

H.C.D. de Wit

Ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie

Deel 1



Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie

Wageningen 1982

DN=158570

ISBN 9022007839

© Dr. H.C.D. de Wit, Heelsum, 1982

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm, elektronische middelen of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgevers.

*Opgedragen aan mijn ouders
die mij mijn weg vrij lieten kiezen
en het mij mogelijk maakten hem te gaan*

Inhoud

<i>Woord vooraf</i>	X
<i>Inleiding</i>	1
<i>I. De eerste zes eeuwen</i>	7
1. Vroege gegevens	7
2. De Ioniërs en arche (6e eeuw v. Chr.)	11
3. Thales: arche is het vochtige	12
4. Anaximandros: arche is grensloos	14
5. Anaximenes: arche is lucht	16
6. De Pythagoreeërs	17
7. Alkmaioon, een grondlegger van anatomisch onderzoek	20
8. Herakleitos; strijd en vernieuwing	21
9. Parmenides: alle beweging is schijn	23
10. Empedokles: vier elementen en het toeval (5e eeuw)	24
11. Anaxagoras: geen toeval maar voorzienigheid	28
12. De atoomtheorie van Leukippos en Demokritos	30
13. Hippokrates, de Vader der Geneeskunde	33
14. Sokrates en Platoon (5e-4e eeuw)	35
15. Aristoteles, de Filosoof	44
16. Theofrastos, 'Vader der Plantkunde'	66
17. Slotaantekeningen	74
<i>II. Van Theofrastos tot de sluiting van de Akademia (529)</i>	78
1. Athene en Alexandrië	78
2. De Alexandrijnse anatomen	79
3. Kruidboeken, kookboeken en reisverhalen	80
4. Asklepiades, Krateuas en Andromachos	85
5. Pamfilos en Galenus	88
6. De 2e eeuw (v. Chr.)	89
7. Aemilius Macer Veronensis	89
8. Demokrates, dichtend arts	89
9. Varro, een Romeinse schrijver en landheer	91
10. Lucretius en Epikoeros: de ethiek van het materialisme	91
11. Vergilius, Romeins poëet (1e eeuw v. Chr.)	92
12. Columella, een vooruitstrevende hereboer (1e eeuw n. Chr.)	92
13. Seneca de Jongere	93

14. Celsus, veelzijdig arts-anatoom	93
15. Plinius en zijn grote encyclopedie	95
16. Dioskorides, de kruidendokter	101
17. Galenus, vijftien eeuwen prins-regent der biologie	103
18. Boeiende lectuur uit de 2e en 3e eeuw	112
19. Tertullianus gelooft de Rede niet	116
20. De vierde tot zesde eeuw	117
21. Basileios en de biologie van de 4e eeuw	119
22. Augustinus gelooft en begrijpt daardoor (5e eeuw)	123
<i>III. Middeleeuwse biologie</i>	127
1. Marcellus Empiricus en het laat-Romeinse Rijk	127
2. Isidoor: natuurhistorische en taal-curiositeiten	128
3. De islam, behoeder van de levenswetenschappen (7e-10e eeuw)	129
4. Costa ben Luca bestudeert de hersenfuncties (9e eeuw)	133
5. De Ware Broeders	134
6. Avicenna en Alhazen; nieuwe aandacht voor Aristoteles	136
7. Averroës, voorvechter van de ratio	138
8. Ibn-el-Baithar en het 13e-eeuwse islamitische natuuronderzoek	139
9. De Westerse wetenschappen verdringen de Arabische in Europa	140
10. Middeleeuwse Westeuropese biologie (9e-13e eeuw)	141
11. Natuurlijke historie bij de benedictijnen (8e-9e eeuw)	143
12. Constantinus Africanus als schakel tussen Oost en West	143
13. Hildegard van Bingen: verwarde visioenen	144
14. Macer Floridus: poëtisch plagiaat	148
15. Adelard van Bath: het eeuwige en het vergankelijke	149
16. William van Conches: een boom wordt nimmer een koe	153
17. De 13e eeuw; voorlopers van de Renaissance	154
18. Frederik II, laat-Middeleeuwse bioloog	155
19. Albertus Magnus bestudeert zowel de hemel als de aarde	158
20. Thomas van Cantimpré of Plinius in het klooster	163
21. Vincent van Beauvais, de afspiegeling van Thomas	164
22. Neckam maakt een Engelse encyclopedie	164
23. Grabbelton van Oudheid en Middeleeuwen	165
24. Tekenen van herleving	167
25. De tropen	170
26. Veertiende-eeuwse vroeg-Renaissance	171
<i>IV. De late Middeleeuwen en de Renaissance</i>	173
1. Ontwikkelingsgang tot de Renaissance	173
2. Voorspel der Renaissance	174
3. Willem van Ockham: theologie en natuurwetenschap wezenlijk verschillend	177
4. Bartholomaeus Anglicus' encyclopedie na twee eeuwen gedrukt	179
5. Puch der Natur, Konrad von Megenbergs bloemlezing	179
6. Herbarius zu Teutsch	180
7. Brunfels laat planten natuurgetrouw tekenen	182
8. Bock onderzoekt Gods natuur ter plaatse	184

VIII

9. Fuchs' kruidboek wordt het standaardwerk	185
10. Cordus' voorbeeld en nalatenschap	187
11. Kruidboekenindustrie in de 16e eeuw	189
12. Tabernaemontanus: de eerste excursieflora	189
13. Konrad Gesner; 16e-eeuwse biologie in Zwitserland	191
14. Terugblik op de 16e-eeuwse biologie in het Duitse taalgebied	195
15. Botanie in de Lage Landen (16e eeuw); Dodoens	196
16. Clusius, een voorbeeldige 16e-eeuwse bioloog	198
17. Lobelius, arts met botanische belangstelling	200
18. Italiaanse biologische bedrijvigheid in de 16e eeuw	201
19. Colonna drijft de planten in het nauw	202
20. Cesalpino: anatomie, morfologie, fysiologie en systematiek	203
21. Aldrovandi en Salviani bevorderen de dierkunde	204
22. Franse dierkundigen in de 16e eeuw	205
23. Franse plantkundigen in de 16e eeuw	207
24. Engelse biologen in de 16e eeuw: Wotton en Turner	208
25. Een Engelse beunhaas: Gerard	209
26. Verre landen	210
27. Natuuronderzoek in de tropen (16e eeuw)	211
28. Spanjaarden en Portugezen in de Nieuwe Wereld	213
29. Dier- en plantillustraties in de 16e eeuw	214
30. De Mystici; Paracelsus en Porta	214
31. De mystiek der sterren: bioastrologie	217
32. Dieren- en plantentuinen	219
33. Slotaantekeningen	220
<i>V. Anatomie tot de 18e eeuw</i>	222
1. Overzicht van de anatomie tot einde 16e eeuw	222
2. Tot Aristoteles	223
3. Aristoteles: het geheel en de delen	223
4. Restanten van de Griekse biologie onder Romeinse hegemonie	233
5. Galenus als anatoom	235
6. De anatomie herleeft in Italië	239
7. De Renaissance van de biologie	242
8. Berengario da Carpi, de Restaurator van de anatomie	243
9. Bologna, Padua en Bazel, centra voor anatomie	244
10. Twee pleitbezorgers van Galenus: Andernach en Jacobus Sylvius	245
11. Vesalius toont het schoonste bouwwerk van de Schepping	246
12. Anatomie in Italië (16e en 17e eeuw)	255
13. Miguel Serveto ontdekt de kleine bloedsomloop	258
14. De vogels en de vissen van Pierre Belon	259
15. De waterdieren van Rondelet	262
16. Coiter, grondlegger van de embryologie	264
17. De paarden van Ruini	265
18. Fabrizio en zijn medewerkers	266
19. Harveys anatomische onderzoeken	269
20. Galenus verslagen, Aristoteles op de terugtocht	276

21. Wijsgerige biologie in de 17e eeuw	277
22. Geleerde genootschappen	285
23. Malpighi; de microscoop	293
24. Nehemiah Grew ontleedt planten en dieren	298
25. Engeland in de 17e eeuw	301
26. Holland in de 17e eeuw	305
27. Swammerdam, de onovertroffen insektenanatom	310
28. Van Leeuwenhoek en zijn animalcula	314
29. Duitsland in de 17e eeuw	319
30. Denemarken in de 17e eeuw	322
31. Frankrijk in de 17e eeuw	325
32. Terugblik	328
<i>VI. De fysiologie tot de 18e eeuw</i>	330
1. Ontstaan en omvang van de fysiologie	330
2. Fysiologie in de Oudheid	331
3. Fysiologie volgens Aristoteles	335
4. Voorlopers van Galenus: Erasistratos en Asklepiades	343
5. Fysiologie volgens Galenus	345
6. Duizend jaar fysiologie zonder fysis: 3e-13e eeuw	354
7. Fysiologissingen van Albertus Magnus	357
8. Voorboden in de 15e eeuw: Cusanus en Da Vinci	359
9. Cesalpino over de fysiologie van planten en mensen: de bloedsomloop	362
10. Harvey en de grote bloedsomloop	365
11. Paracelsus ontwikkelt de profetische fysiologie	371
12. Van Helmont verbindt chemie en fysiologie	372
13. Iatrochemie of biochemie; Franciscus Sylvius, De Graaf en Mayow	376
14. Kepler verbindt fysica en fysiologie	382
15. Santorio voorziet de fysiologie van de statistische methode	382
16. Een groot wijsgeer theoretiseert over biologie: Descartes	384
17. Borelli: de biofysica. Glisson en Wharton	390
18. Mariotte en Malpighi; de plant- en dierfysiologie vergeleken	395
19. Redi en de generatio spontanea	397
20. Camerarius ontdekt de sexualiteit van de planten	399
<i>Literatuurkeuze</i>	404
<i>Register van persoonsnamen</i>	406

Woord vooraf

Zeker onder jongere biologen, maar misschien ook onder de oudere, maakt zich een toenemende belangstelling voor de geschiedenis, de ontplooiing in het verleden van de biologie, kenbaar. Dit is, mag men vermoeden, een gevolg van de huidige opleiding, omdat deze zich met nog meer nadruk dan vroeger richt op het doorzien van samenhang en het opsporen van oorzaken daarvan. Kennis van eerdere modellen van bestudering en het verslag van missen en raken door voorgangers blijken daarbij onontbeerlijk.

Ik ben taxonoom. De taxonomie is door zijn methode de meest historisch geöriënteerde biologische discipline. Mijn vak stimuleerde mijn aangeboren belangstelling voor wat vroeger plaatsgreep.

In de jaren dat ik in Buitenzorg (thans Bogor) als botanicus aan 's-Lands Plantentuin (thans Kebon Raya Indonesia) verbonden was (1941-1946) en later, als lector aan de Rijksuniversiteit in Leiden (Rijksherbarium) en de Landbouwhogeschool in Wageningen (Laboratorium voor Plantensystematiek en -geografie) en als medewerker, in die jaren, van de Flora Malesiana (1947-1953), hield ik mij meermalen met historisch onderzoek over plantensystematiek bezig.

Tijdens mijn ambtsperiode als hoogleraar aan de Landbouwhogeschool (1959-1980) bleek bij beraad over hervormingen van het biologie-onderwijs, dat studenten en docenten een onderricht in de geschiedenis van de biologie wensten. Hier werd ik mee belast en naar de mode van de tijd kreeg het nieuwe onderwijs-element de aanduiding: 'Integratie van de Biologie'. De cursus moest in twee gedeelten gegeven worden.

Het eerste gedeelte, de 'geschiedenis' bestond uit colleges en excursies, die ik verzorgde, en in het tweede gedeelte zou men, gewapend met de kennis van het verleden zojuist opgedaan, bio-maatschappelijke vraagstukken te lijf gaan.

Voor het eerste gedeelte stelde ik een syllabus samen omdat de studenten dit wensten. Al was deze een ruggesteun, toch kon hij de vele vragen die de historie van de biologie oproept niet bevredigend beantwoorden en evenmin voldoende feitelijke gegevens verstrekken die bij nadere overweging van allerlei aspecten van de ontwikkelingsgang onontbeerlijk zijn.

De gedachte aan een geschrift met grotere reikwijdte en meer diepgang, een boek, vatte post zowel bij mijn hoorders als bij mijzelf. In het Nederlands zijn wel enige boeken en verhandelingen beschikbaar, maar die zijn gewoonlijk meer gericht op de natuurwetenschappen in algemene zin dan op de biologie of zij benaderen en beschouwen biologie vanuit een bijzondere gezichtshoek. Studies over beperkte onderwerpen of periodes, hoe belangrijk ook, beantwoorden niet aan het gestelde doel: een ontwikkelingsgeschiedenis van de gehele biologie te schetsen.

Nog het meest kwam Sirks en Zirkle's boek over de ontwikkeling van de biologie nabij wat mij voor ogen stond. Ik besloot echter een nieuwe poging te doen, zoals

zelden in andere talen geprobeerd werd en nimmer in het Nederlands.

Uitgangspunt en standaard was de benadering van de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie door een bioloog: een bioloog spreekt over wat zijn voorgangers, als biologen, verrichtten. Voorts wilde ik proberen de manier van denken van biologen in het verleden te doorgronden en te verduidelijken. Dat impliceert een vaststelling van het begin van de wetenschappelijke biologie en een opsporing van de wegen en dwaalwegen door de eeuwen heen, die de biologie insloeg. Hierbij is een omvangrijk feitenarsenaal onmisbaar. Aanpak, probleemstelling en conclusie kunnen alleen blijken uit resultaten, de literatuur, het beleid van de onderzoekers en het milieu waarin zij werkzaam waren. Een wereldzee van gegevens dient zich aan: ik had de meeste moeite met de keuze daaruit.

Omdat de biologie elk facet van de menselijke samenleving raakt, bestemde ik het boek allereerst voor alle soorten en variëteiten biologen, maar dat was niet genoeg. Voor degenen die met biologisch onderzoek bezig of min of meer daarbij betrokken zijn, of die zich daarvoor interesseren (vele medici, leraren, docenten, studenten in de biologie en natuurwetenschappen), en velen die beroepshalve niet als bioloog gelden maar die mentaal wel degelijk tot dat gezelschap behoren – is dit boek bedoeld. Ik denk dat historici van allerlei slag hier en daar gegevens kunnen aantreffen, of gedachten, die zij de moeite waard vinden.

Indien zoveel verschillend geaarde lezers het boek benutten, dan dient het toegankelijk, 'leesbaar' ook voor niet-biologen te zijn. Dat bracht mij er toe het verloop van het biologisch denken en onderzoek verhalend te beschrijven.

De tegenwoordige opvatting over biologische verhandelingen of samenvattingen indien zij verslag doen van gebeurtenissen in het verleden is, meermalen, dat de auteur zich dient te beperken tot feiten, dat hij onpersoonlijk verslag moet leggen van de gebeurtenissen en een eigen oordeel vermijden. Deze objectiviteit is schijn. Een keuze uit feiten en gegevens verricht de geschiedenis al omdat veel spoorloos verdwijnt. Uit het overblijvende moet de auteur kiezen: alles kan niet. De motivering van vroegere auteurs kan hoogstens gedeeltelijk doorzien worden en de bouw en kleur van het verslag dat de latere, samenvattende auteur levert, weerspiegelen steeds diens eigen aard. Dit alles betekent dat elk historisch betoog niet anders dan subjectief kan zijn.

De aard van de inhoud en de leesbaarheid van dit boek schenen mij gebaat bij de erkenning van deze omstandigheid en terwijl ik probeerde om door vergelijking en afweging tot een mate van objectiviteit te geraken, schroomde ik niet een duidelijke eigen mening voor te leggen, steeds echter uitgaande van de gedachte dat het besprokene als bijdrage aan de ontwikkeling van de biologie beoordeeld werd door een bioloog.

De tekst is zoveel mogelijk chronologisch gerangschikt. Chronologie is natuurlijk het eerste kenmerk van een ontwikkeling. De lezer wil echter inzien waarom de onderzoeker indertijd zo te werk ging en oordeelde als hij deed, en om dat in te zien is een teruggrijpen dikwijls noodzakelijk. Het toenemende aantal biologische disciplines vereist na de 16e eeuw een afzonderlijke behandeling van elke discipline. In de schets van de ontwikkelingsgeschiedenis van elke discipline zijn gedeeltelijke herhalingen of terugverwijzingen – omdat naar een samenhangend verklarend overzicht gestreefd wordt – zowel behulpzaam als onvermijdelijk.

Een tweede deel van Ontwikkelingsgeschiedenis van de Biologie moet volgen. Dat zal de volgende hoofdstukken omvatten: VII. Anatomie en Fysiologie sedert de 17e eeuw; VIII. Morfologie en Embryologie; IX. Voortplanting en Erfelijkheid; X. Taxonomie;

XI. Palaeobiologie en Evolutie; XII. De Cel; XIII. Biogeografie en Oecologie; XIV. *Summa biologiae*.

Een register en een literatuurlijst, aan het tweede deel toegevoegd, zullen op beide delen betrekking hebben terwijl het eerste deel een namenindex en een zeer beperkte, voorlopige literatuurlijst meekrijgt.

Citaten gaan vergezeld van een Nederlandse vertaling, of worden alleen in Nederlandse vertaling gegeven. Indien de vertaling door mijzelf verricht werd, is dit niet vermeld. Vertalingen door anderen zijn voorzien van de naam van de vertaler. Toevoegingen in geciteerde teksten zijn door rechte haken aangeduid.

Verwijzingen staan tussen haakjes, gewoonlijk na een persoonsnaam; bijvoorbeeld Aristoteles (I.15) wil zeggen: hoofdstuk I, paragraaf 15. Een juiste Nederlandse spelling van de persoons- en plaatsnamen uit de vroege geschiedenis bestaat niet, hoogstens een gebruikelijke. De spellingen in de Grote Nederlandse Larousse Encyclopedie en in de Grote Oosthoek (7e druk), die vrijwel overeenstemmen, worden gevolgd. Laatstgenoemde encyclopedie bevat een zeer goede historische atlas. De toepassing van kapitalen in geciteerde titels werd zoveel als doenlijk in overeenstemming gebracht met bestaande gewoonten.

Zeer velen zijn mij behulpzaam geweest. Het is niet mogelijk hen allen te noemen. Maar in het bijzonder wil ik toch de heer G. Boelema noemen, sedert 25 jaar één van mijn directe medewerkers en in het Laboratorium voor Plantensystematiek de *deus ex machina* die vele publikaties maakte tot wat zij zijn. Niet alleen wegens zijn bekwame en zeer veel tijd vergende hulp bij het persklaar maken van het manuscript, maar bovendien voor het kritisch lezen van de tekst ben ik hem grote dank verschuldigd.

C. T. de Groot, bibliothecaris van het Laboratorium, gaf jarenlang met grote bereidwilligheid deskundige hulp bij het verkrijgen van de nodige literatuur. Aan de gesprekken met J. D. P. Warners, renaissancistisch lettré van hoge staat, en met H. Verburg, onbekommerd historisch-materialist, ontleende ik inspiratie en moed: voor de gevolgen daarvan ben ik verantwoordelijk.

Namens Pudoc haalde de heer R. J. P. Aalpol de stofkam met straffe hand door de tekst. Ik ben hem erkentelijk. En ik vermeld de goede medewerking van de staf van het Biohistorisch Instituut te Utrecht, de bibliotheek van Teylers Stichting te Haarlem, de universiteitsbibliotheken in Amsterdam, Utrecht en Leiden, het Museum Boerhaave in Leiden, en de bibliotheek van de Landbouwhogeschool.

De Landbouwhogeschool maakte de uitgave door het Pudoc te Wageningen mogelijk en ik ben daarvoor heel dankbaar.

H. C. D. de Wit
zomer 1981

Inleiding

Wetenschap is de meest revolutionaire kracht ter wereld, zegt Sarton. Terecht. Wetenschap erkent geen heilige huisjes, onderzoekt zonder aanzien des persoons, houdt onverbiddelijk vast aan twijfelende overdenking. En aan de nuchtere erkenning, het koele wegen van resultaten, van gegevens uit degelijk onderzoek of objectieve redenering verkregen. Niets staat voor altijd onwrikbaar vast, niets is bewegingloos. Wetenschap bindt haar dienaren en volgelingen, de haar toegewijden, naar eer en geweten en maakt hen, met hart en ziel, daardoor vrij en tot geboren revolutionairen.

Wat is wetenschap of, eenvoudiger gevraagd, wetenschappelijk? In dit boek beperken we ons tot de biologie en kiezen de formule: geordend kritisch denken over, en gericht onderzoeken van levensverschijnselen. Poppers beschouwingen, die de natuurwetenschappen willen omgrenzen door een stelsel van verbodsbepalingen, zijn aantrekkelijk, maar stoelen voor de biologie te zeer op Aristoteles' syllogismen-model om geheel te bevredigen; ik veronderstel zelfs dat de levenswetenschappen door hun werkterrein (levensverschijnselen) juist gekarakteriseerd worden door een ontoereikend zijn van de wetenschappen der dode natuur en der wiskunde.

Tevens brengen wij een beperking aan, van praktisch-maatschappelijke, niet van wetenschappelijke aard: na de 18e eeuw wordt de biologie van de mens domein van de medici zodat wij ons in die periode steeds minder met de biologie van de mens bezig zullen houden.

De eerste les van de geschiedenis der biologie behelst, dat de uit overdenking en onderzoek verkregen uitkomsten, biologische 'oordelen', zich nuanceren kort nadat zij verkregen zijn, dat zij zich wijzigend soms te gronde gaan, maar niet voor zij bijdroegen tot nieuwe oordelen en zo een weg baanden naar andere inzichten. Ook is een opvatting of wetmatigheid als het biologie betreft steeds relatief, nimmer volkomen noch ook duurzaam: dat leert de historische biologie.

Wankelende standpunten en gaandeweg onbevredigende conclusies leiden tot nieuwe aanpak, prikkelen tegenstanders en aanhangers tot her-overweging, tot het opsporen van materiaal en tot interpretaties die steun verschaffen bij aanval en verweer; fouten zijn heilzaam.

Biologen bedrijven biologie. Dat wel, maar al degenen die zich met levende organismen bezig houden zijn daarom nog geen bioloog. Een boer is boer en een secretaris van een postduivenvereniging secretaris. Waar de iemkers- en hovenierspraktijk eindigen en het gebied van de biologie begint is niet nauwkeurig te omschrijven. De grenzen zijn niet scherp te trekken. Wie biologie bedrijft is slechts bioloog indien een wetenschappelijk oogmerk centraal in zijn denken en handelen staat.

Wij constateren, al weten we de reden niet, dat de bioloog allereerst door een intelligente nieuwsgierigheid gedreven wordt, zowel tot waarneming als tot proefneming. De

ware bioloog zal zowel zijn waarnemingen als zijn experimenten toetsen aan, naar zijn inzicht, objectieve maatstaven en ontdaan van vooroordeel, voor zover hij vermag.

