boekbanden in die tijd werden versierd. Dat lag ook voor de hand, als men bedenkt dat deze instrumenten vaak terecht kwamen in bibliotheken van rijke lui en daar qua uiterlijk moesten concurreren met de rijke sier om hen heen.

Rond 1730 bracht Edmund Culpeper een verbetering aan op de driepoot door een belichtingsspiegel toe te voegen die het onnodig maakte om het gehele instrument tegen het licht te houden. Zijn ontwerp was eenvoudig, en redelijk laag geprijsd, en werd in latere jaren geheel van messing vervaardigd. Deze vorm werd tot in de 19e eeuw gemaakt en bleef bekend onder de naam 'Culpeper-microscoop'.

In Londen maakten zowel John Yarwell als de jongere John Marshall, de twee toonaangevende instrumentmakers in de

periode 1690-1710, beiden microscopen volgens het ontwerp van Hooke. Afgezien van het grote formaat was de belangrijkste karakteristiek van dit ontwerp de steunpilaar waaraan de optische buis was opgehangen. Beiden prezen zij hun instrumenten aan door er op te wijzen dat de bloedcapillairen in de staartvin van een vis, die in 1660 door Marcello Malpighi met een microscoop waren ontdekt, ermee te zien zouden zijn. Zij waren naar alle waarschijnlijkheid op dit idee gekomen door Leeuwenhoeks brief aan de Royal Society en zijn brievenbundel over dit onderwerp uit 1688.

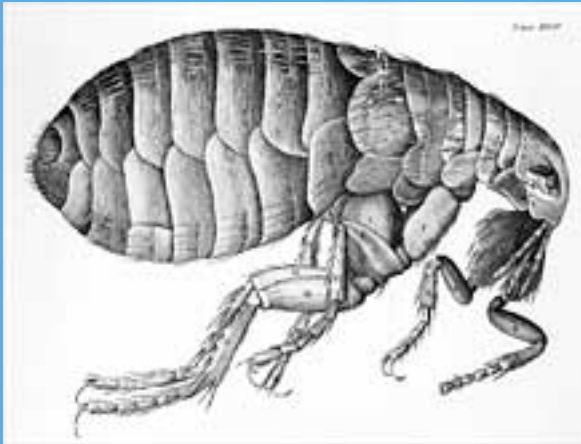
Leeuwenhoek had zelf voor dit onderzoek een speciale microscoop ontworpen, die hij 'aalkijker' had gedoopt. Marshall veroverde een belangrijke voorsprong op zijn concurrenten toen zijn instrumenten en hun mogelijkheden om er de bloedsomloop mee te bekijken, beschreven en geïllustreerd werden in het in 1704 in Londen verschenen *Lexicon Technicum* van John Harris. Daardoor verkreeg de samengestelde microscoop de positie van een van de belangrijkste instrumenten voor de experimentele natuurfilosofie, die



zich in de 18e eeuw in een sterk toene-
mende belangstelling mocht verheugen. .
Serieuze wetenschappelijke waarnemin-
gen werden daarentegen voornamelijk
gedaan met behulp van de enkelvoudige
microscop in de hand van mannen als
Malpighi, Grew, Swammerdam en
Leeuwenhoek. Voor de wetenschapper
bleef er weinig anders over dan zich de
handvaardigheid te verwerven om met de
kleine enkelvoudige microscopen om te
gaan, die hij kon betrekken bij de instru-
mentmaker Jan van Musschenbroek in
Leiden. Musschenbroek vervaardigde
twee typen enkelvoudige microscopen,
een voor kleine vergrotingen en een voor
grote vergrotingen. In het eerste type was
de lenshouder bevestigd aan een aantal
dunne messing staafjes, die door middel
van kleine kogelgewrichtjes met elkaar
waren verbonden, en die bekend stonden
als de 'Musschenbroekse nootjes'. Voor
vergrotingen boven de 50 x was een ver-
fijnder instelmechanisme nodig, dat werd
verkregen door twee staven aan een uit-
einde met elkaar te verbinden en op de
andere uiteinden respectievelijk de lens
en het voorwerp te bevestigen. De

afstand tussen beide poten kon door
middel van een schroef, die tegen een
veer werkte, worden geregeld. Vanwege
het uiterlijk stond deze vorm van het
instrument bekend als de 'passermicro-
scop'.

Aan het einde van de 17e eeuw ontwik-
kelde de Nederlander Nicolaas Hartsoeker
de zogenaamde 'screwbarrel' constructie
voor de enkelvoudige microscoop. Dit
ontwerp werd in 1702 in Engeland geïn-
troduceerd door de opticien James Wilson
en werd daarom ook vaak als 'Wilson-
microscop' aangeduid. Het instrument
werd zeer populair nadat het in Harris'
Lexicon Technicum was beschreven. Bij
het instrument werden zes verschillende
lenzen geleverd, en het dankte zijn naam
aan de cilinder met vrij wijde schroef-
draad die in of uit de hoofdbuis werd
geschroefd, om zo de preparaten die tus-
sen twee messing plaatjes in de tubus
werden geklemd in focus te kunnen bren-
gen. De hoofdbuis werd ofwel bij het oog
gehouden door middel van een handvat
dat aan de zijkant was bevestigd of het
werd op een standaard geleverd. De
meest bekende maker van de variant met

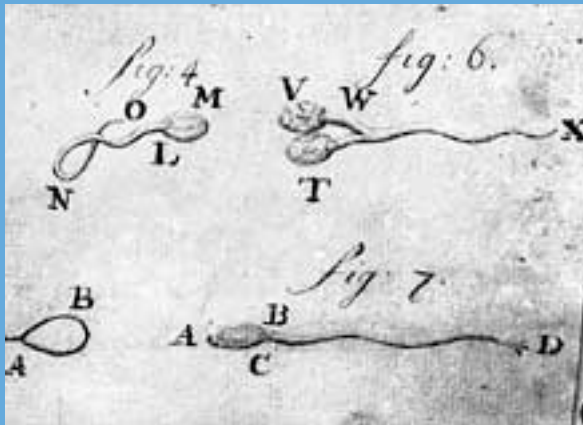


standaard was Edmund Culpeper, die jarenlang dit type maakte voordat hij rond 1720 het driepoot-model van de samengestelde microscoop introduceerde. Beide nieuwe optische instrumenten, telescoop zowel als microscoop, betekenden een uitdaging voor de begripsmatige voorstelling die de mens zich van de wereld had gevormd. De telescoop stelde hem in staat planeten veel duidelijker te zien, om er manen aan te ontdekken en om steeds meer en steeds verder weg gelegen sterren waar te nemen. Ontegenzeggelijk heeft de telescoop bijgedragen tot de aanvaarding van de Copernicaanse opvatting over de bouw van het planetenstelsel, waarin de zon de aarde uit het centrum van het heelal had verdreven. Toch leverde de telescoop uiteindelijk niet veel meer dan aanvullende details op een reeds bekend plaatje. Met de microscoop lag de zaak anders, omdat men nauwelijks een voorstelling had van bijvoorbeeld de structuur van de materie of de immense rijkdom aan microscopisch kleine levende wezens in zeg een druppel vijverwater. Terwijl de telescoop spoedig populair werd had de microscoop vanwe-

ge de interpretatieproblemen in die nieuwe en niet gekarteerde wereld van het kleine meer tijd nodig om een vaste plaats te verwerven.

Daar kwamen dan nog de problemen bij van het vastleggen en beschrijven van wat er gezien werd. Effectieve microscopie kan haast niet buiten de fotografie, en die kwam pas na 1840 ter beschikking. Wel werden er tekeningen van microscopische voorwerpen gemaakt en werden boeken met gravures geïllustreerd. Een opmerkelijk voorbeeld daarvan is Hooke's *Micrographia*. Hooke keek naar complete insecten, zaden van planten, de punt van een naald, waarbij hij vergrotingen van 5x tot 20x gebruikte; wat hij daarbij zag was gemakkelijk te begrijpen.

Leeuwenhoek daarentegen gebruikte meestal vergrotingen van 50 x tot 150x, en een enkele keer zelfs 250x, waardoor zijn beelden zowel moeilijk te interpreteren als moeilijk te reproduceren waren voor een ieder die geen buitengewone handvaardigheid met de microscoop bezat. De microscopisten kwamen er al spoedig achter dat verbale beschrijvingen alléén niet voldoende waren om aan



anderen hun waarnemingen mee te delen. De kleine boekjes van Pieter Borel (1656) of Henry Power (1663) bijvoorbeeld bevatten elk maar een klein aantal micrografische illustraties en waren dan ook weinig doeltreffend.