De vraag naar de bron, de kern, de oorzaak van 'leven' kreeg evenwel, in elk berekend en inspirerend verslag van de levensfeiten, vroeger en op de huidige dag, slechts veronderstellingen als antwoord. De *prima causa* hebben wij niet gepeild, laat staan doorgrond, al pretendeert elke fase in de ontwikkeling van de biologie dat een antwoord 'naderbij' komt; men komt 'verder', dringt 'dieper' door. Deze kwalificaties zijn evenzeer deductief geaard als Platoons oordelen over de levende natuur.

De structuur en het verloop van de levensprocessen blijken bij elk onderzoek en na elke ontdekking steeds ingewikkelder, steeds veelzijdiger dan men vermoedde. Een door mensen bedachte en geslaagde chemische synthese die 'levende stof' (protoplasma) zou opleveren – wie durft te schatten hoe ver die kunstgreep nog buiten bereik ligt, zo hij al te verwezenlijken zou blijken – zou meer vragen oproepen dan beantwoorden. Dit is de tweede les van de geschiedenis der biologie.

Het instrumentarium van de bioloog is samengesteld uit levende apparaten (zintuigen) en dode (technisch gereedschap) en zijn *ratio*. Het laatstgenoemde instrument is gewichtiger dan alle andere te zamen. Ratio laat zich niet definiëren, maar enige eigenschappen zijn onmiskenbaar.

Ratio is kenmerkend voor de mens. Het is een eigenaardige paradox, dat de biologie sinds de 18e eeuw het enige levende organisme dat ratio bezit van bestudering door biologen uitzondert, zij het dat in de tweede helft der 20e eeuw op enige biologische werkterreinen deze uitzondering aan isolement verliest.

Ratio verschaft een greep op het verleden, kan over verworven kennis beschikken en deze inzetten naar wens of behoefte. Hierbij – voor zover het verleden in het geding is – kan dit boek behulpzaam zijn.

Ratio geeft zichzelf en anderen rekenschap, analyseert en synthetiseert en kan in abstracto oordelen, omgrenzen en wegen, of maat weigeren.

Daartoe en daarbij moet de ratio zich van taal bedienen. Een wetenschappelijk resultaat, oordeel of gezichtspunt wordt toegankelijk, beschikbaar of handelbaar, d.w.z. werkelijk en kenbaar, door middel van taal.

De wiskunde heeft zich niet van taal kunnen bevrijden maar wel enigermate kunnen emanciperen door invoering van symbolen, tekens en figuren. Maar al deze signalen, elke formule, model, abstractie en uitkomst behoeven als substraat taal om bruikbaar te zijn. Als zelfs de wiskunde het woord en de taal niet ontberen kan, hoezeer zijn die dan de biologie eigen, de meest literaire van alle natuurwetenschappen.

'Taal is de moederrots van alle cultuur' (Sarton). Lavoisier, geen bioloog maar wel een geniaal natuurkundige, verklaarde dat nomenclatuur (benamingen) de nauwkeurige afspiegeling is van feiten en gedachten. Hieruit volgt, besloot hij, dat wetenschap slechts vorderingen kan maken als de taal daar tegelijk mee evolueert. De mens, constateerde Aristoteles, is het enige met rede (*ratio*) begiftigde dier en dit komt tot uitdrukking omdat hij zich van een gearticuleerde taal bedient.

Ten allereerste en allerlaatste is taal de drager van elke wetenschap. Het woord was in den beginne en het is de voleinding. Als begeleidend verschijnsel bezit elke wetenschap een eigen woordenschat, een vakjargon en terminologie, die ingewijden als pasmunt hanteren.

Woord en inhoud, apart beschouwd of in volgorde, in een reeks geordend, bezitten een meervoudige betekenis en zijn meervoudig met elkaar verweven. Zij betogen of ver-

tolken inzicht en moeten daarom samengaan, samen blijven. Woord en inhoud, gedachte, draagkracht en reikwijdte houden onderling verband en elke wijziging van een gegeven orde is wijziging van alle aspecten.

Woord en inhoud staan tevens in een zich mettertijd wijzigende relatie. Een woord, een uitspraak, een definitie krijgt onontkoombaar in de loop der tijd een ander accent, nieuwe allure en adem, verkleurt in zijn betekenis voor opvolgende generaties van lezers of hoorders (en het gelezen woord is niet gelijkwaardig aan het gehoorde). Dit leidt tot de vraag of 'wetenschap' een objectieve, statische realiteit of een tijdgebonden dynamisch weten is, dat daarom nimmer vrij van subjectieve elementen kan zijn. En kan de mens van wetenschappelijke oordelen volstrekt nauwkeurig kennis nemen? Zo dit al mogelijk zou zijn, kan hij dan die kennis in zijn omvang, diepgang en relaties blijvend beheersen, beheren en behouden?

Waarheid of 'waar' moet voor de hedendaagse bioloog of natuuronderzoeker datgene zijn wat hem na logische overdenking van alle beschikbare gegevens overblijft en wat hij bij voorkeur door experimenten bevestigd ziet. Al weet hij dat een absolute waarheid buiten zijn bereik ligt, toch belet hem dit niet te veronderstellen dat steeds verder voortgezet onderzoek, steeds meer uitkomsten, en steeds verfijndere methodes en instrumenten hem meer 'waarheid' verschaffen. Dat voor dit optimisme bewijsgronden ontbreken verhindert de bioloog niet onbekommerd bezig te blijven met zijn levenswerk: de biologie. Dit is de derde les van de geschiedenis der biologie.

Xenofanes van Kolofoon (I.9) stelde in de 5e eeuw voor Christus de vraag of het de mens mogelijk is van de volle waarheid kennis te nemen en wacht nog steeds op een afdoend antwoord. Wij echter zullen niet zoeken naar een antwoord op zijn, en op daaraan verwante vragen. Maar wel blijkt dat kennis van de historie der wetenschappen en – wat ons aangaat – van de ontplooiing van het biologisch denken, onmisbaar is als een scholing in waakzaamheid bij de ontmoeting met wetenschappelijke oordelen. Kennis van wat voorafging bevordert een behoedzaamheid bij het formuleren van conclusies, van een vermoeden van relativiteit van al wat absoluut en autonoom schijnt. Daarom is bij de beoefening van wetenschap voor wie naar inzicht streeft kennis van het verleden, enig begrip van de ontwikkelingsgang, noodzakelijk.

Nu het schootsveld onze gedachten, veronderstellingen, onderzoek en beweringen bebakend is, zij het ietwat onzeker, gaan wij ons relaas en onze overdenkingen beginnen. De Westerse civilisatie begon toen wijsbegeerte en biologie te zamen ontstonden. In de loop der eeuwen verslaptte dat samenspel-in-gelijkheid – al braken de banden nooit – en van lieverlede leidde wijsbegeerte het biologisch denken en gedrag. Na het begin van onze jaartelling nam de theologie al spoedig de leiding. In de 18e eeuw wordt deze teruggedrongen naar een positie, die zich met die van de antieke wijsbegeerte in de Middeleeuwen vergelijken laat. De natuurwetenschappen wonnen in de 19e eeuw aan invloed naarmate de theologie week en verkregen in de beginjaren van de 20e eeuw een aandeel in onze samenleving, dat de rol van de wijsbegeerte ver overtrof en de theologie naar de tweede plaats drong. Binnen de kring van natuurwetenschappen bleef de biologie echter maatschappelijk en cultureel de minste.

In de tweede helft van de 20e eeuw bestuurdte de politiek het maatschappelijk bestel en het culturele leven van het Westen, meer en meer. Zij maakte wijsbegeerte, theologie en natuurwetenschappen tot haar dienstmaagden. Er is een mogelijkheid, wie weet een waarschijnlijkheid, dat de biologie in de 21e eeuw de leidende rol in de (Westerse) civilisatie zal gaan spelen of zeer veel meer aanzien zal verwerven dan sedert het begin der

jaartelling het geval geweest is.

Steun voor dit vermoeden kan ontleend worden aan de steeds toenemende bevolkingsdruk op de levende natuur die tot een steeds grotere exploitatie van levende organismen dwingt, tot natuurbehoud vooral terwille van toekomstig profijt, en aan nostalgie die groeit naarmate de mens door eigen toedoen meer en meer van de natuur vervreemdt. Biologisch gericht onderzoek en onderwijs die de vereiste toeneming van biologische kennis verschaffen zullen in de samenleving van komende decennia meer voorrang krijgen; het laat zich denken.

In het huidige tijdsgewricht trachten de politici, beroepshalve, de ontwikkeling van de biologie te vormen en te richten, zoals de leidende cultuurdragers dat vroeger deden en zoals de latere dat zullen doen. In onze jaren poogt men bijgevolg de bioloog te schikken binnen een beoogd staatsbestel, ronselt men hem als medewerker. Men mag vermoeden dat het ook nu weer zal gelukken de ontwikkelingsgang van de biologie te belemmeren, te verleggen of te verhaasten. Toch zal blijken dat de autonomie van de biologische voortgang in wezen onaangetast blijft. De loop der geschiedenis wees dit uit. Druk van buiten had resultaat maar bereikte nooit het opgedrongen, niet biologische doel.

Altijd weer verschijnt zomaar en onverklaarbaar, de bioloog van betekenis, met onvoorziene, dikwijls ongewenste ontdekkingen, met weerbarstige standpunten, ongemakkelijke, voor de samenleving onaantrekkelijke gegevens of conclusies. Die niettemin tijdgebonden zijn, niet zelden maatschappelijke situaties reflecteren, en die toch een eigen aard en een eigen groei handhaven.

Geen wijsbegeerte, geen theologie, geen indoctrinatie, geen menselijke ingreep of bestuur, slaagde er ooit in de stroom van biologisch denken en doen blijvend in te dammen.

Aan wijziging van uitgangspunten, aan vernieuwing, ontsnapt zelfs de wiskunde, de fysica, de chemie en de wijsbegeerte intussen niet. De biologie al evenmin, die grotendeels door wiskunde en wijsbegeerte en de zusterwetenschappen structuur krijgt maar die daarenboven de leer van het leven is. Elke fase in de geschiedenis van Westerse cultuur gaat gepaard met een veranderde levens-beschouwing. Daarom is de biologie meer dan alle andere natuurwetenschappen steeds 'in beweging'. Dit verschijnsel gevoegd bij het verschijnsel 'leven' omvat een wijder veld dan al de andere wetenschappen te zamen kunnen aanbieden. Vragen naar waarom, hoeveel en in welke opzichten een wijder veld fascineren biologen al geven zij zich niet altijd daarvan rekenschap.

Mulkays analyse van vernieuwing in de wetenschap mist zijn doel, omdat zijn uitgangspunt onjuist is. Hij meent dat de natuuronderzoeker tot nieuwe vondsten komt nadat hij tengevolge van sociale druk, of maatschappelijke tegenspoed, of met uitzicht op promotie, zijn werkkring of terrein van onderzoek verlegt. Geen bioloog met kwaliteit heeft, naar de loop der geschiedenis uitwijst, ooit om zulk een reden zijn belangstelling of inzet gewijzigd, of zijn uitverkoren onderzoek om andere redenen dan lijfelijke dwang, in de steek gelaten.

Uitgangspunten en drijfveren die een bioloog kenmerken, waren vóór alles en altijd opnieuw zijn wil tot navorsen van, tot bezinning over, levende wezens en levende stof. Hij koos in die provincie van de kosmos steeds en overal datgene uit, wat zijn hart hem ingaf, het veld van onderzoek dat hem lokte als bioloog. Menselijk of ambtelijk kon men hem soms van het terrein van zijn voorkeur verjagen, maar nimmer ging hij vrijwillig. Waar of wanneer hij zich gedwongen zag te gaan leidde die dwang nimmer tot

biologisch profijt.

Mulkey heeft deze empirische, steeds opnieuw bevestigde, historische werkelijkheid volkomen over het hoofd gezien. Zijn opvatting is die van de technocraat die nieuwe technische mogelijkheden voorrang geeft, nuttig en daarom noodzakelijk acht. Het verleden, het voorspel, gaat hij voorbij, heden en toekomst tellen mee. Maar de technocratie kan de biologie wel beschadigen, niet vervangen. Zo nodig kan men de ontdekkingen en levensloop van bijvoorbeeld Darwin, Buffon, Linnaeus, Mendel, Redi eens toetsen aan Mulkeys theorie.

Achteraf, dat wil zeggen van onze tijd uit beschouwd, blijkt dat de voortgang van de biologie haperend verliep. Een reeks onderzoeken, een groeiend inzicht, bereikte telkens een punt waar geen verdere groei meer van uitging. Het blijkt dat grote denkers en vernieuwers de ontwikkeling van de biologie krachtig voortstuwden, daarna vertraagden en belemmerden. Platoon, Aristoteles, Descartes, de 'Naturphilosophen', om enkele voorbeelden te noemen, veroorzaakten ten langen leste schade. De biologie ontplooidde zich dank zij en ondanks hun bijdragen.

Altijd opent zich weer een zijweg als de hoofdweg verzand is. Een zijweg die hoofdweg wordt en dit enige tijd blijft, totdat opnieuw een zijweg verder leidt. De groei der biologie is sympodiaal en meerzijdig netvormig. Nieuwe begrippen, concepten – ontdekking, gewijzigde aanpak, ongedachte uitkomsten – werken in hun eerste aanloop stimulerend en bevruchtend, dan volgt een periode van dominantie en toenemende verstraming. Het elan en de geslaagde stormloop monden uit in een allengs meer en meer gevestigde opvatting, een geijkte visie, die zich niet meer tegen twijfel te weer behoeft te stellen, en die daarom wetenschappelijk geen toekomst meer heeft.

Dan volgt de derde periode: die van ondergraven en afkalven, terwijl de opvolger terrein wint. Verouderde leerstellingen verdwijnen niet geheel. Zij vergroeien en krijgen een historisch bepaalde plaats en functie in het bestel der biologische wetenschappen.

Wie en welke theorieën zouden onze huidige biologie richten of remmen? En wat zal volgen?

Om de ontwikkelingsgang van de biologie mee te beleven en te waarderen, behoort de omringende wereld synchroon in ogenschouw genomen te worden. Het spreekt vanzelf dat de tweelingzuster, de wijsbegeerte, de aandacht het eerste vraagt.

Biologie en wijsbegeerte ontwikkelden zich sedert 2000 jaar – na 600 jaren samen te zijn gegaan – autonoom, maar niet zonder reden treft men in het werk van verreweg de meeste filosofen een warme belangstelling voor de biologie aan. Zij gebruikten biologische uitkomsten of standpunten dikwijls als steun of aanzet voor hun gedachtenweefsels. Al bleken zij als bioloog nogal eens verbazend mis te tasten, toch trad verwantschap gewoonlijk helder op de voorgrond. Niet alleen vormde de biologie een bron voor de wijsbegeerte; de biologie weerspiegelde de wijsbegeerte. In de gedachtenwereld, of in het beleid, of in de conclusies van de biologische onderzoekers – onverschillig of zij nu onderzoek verrichtten door na te denken over datgene wat zij door waarneming van het ongestoorde verloop der levensverschijnselen bemerkten, of door ingrepen, explorerend of selectief, aan de weet kwamen – echode de filosofie van de tijd.

Ik heb daarom parallellen aangeduid in de ontwikkelingsgang van de biologie en enige wijsgerige stelsels; zij lagen voor de hand. Voor mij staat vast, dat in de historie der letterkunde, beeldende kunsten, muziek, wiskunde en andere geesteswetenschappen vele, vele uitermate interessante gelijksoortige en gelijktijdige ontwikkelingen aan te wijzen zijn. Biologie is de liaison tussen de humaniora en de technische wetenschappen.

Gelukkig degenen, die eens in het bezit zullen komen van een metabletica der biologie, door enige specialisten geschreven; voor één auteur is zo'n studie te veelomvattend.

Deze eerste bijdrage daartoe, deze geschiedenis der biologie, dwong al dadelijk tot een bescheiden keuze van biologen en wijsgeren. Uit hun werk kon ik slechts datgene toelaten wat voor een overzicht als dit het meest verkieslijk leek. Niemand die beter weet en het meer betreurt dan ik, dat mede door die keuze onrechtvaardigheden en tekortkomingen niet vermeden werden.

Een bioloog die geleid door kennis van het verleden het verre landschap van zijn wetenschap overziet, zal bergen en rivieren, laagland en wolken, een vage vragende horizon, anders waarden dan de toerist, de koe of de kraai. Hij overdenkt de onvoorstelbare krachten die de bergen opstuwden, het onophoudelijke slijpen en spoelen van de beken, het strelend water der rivieren, dat evenveel te niet kon doen als de brute aardkorstplooiing onweerstaanbaar teweegbracht, de komende en verdwijnende wolken, schaduw en zon. Zo terugblikkend in de voorgeschiedenis van het landschap zal hij met nieuwe ogen rondkijken, méér zien, méér wegen bemerken.

Misschien ontdekt hij een analogie in Arbers opmerking 'de studie van het verloop van de levenswetenschappen toont aan dat aandachtige heroverweging van hun ontologie een voorwaarde is tot hun voortgang'. 'Veel werk', verklaarde Seneca, 'moet nog verricht worden, en steeds zal veel te doen overblijven en degenen die duizend geslachten later komen zullen zeker de gelegenheid vinden meer bij te dragen'.

Na een algemeen overzicht van de biologie van de Oudheid tot het slot van de 16e eeuw krijgen in deel 2 de volgende disciplines bijzondere aandacht: anatomie, fysiologie, morfologie, embryologie (ontogenie), voortplanting en erfelijkheid, taxonomie, palaeontologie en evolutieer, cytologie, biogeografie, oecologie, terwijl een slot-hoofdstuk, *Summa biologiae*, meer nog dan de voorgaande hoofdstukken, een vergevingsgezinde lezer veronderstelt.

Ik heb mij er op toegelegd de loop der gebeurtenissen en een toelichting daarop in klare taal te beschrijven die gemakkelijk zowel door beroepsbiologen als studenten, kortom, door allen die zich voor een geschiedenis van de biologie interesseren, begrepen kan worden. Soms bracht ik een voorval of standpunt meer dan eens ter sprake, in nieuwe verbanden, als dit nuttig scheen om het betoog gemakkelijker te volgen of te overzien. Talrijke feiten die nuttig maar niet strikt noodzakelijk zijn voor een samenvatting, maken het boek in beperkte mate bruikbaar als naslagwerk. Details die in een algemene geschiedenis van de biologie achterwege mogen blijven heb ik, nu en dan, toch in gering aantal toegelaten.

Een detail verliest immers zijn triviale aard als het een gewichtig voorval toelicht. Of vastnagelt; het verkrijgt dan de functie van de pin, die het schilderij van het landschap op ooghoogte houdt en het beter zichtbaar maakt. Ik beken dat het moeite kostte om uit de talloze kleurige, niet zelden amusante details die de geschiedenis van de biologie kruiden een beheerste, kleine keuze te doen.

Het boek schreef ik na een levenslange betovering door de biologie, mede ten behoeve van biologie-studenten. Zij kunnen er motieven voor hun voorkeur in ontdekken, veel in lezen dat zij niet wisten maar de moeite van het weten toch waard is. Zij kunnen er een bescheiden trots aan ontlenen, trots bioloog te zijn, te behoren tot een groep mensen van bijzondere kwaliteiten. En toewijding en opoffering, geestdrift, tolerantie, voorzichtigheid bij hun oordeel en respect voor dat van anderen er uit leren; waarlijk, geen kleinigheden.

I. De eerste zes eeuwen

1. Vroege gegevens

Natuurhistorisch interessante gegevens in de oudste bronnen van de historie der mensheid, stammend van prehistorische mensenrassen of, meer recent, afkomstig uit O. Azië, het Midden-Oosten, van Skythen, Babyloniërs, Soemeriërs en Egyptenaren hebben een zekere bekoring door hun afkomst uit een ver en vreemd verleden. Zij bevatten soms informatie van enige plantengeografische, etno-botanische of cultuurhistorische waarde. Zij zijn onmisbaar bij een studie over de religie, de sociologie, kunst, of het menselijk bestaan vóór de Europese civilisatie. Zij bewijzen de aanwezigheid van diersoorten in streken waar zij nu verdwenen zijn, maar behoren niet tot de biologie. Uit de prehistorie dateert allerlei biomagie (tekeningen op rotsen, in grotten, krasfiguurtjes) en in onze dagen past men dit hulpmiddel om kracht, voorspoed of overwinning te verwerkelijken nog dikwijls toe; toverij maar geen biologie.

Vrijwel alle studies over vroege biologie beginnen niettemin met een overzicht of opsomming van planten en dieren afgebeeld op rotswanden, aardewerk, reliëfs, of als beelden, inscripties enz. (zie o.a. Jessen, Möbius, Petit et Théodoridès, Sarton, Singer, Sirks). Op zijn best doen zij vermoeden dat in de periode van 40 tot 6 eeuwen v. Chr. kenners of kunstenaars geleefd hebben, die zich óf willens óf wetens, min of meer op biologische verschijnselen oriënteerden. Zij bewijzen vooral dat de mens van den beginne af in levende wezens belang stelde uit hoofde van honger (voedselplanten, jacht) en ziekte (geneeskruiden).

De onbegrijpelijke geneeskraft van planten wekte het vermoeden dat wat verborgen krachten bezit, ook in het verborgene huist en daar bemachtigd moet worden. Ondergrondse plantedelen (wortels, bollen, knollen, bij voorkeur in het donker uitgegraven) zullen de beste zijn.

Analogie richtte de opvattingen; analoge verschijnselen hebben altijd en overal de mens in zijn oordeel beïnvloed, waarbij de term 'analogie' begrepen moet worden als een oordeel rustend op een uiterlijke overeenstemming.

De traditionele Chinese heelmeeesters gaven bijvoorbeeld voor ziekten van het onderlijf, sinds overoude tijden, aan ondergrondse plantedelen de voorkeur en voor ziekten van het bovenlijf aan bovengrondse.

In het Oosten en in het Westen ontstonden de beroepen van wortelsteker (*rhizotomos*) en kruidendokter (*farmakopoelos*). Al omtrent 3000 v. Chr. hadden de Egyptenaren begrip van farmacie en vanuit China zijn nog oudere documenten (ca. 3600 v. Chr.) met gegevens over plantaardige of dierlijke geneesmiddelen bekend. Die oude aantekeningen zijn curieus maar toch vrijwel zonder wetenschappelijke kwaliteit. Steeds speelde de signatuur-leer, die door Paracelsus (IV.30) tot ontwikkeling werd ge-

bracht en die evenals de oude Oostaziatische farmakopeeën grotendeels op analogie berust, hierbij een hoofdrol.

In Egypte kwamen papyri, die ca. 1500 v. Chr. geschreven moeten zijn, aan het licht (vooral de Smith- en de Ebers-papyrus). Enige vage anatomische gegevens (bloedvaten, hart) en ook biologische (metamorfose van de kikker) stammen uit die periode.

In het bas-reliëf van de Grote Tempel te Karnak zijn ca. 275 verschillende planten afgebeeld, die Toetmosis III uit Syrië had meegebracht. Zij dateren van ca. 1450 v. Chr. en enkele er van zijn te identificeren; men heeft er een botanische tuin in willen herkennen. In India zijn het vooral de Veda's, naar de sage wil, deels door Brahman zelf geschreven werken, die historisch-biologische belangstelling kunnen wekken vanwege de meestal geneeskundige gegevens, die uit overoude tijden overgeleverd werden. De Soemeriërs (Mesopotamië) lieten thans 40 eeuwen oude lijsten van planten en dieren en gesteenten na, met enigermate beschrijvende namen.

Evenals de Assyriërs waren de Soemeriërs, 17 eeuwen v. Chr., grote kenners van paarden, met begrip voor ras en soort d.w.z. kenners van het beste vervoermiddel voor de jacht maar om die reden nog geen biologen. Afbeeldingen van allerlei aard, gevonden op Kreta die vóór de inzet van de Helleense cultuur gemaakt werden, die op planten en dieren betrekking hebben, zijn niet relevant voor de ontwikkeling der biologie.

Dit ensemble van mythologische en natuurhistorische snippers heeft overigens, evenals de andere genoemde cultuurgetuigenissen, op de Westerse biologie nauwelijks een aanwijsbare invloed gehad.

Het lijkt mij daarom niet gerechtvaardigd de oorsprong van de biologie in die oude curiositeiten te zoeken. De gewoonte van Babyloniërs, Assyriërs en Egyptenaren, die zeker al 20 eeuwen voor onze jaartelling heerste, om ♀ dadelpalmen kunstmatig te bestuiven met behulp van afgesneden bloeiwijzen van de ♂ boom – gebruikelijk voorbeeld in talrijke historische beschouwingen – mag dan een bewijs schijnen van een besef van de seksen der planten, maar meer dan een boerepraktijk was het, dunkt me, niet. Profijtelijk handelen, rustend op de traditionele, oeroude ervaringskennis van boer, kweker, dokter en jager, heeft wel een biologische inhoud voor ons, maar was toentertijd geen biologie in Westerse wetenschappelijke zin.

Verschijselen, het verloop van gebeurtenissen, feiten van elke aard die levende organismen eigen zijn, willen biologen met behulp van algemene wetmatigheden doorgronden, althans benaderen. Het doel van de bedrijvigheid met planten en dieren in de verre Oudheid was echter voedselvoorziening, verbetering van levensomstandigheden, niet biologie.

Onder de vroege gegevens neemt de bijbel een zeer bijzondere plaats in, door zijn centrale positie in de cultuurhistorie van het Westen. Het is een bundeling van manuscripten uit het Midden-Oosten, van verschillende herkomst, deels voor en deels na onze jaartelling. Het is geen boek met een natuurwetenschappelijke doelstelling, maar heeft niettemin in velerlei opzicht invloed op de voortgang van de biologie gehad.

In het Oude Testament werden de dieren gerangschikt in overeenstemming met hun levenswijze: drie hoofdgroepen: landdieren, waterdieren, en luchtdieren (vliegende dieren). De landdieren rangschikken de auteurs als viervoeters en als kruipers (kleine zoogdieren, reptielen, pootloze ongewervelden, wormen, insecten zonder vleugels gezamenlijk). De waterdieren zijn walvisachtigen en alle 'overige waterdieren'. De luchtdieren zijn vogels (vleermuizen inbegrepen) en gevleugelde insecten.

Na deze eerste indeling werden de hoofdgroepen min of meer onderverdeeld in reine

(kosher) en onreine (terefah) dieren. De koshere landdieren hebben een gespleten hoef en herkauwen (mogen gegeten worden) en de onreine hebben een gave hoef en herkauwen niet (mogen niet gegeten worden). Uitgaande van gebruik of bruikbaarheid worden incidenteel groepen onderscheiden.

Om de dierenwereld in de bijbel te bestuderen terwille van wetenschappelijk-biologische motieven, zijn dan ook nauwelijks redenen te vinden. De auteurs zelf hadden die belangstelling zeker niet; zij informeren slechts over eetbaarheid, of zij beleren ons door middel van het diergedrag, of voorspellen daarmee de toekomst, of vertellen van vangmethoden, nut en schade enz. De bijbelse natuurhistorische gegevens zijn echter van zeer groot belang voor de cultuurhistorie in breedste zin. Daarom vormen zij toch een factor van betekenis in de geschiedenis van de biologie door hun geur van heiligheid die biologen en biologische conclusies beïnvloedde, zij het dan niet door hun natuurwetenschappelijke kwaliteit of oogmerk. Veel dieper en blijvender nog was de indruk die de christelijke leerstellingen op het biologische denken maakten. Meer dan enig handboek over de levenswetenschappen stuurde de bijbel de voortgang van de biologie in het Westen. Wij zullen meermalen aanleiding vinden om op de relatie bijbel-biologie terug te komen.

De ontwikkeling van de biologie – in onze omschrijving als natuurwetenschap van Europese huize – begon letterlijk op de oever van de bron van onze cultuur, die Middellandse Zee heet. In Ionië, een Griekse kolonie langs de westkust van Klein-Azië, omstreeks de 6e eeuw voor onze jaartelling.

Voorafgaande wijzigingen in de wereldbeschouwing van de oost-mediterrane mens legden de basis voor de biologie. Een uitwisseling van opvattingen en vaardigheden met culturen die zich in het Midden-Oosten of in N.O. Afrika ontwikkelden laat zich, bescheiden van omvang en onzeker van reikwijdte, veronderstellen. Ongeveer in de 10e eeuw voor Christus kwam een nieuw en machtig middel beschikbaar, om rechtstreeks waarnemingen en meningen vast te leggen, een schrift dat nauwkeurige verslaglegging mogelijk maakte.

Geschreven taal is onontbeerlijk om gedachten, ontdekkingen en feiten in wijde kring bekend te maken. Geschreven wordt een mededeling duurzaam en komt onafhankelijk van plaats en tijd beschikbaar. De Grieken zijn de eersten in de geschiedenis van het Westen die een schrift ontwikkelden dat zowel voor klinkers als voor medeklinkers tekens bevatte. Daardoor werden dubbelzinnigheid en betwistbare opvattingen over de juiste lezing van een geschreven woord uitgebannen. Vroegere schriftuur, van de Hebreërs, Egyptenaren, Babyloniërs en Foeniciërs, bestond uit medeklinkers of lettergreeptekens, hetgeen niet alleen een hoogst omslachtig schrijven tengevolge had, maar bovendien allerlei interpretatie door het ontbreken van de bijbehorende klinkers toeliet. Ook was een grote hoeveelheid tekens benodigd zodat deze manier van schrijven een kunst was die heel weinigen verstonden. Uit de Foenicische schrifttekens ontwikkelden de Grieken de letters van het Griekse alfabet (ca. 1000 v. Chr.). Daarmee werd het mogelijk na een geringe scholing, te lezen en te schrijven, van woorden kennis te nemen die één onmiskenbare spelling meekregen.

Men schreef op hout, steen of leer maar allengs ook op 'papier', geplet en gedroogd papyrusmerg dat uit Egypte geëxporteerd werd. Vervolgens produceerde Pergamon, een stad in Ionië, door dierenhuiden te prepareren 'perkament' en verkregen de Grieken een eigen fabrikaat om op te schrijven. Het gezongen of gesproken woord van de reizende rapsoden was zijn beperkingen ontgroeid: in de 8e-7e eeuw ontstond op zijn

Grieks geschreven 'literatuur'.

Homeros (ca. 10e eeuw v. Chr.), de verteller wiens gedichten eerst gezongen en later opgeschreven werden, vóór Hesiodos (ca. 650 v. Chr.) de oudste bron van informatie, verhaalde van een goed omschreven ordening en hiërarchie in de godenwereld. Zeus was oppergod en hij bestuurde het hele natuurgebeuren.

Homeros verving daarmee de overlevering, het archaische polytheïsme, niet geheel maar richtte toch de aandacht van zijn hoorders op monotheïstische ideeën. Er was een oppergod, Zeus, die de hele natuur beheerste, geholpen door aan hem ondergeschikte goden en godinnen. Dit impliceerde dat natuurwetenschappelijk onderzoek, begrip van het verloop der natuurverschijnselen, mogelijk werd gemaakt. Wie Zeus' wil en wetten erkent en onderkent, verstaat de natuurverschijnselen omdat hij inziet dat elk natuurlijk beloop Zeus' lotsbeschikking volgen moet, want andere, ongrijpbare, onbekende en onberekenbare krachten kunnen die niet wijzigen. Natuurwetten kan men daarom opsporen, overdenken en omschrijven en dit past, als het levende wezens betreft, in de methode van het huidige Westerse biologische denken.

Als vanzelfsprekende waarheid bleef niettemin gelden, dat het menselijk bestaan, alles wat leefde, door bovennatuurlijke machten gemaakt was, beziel en geleid werd. Al wat de mens overkwam, ondervond, en alle gebeurtenissen rondom hem, bleven onderworpen aan de wil of de machtsuitoefening van bovenmenselijke wezens terwijl Zeus alles beheerde. De wereld, al wat op, in en boven de aarde is, dit alles tezamen en met inbegrip van de lagere goden, was bijgevolg één alomvattend levend organisme.

Elk voorwerp is beziel, elk voorval wordt door een onzichtbaar wezen opgeroepen, terwijl een geesten- en godenmaatschappij, op die der mensen gelijkend, leeft en de zichtbare wijzigingen der natuurverschijnselen volvoert. De geesten en goden zijn niet alleen als mensen gevormd – al zijn zij onstoffelijk – maar gedragen zich ook als mensen. En zo belichaamt de natuur zelf (delfstoffen, planten, dieren, mindere goden) de alles omvattende oppergod. Goden of godachtige wezens huizen in de hemel en op de aarde, op en in de bergen, de zeeën, meren en rivieren, in de lucht; en alles leeft en streeft in een onderlinge maar hiërarchische samenhang.

Hesiodos liet een geschreven leerdicht na; voor ons is één woord daaruit van bijzonder belang: *arche*.

Opvattingen over het ontstaan van hemel en aarde, van de mens, over leven en dood, over de natuur, de daden der mensen en der goden, vermeldde hij, een resumé van de opvattingen in zijn tijd. Alle voorwerpen, dingen, levend of dood, herbergen een principe, een *arche*, een beginsel dat doet bewegen, verandering teweeg brengt, alle natuurverschijnselen veroorzaakt; men kan het 'demon' noemen, of 'god', of 'nimf', al naar 't past, maar steeds zijn die bewegers van gelijke aard en functie, en elk voorwerp heeft zijn eigen demon. *Arche* is alomtegenwoordig.

Krafft (1971), aan wie ik veel gegevens te danken heb, wijst op modern taalgebruik waar die drieduizend jaar oude visie op de gemeenschap van alle natuur nog uit kan blijken: mensen met een leeuwehart of een arendsoog, of een stenen hart, bergen die zich verheffen, water dat lokt, wolken die dreigen.

De talloze demonen van de oertijd gaan zich volgens het Griekse denken, groeperen. Gelijksoortige demonen vat men in de loop der tijd samen tot één demon, die zijn eigen meervoudige werking uitoefent. Hesiodos verhaalt nog van zeer talrijke demonen, goden enz., maar onderscheidt degenen die concreta beheersen (rivieren, bomen, bergen) van degenen die abstracta bezielen (liefde, haat, oorlog, recht enz.).

In de 6e eeuw v. Chr. waren de Grieken in het bezit van het geschreven woord in een doelmatige spelling en van een gestructureerde wereldbeschouwing. Zij beginnen met die materialen de bouw van de natuurwetenschappen in Europese zin.

2. De Ioniërs en arche (6e eeuw v. Chr.)

De Ioniërs, oost-Grieken evenals Hesiodos en Homeros, erkenden het bestaan van een weliswaar ongrijpbare, maar dan toch zich manifesterende, universele oorzaak van beweging, van een samenspel tussen alle verschijnselen en processen. Die oorzaak is een universeel beginsel, een beginsel dat doet bewegen, veranderen, en dat tevens het wijzigen zichtbaar verricht en nimmer eindigen laat.

Deze onstoffelijke oerstof is 'goddelijk'; het is een levende, onafatende en uit zichzelf bewegende kracht, goddelijk en levend wel, maar in niets gelijkend op Zeus en zijn heerscharen.

Ionië, het middenstuk van de kuststreek van westelijk Klein-Azië (nu Turkije), besloeg tevens de Cycladen en het schiereiland Euboea (ten noordoosten van Athene). De voornaamste steden waren Milete en Efeze.

Milete bleef tot de 5e eeuw de voornaamste overslaghaven van Azië en Egypte naar het Westen. De Westerse biologie ontstond in de 6e eeuw v. Chr. in dit trefpunt van vele culturen, op ongeveer 38° N.B., details die voor die eerste aanzet niet zonder betekenis zijn. Gelijktijdig en lotsgebonden ontstond daar de Westerse wijsbegeerte. De biologie en de wijsbegeerte van Europa, van Europese aard zijn, men vergeve mij deze beeldspraak, bloemen aan één stengel.

De Ioniërs boeide de wereld, het rusteloze natuurgebeuren, en toeziende wilden zij weten en begrijpen hoe en waarom de hemel, het uitspansel, en alles op de aarde, zich van nature steeds wijzigen. De bewegings-, d.w.z. de groei- en wordingsverschijnselen die levende en vele dode dingen eigen zijn, noemden zij *fysis* (*physis*). Zij werden geïnspireerd door het raadsel van de nooit eindigende cirkelgang van de generaties der levende wezens en de eeuwige weerkeer der seizoenen.

Het onophoudelijke veranderen van een desalniettemin gelijk blijvende onveranderde wereld moet wel uit een alomtegenwoordig en eeuwig ongewijzigd substraat voortkomen of daarmee samengaan. Dat substraat, die matrijs, veroorzaakt alle beweging: bewegen in horizontale zin (van plaats naar plaats) en bewegen in verticale zin (het metertijd komen en gaan, groeien, sterven en ontbinden). Zowel tijd als tijdloosheid blijken alle stoffelijke wijzigingen eigen te zijn.

Terwijl in het oosten van het Middellandse-Zeegebied de Ionische biofilosofie zich vormde, ontwierpen in het westelijk deel van de Helleense wereld de Pythagoreeërs een wijsgerig-mystieke ethiek van het leven der mensen, van ons bestaan, onze 'ziel' en ons gedrag. Zij beschouwden de mens als een 'microkosmos'; zij constateerden de overeenkomst tussen de verschijnselen eigen aan microkosmos en eigen aan al wat daarbuiten is, de 'macrokosmos'. Zowel de Ioniërs als de Pythagoreeërs zullen een accent geven aan de biologie in komende eeuwen; resten van de Ionische en de Pythagorische gedachtenwereld zijn tot in onze tijd in de biologie aanwijsbaar.

Alle wetenschap blijft tot in de 4e eeuw v. Chr. één samenhangend geheel, theoretisch en ambachtelijk. De auteurs van de oudste verhandelingen zijn tegelijk, al naar het valt, wijsgeer, arts, bioloog, staatsman, econoom, tevens dichter of leraar.

Wij beperken ons tot de biologie en dit bepaalt de keus uit de Griekse voorchristelijke literatuur. De oud-Griekse geschriften die ter beschikking bleven, komen dus slechts in zoverre ter sprake als zij van invloed waren op de ontwikkeling van de biologie en ook indien zij helpen bij het verhelderen van zicht op de wijze waarop biologische kennis groeide, of op de beweegredenen die tot allerlei opvattingen, conclusies en interpretaties voerden. De biologie begon met het werk van drie Ionische geleerden: Thales, Anaximandros en Anaximenes, in de 6e eeuw vóór onze jaartelling.

3. *Thales: arche is het vochtige*

Thales (ca. 640-546) werd in Milete geboren en stierf daar. Milete ligt in Klein-Azië, in Ionië, aan zee, en misschien wel dicht bij de plek waar de paring van Okeanos en Thetis de aarde verwekte. Thales was koopman, meetkundige, een vermaard astronoom en wijsgeer. Als astronoom kon hij het jaar van een zonsverduistering (585) voorspellen, als wiskundige paste hij de trapsgewijze bewijsvoering toe: een reeks van opvolgende gevolgtrekkingen voert tot een bewijs. Een nieuwe wereldbeschouwing gaat echter met deze vernieuwde aanpak samen.

Thales verwierp de overgeleverde mythologische mentaliteit en schreeft *fysis* toe aan een alomtegenwoordig oerbeginsel, een al-begin, een *arche*. Dat is geen op mensen gelijkende god, en *arche* onderhoudt ook geen relatie met een godenwereld. Het is een onvergankelijk fundament en bindend principe dat elk ontstaan, bestaan en vergaan veroorzaakt en begeleidt. *Arche*, zegt Thales, die opgroeit en woont bij de zee, is 'het vochtige'; men kan het in stoffelijke vorm leren kennen als water, en ook als damp of als ijs.

De zee, altijd dezelfde, met zijn eeuwig bewegende watermassa's waar enorme stuwende krachten in schuilgaan, schijnt wel het symbool van Thales' denken en is misschien de aanzet voor zijn opvattingen geweest. Zijn mening dat de aarde als een schip op de oceaan rust of drijft, past bij dit vermoeden. Thales' *arche* is het wezenlijke zowel van levende als van dode stof.

Aristoteles (I.15), die zoveel beter dan wij in staat was te verstaan wat Thales bedoelde, dacht daar toch anders over. Hij bepleitte dat Thales 'water' kan hebben gekozen, omdat alle voedsel vochtig van aard is en het vochtige in vochtige dingen water blijkt te zijn. De warmte van mensen of dieren is steeds een vochtige warmte en zo'n warmte is alle dierlijk leven eigen (*Metafysica*, A3). Hieruit volgt dat Aristoteles de mening over een spilfunctie van 'het vochtige' ondersteunde, maar niet Thales' veel bredere visie onderschreef. Deze vatte biologie (microkosmos) en macrokosmos in zijn wereldbeschouwing (wijsbegeerte) samen: twee aspecten van één *arche*, één alomvattend beginsel; Aristoteles daarentegen beperkte Thales' uitgangspunt tot de biologie.

Guthrie (1967) wees er op dat als Aristoteles' interpretatie juist is, Anaximandros' theorie over het ontstaan van het leven daar op aansluit; daarop past het antwoord dat de visie van Anaximandros veeleer uit die van Thales voortkomt. Anaximandros werd eveneens in Milete geboren, een opmerkenswaardig feit, want hij moet Thales gekend, kan zelfs met hem gesproken hebben.

Van Thales' werken zijn een paar fragmentjes over. Thales schijnt overigens weinig geschreven te hebben, en zelfs dat weinige overleefde hem niet of nauwelijks. Aristoteles had zijn geschriften al niet meer compleet ter beschikking. Maar hij en enige latere



Fig. 1. De bronnen van de biologie: langs de kust van Klein-Azië en in Griekenland. Alexandrië ligt aan de kust van Noord-Afrika.

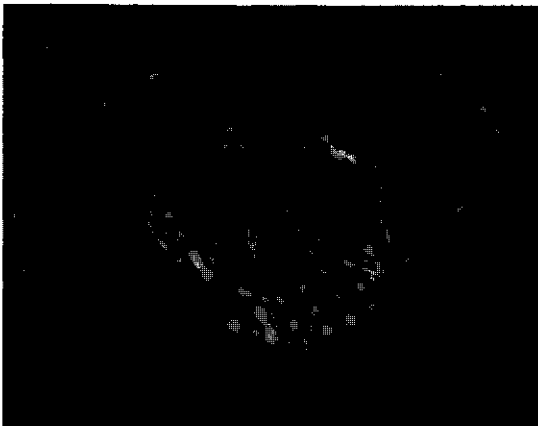


Fig. 2. *Calystegia soldanella* L., een veel voorkomende windewide op de kust van de Middellandse Zee. Vijf witte banen tussen de rozenvelden brachten Theophrastos op het idee dat de bloemkroon ontstaan was door de fusie van vijf afzonderlijke blaadjes.

auteurs citeren Thales of verwijzen naar hem en daaruit blijkt zijn denken. De vraag of wat overschoot zijn leer volkomen weergeeft, blijft open. Het woord 'arche' is bijvoorbeeld uit Thales' resterende werk niet bekend (wel uit Anaximandros' verhandeling); de veronderstelling dat hij het kende en gebruikte is daarom gewettigd.

Thales vertegenwoordigt de Miletische school van wijsgeren. Hun wereldbeschouwing staat in onmiddellijk verband met de Westerse ontplooiing van de wetenschappen. De Oosterse wetenschappen worden doorgaans in de biologie wel erkend maar niet meer dan zeer sporadisch toegelaten. Thales kwam met de Afro-Aziatische cultuur in aanraking tijdens een verblijf in Egypte (waar in de Nijldelta een Miletische kolonie lag), maar hij nam daaruit niets van belang over voor de biologie. Hij gedroeg zich ten aanzien van vreemde invloeden niet anders dan zijn tijdgenoten en velen die later kwamen (V.4).

Fundamenteel verschillend van wat voorafging was zijn leer: *fysis* wordt niet van buitenaf veroorzaakt (goden) maar ontstaat inwendig, is een eigenschap van elk ding en ook van het levende organisme zelf. De eerste biologische theorie was fysiologisch van aard.

In weerwil van zijn nieuwe ideeën verwierp Thales de godenwereld niet. Alle voorwerpen herbergen een onstoffelijk, goddelijk beginsel, een 'ziel', ook indien zij bewegingloos schijnen te zijn. Een magneet is wel degelijk beziel, want hij is in staat ijzer te laten bewegen. Daarmee doet het magnetisme zijn intrede in de natuurwetenschappen en in de biologie: honderden studies worden tot in de 18e eeuw aan het verschijnsel gewijd dat dood en leven tegelijk schijnt te belichamen.

4. *Anaximandros: arche is grensloos*

Anaximandros (ca. 610-547(5)) werd, zoals zijn tijdgenoot Thales, geboren in Milete, waar hij ook stierf; hij maakte verre reizen en stichtte een Ionische nederzetting (Apollonia) aan de Zwarte Zee. Men meent dat hij een wereldkaart getekend heeft en hij zette het astronomisch werk van Thales voort. Een van zijn ontdekkingen zou de zonnewijzer zijn. Hij schreef in zijn laatste levensjaren *Peri Fyseos* (Over de *Fysis*), een titel, die door vele latere auteurs herhaald zal worden als zij over natuurwetenschappelijke vraagstukken publiceren, maar die hij misschien niet zelf aan zijn werk gegeven heeft.

Met Thales' opvatting over een alomvattende oerstof is Anaximandros het eens, maar hij wil daar toch een wijziging in aanbrengen. Het onbegrensd zijn, het grensloze dat het begrip 'vochtig' eigen is – de zee, die als men de kust verlaat, grensloos is; de rivier, die naar twee zijden, stroomop en stroomaf, geen grens schijnt te hebben; waterdamp, die geen grens kent – neemt Anaximandros over.

Hij oordeelt echter dat 'onomgrensd' of 'vormloos' de voornaamste eigenschap is van het onvergankelijke en alomtegenwoordige oerbeginsel, dat hij daarom 'apeiron' (= grensloze) noemt. Van hieruit doet Anaximandros dan een grote stap vooruit. Hij stelt vast dat dit *apeiron* de oerstof is waar de wereld en al wat waarneembaar is uit groeide, een kwalitatief onbepaald en kwantitatief oneindig, onstoffelijk beginsel, dat nimmer verandert. In dit *apeiron* ontstaan koppels tegengestelde geaardheden, eigenschappen of beginsels; het ware woord voor deze gepaarde tegenstellingen hebben wij niet. Aan het vochtige koppelt zich het droge, en aan het warme het koude; deze vier geaardheden zijn de voornaamste. De koppels gedragen zich als tegenstanders en nu

eens zal het ene, dan weer het andere de overhand krijgen. Iedereen kan in de seizoenen, in de levensverschijnselen, deze strijd en wisseling van tegenstellingen vaststellen.