Tot het midden van de 18e eeuw waren er slechts twee methodes om een microscopisch beeld te tekenen. In het ene geval keek de onderzoeker eerst door de microscoop, draaide dan zijn hoofd weg en tekende vervolgens op wat hij zich herinnerde of meende te herinneren. Bij de andere methode bleef men met één oog door de microscoop kijken terwijl het andere oog op het naast de microscoop gelegen vel tekenpapier was gericht; beide beelden liet men dan in de hersenen samenvloeien tot één beeld. Deze tweede methode beschreef Hooke in het voorwoord van zijn *Micrographia*; hij maakte zelf zeer nauwkeurige tekeningen en gaf die aan een graveur. Leeuwenhoek kon helemaal niet tekenen, en huurde daarom een tekenaar die zijn brieven aan de Royal Society van tekeningen moest voorzien. Pas wanneer men zich de beperkingen

van de instrumenten en prepareertechnieken, evenals de problemen van interpretatie en weergave van geheel onbekende fenomenen realiseert, kan men de opmerkelijke prestaties van Leeuwenhoek op hun juiste waarde schatten.



Literatuur

Verschillende redacteurs.
Alle de brieven van Antoni van
Leeuwenhoek. Dl.1 -. Amsterdam/Lisse,
1939 -. 11 delen verschenen

Bracegirdle, B.,
A History of Micro-technique. London,
1978.

Cole, D.J.,
'Leeuwenhoek's Zoological Researches'.
Annals of Science 2 (1937), pp. 1-46 &
185-235.

Dobell, C.,
Antony van Leeuwenhoek and his 'Leittel
Animals'. Londen, 1932. Reprint: New
York, 1960.

Fournier, M.,
'Ontdeckte Onzichtbaarheden'. Spiegel
Historiael 17 (1982).

Houtzager, A.L. & L.C. Parlm,
Van Leeuwenhoek herdacht....

Amsterdam, 1982.

Palm, L.C. & H.A.M. Snelders,
Antoni van Leeuwenhoek 1632-1723.
Studies on the Life and Work of the Delft
Scientist Commemorating the 350th
Anniversary of his Birthday. Amsterdam,
1982.

Schierbeek, A.,
Antoni van Leeuwenhoek. Zijn leven en
zijn werken. 2 delen. Lochem, 1950-1951.

Turner, G.L'E.,
Historische microscopen. Bussem, 1981.

Zuylen, J. van,
'The Microscopes of Antoni van
Leeuwenhoek'. Journal of Microscopy 121
(1980), pp. 309-328.

Zuylen, J. van,
'On the Microscopes of Antoni van
Leeuwenhoek'. Janus 68 (9181), pp. 159-
198.




Help


De knoppen verklaren zichzelf wanneer je er met de cursor overheen komt. Aanklikken van **Museum Boerhaave Algemene Natuurwetenschappen** opent automatisch je browser en surft naar de ANW-site van het Museum Boerhaave. Daar vind je alle informatie betreffende ANW (Algemene Natuurwetenschappen). Je vindt er het laatste nieuws, eventuele nieuwe publicaties, maar ook de instructies voor het maken van een werkstuk.


Het kopiëren van tekst en afbeeldingen

1. Selecteren

Toets "v". **Shift-v** verandert de cursor in respectievelijk:   en 

 dient voor het selecteren van tekst over de volle breedte van de pagina, neemt automatisch twee kolommen tegelijk mee;

 electeert alles binnen de rechthoek die je ermee tekent als tekst; ideaal om een (gedeelte uit een) kolom tekst te selecteren.

 selecteert alles binnen de rechthoek die je ermee tekent als afbeelding. Je kunt er afbeeldingen, maar ook tekst die je als fotootje wil gebruiken, mee selecteren.


2. Kopiëren

Nadat je de selectie gemaakt hebt kopieer je deze met het menu Wijzig > Kopieer, of toets Ctrl-C, of rechtsklik met de muis en kies Kopieer.

3. Plakken

Ga vervolgens naar je tekstverwerker (bijvoorbeeld Microsoft Word) en plak daar het gekopieerde in je werkstuk door middel van het menu Wijzig > Kopieer, of Ctrl-V, of rechtsklik > plak.

Terug naar normaal

Om terug te schakelen van de selectie-modus naar de normale lees-modus: toets "h" (van hand) en de cursor verandert weer in 

Tips

Gebruik Ctrl-pijltje naar links om terug te gaan naar eerder geraadpleegde pagina's en F5 om een extra venster te openen met klikbare gedetailleerde inhoudsopgave. Ctrl-1 om de