Hiermee tastte Anaximandros de mystieke, wetloze aard van Thales' *arche* aan. Eigenlijk bleef *arche* een ongrijpbaar, volslagen raadsel. Als de vraag gesteld wordt, waaróm *arche* die onmiskenbare beweging, die *fysis* veroorzaakt, en hóe dan wel, doet Thales er het zwijgen toe, maar Anaximandros zegt: de beweging, *fysis*, volgt noodzakelijk uit die strijd van gepaarde tegenstellingen, die wetmatig en cyclisch verloopt.

Apeiron is een oneindige voorraad, bewegende en bezielende krachten. De koppels tegengestelde beginsels ontkiemen (Anaximandros gebruikt daarvoor het woord zaad of kiem (*gonimon*, vgl. gonade), zoals voor een levend wezen) en maken zich kenbaar in onze 'kosmos' (een term van Anaximandros) en hun daaropvolgende strijd roept gebeurtenissen op, die wij allen kunnen waarnemen.

Deze structurering van het natuurgebeuren laat, evenals Thales' visie, veel vragen onbeantwoord, bevat onbewijsbare veronderstellingen, maar is tegelijkertijd een poging een meer geordend en begrijpelijker samenspel van krachten, de *fysis* die de dode en levende wereld kenmerkt, te laten veroorzaken.

Deze beschouwing over Anaximandros' denken, geschreven in de termen en taal van de 20e eeuw, mag niet leiden tot de opvatting dat hijzelf de diepgang van zijn nieuwe ideeën doorzag zoals wij die thans schatten. Hoe dicht hij nog stond bij de traditionele antropomorfe visie op de natuur, waar Thales en hij zich toch eigenlijk van vrij wilden maken toont het volgende citaat uit zijn *Peri Fyseoos*:

“Begin en oorsprong der bestaande dingen is het *apeiron*. Waaruit de bestaande dingen ontstaan zijn, daarheen gaat echter rechtmatig ook hun ondergang; want zij boeten wederzijds, als de tijd gekomen is, voor hun ontrouw (tweespalt).”

Thales huisvestte zijn *arche* dus zowel in levende als in dode stof. Beide zijn woonplaats voor onzichtbare, niet-materiële krachten en niet wezenlijk verschillend.

Maar Anaximandros ziet wèl verschil tussen dood en levend. Een geboorte is een substantie, een concretie of een stremsel (men kiese het woord naar believeen), dat uit het *apeiron* voortkomt. Elke dood is een ontbinding van de tijdelijk gepaarde doch tegengestelde beginsels en dus een terugkeer tot het *apeiron*, tot de, het klinkt ons rauw in de oren, kosmische moer. Leven wordt zichtbaar nadat *apeiron* vorm, grenzen, heeft aangenomen. Het levende laat ten leste de begrenzingen weer glijpen en de vormloze dood treedt in. *Apeiron* keert dan tot zijn oerstaat terug. Levende en dode stof zijn in wezen dezelfde, maar uiterlijk en tijdelijk verschillend van structuur.

Leven ontstaat uit warm slijk, zegt Anaximandros, want het is het resultaat van een samentreffen van het warme en het vochtige. De eerste levende wezens waren visachtige waterdieren, met geschubde of gestekelde huid. Zij vestigden zich op het droge en verloren hun stekelschors. Zo werden zij de voorlopers van alle landdieren, met inbegrip van de mens, die uit een visachtige voorouder is voortgekomen.

Zeewater verdampt en de zee is dientengevolge zout. Dat het vasteland ontstond door opdrogen van de zee – waterdieren waren immers de eerste – tonen versteende zeeschelpen aan die in het binnenland worden aangetroffen. Dat de mens uit een minder volmaakt organisme zal zijn voortgesproten kan uit zijn hulpeloze staat lange tijd na zijn geboorte blijken. Eens moeten mensvoorouders hun boorlingen lange tijd bij zich hebben gehouden om ze te voeden en te beschermen zoals sommige grote vissen (haaien) ook doen. Daarom moeten de oorspronkelijke vismensen in zee geleefd hebben, want op het land waren zij dadelijk uitgestorven. De jongen groeiden binnen in

hen tot geslachtsrijpheid en scheurden de lichaamswand open, waarna zij aan land gingen en zichzelf daar konden handhaven.

Anaximandros verklaarde de oorsprong van de aarde en van de levende natuur met behulp van waarnemingen ontleend aan zijn omgeving en aan de zee. Een allereerste benadering van een evolutie-theorie kan in zijn beschouwingen besloten liggen, maar zekerheid daarover is er niet (XI).

5. *Anaximenes: arche is lucht*

Een leerling van Anaximandros zette de Ionische filosofie verder voort. Hij leraarde als wijsgeer en astronoom in Milete. Anaximenes (585-525) beschouwde lucht als de eeuwig-duurzame oerstof, die van alles, levend of dood, het substraat is. Hij was meer materialist dan zijn beide leermeesters en plaatsgenoten, want lucht, hoe vluchtig ook, is als een materie, als 'stof' ervaarbaar. De voornaamste eigenschappen van het 'vochtige' en het 'onbegrensde' kunnen zich, dat spreekt vanzelf, ook in lucht doen gelden. En in weerwil van alle opeenvolgende wisselingen blijft lucht onvergankelijk. Dit resulteert dan in het beginsel *apeiron aër* (= de grensloze lucht).

Door contractie van lucht, meende Anaximenes, ontstaat het vochtige (damp, water); nog vastere samenballing levert aarde op, tenslotte rotsen. Sterk verdund wordt lucht, daarentegen, heet en tenslotte vuur. Een simpel experiment toont dit aan. Als Anaximenes lucht snel uitblaast met bijna gesloten lippen, dan komt de lucht (samengeperst) bijna koud te voorschijn. Dat kunnen we allen met de vinger voelen. Ademt men uit met wijd open mond, dan is de niet samengeperste, ijlere lucht warm.

Elk levend wezen heeft deel aan de overal aanwezige lucht. In het lichaam is de lucht hoog veredeld van aard, en het allerfijnste gedeelte daar weer van is 'ziel' (wij zeggen: 'levensadem'). Die allerfijnste lucht bevindt zich ook in de allerverste uithoeken van het heelal, waar de grove besmette lucht die we ademen niet doordringt. Daarom is de ziel deelgenoot van het buiten- of bovenaardse en tevens drager van het leven (I.13).

De geschriften van Anaximenes (zijn voornaamste werk was een *Peri Fyseoos*) zijn op enkele fragmenten na verdwenen. Zijn theorieën heb ik genoemd, omdat hij een experiment toepast om zijn standpunt te steunen; overigens maakte Theophrastos – die hem aanhaalde en zo zijn gedachten van de ondergang gered heeft – al bezwaar tegen zijn lucht-proef. Dit verhindert niet dat Anaximenes een zeer gewichtige methode gebruikte, die sindsdien bij allerlei natuuronderzoek als vanzelfsprekend toegepast wordt: op grond van experimenteel teweeggebrachte waarneembare verschijnselen tot de aanwezigheid van niet-waarneembare of waargenomen eigenschappen besluiten.

De grondleggers van de Westerse wetenschap in Milete gaven zich rekenschap van de kringloop der jaargetijden en van het ontstaan, bestaan en vergaan van de dingen. De cyclus van gebeurtenissen in de dode natuur weerspiegelt de kringloop van het leven. Analogie toont hen de ware staat van zaken; analogie bewijst.

Samengevat: de rivier stroomt, wast of droogt uit, de vloed komt op en wijkt terug, de wind steekt op of gaat liggen, de zon verdwijnt en keert weer. Eindeloos wijzigt zich het uiterlijk der stoffelijke werkelijkheid, maar toch blijft dezelfde 'kosmos', het onveranderde veranderende bestel van dode en levende dingen voortbestaan. Er moet een algemeen beginsel zijn, een universeel uitgangspunt, dat vorm geeft en dat doet bewegen en dat zich op talloze manieren kenbaar maakt.

Als kernpunt en gemeenschappelijke oorzaak van veranderende werkelijkheid (*arche*) postuleerde Thales het vochtige, Anaximandros een *apeiron*, en Anaximenes lucht. De Miletische school trok (aanvankelijk) geen scheidslijn tussen dode en levende stof.

Drie pijlers die de bouw van onze kennis en kunde ondersteunen, wiskunde, wijsbegeerte en biologie, alle drie in hun volle bereik erkend, staan tezamen met de aanzet van de overige natuurwetenschappen op de grondslag die de Ionische geleerden ontwierpen. De voortgang van het levensgebeuren en de verwondering over de eeuwige kringloop van dode en levende stof, de bewegende dingen, werden gelijktijdig zowel oorzaak als kiem van de biologie en van de wijsbegeerte.

Het bewegen van al wat leeft vond zijn analogon in de dode stof, de wolken, het stromende water der rivieren, de onmeetbare zee, de afbrokkelende en vallende rotsen. Het zichtbare en het onzichtbare vormen krachtens het waarneembare gebeuren, een geheel, een samenhang. Naar de eigenschap 'bewegen' te oordelen, zijn dood en levend niet wezenlijk gescheiden. De Ionische natuurfilosofen van de 6e eeuw, in het bezit van het nieuwe, machtige instrument, de geschreven Griekse taal, schiepen het vroegste biologische wereldbeeld. Zij schreven de *fysis* aan de werking van één principe, één *arche*, één *prima causa* toe.

6. De Pythagoreeërs

In het westelijk deel van de Helleense wereld, in Zuid-Italië (Krotoon) vestigde Pythagoras zich omstreeks 529 v. Chr. Hij werd op Samos geboren, omstreeks 570/560. Hij reisde, mag men geloven, in Egypte en in Babylonië alvorens hij naar Magna Graeca kwam, waarschijnlijk omdat hij in zijn geboorteland geen weerklank vond voor zijn inzichten.

Geschriften van Pythagoras zijn niet bekend; vermoedelijk heeft hij niets opgeschreven. Zijn leer werd, ca. 50 jaren na zijn dood, door Filolaos van Krotoon – die naar Thebe moest uitwijken – op schrift gesteld.

Mannen en vrouwen rondom hem vormden een genootschap, dat een religieus-mystieke levensbeschouwing uitdroeg, waarvan veel onzeker is gebleven. Wel gaf hun gedrag zoveel aanstoot, dat Pythagoras naar Metapontium moest uitwijken, waar hij omstreeks 480 stierf.

De filosofie en meningen van Pythagoras schijnen deels van Egyptische en Babylonische herkomst te zijn. Hoe dan ook, vast staat wel dat volgens Pythagoras wiskunde, d.w.z. meetkunde en rekenkunde, het denken beheersen en zuiveren moest. Leerlingen kregen na toelating tot zijn school eerst een purgeermiddel toegediend, want zuivering van het (inwendige) lichaam achtte hij een voorwaarde voor een zuiver denkvermogen.

Een overzicht van de gehele leer der Pythagoreeërs, van hun stellingen en conclusies, zou ons ver buiten de grenzen van ons studieterrain voeren; wij bepalen ons tot wat relevant bleek bij de ontplooiing van de biologie. Een Westerse samenleving zal een nieuwe leer die van de gangbare normen afwijkt, ingeval geen consequenties te verwachten zijn die de samenleving aantasten, zonder verzet verdragen. De leer van Pythagoras kreeg echter politieke invloed. De Pythagoreeërs werden (ca. 450) dan ook te vuur en te zwaard verjaagd en vervolgd om religieus-politieke redenen. Zij behielden en

verwierven in hun diaspora niettemin een grote en blijvende invloed op het Westerse denken, en daarmee op de biologie. Platoon en Aristoteles versterkten die invloed door Pythagorische denkbeelden over te nemen in eigen werk.

De Pythagoreeërs waren tegelijkertijd mystici, wiskundigen, muziektheoretici en landmeters, die getallenmystiek, het aantal, een symbolische kracht toekenden en die daarmee 'begrenzing' tot een richtsnoer voor begrip maakten. Elk natuurverschijnsel is meetbaar. Wiskunde toont ons het wezen van de dingen.

Deze revolutionaire vernieuwing verdrong de oeroude notie, die aantal en voorwerp verbond. Van oudsher en van nature stond vast: de verzamelingen drie appels en vier appels zijn twee verschillende dingen. De Pythagoreeërs ontdekten, dat deze twee dingen verschillen door aantal, maar dat zij niet verschillen in zoverre zij appels zijn. In wiskundige zin zeker een stap voorwaarts, ofschoon deze het biologische verdoezelt want een appel is nooit geheel gelijk aan een andere appel. De Pythagorische ontdekking paste wel in Platoons ideeënleer (I.14).

Ook bepaalt het getal een meetkundig begrip (1 = punt, 2 = lijn (tussen twee punten), 3 = driehoek, 4 = pyramide). Tevens hebben enige getallen een biologische staat: 3 = mannelijk, 4 = vrouwelijk en 5 = het voortgebrachte. Kortom: het wezen van alle dingen blijkt uit getallen. En getallen worden mode: Euritas van Krotoon gaat aan het slot van de 5e eeuw de begrippen 'paard', 'ezel', 'mens' enz. door een getal begrenzen en vormt daardoor op merkwaardige wijze een parallel met de 20e-eeuwse taxonomen, die taxa door getalreeksen willen aanduiden i.p.v. met een naam. Beide werkwijzen vonden geen weerklank. De Pythagorische getallenmystiek blijft hier dan ook verder buiten beschouwing, omdat hij in de ontwikkelingsgang van de biologie vrijwel zonder betekenis is.

Van zeer groot gewicht evenwel is de mening dat begrensde wetmatigheden alle voorvallen in het heelal, en dus ook in de biologie, beheersen. De Pythagoreeërs oordeelden dat de grensafwijzing bij natuurprocessen door de Ioniërs onnodig, onnutten onjuist was. Het geordende bestel van aarde en uitspannel en al wat daartoe behoort, noemde de Pythagorische school 'kosmos'. Die kosmos is wezenlijk goed, een wetmatig geregeld, cyclisch bewegend samenstel van doelmatig functionerende 'organen' (orgaan komt van het Griekse *ergon* = werk; een *organon* verzet werk, verricht een taak, is een werktuig). Daarom leeft de kosmos zoals een levend wezen. Mensen, dieren en planten, alle organismen, nemen op overeenkomstige wijze deel aan dit kosmisch bewegen. De analogie, een overtuigend argument in de Oudheid en in de Middeleeuwen, bewees de juistheid van deze conclusie. Zo kwamen de Pythagoreeërs tot dezelfde standpunten als de Ioniërs, zij het langs verschillende weg.

De kosmos blijkt onsterfelijk te zijn. Dan is het kosmische bestanddeel van elk levend wezen ook onsterfelijk. Daarom zal de menselijke 'ziel', als deel van de wereldziel (vgl. Anaximenes (I.5)) niet sterven maar zich telkens, na de dood van zijn tijdelijk en sterfelijk verblijf opnieuw, elders vestigen (transmigratie). Om die reden is vegetarisme voorgeschreven want vlees eten vernietigt iets volmaakt en goddelijks (= buiten-menselijks). Een dier immers is een deelhebber aan het kosmisch bestel.

Planten mogen gegeten worden want al behoren zij tot de kosmos, toch bezitten zij geen 'ziel' (I.7). Wel bewonen alle levende wezens te zamen de kosmos en daardoor zijn zij met elkaar verbonden. Zij functioneren doelmatig want anders zou de kosmos niet volmaakt goed, niet harmonisch zijn. De aarde is geen platte schijf zoals Anaximenes meende maar bolvormig, want de bol is meetkundig de meest volmaakte vorm en die is

bijgevolg de aarde eigen. De Pythagorische wiskundigen heetten *mathematikoi*.

De mens, concludeerden de Pythagoreeërs, is een microkosmos, een volkomen gave eenheid, die lichamelijk leeft zoals de macrokosmos, met doelmatige en volmaakte organen, maar van geringere omvang en vergankelijk van aard.

De ontwikkelingsgang van de fysiologie is sterk door Pythagorische meningen beïnvloed, evenals o.m. de taxonomie, morfologie en de evolutieleer.

De kosmos beweegt door vier beginselen of elementaire eigenschappen; daarover zijn de Pythagoreeërs en Anaximandros (I.4) het eens. Deze zijn in het levende lichaam vermengd (*krasis*) aanwezig. Is hun onderlinge verhouding of samenhang ontregeld of verbroken, dan is het lichaam ziek. Hun juiste evenwicht blijkt uit een staat van welzijn (*harmonia*) en de elementen beïnvloeden elkaar steeds; er is een sympathie, een vriendschap (IV.31). In de Oudheid beoogde de geneeskunst bij de zieke mens het gestoorde evenwicht te herstellen. De biologie was voornamelijk de studie van het samenspel der elementen, het verloop van de natuurlijke levensverschijnselen. De Griekse artsen waren daarom dikwijls zowel genezer als bioloog.

Die Pythagorische relatie, sympathie of affiniteit tussen de elementen, heeft tot in de 17e eeuw een diepgaande, maar soms moeilijk te ontmaskeren invloed gehad. De mens is steeds en allerwege geneigd geweest aan deze gevoelsmystiek, die zich grotendeels aan een natuurwetenschappelijke (empirisch-mathematische) controle onttrekt, waarde toe te kennen. In onze dagen oefent men niet zelden land- en tuinbouw uit volgens wetten die op sympathie steunen, bijvoorbeeld tussen sterren en planten. Gerechten of menu's naar Pythagorische aard samengesteld, bereiken tegenwoordig zeker niet minder talrijke volgelingen dan eertijds. Verschillende aspecten van Pythagoras' leer stimuleren de weerzin tegen de bio-industrie.

De Pythagoreeërs waren de eersten die aantal en daarmee begrenzing invoerden, zodat de kwantitatieve studie van natuurverschijnselen mogelijk werd (bijvoorbeeld het verband tussen toonhoogten en lengten van een gespannen snaar, dat zij experimenteel onderzochten). Zij herkenden vorm als toegevoegd aan, en samenhangend met, materie. Dit besef werd de aanzet van de opvatting dat vorm uit de functie voortkomt (I.15).

Functie bepaalt dan bijgevolg de vorm van elk orgaan: een wet die Platoon en Aristoteles poneerden en die ook in onze dagen nog steun ondervindt.

Met weinig woorden staat hier aangeduid wat wij mogen veronderstellen dat Pythagoreeërs bedachten en geloofden. Betrokken op de biologie. Thans drukken wij ons precieser uit dan destijds, omdat nu woorden beschikbaar zijn die formulering van hun meningen toelaten; in de 6e eeuw v. Chr. had zelfs het Grieks die armslag niet.

Griekse geleerden legden de grondslagen voor de biologie in samenhang met hun wijsgerig-natuurwetenschappelijke, deductieve denken in de 6e eeuw. Zij trokken geen grens tussen fysica en metafysica, natuur en bovennatuur, realiteit en abstractie, maar begrepen de macht van tellen en meten.

De 5e eeuw v. Chr. werd wat de historie van de wetenschappen aangaat, vooral door het optreden van Sokrates en Platoon gekenmerkt. Een dozijn geleerden, deels voorlopers uit de 6e eeuw, deels hun tijdgenoten, vereisen echter eerst onze aandacht (I.7-I.13).

7. *Alkmaioon, een grondlegger van anatomisch onderzoek*

Twee natuurfilosofen die zowel bij de Ionische als bij de Pythagorische school aansloten waren Alkmaioon en Herakleitos.

Alkmaioon van Krotoon (ca. 550-470) geldt als een Pythagoreeër maar kan ook tot de Ioniërs gerekend worden. Hij heeft, naar verluidt, een medische verhandeling geschreven, maar niets meer dan enige fragmenten en citaten bleven behouden. Waarschijnlijk als eerste in de geschiedenis van de biologie heeft hij eigenhandig vivisecties uitgevoerd, misschien op mensen en zeker op dieren. Volgens Diogenes Laërtios (3e eeuw na Chr.) zou hij geschreven hebben:

“De goden kennen de onzichtbare dingen zowel als de vergankelijke, terwijl de mensen trachten wat zij waarnemen te doorzien.”

In die uitspraak is de kiem voor Platoons latere leerstellingen duidelijk geformuleerd. Het wezenlijke van gezond zijn, meende Alkmaioon, is de evenwichtige menging, of de gelijke deelneming van tegengestelde geaardheden in het lichaam zoals vochtig/droog, warm/koud, bitter/zoet enz. Alleenheerschappij van één dezer (*monarchia*) maakt ziek.

De hersenen zijn het centrale orgaan, voor het denkvermogen en voor perceptie (contact met de buitenwereld). Lucht (*pneuma*), drager van alle leven, gaat dan ook bij het inademen eerst naar de hersenen, waar de bloedbanen ontspringen en waar (natuurlijk!) ook het sperma gevormd wordt (want dit is de levensbron). Hij doodde een dier direct na copulatie en constateerde dat de hoeveelheid ruggemerg niet verminderd was: sperma komt dus niet uit het ruggemerg. Het hart is het voornaamste orgaan niet en ook het middenrif niet.

Alkmaioon heeft de oogzenuw, en de ‘buis van Eustachius’ waarschijnlijk, ontdekt. Blindheid en doofheid volgen op het onderbreken van de verbindingsbuisjes tussen de ogen of de oren met de hersenen, constateerde Alkmaioon.

Alle denkers van zijn tijd zien levende wezens als verschijningsvormen van dezelfde oerstof en onderlinge vergelijking van hun verrichtingen en bouw ligt dan ook voor de hand. Alkmaioon deelt mee dat na tweemaal zeven jaar de mannelijke mens zaad begint te vormen. Na die periode bedekken de geslachtsorganen zich met haar. Planten bloeien voorafgaand aan de zaadvorming en daar is schaamhaar dus mee te vergelijken (analogie mens/plant, fysiologie en morfologie gekoppeld). De vergelijking van schaamhaar met bloesem komt misschien voort uit verschijnselen als het te-voorschijnkomen van meeldraden en stampers als gras of graan bloeit: de korenaar wordt als het ware behaard.

Belangrijk is de uitspraak dat waarneming door de zintuigen en overdenking van het waargenomene twee strikt van elkaar gescheiden processen zijn (I.8). Alkmaioon opent lichamen niet uit nieuwsgierigheid naar ligging en uiterlijk der organen om daaruit voortekenen ter beschikking te krijgen, niet als magiër maar als bioloog die bouw en functie onderzoekt.

Het hoofd van een embryo, verklaarde Alkmaioon, ontwikkelt zich het eerst (hersen; zie I.15). En Alkmaioon vertelde ook dat geiten door hun oren ademen, een vreemde bokkesprong, tenminste als hij correct geciteerd werd. De gedachte werd geopperd dat zijn vondst van de buis van Eustachius hem op dit dwaalspoor bracht. Leerlingen als Akroon en Pausanias (beiden hebben ca. 480 v. Chr. geleefd) zetten zijn anatomisch onderzoek (bloedvatenverloop) voort.

En er is reden aan te nemen dat Diogenes van Apollonia (ca. 430) zijn kennis en opvattingen rechtstreeks aan Alkmaioon te danken heeft. Diogenes beschreef het bloedvatstelsel bij de mens uitvoerig en accuraat, maar Senn (1933) wees er op dat, als dit eigen anatomisch werk zou zijn, het moeilijk valt te begrijpen, dat Diogenes meedeelde dat in de uterus een knobbel aanwezig is, waar het embryo met de mond voedsel uit zuigt, evenals na de geboorte uit de borst. Een zo bekwaam anatoom en zo goed waarnemer, die in staat bleek het bloedvatstelsel zo nauwkeurig na te gaan en zelfs af te beelden kan nauwelijks worden verondersteld met zoveel fantasie over de uterus te schrijven als Diogenes deed.

Pneuma is, ook voor Diogenes, het beginsel van alle leven en de oersubstantie (I.5). Alle gewaarwordingen, horen, zien, ruiken, komen tot stand omdat *pneuma* het lichaam binnenkomt. Planten – die alle uit de menging van aarde en moeraswater ontstaan – zijn niet hol van binnen, kunnen dus geen lucht opnemen, bijgevolg niet denken en zijn daarom zielloos (I.7).

Tegen het einde van de 5e eeuw v. Chr. wonnen de sofisten meer en meer aan invloed. Zij bereisden Griekenland en zwierven door Athene, publiek trekkende met behulp van slimme redeneringen, woordspelletjes, veel vertoon van geleerdheid, die niet meer dan pralerij was. Deze half-geleerden zouden nimmer het dagelijks brood verdiend hebben, zeker geen gehoor gevonden hebben, als onder de Grieken de belangstelling voor kennis en de wens naar dieper inzicht niet groeiende waren. Sokrates verscheen in de straten van Athene, in zijn gewoonten aan de sofisten gelijk, naar de geest, methode en inzicht wereldwijd van hen verschillend. Met Sokrates begon een periode van twijfel en analyse, van onderzoek van methoden en termen, van zich-rekenschapgeven van gevestigde opvattingen. En van direct belang voor elke bioloog werden vragen als: In hoeverre geven onze zintuigen ons juiste informatie? Zijn onze waarnemingen volledig, m.a.w. tonen zij alles en leiden zij ons tot een gaaf inzicht, of zijn zij slechts toereikend om ons op het spoor van het niet direct waarneembare, maar wel wezenlijke, te zetten? Zeker is, dat onze zintuigen soms bedriegen. Voormannen van dit kritisch overdenken, van twijfel aan objectief waarnemen en concluderen, waren Herakleitos (I.8) en Parmenides (I.9).

8. Herakleitos; strijd en vernieuwing

Herakleitos (ca. 540, Efeze – ca. 480), Alkmaioons tijdgenoot en de laatste van de Ionische school, heeft de reputatie in raadselen te spreken; hij is de 'duistere' (*skoteinos*). Van zijn werken – hij schreef een *Peri Fyseoos* – zijn ruim 100 fragmenten over, die evenwel lang niet alle met zekerheid van hem zelf afkomstig zijn. Hij kritiseert Pythagoras, maar volgt wel zijn voorschrift dat de taal, gebruikt om mededelingen te doen, in harmonie moet zijn met de inhoud. Omdat Herakleitos moeilijk te doorgronden onderwerpen behandelt, moet zijn stijl ondoorzichtig zijn. Dat eist ongewoon veel inspanning van de lezer om het geschrevene te begrijpen. Die inspanning dwingt tot een aandachtig lezen en dit is nodig om tot inzicht te geraken.

Herakleitos acht waarnemingen door de zintuigen misleidend wanneer zij niet door de *logos*, door innerlijke wijsheid en algemeen aanvaardbaar begrip, gekuist worden maar waarnemen is niettemin onontbeerlijk.

“Een veelzijdige kennis voert niet tot inzicht”, schreef hij, “anders zouden . . ., Py-

thagoras, . . . wijzer geworden zijn dat zij waren” . . . “Ogen en oren zijn onbetrouwbare getuigen als de ziel zonder inzicht is”. De harmonie die naar Pythagorische opvatting levende en dode stof begeleidt bij hun cyclische veranderingen, verwierp hij. Integendeel, het conflict, de botsing van tegengestelden is de bron van alle levensverschijnselen. Al wat leeft, leeft door vernietiging. Niets zonder strijd. De Pythagorische harmonie is met het bewegingloze van een gespannen boog te vergelijken, die statisch en in rust schijnt te zijn. Maar zodra het koord breekt, herneemt de boog zijn vroegere vorm, zegt Herakleitos. Strijd kenmerkt het leven, harmonie is schijn.

Ook heeft Herakleitos Anaximandros' theorie van gepaarde tegenstellingen vernieuwd. Wel erkent hij een *arche* volgens het model van Thales, maar de kenbare werkelijkheid is de totaliteit van vele paren tegenstellingen (licht/donker, koud/warm, oorlog/vrede). Elk tweetal tegenstellingen hoort bijeen, het ene bestanddeel kan zonder het andere niet bestaan en daarenboven hebben zij een innerlijke samenhang. In zoverre zij verbonden zijn, zijn zij identiek.

De *arche* houdt een eeuwig voortdurende strijd op gang en deze onontkoombare worsteling (*polemos*) veroorzaakt het natuurgebeuren (“oorlog is de vader, de koning van alle dingen”). Het oervuur (*arche*) dooft (tegenstelling!) en dit levert de zee (vuur → water) en aarde (water → land).

Samenvattend blijkt dat Thales de *arche* (vormloos doch bewegend) ontwierp, Anaximandros *arche* in *apeiron* (grensloos maar door gepaarde tegenstellingen gestructureerd) wijzigde, Anaximenes zowel het substantieloze *arche* als het *apeiron* stoffelijk en voelbaar maakte als lucht of *pneuma*. De Pythagoreeërs begrepen alle dingen, tastbare, hoorbare en zichtbare. Alkmaïoon vestigde aandacht op het beperkte kenvermogen van de mens. Herakleitos bouwde een kosmosvisie op uit paren tegenstellingen die zich kenbaar maken door hun eeuwige strijd, een structuur van worstelingen, situaties die zich verbeurten en steeds herhalen. De kosmos heeft, verklaarde Herakleitos, een wetmatige bewegende structuur; hij is een éénheid, een samenhang, maar veranderlijk en veelvormig, een alomvattend bestel van tegenstellingen. En, zo betoogde hij, naar zijn aard is vuur het alomtegenwoordige *arche*. Een vlam verteert en verwoest, verandert steeds en is zelf veranderlijk, toch korte tijd ook blijvend.

Herakleitos geldt als de wijsgeer die de kern van alle werkelijkheid ziet in een rusteloos veranderen. Hij zou gezegd hebben, als we Platoon geloven mogen: “*panta rhei*” (alles stroomt). Zeker stamt de uitspraak van hem: “wij kunnen niet tweemaal in dezelfde rivier baden” (omdat nieuw water het voorafgaande water vervangt en omdat wijzelf, de tweede maal, ook veranderd, ouder, anders zijn). Op het ogenblik dat een oordeel over een ding uitgesproken wordt, is dit ding al veranderd.

De opvatting die Herakleitos ontwierp en verdedigde, de gedachte aan een altijd en overal aanwezig zijn van vuur, een universele krachtbron die veranderingen teweegbrengt, warmte die drager en opwekker van leven is, blijft vele eeuwen daarna een grondslag van allerlei biologische, vooral fysiologische interpretaties.

Herakleitos slaat een geheel nieuwe weg in door de kosmische harmonie te verwerpen en daarentegen polarisatie, omwenteling en strijd, als overheersende factoren voor alle levensverschijnselen aan te wijzen. De invloed van zijn opvattingen vinden wij in de latere biologie terug (bijv. Darwin en Wallace; XI), in de wijsbegeerte (bijv. Hegel en Spencer) en in het dialectisch materialisme van de 19e eeuw.

9. Parmenides: alle beweging is schijn

Parmenides (ca. 540, Elea (Z. Italië) – ca. 451) ontvouwde zijn wereldbeeld in de eerste helft van de 5e eeuw: het volstrekt tegengestelde van Herakleitos' filosofie. Hij was leerling van Xenofanes (ca. 570, Kolofoon (Klein-Azië) – ca. 480, Elea), een Griek uit Klein-Azië, die zich na langjarige omzwervingen als rapsode in Elea vestigde, aan de westkust van Italië, de streek waar wij zestien eeuwen later, wat noordelijker, de medisch-biologische school van Salerno zullen aantreffen (III). De wijsgeren die zijn leer volgden vormden de Eleatische school, die zich gelijktijdig met de Pythagorische school ontwikkelde.

Xenofanes moet een wijs man geweest zijn. Hij stelde zich spottend teweer tegen de antropomorfe inbeeldingen, personificaties van goden, van beroemde voorgangers en één van zijn uitspraken is van bijzonder belang voor begrip van de loop der biologie. Hij merkte op, dat "als ossen, paarden en leeuwen met hun handen schilderen konden en voorwerpen maken zoals mensen, dan zouden de paarden op paarden gelijkende, de ossen op ossen gelijkende goden schilderen en beelden maken juist zoals elke soort zelf gevormd zou zijn . . . Negers maken hun goden zwart en stompneuzig en Thraciërs maken hen roodharig en met blauwe ogen".

Het zal ons blijken, dat degenen die zich met biologische aangelegenheden bezig hielden, altijd weer modellen vormden, oorzaken meenden te vinden en die resultaten bij voorkeur belangrijk achtten, die aansloten bij hun aard, hun tijd, hun vooroordeel. Beschikt de bioloog over middelen of wegen om aan Xenofanes' kritiek te ontkomen?

De Ioniërs geloofden dat niets verloren kon gaan en ook dat niets nieuws ontstond. Al wat is zal daarom eeuwig zichzelf handhaven. "Al verdween in tienduizend jaar ook maar één haar, dan zou het heelal in de oneindigheid van de tijd geheel te gronde zijn gegaan".

Omdat er één oermaterie is, moet alle diversiteit slechts schijn zijn. Parmenides ving deze vaag omschreven Ionische opvattingen in een duidelijke formulering. Hij ging er van uit dat het heelal 'is', en dat iets dat 'is' nimmer kan veranderen, niet iets anders worden kan, want zodra dat wat is, 'iets anders' wordt, is het niet meer het oorspronkelijke (het zijn redeneringen waar de sofisten (I.7) zich gaarne bij aansloten). Dat betekent dat verandering of beweging geen werkelijkheid kan zijn, want dan zou 'dat wat is' worden tot 'wat niet is' en dat is onbestaanbaar, strijdig met het 'ene onveranderlijke en alomvattende Zijn'. Parmenides zette het monisme van de Ioniërs voort tot in uiterste consequentie. Door zijn volledige verwerping van de zintuigelijke waarneming maakte Parmenides dus de stellingen van Alkmaïoon en Herakleitos, die wantrouwen in de waarneming formuleerden, tot uitgangspunt voor elke biologische studie.

Maar ook langs andere weg kwam Parmenides tot de conclusie dat beweging in feite onmogelijk is, niet werkelijk is. Er kan namelijk geen leegte zijn. Immers, als een ding beweegt, moet er een lege ruimte zijn om het toe te laten. Alles wat is, bestaat uit de alomvattende oermaterie. Nu is ruimte slechts denkbaar buiten 'datgene wat is'. Daar ter plaatse zou zich daarom moeten bevinden 'datgene wat niet is', maar dat bestaat per definitie niet en bovendien oermaterie omvat (vult) alles en is overal. Bijgevolg bestaat ook geen 'lege ruimte'.

Wij zullen bemerken hoe lang, diep, en schadelijk deze leerstelling, beter gezegd redenatie, op de ontwikkeling van de biologie (fysiologie) ingewerkt heeft. Eeuwenlang heeft het dogma *natura abhorret vacuum* – de vertaling van Parmenides' axioma –

oordelen over biologische processen vertroebeld.

Parmenides' formele, glasheldere redeneertrant – hij schreef zijn leerdicht ca. 480-470 – heeft allure, maar het viel volgelingen toch zwaar de ogen te sluiten voor al wat klinkklaar te zien was. Zijn meest bekende leerling, Zenoon, ontwikkelde spitsvondige ongerijmdheden, die hij *paradoxai* noemde. Zij waren bestemd om aan te tonen dat de waarneembare werkelijkheid de abstracte denker op een dwaalspoor zet. Een welbekend voorbeeld is de anekdote van de snelste renner aller tijden, Achilles, en de schildpad.

Achilles en een schildpad lopen om het snelst, maar als de schildpad een voorsprong kreeg, zal Achilles hem nimmer kunnen inhalen. Immers, als Achilles aankomt op het punt waar de schildpad zich bevond toen hij begon te lopen, zal de schildpad intussen weer wat verder zijn. Komt Achilles aan op het punt waar de schildpad toen was, dan is deze weer iets verder. Enzovoorts. Al zal de voorsprong van de schildpad steeds kleiner worden, de redenering toont aan dat de achterstand nimmer geheel verdwijnt. Achilles zal de schildpad nooit inhalen, maar de toeschouwers bij de wedren zien wel degelijk dat Achilles de schildpad voorbij holt. Zij kijken onlogisch, fout. Beweging is geen werkelijkheid, maar is schijn.

Parmenides dacht in abstracties en negeerde consequent, als eerste in de geschiedenis der wetenschappen, de waarneembare werkelijkheid. Logisch, theoretisch redeneren brengt hem tot de overtuiging dat de werkelijkheid die de zintuigen ons aanbieden, schijn, erger nog, misleidend is. Zichtbare feiten tellen niet mee.

Overgeleverd werd tussen de schamele restanten van Parmenides' geschriften, een verbazingwekkend fragment, dat respect afdwingt: "Want denken en Zijn, zijn hetzelfde" (vgl. Empedokles en Descartes). Platoon was Parmenides' leer zeer genegen, maar ook elders vond deze langdurig veel weerklank.

10. *Empedokles: vier elementen en het toeval (5e eeuw)*

Onder de voor-Sokratische, 5e-eeuwse geleerden die zich met biologische vraagstukken bezig hielden, moet Empedokles (ca. 485 (Akragas), Agrigentum (Sicilië) – ca. 425) de volle aandacht hebben. Hij is een grondlegger van de Siciliaanse medische school, arts, magiër, wijsgeer, dichter en redenaar, auteur van een *Peri Fyseoos*. Van zijn dichtwerk bleven ongeveer 450 versregels behouden en Aristoteles beroept zich meermalen op hem, zodat zijn biologische opvattingen toch grotendeels bekend zijn.

Hij ontkende met Parmenides en Anaxagoras en, later, Platoon, de mogelijkheid van een 'lege ruimte'. Thales aanvaardde het vochtige (water) als alles doordrenkend substraat, Anaximenes lucht, Herakleitos vuur, de Eleatische school dacht vooral aan aarde, maar Empedokles wijst de kosmologieën die alle werkelijkheid tot één universeel uitgangspunt willen herleiden, die monismen af. Hij wilde een enkelvoudig oerbeginsel vervangen door vier wortels (*rhizomata*), namelijk vuur, lucht, water en aarde, vier onveranderlijke, zichzelf gelijk blijvende elementen, onderling van gelijke importantie (pluralisme).

De theorie, dat de vier elementen te zamen alle levende en dode stof vormen, zou bijna tot het einde van de 17e eeuw o.m. de fysica, medicijnen en biologie in zijn greep houden. Deze blijvende invloed was in hoge mate het gevolg van de steun die Galenus, de onfeilbare bio-medische autoriteit gedurende 1500 jaar, de elemententheorie gaf.

Galenus (II.17) onderschreef de opvattingen van Empedokles in de 2e eeuw (n. Chr.) en lichtte die toe. Vier elementen bepalen de aard van elke substantie, alle stof omdat alle elementdeeltjes zo vermengd zijn, zei Galenus, als bijvoorbeeld “van roest en kopererts een heel fijn gepoederd mengsel zodat niemand iets van het poeder kan nemen zonder beide bestanddelen in de hand te houden.”

Empedokles veronderstelde een letterlijke en mechanische menging van stoffelijke elementen, van zo fijne deeltjes, dat zij niet afzonderlijk meer zichtbaar zijn. Krafft (1971) citeerde een fragment uit *Peri Fyseoos*, waarin Empedokles uitlegt hoe schilders door het variërend mengen van hun kleurstoffen naar keuze afbeeldingen van mensen, dieren, vogels en vissen kunnen maken. Mengverhoudingen bepalen het resultaat.

Vaste dierbestanddelen bevatten veel ‘aarde’. De pantsers van schildpadden en de schelpen van zeedieren (slakken) laten dit duidelijk zien, zegt Empedokles. Maar bloed en zachte, vlezige delen bestaan uit ongeveer gelijke hoeveelheden aarde, water, lucht en vuur. Empedokles kon nu ook meedelen, dat de beenderen van dieren voor de helft uit vuur bestaan, voor een kwart uit aarde en voor een kwart uit water (waar nu het element lucht schuilt, kan ik uit de teksten niet opmaken). Hij formuleerde dichterlijk: “De bekoorlijke aarde bond in ruimborstige mortieren van de acht delen twee delen glinstering van vocht, en vier van Hefaistos [de vuurgod]; en witte beenderen ontstonden door harmonie (*harmonia*) op wonderlijke wijze aaneengekit”.

Deze vier eeuwig onvergankelijke elementen – in oeroude Indische wijsgerige tradities werden gelijksoortige elementen ook onderscheiden – verschillen onderling, maar zijn toch alle deelhebbers aan het geheel van de geordende natuur, de kosmos. Zij worden door liefde (*filia*) bijeengebracht maar door haat (*neikos*) weer uiteengedreven. Alle voorvallen in de natuur, de cyclische wisselingen, komen tot stand door dit einde-loos herhaalde spel, door talloze combinaties (*mixis*) en scheidingen (*dialaxis*).

De mens, zelf ook uit de vier elementen samengesteld, neemt dit gebeuren waar. Hij krijgt er kennis van, verklaarde Empedokles, doordat deeltjes die van de waargenomen voorwerpen afstromen (*aporrhoeia* of *effluvia*) onze zintuigen binnendringen. Die deeltjes, via poriën (*poroi*) eenmaal binnengekomen, verenigen zich door *filia* met gelijksoortige deeltjes die al binnen zijn (de elementen zijn alomtegenwoordig). Dat veroorzaakt ruiken of zien want de onze zintuigen binnengekomen deeltjes vormen te zamen met de al aanwezige deeltjes van dezelfde soort de gewaarwording (die nieuwe deeltjes leiden immers tot een overmaat en dat laat zich merken).

Empedokles verwierp het bestaan van een voortstuwende, organiserende, onstoffelijke kosmische kracht (*Noes*) die zijn tijdgenoot Anaxagoras (I.11) verondersteld had maar preciseerde wel een ander standpunt van Anaxagoras. Hij aanvaardde evenzo twee goed onderscheiden werelden, beide onvergankelijk, de ene stoffelijk en de andere onstoffelijk.

De ‘zielen’ bewonen de onvergankelijke wereld en nemen tijdelijk hun intrek in planten, dieren of mensen.

Fragment B 110 (Diels-Kranz): “Want gij dient te weten dat alles ‘verstand’ bezit en betrokken is bij het denken”.

En voorts, betoogde Empedokles, zijn zielen niet onderling volkomen verschillend. Er is een geleidelijk verschil, afhankelijk van de graad waarin zij gelouterd, veredeld zijn.

Fragment B (15) 117 (Diels-Kranz): “Eens ben ik een jongen geweest, een meisje,

een struik, een vogel en een uit zee opduikende spraakloze vis”.

En terwijl we met deze uitspraken aan Platoon en aan Paracelsus herinnerd worden, brengt een volgend citaat uit het werk van deze magiër, deze mystieke ziener-bioloog ons dicht bij Calvijn.

“Zo wil het noodlot. Als iemand door misdaad zijn moordenaarshand met bloed bevlekt, of wie door begeerte verleid een meened zweert . . . zij zullen driemaal tienduizend jaren ver van de zaligen moeten dolen, terwijl zij in de loop der tijd allerlei gedaanten van levende wezens aannemen en vele zware levenswegen moeten gaan. Want de stormwind jaagt hen in zee maar de zee braakt hen weer uit op het land, het land heft hen op in de stralende zon maar die slingert hen in de werveling der luchtstromen. De een krijgt hen van de ander toegeworpen maar overal ontmoeten zij haat. Tot hen behoort ik nu, door God verworpen dwaal ik rond omdat ik geloof hechtte aan wilde visioenen”.

Na een lange periode van zuivering (wij zeggen: loutering) komen de zielen tot de hoogste trap van vervolmaking in de lichamen van vorsten, dichters en artsen. Tenslotte zullen zij in de geesteswereld terugkeren.

Duidelijk blijkt de rechtstreekse voortzetting en ontwikkeling van het biologisch-wijsgerige denken in de reeks Pythagoras – Empedokles – Platoon uit de hier vermelde gegevens. In de onstoffelijke wereld volgens Empedokles en Anaxagoras voltrekt zich een geleidelijke vervolmaking in de loop der tijd, die vele eeuwen later bij voorbeeld door Lamarck en door Darwin in de stoffelijke wereld onderkend zal worden. Daarnaast veranderde het pluralisme van de prehistorie op Griekse bodem in monisme, dat Parmenides *ad absurdum* verder ontwikkelde en Anaxagoras niet verwierp maar kritisch onderzocht. Empedokles besloot tot pluralisme. Talloze malen zullen in volgende eeuwen biologische interpretaties op een of meer van deze standpunten rusten.

Voordat de stoffelijke wereld zich geheel gevormd had door de versmeltingen van de vier elementen, zo meende Empedokles, waren de planten verschenen en bomen groeiden al in de aarde voor de zon zijn cirkelloop was begonnen (zie Basileios). Wortels en takken ontstonden door allerlei toevallige versmeltingsprocessen en hoewel zij eerst elk voor zich apart tot aanzijn kwamen, bracht toeneiging (*filia*) hen tot bomen bijeen. Dieren ontstonden door knopvorming aan de planten.

Evenals dieren hebben planten gevoelens: verlangen, welbehagen, afkeer, een mate van gezond verstand en begrip. Zij zijn tweeslachtig, naar hun aard mannelijk en vrouwelijk tegelijkertijd. Vruchten en zaden zijn eigenlijk eieren en het uitbotten van bomen staat gelijk aan baren. De fysiologie had klaarblijkelijk Empedokles' aandacht (VI.1).

Opgemerkt mag worden, dat de gedachte aan een toenemende mate van loutering, van een hogere zielskwaliteit die geleidelijk tot stand komt, de aanzet werd voor de veronderstelde *scala naturae*, de ladder der natuur, de opwaarts gerichte keten van nauwelijks onderling verschillende dingen, dode en vervolgens levende, die een hoofdrol zou gaan spelen in de biologie, vooral als het anatomie, taxonomie en morfologie betrof, tot in de 19e eeuw toe.

Filia en *neikos* zijn eeuwig en onophoudelijk werkzaam en daarom ontstaan tijdelijke elementenmengsels, die als levende wezens een korte periode voortbestaan en dan weer ontmengen.

Aanvankelijk komen ongevormde kluiten tot stand die, dank zij *filia*, een passende hoeveelheid water en vuur bevatten. Maar vuur trekt vuur aan (*filia*) en *neikos* stoot af. De kluiten veranderen van samenstelling.

Fragmenten B 62, 4-8, 57, 59, 61 (Diels-Kranz). "Aan de aarde ontsproten vele kinnebakken zonder halzen, losse armen zwierven her en der, en ogen doolden rond, eenzaam, van de voorhoofden gescheiden . . . ledematen leidden elk op zichzelf een zwervend bestaan, zoekend naar vereniging . . . toen echter de ene god (*filia*) en de andere god (*neikos*) steeds verwoeder elkaar bejegenden, ontmoetten de ledematen elkaar tevens, stuk voor stuk, en ook nog vele andere vormen ontwikkelden zich, in een nimmer onderbroken opeenvolging . . . zo ontstonden allerlei wezens met een dubbel gezicht en een dubbele borst, met lichamen zoals rundvee maar met een menselijk gelaat, anderen weer kwamen andersom tot aanzijn, als menselijke gedaanten met stierekoppen, bastaardvormen, nu eens als mannen en dan weer als vrouwen gevormd, met overschaduwde geslachtsdelen".

Simplikios, een commentator op Aristoteles, schreef over deze passage een beschouwing, die Krafft (1971, p. 262) citeerde en die ik niet achterwege mag laten, evenmin als een erkenning dat ik ook aan zijn Empedokles-studie veel te danken heb.

"Wat op zo'n wijze bijeenkwam, dat de mogelijkheid zich voordeed in leven te blijven, dat werden zelfstandige organismen en deze handhaafden zich omdat de organen elkaars behoeften bevredigden, zodanig dat de tanden het voedsel afbeten en fijnkauwden, de maag het verteerde, de lever het in bloed omzette. En als een hoofd aan de romp van zo'n bouw gehecht werd, bleef het gehele vormsel in leven maar als het de romp van een koe was (die ander voedsel nodig heeft) dan paste de combinatie niet en ging teniet".

De gedachte aan een overeenkomst met selectie volgens Darwins opvattingen verwierp Krafft, want de rol van het toeval en het reeds bruikbaar aanwezig zijn van de organen zouden daar in tegenspraak mee zijn. Die mening deel ik niet. Simplicius, en Empedokles, bepleiten een natuurlijk proces, dat een milieu vooronderstelt dat nieuw gevormde organismen ontvangt. Deze zullen slechts voortbestaan indien zij daarin passen. Naast verschillen zijn er, schijnt mij toe, gewichtiger overeenkomsten tussen opvattingen van Empedokles en Darwin over de wijze waarop de huidige wereld van de levende wezens tot stand kwam.

Empedokles heeft de biologie in zeer belangrijke mate bevorderd. Evenmin als de Ioniers verdeelde hij de zichtbare kosmos in dode en levende stof. Maar de binding met het stoffelijke, met materie, die het verloop van levensprocessen kenmerkt, een gedachte die in eerste aanleg door Anaximenes gevormd werd, gaf Empedokles een duidelijke, tastbare inhoud. Anaximenes (I.5), het werd vermeld, oordeelde dat alle concreties, levend of dood, door de mate van condensatie (verdichting) van één *arche* tot stand kwamen. Empedokles bracht in deze conceptie structuur aan. Veronderstellend dat een menging of ontmenging de bewegende natuur teweeg brengt moest hij tot meer dan één element besluiten. Hij aanvaardde er vier. Het gedrag van die elementen en het gevolg daarvan wordt door krachten, bewegers (*filia* enz.) veroorzaakt. Hiermee legde hij het fundament voor de chemie en voor zover het de biologie aangaat, de fysiologie. Hij schijnt zich geen rekenschap gegeven te hebben dat hij als eerste een bereik, een grens van 'leven' verblijvend in voorwerpen schetste, toen hij meedeelde dat zijn ziel (lees: denkvermogen) in andere levende wezens gedurende louteringsperioden verbleef. Niet in rotsen, rivieren of wolken, al zijn die ook deelhebbers aan de kosmos en al bestaan die ook uit dezelfde elementen als Empedokles.

Zijn theorie van het waarnemen herinnert aan gedachten van Newton, tweeduizend

jaar later (corpusculaire lichttheorie).

11. *Anaxagoras: geen toeval maar voorzienigheid*

Anaxagoras (499, Klazomenai (Klein-Azië) – 428, Lampsakos (aan de Bosporus)) leraarde jarenlang in Athene als filosoof, astronoom en bioloog-arts. Hij verwierf de roep van een geleerde, die zich onvoorwaardelijk, met voorbijgaan van eigenbelang voor de wetenschap inzette. Aristoteles verhaalde, dat toen iemand Anaxagoras vroeg of hij hem kon zeggen terwille van elke levensbestemming het beter zou zijn wél dan niet geboren te worden, hij antwoordde: “Om het uitspansel te kunnen aanschouwen en het kosmisch bestel”.

De zon is, zo wist Anaxagoras mee te delen, een gloeiende steenklomp, groter dan de Peloponnesos, en op de maan die zijn licht van de zon ontvangt, zijn heuvels. Zijn ketterij volgt uit zijn leer. Hij beweerde immers dat de zon geen ‘god’ is, en dat de natuurverschijnselen door een *Noes* (een Bovennatuur) volgens natuurwetten teweeg gebracht worden, niet door goden.

Wel zei hij daarmee ronduit wat sommige van zijn voorgangers eigenlijk al bedoeld hadden, maar zo’n onverbloemde openhartigheid zal men altijd en overal bezuren.

Anaxagoras moest terecht staan wegens ketterij, werd misschien ter dood veroordeeld (?462), wist te vluchten en vestigde een school in Lampsakos. Van zijn geschriften zijn (hij schreef een *Peri Fyseoos*) een aantal fragmenten overgebleven.

Hij was het met Parmenides eens over de eigenschappen van de stof: deze is eeuwig, onvergankelijk en onveranderlijk. Maar waarneming is echter de enige leidraad, de enige weg naar een begrip van het wezenlijke der dingen. Zijn betoog – dat denkelijk enige jaren na dat van Empedokles verscheen – begint met deze indrukwekkende stelling, die de aanzet voor zijn gehele leer vormt.

Fragment B 1 (Diels-Kranz): “In de aanvang was alle stof te zamen, grensloos zowel in hoeveelheid als in de kleinheid van de deeltjes, want ook het klein zijn was grensloos. En zo lang alles te zamen bleef was geen deeltje, door zijn kleinheid, zichtbaar”.

Als rationele, mechano-materialistische natuuronderzoeker construeerde Anaxagoras een samenhangend wereldbestel, door wetenschappelijke nieuwsgierigheid gedreven, onderzoekend, waarnemend. En hij eindigde als een religieuze denker.

De Ionische en Eleatische leerstellingen en de theorieën van Empedokles (I.10) komen bij Anaxagoras duidelijk tot gelding. Hij leerde: het bevroeden van de onzichtbare natuurprocessen kan slechts door het waarnemen van zichtbare feiten tot stand komen. De door de hitte opgewekte luchttrillingen kunnen we slechts constateren door de beweging van zichtbare stofjes en dat een kleurstof zich door een vloeistof verspreidt constateren we door de voortschrijdende verkleuring. Hij beaamde de uitspraak van Empedokles:

Fragment B 17 (Diels-Kranz): “De Grieken misbruiken de woorden ‘ontstaan’ en ‘vergaan’, want geen ding ontstaat of vergaat. Met wat beschikbaar is heeft menging plaats of omgekeerd, een ontmenging”.

Zijn aanpak wordt uit de volgende anekdote duidelijk. Perikles (misschien een leerling maar zeker een vriend van Anaxagoras in Athene) kreeg als vooraanstaand staatsman een curiositeit ten geschenke, een ram met één hoorn. Een waarzegger, ter

toelichting erbij gehaald, voorspelde dat de bezitter van de ram in een politieke strijd zou zegevieren. De machtsstrijd tussen Perikles en Thoekidides was in volle gang. Anaxagoras, eveneens door de eigenaar te rade geroepen, liet de schedel van het dier openen en demonstreerde dat de hersenen nauwelijks ontwikkeld waren, eivormig en klein, en met de inplanting van de ene hoorn vergroeid. De éénhoornigheid bleek slechts een ziekelijke afwijking te zijn.

Ploetarchos, die de geschiedenis vertelt, merkte op dat iedereen Anaxagoras hogelijk bewonderde, maar de waarzegger nog meer toen Thoekidides verbannen werd.

Het blijkt dat Anaxagoras met een beschouwing of een bovennatuurlijke verklaring van de dingen niet tevreden was en een probleem onderzocht. Het resultaat van zijn overdenkingen, waar mogelijk door controlerende waarnemingen gesteund, kan in onze huidige taal bij benadering als volgt samengevat worden:

Uit onbepert vele, kwalitatief en kwantitatief verschillende, maar op zichzelf onveranderlijke en eeuwig duurzame deeltjes, zo klein dat zij aan waarneming ontsnappen, ontstaat door hun samentreffen en menging elk ding, dood of levend. Door ontmenging gaat elk ding weer na verloop van tijd te gronde.

Die deeltjes noemde hij *spermata* (zaden of kiemen). Door hun gecoördineerd en eindeloos bewegen wordt elke verandering in de wereld en in het heelal veroorzaakt.

Ook het kleinste voedselstukje bevat alle element-deeltjes. En na wat klein is, zo leerde Anaxagoras, komt niet het allerkleinste, want er is altijd weer nog kleiner. Hij moet aan Parmenides gedacht hebben toen hij concludeerde: "er moet altijd nog kleiner zijn, want anders zou dat wat is (het kleinste deeltje) na deling niet meer bestaan, en dat kan niet".

Daarom is 'alles in alles', niets is geïsoleerd, ook niet als allerfijnste deeltjes. "De bijl" onderwees Anaxagoras, "kan het warme niet van het koude scheiden". Maar *Noes*, een doelmatig werkzame, bewegende kracht of ordenend Intellect, regelt opeenhoping en scheiding, mengen en ontmengen, op talloze manieren, terwijl de aard van elk ding bepaald wordt door de *spermata*-groep die overheerst. Anaxagoras is de eerste die een duidelijke scheidslijn, een wezenlijk anders-zijn, constateerde tussen materie en geest.

Hij sprak Empedokles tegen en betoogde ronduit dat niet het toeval de levende organismen als deel van de kosmos doet ontstaan. Eén oneindige, almachtige Geest (*Noes*) schept en bestuurt, die buiten de stof en de elementen staat, buiten de dingen. Deze heeft de kosmische chaos tot bewegen gebracht en de kosmos kwam volgens vaste wetmatigheden, na in gang te zijn gezet, tot stand, door wervelende materie. Krafft (1971, p. 270) wees er terecht op, dat deze visie bij die van Kant aansluit, die hetzelfde wetmatige verloop na Gods aanzet van de schepping postuleerde, waarbij dan de wervelingen aan de wetten van Newton gehoorzamen. Ik voeg er aan toe dat eveneens een dialoog tussen Anaxagoras en Leibniz eens door een biologisch geschoolde wijsgeer geschreven zou kunnen worden en uitermate boeiende lektuur zou zijn.

De biologische wereldbeschouwing van Anaxagoras ontstond na waarneming hoe uit zaden planten opgroeien, uit identiek zaad steeds identieke planten. Eenmaal begonnen verloopt het wordingsproces tot zijn voltooiing, onverbiddelijk, volgens eeuwige, tevoren vaststaande wetten. Een van de verdiensten van Anaxagoras is, dat hij deze biologische grondwet onderkend, omschreven en consequent uitgewerkt heeft. En hij stelde vervolgens zonder omwegen de vraag of nu het toeval dan wel *Noes* de dode en levende wereld deed ontstaan en regeert. Hij gaf zijn antwoord: *Noes*. Omdat dit antwoord

toch nimmer voor natuurwetenschappelijk bewijs vatbaar bleek, bleef de vraag ter overweging. Vele biologen zullen nadien naar een ondubbelzinnig antwoord zoeken en zeer velen zullen de vraag ontwijken.

12. *De atoomtheorie van Leukippos en Demokritos*

Twee scholen van biologisch-natuurfilosofisch denken stellen zich naast Herakleitos, maar vooral ook naast Empedokles en Anaximandros op. Beiden aanvaardden zij gedeelten van de theorieën van hun tijd, maar ook nemen zij in sommige opzichten een geheel ander standpunt in, met grote gevolgen voor de biologie in latere eeuwen. Het zijn de atomisten, hier door Leukippos en Demokritos vertegenwoordigd, en het artsengilde rond Hippokrates (I.13).

Leukippos werd ca. 500 in Milete geboren en vergrootte daardoor het raadsel waarom juist Milete en Ionië in de 6e en 5e eeuw v. Chr. zulk een reeks van briljante natuurfilosofen voorbrachten (I.3,4,5). Hij trok westwaarts naar Elea in Z. Italië, waar hij naar Zenoons lessen luisterde (I.9). Omstreeks 450 opende hij een school in Abdera, in Thracië, aan de noordkust van de Egeïsche zee. Demokritos, zijn beste leerling, was daar geboren (ca. 450).

Van Leukippos' werk bleef nauwelijks iets bewaard; vrijwel alles moet uit citaten of verwijzingen in geschriften van andere auteurs blijken. Ook staat wel vast dat Demokritos lessen van zijn leermeester in eigen werk opnam.

Leukippos zou verklaard hebben: "Niets ontstaat doelloos, alles uit doelmatigheid en noodzaak". Deze gedachte (Anaxagoras) werd een uitgangspunt voor talloze latere biologische verhandelingen maar is wel lijnrecht in tegenspraak met Demokritos' stellingen. De theorieën van Anaximandros en Empedokles waren Leukippos goed bekend. Samen met Demokritos wordt hij beschouwd als de ontwerper van de atoomtheorie, die hier kort samengevat een plaats toekomt. Ik denk dat Leukippos de ideeën van zijn leeftijdgenoot Anaxagoras steunde en dat zijn vijftig jaar jongere leerling Demokritos in veel grotere mate verantwoordelijk is voor het volgende.

Overal in de oneindige ruimte (heelal, aarde) is een oermaterie aanwezig, die uit oneindig vele, uiterst kleine partikeltjes bestaat. De partikeltjes bewegen, blijven uit zichzelf bewegen, ordeloos, richtingloos, en zijn altijd bewegend geweest (contra Anaxagoras). Het zijn partikeltjes die zo uitermate klein zijn dat zij niet meer in kleinere deeltjes gesplitst kunnen worden, het zijn 'atomen' (*a* = niet en *tomein* = klieven).

De atomisten kwamen tot deze conclusie door middel van mathematisch-filosofische redeneringen, die hier niet verder ter sprake komen.

Een kwalitatief verschil tussen atomen is ondenkbaar, bestaat niet. Zij verschillen onderling door hun vorm en afmetingen en zij groeperen zich op heel verschillende manieren. En 'leeg', een niet-gevulde ruimte, die Parmenides ontkende (I.9), is wel degelijk een bestaande zaak. Tussen de atomen is lege tussenruimte. Om dit te bewijzen deden de atomisten een eenvoudig experiment. Vul een pot met as, dan kan er geen ander voorwerp meer bij. Men ziet het: er is geen 'lege ruimte', Giet water op de as. En zowaar, de pot met as blijkt genoeg lege ruimte te bevatten om bijna evenveel water op te nemen als de aanvankelijk lege pot.

Bovendien is zintuiglijke waarneming allerminst bedriegelijk, maar kenbare werkelijkheid en gemakkelijk verklaarbaar. Atomen laten zich bijvoorbeeld opeenduwen,

waarna een hard voorwerp ontstaat, of ze zijn losjes en op afstand, met veel tussenruimte opgesteld, en dat levert een zachte, plooibare substantie. Alle atomen zijn wel van dezelfde materie, maar zij beïnvloeden onze zintuigen verschillend. Gladde atomen veroorzaken een zoete smaak en puntige een bijtende, want zij prikkelen de tong.

Tot laat in de 17e eeuw zal deze interpretatie van de smaakgevoelens bijval vinden. Voorts kunnen atomen haakjes hebben, of lusjes, en zo blijven voorwerpen min of meer stevig samenhangend, naarmate die klampjes beter pakken. Dit is een correctie op Empedokles: zijn *filia* (onstoffelijk) wordt door een mechanistisch gedrag van stoffelijke atomen vervangen.

De atomisten geven een voorbeeld om alles duidelijker te maken. Wij bezitten een alfabet, dat uit gelijke deeltjes bestaat, letters, alle gelijk van kwaliteit maar verschillend van vorm. Door de letters op verschillende manieren te rangschikken gelukt het om met hetzelfde materiaal een komedie of een tragedie te schrijven.

Intussen zoeken de mechano-materialistische filosofen wel een verklaring voor 'ziel' en voor (schijnbare) doelgerichtheid en andere onstoffelijke attributen van levende organismen. Zij vinden die door weliswaar dode en levende stof identiek te verklaren, maar levende stof is bovendien in het bezit van allerkleinste atomen, bij wijze van spreken 'zielsatomen', en daardoor verkrijgt een levend organisme allerlei bijzondere eigenschappen.

Door een samentreffen van atoomconglomeraties ontstaan armen, benen, ogen enzovoorts en deze komen wel eens, toevalligerwijs, met elkaar in aanraking en haken dan – als de atomen de daartoe strekkende vorm bezitten – vast. Zo groeien levende wezens, dieren en planten, en blijken al dan niet geschikt om te blijven voortbestaan. Een plant verschilt niet van een dier, behalve dan dat een plant in de bodem wortelt. Met hun toevalligheidsleer sluiten de atomisten zich vrij nauwkeurig bij Empedokles (I.10) aan, zij het dan dat dit standpunt rechtuit strijdig is met het boven aangehaalde Leukippos-citaat. Daarom zal de toevalsgenese aan Demokritos, die kennelijk door zijn leraar niet overtuigd werd, toegeschreven moeten worden.

Evenwel bleef, voor biologen vooral, één aspect van de atoomtheorie een toelichting vereisen. Oneindig vele atomen, oneindig variërend zowel in grootte als in vorm, krioelen blindelings door de kosmos en toch wordt een mens steeds weer een mens, die uit een mens ontstaat. We kunnen niet ontkennen dat alle dieren en planten altijd weer zichzelf vermeederen, generatie na generatie dezelfde blijven. Hoe komt het nu dat in de baaiert van ongeregelde atomen steeds dezelfde concretes ontstaan? Pogingen om deze vraag bevredigend te beantwoorden werden ondernomen, maar faalden.

Demokritos heeft een omvangrijk en veelzijdig oeuvre op zijn naam staan. Het ging vrijwel geheel verloren, maar omdat latere auteurs hem dikwijls en vrij uitvoerig citeerden of bespraken, bleven zijn theorieën behouden. Zozeer zelfs dat nog laat in de 18e eeuw de opvatting van Buffon over het ontstaan van levende uit dode stof met die van Demokritos overeenstemt. Epikoeros zou de atomisten bijsturen en Lucretius (II.10) wist zijn leer en die van de atomisten zó te presenteren dat nog heden het atheïstisch-materialistisch denken over vele biologische vraagstukken hier inspiratie aan ontleent.

Demokritos heeft een uitzonderlijk hoge leeftijd bereikt, meent men, en zou pas in 360 gestorven zijn. Hij beroemde zich erop vaak en ver gereisd te hebben (Egypte, Perzië, ?India), daardoor veel gezien en veel geleerd te hebben en beklagde zich er over dat de waarheid zo diep verborgen ligt.

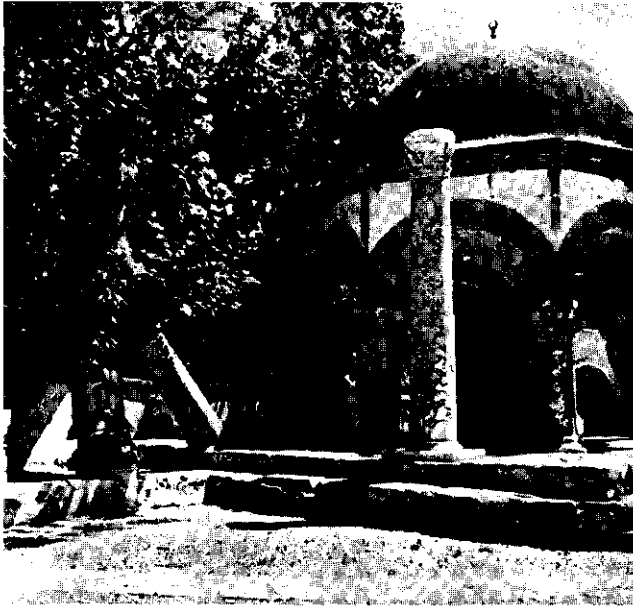


Fig. 3. De plek op Kos waar Hippokrates waarschijnlijk heeft onderwezen en/of de Hippokratistische School gevestigd was. Het islamitische Turkenkoepeltje werd veel later er bovenop gezet. (Uit Liddell, Aegean Greece, 1954.)

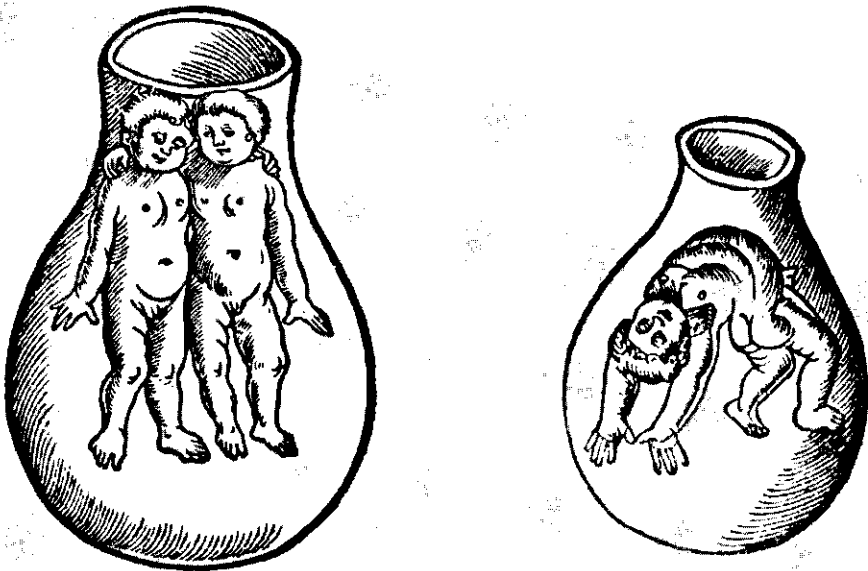


Fig. 4. Een 16-eeuwse afbeelding ter voorlichting van vroedvrouwen: een elegante tweeling en een verkeerd liggend embryo. De tekeningen zijn kennelijk gebaseerd op Hippokrates' betoog over de groei van kalebasen (hier: foetussen) in een kruik (hier: uterus). (Uit Rösztlin, Der swangeren Frauen und Hebammen Roszgarten, 1513; ontleend aan Nissen, Die Naturwiss. Illustr., 1950. Biohistorisch Instituut, Utrecht.)

13. Hippokrates, de Vader der Geneeskunde

Hippokrates (ca. 460, op Kos – ca. 377, Larissa (Thessalië)), de leider van het artsen-gilde dat zich Asklepiaden noemde (naar de artsenijgod Asklepios), had tijdens zijn leven al een groot gezag als geneesheer. Na zijn dood werd zijn naam symbool voor de geïdealiseerde arts. Nog in onze dagen tonen de medische ethiek en sommige medische gebruiken duidelijk de nawerking van zijn voorschriften en meningen.

Hij en zijn volgelingen vormden de Koïsche of Hippokratische medische school. Bron van alle leven is een kracht, die met een windvlaag vergeleken worden kan, een adem, of *pneuma* (I.5). *Pneuma* dringt overal in door, stroomt naar vlammen (men ziet hen immers bewegen), maakt verbranding mogelijk, komt met de lucht de longen binnen, bereikt het hart en gaat vandaar naar alle lichaamsdelen. Tegelijkertijd is *pneuma* de kracht die het hart doet slaan, de ledematen doet bewegen en als een vluchtig 'principe', een 'geest', de hersenen tot denken en begrijpen aanspoort.

Alle levensverschijnselen voerde Hippokrates dus op één bron terug, één *causa*, en hij volgde daarmee de meeste Griekse geleerden van de 6e-4e eeuw, die de veelheid en de diversiteit van de verschijningsvormen van de materie uit één universeel beginsel, één oerbeweger, willen laten voortkomen (monisme).

Als zijn nagelaten werk geldt het *Corpus Hippocraticum*, een reeks van 72 (of, volgens een andere indeling van de manuscripten, 53) verhandelingen van verschillend formaat en sterk verschillende kwaliteit, en over ver uiteenlopende onderwerpen.

De bundel kwam aan het eind van de 3e eeuw in Alexandrië tot stand: de opstellen zelf zijn ouder en van ver uiteenliggende datums, ofschoon later dan Herakleitos wiens theorieën er invloed op hebben uitgeoefend. Het is mogelijk dat het *Corpus* de bibliotheek was van de medische school op Kos, die Hippokrates leidde, maar zeker zijn ook bijdragen van de contemporaine en concurrerende medische school in Knidos er in verwerkt. Ofschoon Hippokrates als auteur gold, is de 'Vader der Geneeskunde' van vele stukken in het *Corpus* toch de schrijver niet geweest.

In *Peri Hieres Noesoe* (Over de 'Heilige' Ziekte) worden, nadat uitvoerig is uiteengezet dat de hersenen het voornaamste lichaamsdeel zijn en het centrum van alle zintuiglijke waarneming en alle gemoedstoestanden, de hartbewegingen beschreven. Zo beeldend dat vivisectie hier mee gemoeid moet zijn geweest. Het hart, zeggen Hippocratici met nadruk, heeft niets met verstandelijke processen te maken.

De plant/mens/dier-gelijkheid blijkt uit de vergelijking met een embryo, dat voedsel uit de moeder opneemt zoals een plant uit de bodem. De vingers en tenen van het embryo vergelijkt de auteur met de twijgjes van de bomen. Dat lichaamsbouw en levensprocessen wezenlijk dezelfde zijn bij planten, dieren en mensen volgt vanzelfsprekend uit de gelijkheid van de hen samenstellende elementen of de universele oerstof waar alle vorm (en beweging) uit ontstaat. Tweeduizend jaar houdt deze opvatting stand. Malpighi herkent nog in de 16e eeuw in planten allerlei dierlijke weefsels en lichaamsfuncties.

Een ander voorbeeld van de koppeling van mense- en planteleven in het *Corpus* is het volgende:

"Als een embryo in de uterus genoeg ruimte heeft, zal het kind van grote ouders groot worden. Het is evenzo als wanneer een uitgebloeide kalebas, die vrucht gaat zetten en nog aan de plant zit, in een kruik van een kwart liter geschoven wordt. Dan zal de vrucht in grootte en vorm gelijk worden aan de binnenruimte

van de kruik. Indien men de vrucht in een grote kruik doet, die ruim genoeg is voor een kalebas, maar toch niet te veel te groot mag zijn, dan zal de kalebas in grootte en vorm gelijk zijn aan de binnenruimte van deze kruik”.

Een reeks van 20 bebroede kippeëieren werd geopend en beschreven om de ontwikkeling van het embryo op de voet te kunnen volgen.

Voor een inzicht in de opvattingen die de biologie omstreeks het midden van de 5e eeuw en daarna tijdens Platoon beheersten, is een studie van het *Corpus Hippocraticum* onontbeerlijk. Herhaaldelijk komt een vrijere, meer onafhankelijke manier van denken dan toen gebruikelijk was, tot uiting. Soms blijkt kritiek op wetenschappelijke bevoogding en oordelen uit hoofde van aprioristische vooroordelen. Ik trof een warm pleidooi aan tegen dogmatisch redeneren bij biologisch-medisch onderzoek. Het is een spottende kritiek, uit ca. 420, die tegelijkertijd de elemententheorie van Empedokles aanvalt.

Corp. Hipp., Over de bronnen der geneeskunde XIII: “Ik wil intussen opnieuw de theorie van degenen die hun onderzoekingen in de [genees-]kunst volgens de nieuwe mode inrichten door van een dogma uit te gaan, bezien. Want als er zo iets bestaan zou als ‘het warme’, of ‘het koude’, of ‘het droge’, of ‘het vochtige’ die de mens schaden, dan volgt daar rechtstreeks uit dat een deskundige het koude met het warme, het warme met het koude, het vochtige met het droge en het droge met het vochtige moet bestrijden.

Wij veronderstellen met een man te doen te hebben die niet van de sterksten is, maar tot de zwakkeren behoort. Geef hem tarwe te eten, zo van de deel, ruw en niet toebereid, en rauw vlees, en laat hem water drinken. Zo’n dieet zal hem zeker zwaar op de maag liggen, hij zal pijnen lijden en verzwakken, zijn spijsvertering wordt verwoest en hij zal dit niet langer kunnen doorstaan. Welnu, welke medicijn moet voor een man in zo’n toestand worden bereid? Warmte, of koude, of droogte, of vochtigheid? Een van deze, dat is duidelijk, want volgens de nieuwe leer moet, als de schade door een van de tegengestelden toegebracht is, het bijbehorende tegengestelde het herstel teweegbrengen. Het spreekt vanzelf, dat de meest voor de hand liggende en tevens de meest betrouwbare remedie zou zijn, het gevolgde dieet af te schaffen, en hem brood in plaats van tarwe te geven, gekookt vlees in plaats van rauw, en bovendien wijn te laten drinken. Die veranderingen zullen niet nalaten hem zijn gezondheid terug te geven, behalve wanneer die door dat dieet op de lange duur volkomen vernietigd zou zijn. Wat moeten we er dan van zeggen? Dat hij door het koude ziek werd en dat het gebruik van die warme dingen hem te stade kwam? Of moeten we het omgekeerde zeggen? Ik denk dat ik mijn tegenstander geen uitweg meer gelaten heb. Want is het de warmte of de koude, of de droogte of het vochtige van de tarwe die er [bij het bakken] uit verdween? Want hetgene dat zowel met vuur als met water [om te bakken] samen werd gebracht, en dat met veel andere dingen vervaardigd werd, die elk voor zich een eigen kracht en aard hebben, verliest wel sommige eigenschappen maar het wordt tevens vermengd en samengevoegd met andere”.

Eén auteur in het *Corpus Hippocraticum* laat alle ziekten ontstaan door eigenschappen en invloed van de lucht. Wat zou de criticus wiens opstel wij citeerden daarvan gedacht hebben en zou hij dat ongrijpbare *pneuma* tevens zonder bezwaar aanvaard hebben?

De grote verdienste van de Hippocratici blijft dat zij in hun beschouwingen bijgeloof

en magie sterk terugdrongen. Zij theoretiseerden wel maar lieten onbevooroordeelde, meer objectieve waarnemingen dikwijls prevaleren.

Vier samenstellende elementen vormen het levende lichaam, maar het zijn andere elementen dan de 'wortels' van Empedokles. Hippokrates noemt bloed, slijm, gele en donkere gal: dat zijn de vier componenten. Wel gedragen zij zich zoals de Empedokleische elementen, maar het zijn tastbare, reële vloeistoffen, die een ieder kan aanraken, proeven, zien.

De arts, verklaren de Hippocratici, kent de aard van zijn patiënten en bemerkt daarvoor welk element, welk lichaamssap in overmaat aanwezig is. Te veel bloed: sanguinisch, te veel slijm: flegmatisch, te veel gele gal: korzelig, te veel donkere gal: melancho- lisch. De geneeskunde is wegnemen van het overtollige en aanvullen van het ontbrekende. *Natura artis magistra*. De natuur leert ons die kunst.

Hippokrates en zijn school deden mededelingen over erfelijkheid en taxonomie die in de geschiedenis van die disciplines later besproken worden (IX, X), maar hun invloed op de fysiologie bleek nog vele malen groter te zijn (VI). Hier beperk ik mij tot de vaststelling dat in de natuurwetenschappen van de 5e eeuw het werk van de Hippocratici de groeiende invloed van praktische ervaring met levende organismen uitwijst. De dokters kozen vanzelfsprekend uit de bestaande gegevens en theorieën datgene wat nuttig scheen te zijn bij de behandeling van zieken. Was het daarbij gebleven dan kwam de Hippokratische School geen plaats toe in dit verslag van de ontwikkeling van de biologie. Zij gingen echter veel verder.

Voortdurend vroegen zij zich af welke oorzaak (*causa*) een verschijnsel teweeg brengt en waarom men deze, met de middelen die ter beschikking staan, kan beïnvloeden. Zij analyseerden de ervaren werkelijkheid en kozen uit gevonden feiten, zij experimenteerden om vroegere meningen te beproeven en zij ontdekten de invloed van het milieu op levende organismen waarbij zij trachtten deze invloed te doorgronden, door hem te volgen op zijn weg, te herkennen, te sturen.

De Hippocratici sloten de reeks van 6e en 5e eeuwse gedachten over biologie af met een hoeveelheid opstellen die standaardliteratuur bleef voor biologen en medici tot de 18e eeuw n. Chr.

14. Sokrates en Platoon (5e – 4e eeuw)

Halverwege de 5e eeuw blijkt de tijd gekomen voor een keerpunt, de 'grote gebeurtenis' die de nieuwe weg signaleert welke het wetenschappelijk, wijsgerig en biologisch denken inslaat. Het is het optreden van Sokrates (469, Athene – 399, Athene).

Veel meer filosofische informatie dan hetgene wat wij nu kort besproken hebben, stond Sokrates ter beschikking, die al onderrichtend op de straten en pleinen van zijn vaderstad Athene de methode ontwierp en toepaste, die nog heden de natuurwetenschappelijke werkwijze en het biologische onderzoek stut.

Sokrates volgde geen gevestigde opvattingen van voorgangers en tijdgenoten, maar onderzocht hen voortdurend. Onvermoeibaar, onverbiddelijk eiste hij dat de gevestigde meningen, vanzelfsprekende opvattingen, begrippen en termen kritisch zouden worden beproefd. Onbevooroordeelde analyse van elk standpunt, elke bewering, elk vraagstuk is vereist; niets is zo maar een gegeven, een waarheid.

Sokrates maakte de inductieve methode tot model van wetenschappelijk beleid, tot

middel voor begripsbepaling, en legde daarmee tevens de fundering van onze huidige natuurwetenschappelijke en biologische werkelijkheid. Hij gaf wetenschappelijke twijfel inhoud en daardoor kracht, maakte hem tot werktuig en tot uitgangspunt voor een analytische, trapsgewijze vraagstelling, die tot een verantwoorde, logische en duidelijke slotsom kan leiden. Dit gedrag en deze methode, consequent volgehouden, werden het begin van de wijze van wetenschapsbeoefening die de onze, de thans heersende, is. De levende natuur interesseerde Sokrates echter niet in het minst.

Een van Sokrates' leerlingen daarentegen, Xenofoon (430/5, Athene – 354/5, Korinthe), ontpopte zich als een uitstekend natuurwaarnemer en begaafd militair, twee eigenschappen die hij bepaald niet bij zijn leermeester had opgedaan. Xenofoon verliet Athene als jonge man, bleef zijn leven lang in conflict met zijn vaderstad en keerde er nimmer terug. Veel van zijn geschriften bleven behouden, levendig geschreven verhandelingen over en verslagen van zijn krijgsverrichtingen. Ons interesseren zijn aantekeningen over de levende natuur.

Xenofoon beschouwde jagen als de beste militaire scholing. Een van zijn studies is gewijd aan de jacht met honden (*Cynegetica*). Hij beschreef honderrassen, paardesoorten, hazen. Zijn beschrijving van de lichaamsbouw en het leven van de haas wekken bewondering. Het verschijnsel van overbevruchting – een bevruchting die plaatsvindt enige dagen vóór een worp maar die niettemin daarna gevolgd wordt door een normale draagtijd (42 dagen) – vermeldde hij (bevestigd in 1955). Dierwaarnemingen van historisch en geografisch belang gelden het voorkomen van de leeuw, panter en jakhals in noordelijk Griekenland en van de struisvogel in Perzië. Van diergeografische aard zijn opmerkingen over hazen, die op eilanden kleiner van stuk zijn dan op het vasteland, en het ontbreken van vossen en arenden op vlakke eilanden. Xenofoons werk is echter van weinig betekenis voor de biologie gebleven. Platoon, een andere leerling van Sokrates, had wél een zeer grote invloed, twintig eeuwen lang.

Platoon (427/8 – 347) werd geboren en stierf in Athene en was Sokrates' volgeling sinds 407 tot diens dood. Hij beschreef Sokrates' leven, leer en methodiek in de vorm van dialogen (Sokrates schreef zelf niets). Platoon werkte in later jaren Sokrates' filosofie verder uit en wijzigde daarbij, als het natuurwetenschap betrof, diens methode aanzienlijk. Men mag veronderstellen dat de dialogen zowel Sokrates' als Platoons meningen natuurgetrouw weergeven.

Over Platoons levensloop is heel weinig met zekerheid bekend. Voor ons is van belang dat hij (meermalen) Syracuse (Sicilië) bezocht en het zuiden van Italië, waar hij o.a. een zekere Timaios ontmoette, een wijsgeer uit Lokroi. *Timaios* (Latijn "*Timaeus*") werd de naam van een verhandeling, deels in dialoogvorm geschreven, die de biologie (vooral anatomie, morfologie en fysiologie) tot lang na de Middeleeuwen rechtstreeks nadelig beïnvloedde. Deze invloed kon zich zo lang handhaven en zo diep ingrijpen omdat hij samenging met de grootse Platonische filosofie, wijsgerige concepties die hartebloed van de Westerse cultuur werden.

Sporen van Platoons vroegste scholing door Kratylos, een leerling van Herakleitos (I.8) zijn soms merkbaar (zie de hierna gegeven analyse van Platoons beschrijving van de ademhaling). Met Pythagorische denkbeelden kwam hij in aanraking tijdens zijn bezoeken aan Lokroi in Calabrië, een der landstreken in Z. Italië waar de Pythagoreeërs grote invloed hadden (I.6).

Op een landgoed dichtbij Athene, dat aan de halfgod (H)ekademos gewijd was, stichtte Platoon zijn *akademia*, die zich van omstreeks 387 v. Chr. tot 529 na Chr.

handhaafde. Een hardnekkige overlevering wil dat boven de toegangspoort het opschrift "Hier zult Gij niet binnentreden tenzij Gij de wiskunde kent" te lezen stond. Johannes Tzetzes, een 12e-eeuwse Byzantijn, geleerd in vele taalkundigheden, is de zegsman. Waar of niet, dit gegeven wijst op de relatie met de Pythagorische filosofie.

Van het leerplan der Akademia is niets opgetekend. Wiskunde, astronomie, wijsbegeerte en welsprekendheid zijn zeker aan de orde gekomen. Biologie bleef niet geheel buiten beschouwing; dit bewijst een plagerij van een kluchtenschrijver, die over de Akademia schreef:

"A. Vertel me eens wat Platoon, Speusippos en Menedesmos nu aan het doen zijn? Welke diepzinnige gedachten en welke briljante argumenten hebben ze onder handen? Dat moet je me wis en waarachtig eens haarfijn uitleggen als je er een snars van snapt.

B. Ik weet er alles van en zal dat zonneklaar vertellen. Tijdens de *Panathenaea* liep ik naar een groep studenten toe, die in de *gymnasia* van de Akademie bezig waren. En ik vernam daar vreemde en buitenissige dingen. Zij waren doende de wereld, de natuur, te omschrijven en in stukjes te snijden en zij rangschikten de levensgewoonten van de dieren en de verschillende geaardheden van de bomen en de soorten groenten. En ze stonden in een kring rondom een pompoen en zij vroegen zich af wat daar nu het wezenlijke van was.

A. En tot welke conclusie kwamen ze? Wat was het wezenlijke en wat was de soort? Dat moet je me zeggen als je het weet.

B. Nou, eerst hielden zij allemaal hun mond dicht en bogen zich er over heen, diep in gedachten. Opeens, toen zij nog voorover stonden en hun ogen uit keken, zei een van de studenten dat het een bolronde groente was, en de volgende zei dat het een kruidachtige plant was en de daaropvolgende dacht een boom. Een dokter uit Silicië, die er bij stond, liep roodgloeiend aan van woede, toen hij dat zinloze gepraat hoorde" (uit Epikrates, geciteerd door G. C. Field, 1967).

Uit het kosmische, alomvattende Sokratische-Platonische stelsel kiezen wij slechts datgene wat voor de biologie belangrijk bleek.

Platoon leerde dat mensen, planten, dieren, stenen, kortom alle voorwerpen middelen zijn, symbolen of signalen waarmee een niet materieel beginsel, een 'essentie', zich kenbaar maakt. Zo'n essentie is eeuwig, is blijvend, heeft geen einde en geen begin. Voorwerpen, die de essentie vertolken, als gevormde substantie afspiegelen, zijn daarentegen vergankelijk, niet duurzaam, vergaan en ontstaan steeds opnieuw.

In het abstracte heeft bijvoorbeeld een logische redenering, een logica, geen begin en geen einde: het logische oordeel is en blijft eeuwig aanwezig, is gegeven, bestaat, maar de woorden van het betoog dat naar dat oordeel leidt, zijn luchttrillingen, die het oor opvangt en die voortdurend ontstaan en vergaan. Alles in de natuur is aan deze wetmatigheid, de wisseling tussen onvergankelijk en vergankelijk, onderworpen.

De essentie van een levend wezen, een individu, een 'soort', is eeuwig maar de organen en de perioden van levensverloop zijn alles wat men waarnemen kan. En zelfs is het niet mogelijk dat schouwspel te verduurzamen, want onophoudelijk verandert, komt en gaat, het waargenomen object. Het ware Zijn, de Idee, en de Oorzaak, die onzichtbaar zijn, kan men slechts bevroeden en van daaruit de zichtbare wereld beoordelen; niet andersom, want onze zintuigen misleiden ons. Zintuigen tonen de schijn van de tijdelijke en veranderlijke dingen.

Dat Platoon zich niet bekommerde om een feitelijke grondslag of bruikbaarheid van

zijn overwegingen ligt voor de hand. Experimenten kunnen ons immers evenmin helpen aan een verbeterd begrip van een eeuwige werkelijkheid; wat wij experimenterend te weeg zouden brengen en zouden zien, zal nimmer meer dan een schimmenspel kunnen zijn.

Sinds de Oudheid worden wetenschappelijke en wijsgerige verhandelingen dikwijls als dialogen of als samenspraken gepresenteerd. Er wordt gevraagd, geopperd, weerlegd en de gespreksleider licht toe, beweert, bewijst en te zamen brengen de sprekers ter kennis wat de auteur zeggen wil. De lezer twijfelt en informeert al lezend, en hij leert in hetzelfde tempo als de vragers.

De dialoogvorm bleef tot in de 17e eeuw voor wetenschappelijke publikaties in zwang. Platoons werk is voor het grootste deel eveneens als dialogen geschreven. Dat geldt ook min of meer voor *Timaios*, waar Platoons natuurfilosofie in wordt weergegeven.

In *Timaios* 14 (42 St.) deelt Platoon mede, dat de allerhoogste Al-god aan goden opdracht gaf uit de vier Empedokleische elementen (I.10) mensen te scheppen, waarbij zij dan zielen ter beschikking kregen om die aan hun schepsels toe te voegen. Zo komen dan de mensen tot stand, een goddelijke ziel verbonden met aardse stof.

Terwijl de zichtbare natuur dus eeuwige ideeën weerspiegelt en levende wezens doelgericht gebouwd, alle levensuitingen doelmatig zijn, bezit de mens een drievoudige ziel (levensgeest). In het onderlijf huist de begeertenziel, in de borst de gevoelsziel en in de hersenen de verstandsziel; deze laatste is onsterfelijk.

Platoon sloot zich bij heel oude Assyrische en Babylonische opvattingen aan, door zijn overtuiging – die de Pythagoreeërs deelden – dat sterren en mensen in een relatie staan. De ster-Invloed bestuurt een mensenslot en -levensweg. Dit geloof (astrologie) handhaafde zich tot in onze tijd in weerwil van herhaalde kritiek. Karneades (214-129), leider van Platoons Akademia in de 2e eeuw v. Chr., kritiseerde: waarom hebben tweelingen dan een verschillende levensloop, en waarom maken we geen horoscoop voor dieren?

Augustinus (II.22) kende de sterren invloed toe, al is 't geen beslissende (zie ook Paracelsus, IV.30). Land- en tuinbouwmethoden in de tweede helft van de 20e eeuw zullen zich nog steeds blijmoedig richten naar Platoons sterrenleer.

Het slotgedeelte van *Timaios* bevat de beschrijving van de zielsverhuizing die een evolutieeler nabij komt.

Timaios 44 (91 St): “Hiermede schijnt de taak die wij ons aanvankelijk stelden, de ontwikkeling van de kosmos tot aan de schepping van de mens toe te lichten, vrijwel gereed te zijn. Wij kunnen immers over de ontstaanswijze van de overige levende wezens kort zijn, aangezien wij over deze aangelegenheden al meer te berde gebracht hebben. Zo zullen wij een mate van inzicht bereiken dat ons tevreden stellen kan. Bijgevolg kunnen we dit onderwerp op de volgende wijze afdoen.

Van dezulken die als mannen geboren werden, veranderden al degenen die laf waren en een verdorven leven leidden, naar alle waarschijnlijkheid in vrouwen. Tegelijkertijd schiepen de goden, ter oorzaak daarvan, de voortplantingsdrang, door het tot leven roepen van een soort bezieling, die zij in ons mannen, en een andere bezieling, die zij in vrouwen lieten ontstaan. Voor elk van de twee geschiedde dat op de volgende manier.

In het darmkanaal, dat alles wat drinkbaar is door de longen heen en onder de nieren door naar de blaas vervoert maakten zij op de plek waar deze zich door de

luchtdruk van vloeistof ontdoet, een opening naar het merg toe. Het merg bevindt zich als een ononderbroken streng van hoofd en nek uit tot onder in de ruggegraat: eertijds hebben wij dit 'zaad' genoemd.

Dat merg, dat beziel is, en dat nu de impuls van de ademlucht heeft ontvangen, verandert op de plek waar de luchtimpuls aankomt, in 'voortplantingsdrang', doordat de levenverwekkende aandrift tot uitstroming daar wordt opgeroepen. En dit verklaart de onmatigheid en de overmoed van de mannelijke geslachtsdelen, die door hun tomeloze begeerte geen weerstand gedogen en ontoegankelijk zijn voor iedere inspraak van het gezond verstand.

En door overeenkomstige oorzaken bezitten ook bij de vrouwen de zogenaamde schede en baarmoeder een daaraan gelijke geaardheid. Zij bevinden zich in het vrouwelijk lichaam als een levend orgaan met de drang om kinderen voort te brengen. Als voortplanting, de aanspraken van geslachtsrijpheid ten spijt, dat orgaan lang onthouden wordt, dan wordt het tot een heftig protest geprikkeld, zwerft her en der door het lichaam, blokkeert de luchtwegen en snijdt daardoor de adem af, veroorzaakt de zwaarste benauwdheden en allerlei ongesteldheden van dat slag, totdat evenwel liefde en begeerte de twee organen verenigt. Dan plukken zij als het ware de vrucht van de boom en strooien in de baarmoeder zoals op een bouwrijpe akker het zaaisel van onzichtbaar kleine diertjes uit, die nog geen vorm bezitten. Deze verwijderen zich vervolgens weer en worden dieper in het lichaam gevoed en groter om daarna, met hun komst in het daglicht, het ontstaan van levende wezens te voltooien.

Op deze wijze zijn dus de vrouwen en al wat vrouwelijk is tot stand gekomen. Het ras der vogels echter ontwikkelde zich doordat het in plaats van haren veren ontving, door omvorming van een soort mannen, die weliswaar geen kwaad deden maar lichtzinnig waren en die, ofschoon zij het firmament beschouwden toch zo onnozel waren om te geloven dat het gezichtsvermogen de meest betrouwbare verklaring voor die hemelse verschijnselen zou kunnen verschaffen.

Het ras der landdieren ontwikkelde zich voorts uit diegenen die van elk streven naar wijsheid gespeend waren en die zich volkomen onthielden van de waarneming van het hemelse uitspansel, omdat zij niets meer te maken wilden hebben met die cirkelgangen in hun brein, maar zich geheel en al overgaven aan die zielsbestanddelen die in de borst verblijven. Tengevolge van die levensopvatting wendden zich hun voorste ledematen en hoofd krachtens hun neiging tot de aarde omlaag en vonden daar steun. Dientengevolge kregen zij langwerpige schedels of dergelijke schedelvormen, naarmate door het ontbreken van de cirkelende bewegingen het hoofd zijn ronde vorm verloren had.

Nevens de viervoeters waren er degenen die om dezelfde reden veelvoetig werden, omdat god hen, naarmate zij minder verstand hadden, van meer steunpunten voorzag, want zij werden immers naar verhouding sterker door de aarde aangetrokken.

De allerdomsten onder de mannen echter, wier lichamen zich geheel en al tegen de aarde vlijdden werden omdat zij geen voeten meer behoeften tot voetlozen, tot dieren die op aarde rondkropen.

Het vierde ras, intussen, de waterdieren, ontstond uit de imbecielen en de meest onwetenden. De bestuurders van de omvormingen wilden hen nog niet eens toestaan adem te halen op de ware manier, omdat hun ziel door elke soort ontre-

geling bedorven was. In plaats van hen de ijle en zuivere lucht te laten inademen, duwden zij hen omlaag in de diepten van het water om daar de nevelige damp van in te ademen. Zodoende ontstond het ras van de vissen en de mossels en alle andere waterdieren, die als straf voor de allerdiepste domheid ook de allerdiepste woonplaats toegewezen kregen. Volgens deze regels worden in onze tijd alle levende wezens in elkaar veranderd, precies zo als in vroeger tijden, waarbij zij dan in overeenstemming met verlies en winst aan verstand en onverstand van gedaante wisselen.

Nu kunnen wij zeggen dat onze beschouwing over de kosmos beëindigd is. Want voorzien met sterfelijke en onsterfelijke wezens en volledig gevuld, is deze wereld zelf een zichtbaar en levend wezen geworden, dat alles wat zichtbaar is bevat, een evenbeeld is van de schepper, een met de zintuigen waarneembare god, de machtigste en schoonste, kortom deze weergaloze en eniggeboren wereld”.

Een gedetailleerde analyse van de biologie in *Timaios* is, bij mijn weten, nimmer gemaakt en blijft in elk geval nu achterwege. Het citaat doet evenwel enige opmerkingen aan de hand:

1. Na de evolutiegedachten van Anaximandros (I.4) en Empedokles (I.10) geeft Platoon een geheel nieuwe fylogenie ten beste. Deze gaat uit van de mens en de dierenwereld moet uit menselijke eigenschappen begrepen worden. Dit standpunt keerde terug bij vergelijkende anatomen in de 17e eeuw.
2. Sperma is niet anders dan ruggemerg: deze opvatting heerste in de 16e eeuw en behield nog lang daarna aanhangers. “Onzichtbaar kleine diertjes” in het sperma is een van de geniale bedenksels van Platoon van hetzelfde slag als de poriën in het harttussenschot; één keer goed geraden en één keer fout.
3. De aarde is “volledig gevuld”, de “aarde en haar volheid”: het principe van ‘geheel gevuld zijn’ gaat enerzijds terug op Parmenides, maar wordt via Platoon een gegeven dat in de evolutieleer van Darwin nog een (tot nu toe niet herkende) rol zal spelen en in de pre-darwinistische biologie eeuwenlang het denken zal sturen bij overwegingen betreffende “ladder der natuur” (*scala naturae*; X).
4. De functie is primair en de vorm sluit zich daarbij aan: bijvoorbeeld de kringloop van de sterren, die de besten onder de mannen met hun blikken volgen. Deze herhalen zich (*harmonia*) door kringlopen in het hoofd van de kijkende denkers en het hoofd wordt dus rond; laat men het omhoog schouwen na, dan wijzigt bij afwezigheid van een cirkelende beweging de schedelvorm zich. De aandacht voor de aarde veroorzaakt dan een langwerpige hoofd. Schedelvorm en karakter worden hier gekoppeld: dat deden sommige onderzoekers in de 19e eeuw ook. De invloed van de functie is bepalend en tevens de relatie tot het milieu.
5. Heden ten dage verlopen deze processen zoals in den beginne; het is de wet van de actualiteit, die we o.a. bij Galilei en bij Lyell opnieuw zullen ontmoeten.

Maar hoe men ook poogt zich in te leven in de gedachtenwereld van de voorchristelijke biofilosofen, het valt een bioloog heden ten dage moeilijk een betoog als het volgende, waar elke schijn of schaduw van natuurwetenschappelijk bewijs aan ontbreekt, ernstig te nemen.

In *Timaios* 34 hadden de lezers al vernomen dat de planten uitsluitend gevormd werden om de mensen tot voedsel te dienen, een gedachte van Pythagorische huize (I.6).

Hoe beoordeelde Platoon fysiologische processen, bijvoorbeeld voeding? Uit *Timaios*:

“De scheppers van ons mensenras hebben zich tevoren al geen illusies gemaakt over de onmatigheid in eten en drinken, die ons zou gaan beheersen. Zij wisten veel te goed dat wij door een onverzadigbare gulzigheid ons veel meer vol zouden stoppen dan ons zou passen en voor ons nodig zou zijn. Opdat zij een snel uitsterven van het vergankelijke mensenras, nog vóór het tot volle ontplooiing zou geraken, konden vermijden, hebben zij met vooruitziende blik de onderbuik tot reservoir gemaakt voor overschotten aan spijs en drank en zij lieten daarbinnen de kronkelingen der darmen ontstaan, opdat het voedsel niet al te snel zijn weg zou vervolgen en dientengevolge het lichaam weldra weer de behoefte aan nieuw voedsel zou gevoelen zodat door het ontstaan van een onverzadigbare eetlust het mensenras zich zou afkeren van streven naar wijsheid en dienst der muzen, en het de geboden van het meest verhevene in ons zou veronachtzamen”.

Over het hoofd zegt Platoon:

“Wat nu verder het hoofd betreft, kon het enerzijds wat zijn beschermende functie aangaat met slechts een benen doos volstaan vanwege de grote schommelingen in warmte en koude, al naar het weer, maar anderzijds was het ook ontoelaatbaar, dat het hoofd tengevolge van een te zware deklaag afgestompt en ongevoelig zou worden, door de openhoping van vlees. Van dat vlees, waarvan een gedeelte niet indroogde, bleef een duidelijke schil over en zo scheidde zich de huid af”.

Een dikke laag die de perceptie zou belemmeren is een gedachte die teruggrijpt naar de *aporrhöia*, stoffelijke partikeltjes, die van alle dingen afstromen en wegvliegen en de zintuigen bereiken en binnendringen, waardoor zij waarnemen (I.10). Ik vermeld nog dat als Platoon het ontstaan van de haren heeft vermeld, hij meedeelt dat:

“Het eigenlijke deel van het scheppende goddelijk beginsel bij het maken van het haar was, dat die begroeiing in plaats van een dikke vleeslaag, een licht dak zou zijn om de hersenen te beschutten, zodat 's zomers schaduw tegen de hete zon en 's winters bescherming tegen de koude beschikbaar kwam, zonder dat dit intussen geestelijke waarden een gemakkelijke toegang op enigerlei manier zou ontnemen of die zou belemmeren”.

Constateer: een strikt teleologische verklaring van het feitelijk aanwezige in plaats van een natuurwetenschappelijke, Sokratische benadering of analyse. Geestelijke waarden komen van buiten af ons bewustzijn binnen. Bij Platoon is biologie middel om door teleologische toelichtingen, door het verkregen besef van een doelmatige schepping tot geestelijke verheffing te geraken. Niets minder en niets anders.

Terwijl niettemin elk verschijnsel, elk maatschappelijk probleem, elke menselijke eigenschap, daad en gedachte juist door Sokrates dialektisch, d.w.z. al analyserend en kritisch overwogen, onderzocht en op zijn wezenlijke waarde getoetst werd op zo'n logische en scherpzinnige wijze als in de wereld nog niet was voorgevallen. Het liet op Platoons denken over de levensverschijnselen niet de geringste indruk na. Want in het natuurlijke object, in het door de natuur aangeboden, schuilt geen probleem dat voor zo'n aanpak in aanmerking komt: het is de afspiegeling van de 'Idee', van de goddelijke *Causa*, van de essentie. Daarom is doelmatigheid vanzelfsprekend: wij lezen slechts af wat onverbetterlijk tot stand kwam, zo denkt Platoon, en daarover valt niets te vragen. Ondergaat dit, neemt er kennis van, verheugt u er over, en wordt een betere mens.

Voor biologen is *Timaïos* het perfecte voorbeeld van een deductief denken, dat in het minst niet geraakt wordt door een zoeken naar objectiverende analyse en inductieve

oordeelsvorming. Een deductief denken nog wel van de grote leerling van Sokrates, de onvergetelijke leermeester van het wantrouwen van vooroordeel. Sokrates fungeert als gespreksleider in *Timaios*!

Timaios is niet alleen een perfect voorbeeld. Het is bovendien een indrukwekkende waarschuwing. Immers, ook heden nog is een deductieve benadering allerwege een gaarne gevolgde, door biologen en niet-biologen. Mensen die men met een plant of dier confronteert, vragen zeker: Waartoe dient dit, dat orgaan of die eigenschap, en zij verwachten een teleologische uitleg. Blijft die uit dan is de vrager teleurgesteld en onbevredigd door het antwoord; hij vindt dat een bioloog als vakman zo'n verklaring moet kunnen geven.

Timaios 36 (79 St.): "Laat ons nog eens het verloop van het ademen nagaan met betrekking tot de oorzaken die het ademen maakten tot wat het thans is. Vast staat, dat geen lege ruimte bestaat waar een bewegend voorwerp in zou kunnen binnengaan en omdat de adem uit ons naar buiten stroomt, zal het voor iedereen duidelijk zijn dat die adem niet wegvloeit in een leegte, maar dat hij zich een plaats veroverd door datgene weg te duwen wat hem tegenhoudt. Dat wat weggeduwd werd, duwt weer op zijn beurt het aangrenzende van zijn plaats en bijgevolg wordt alles rondom het punt van vertrek van de adem daar naar toegedreven [op het vertrekpunt zou een 'lege ruimte' ontstaan, vert.].

Die ruimte stroomt vol en de lucht volgt de weg van de uitstromende adem en zo komen tegelijkertijd alle delen van het geheel in beweging, zoals bij een draaiend wiel, omdat er geen leegte bestaat. Om die reden vult de ruimte in borst en longen, die de adem naar buiten toe vloeiend achterliet, zich weer met lucht, die het lichaam omgeeft en door het poreuze vlees binnendringt en zodoende aan de kringloop deelneemt. En als de lucht de weg terug herneemt en door het lichaam naar buiten stroomt, duwt hij de adem weer naar binnen door de inlaat van de mond en de neusgaten.

De oorzaak, die van meet af aan dit alles in gang zet, moet als volgt worden begrepen. Elk levend wezen heeft de meeste inwendige warmte in het bloed en de aderen, die als het ware een inwendige warmtebron vormen. Vandaar dan ook onze vergelijking met een gevlochten viskorf die als een netwerk rondom het warme [vuurelement, vert.] kan gelden, terwijl alles wat er buiten ligt een netwerk van de lucht [element, vert.] is. Nu kennen we immers de wetmatigheid dat het warme zich van nature verplaatst naar de plek die hem het beste past om zich met wat hem verwant is [vuur, vert.], te verenigen. En omdat er twee uitgangen zijn, de ene door de buitenwand van het lichaam en de andere door mond en neusgaten, zal het warme een van beide uitgangen gekozen hebbend, de lucht bij de andere uitgang in beweging zetten, en de aldus weggeduwde lucht wordt warm, omdat zij met het warme [in het lichaam, vert.] in aanraking komt, terwijl het naar buiten stromende warme afkoelt.

Nu hierdoor evenwel de warmteverhouding zich wijzigt en de lucht bij de andere uitgang warmer wordt, zal dit verwarmde weer een sterkere neiging hebben naar die kant toe te gaan, die met zijn aard overeenstemt en daarom verdrijft hij de lucht bij de andere uitgang. De nimmer onderbroken herhaling van deze drang en tegendrang maakt zich kenbaar door die twee bewegingen, een heen en terug gerichte wisselloop en zo ontstaat het verschijnsel van het in- en uitademen".

Aan de juiste interpretatie van de vergelijking met de visfuik (viskorf) zijn veel stu-

dies gewijd (sedert Galenus (II.17) als eerste een verklaring gaf), maar er zijn geen overtuigende vertalingen. Wij volstaan met de hier gegeven vertaling en veroorloven ons het vermoeden dat Platoon zich nauwelijks bekommerd zal hebben om een in anatomisch opzicht nauwkeurige omschrijving. Voor ons is de 'viskorf' in deze tekst de ribbekast of beklede borstkas.

De fysiologie van de ademhaling volgens de Platonici laat zich als volgt analyseren:

1. De natuur laat geen lege ruimte toe; dreigt deze te ontstaan dan wordt hij dadelijk opgevuld (Parmenides).
2. Er is een opvolging van feiten, het ene volgt logisch uit het andere (model volgens Sokrates).
3. Nooit wordt het veranderen van de waarneembare verschijnselen onderbroken, en de veranderingen herhalen zich steeds, aan zichzelf gelijk (Ionische wijsgeren).
4. Er zijn elementen, vuur en lucht, en elementen trachten steeds zich met het verwante te verbinden (Empedokles).
5. Warmte (vuur) is de oorzaak van elke beweging (Herakleitos).
6. Het menselijk lichaam neemt deel aan, functioneert in relatie met de buitenwereld doordat fijne deeltjes zijn lichaam binnendringen (Empedokles).
7. Zoals alle verschijnselen in de kosmos regelt een volmaakte samenhang de ademhaling (Pythagoreeërs).
8. Het slotgedeelte dat de ademhaling causaal tracht te verklaren, heb ik niet volkomen kunnen begrijpen, misschien tengevolge van tekstbederf, misschien omdat in de 20e-eeuwse empirische zin, de conclusie niet gefundeerd is. Ik vermoed, dat de conclusie tot stand kwam 'omdat het nu eenmaal zo moet zijn'.
9. Indien lichaamsporiën nodig blijken voor een luchtpassage heen en terug, vereist om die volmaakte samenhang te realiseren, dan zijn zij er ook (Platoon en Empedokles).
10. Het onzichtbaar zijn van de lichaamswandporiën roept geen bedenkingen op. De werkelijkheid is immers de *essentia*, die we nimmer in concreto zien, maar die daarom niet minder werkelijk is. De mens neemt slechts vergankelijke afspiegelingen van de *essentia* als verschijnselen waar. Ook in biologische zin is voor de Platonici waarneming van ondergeschikt belang; men behoeft de poriën niet te zien om tot hun aanwezigheid te besluiten (Herakleitos, Parmenides).
11. De ademhaling manifesteert zich; lucht ziet men niet, het warme in ons lichaam is geen vlamvend vuur, maar in *essentia* is vuur wèl aanwezig. Zichtbare feiten of zaken zijn slechts van betekenis, d.w.z. waardevol, voor zover zij de werkelijkheid, het wezen en het volmaakte daarvan tonen (Platoon).

Zien, d.w.z. analytisch en onderzoekend toekijken, gnostisch waarnemen, als een der voornaamste middelen van biologisch onderzoek, als uitgangspunt, leidraad en controle, ontstond pas in de 16e eeuw (Febvre, 1942). Onze wijze van zien als overtuigend middel tot het vaststellen van feitelijke aanwezigheid, was Platoon en zijn volgelingen bij biologische overwegingen vreemd.

Platoons gezag maakte deductief redeneren en interpreteren, klakkeloos volgen van aprioristische opvattingen, tot vanzelfsprekende werkwijzen. Hij veroorzaakte dat de koryfeeën van de biologie twintig eeuwen lang het bloed door het harttussenschot laten vloeien en de bloedsomloop als een heen en terug golvende beweging beschouwen. Deze gang van zaken is des te verwonderlijker en leerzamer omdat een bloedpassage door het harttussenschot een veronderstelde bloedkringloop heel aannemelijk zou kunnen

maken. Het met Platoon verloren gaan van het besef dat alle stofwisselingen, alle levensprocessen fysisch, en niet metafysisch, gestructureerd zouden kunnen zijn, onthoudt de biologie twintig eeuwen lang een onmisbaar baken bij onderzoek en inzicht.

Timaios wordt gerekend tot Platoons laatste geschriften, verschenen tussen 366 en 347. Of de hoge leeftijd van de auteur het gemis aan kwaliteit kan verklaren, staat te bezien. Tot zijn laatste werken behoren immers ook zijn diepste en zijn beste. Er is een vermoeden dat tekstvervalsingen een grote rol spelen in de overgeleverde manuscripten. Zelfs werd de mening uitgesproken dat *Timaios* grotendeels niet van Platoon afkomstig zou zijn, maar dat een Siciliaanse plattelandsdokter de dialoog ten dele zou hebben geschreven. Maar hoe dit ook zij, *Timaios* werd een van de gewichtigste bronnen van informatie en uitgangspunten voor het denken van biologen en medici (en filosofen) twee duizend jaar lang. In de eerste helft van de 4e eeuw n. Chr. publiceerde Chalcidius (Calcidius) een Latijnse vertaling van *Timaios*, voorzien van commentaren.

Platoons opvolger als leider van de Akademia (347-339) was zijn neef en erfgenaam Speusippos (?410-339). De biologie dankt aan hem enige belangrijke inzichten, die echter door Platoons oppermachtige leerstellingen veel minder invloed kregen dan zij verdienden. Speusippos verwierp de Platonische methode om natuurwetenschappelijke problemen door beschouwingen en deductieve beoordelingen op te lossen, hij wilde waarneming door de zintuigen wel degelijk laten gelden en wees de pure ideeënleer af.

Alle bestaande dingen en alle verkregen begrippen daarover wil hij in kleine groepen van op elkaar lijkende bestanddelen samenvoegen. Hij onderscheidde een groep 'schelpdieren' omdat zij op elkaar leken, een groep waterplanten en een groep raapsorten. Later zullen de groeperingen die Aristoteles en Theophrastos ontwerpen sterk met die van Speusippos overeenkomen.

Hij was zowel bioloog als wijsgeer en deed een weloverwogen poging om een mate van overeenstemming, een gedeeltelijke gelijkheid (analogie) te onderscheiden van een volkomen onderlinge gelijkheid.

Daarmee gaf Speusippos vorm aan een probleemstelling bij onderzoek van, en oordeelsvorming over, vele vraagstukken van de morfologie, taxonomie, evolutieleer en theoretische biologie. Speusippos geloofde dat de 'laagste' organismen het eerst tot leven kwamen en dat uit hen de hogere voortkwamen en tenslotte de mens. Enig bewijs, of zelfs een reden om dit standpunt in te nemen, heeft naar het schijnt, Speusippos niet bekend gemaakt; misschien werkte hij Anaximandros' (1.4) gedachten verder uit.

Van de 20e eeuw uit gezien kreeg de ontwikkeling van de biologie omstreeks de 4e eeuw en daarna een dramatisch, een haast wanhopig karakter. Terwijl Sokrates de methode aanreikte om het bouwen van een doortimmerde biologische wetenschap ter hand te nemen, ontwierp zijn briljante volgeling, de redder van zijn leringen, Platoon, een verleidelijke architectuur, die de smaak van de mensen voor plooibare abstracties streefde en die het oordelen en het inzicht van biologen belemmerde.

15. Aristoteles, de Filosoof

Aristoteles (384, Stagira ('Stavro'), Macedonië – 322, Chalkis, Euboea) was de wijsgeer en geleerde die een zo duurzame, zo grote en ver reikende invloed op de Westerse natuurwetenschappen en zeker op de biologie heeft uitgeoefend als geen ander.

Stagira was een door Ioniërs bevolkte Griekse kolonie op het schiereiland Chalkidiki.

Hij was dan ook van Ionische familie. Zijn vader was lijfarts van koning Amyntas II van Macedonië, en diens vriend. Hij behoorde tot de Asklepiaden (I.13). De Asklepiaden onderwezen hun kinderen in de ontleedkunst en heelkunde zodat het vermoeden voor de hand ligt dat Aristoteles' afkomst en jeugd een belangstelling voor de biologie steunden.

Als jongeman van achttien jaar kwam hij naar Athene, werd als leerling in Platoons Akademia toegelaten en bleef er negentien jaar, tot Platoons dood.

In de loop der jaren verkoelde de relatie tussen Platoon en zijn beste leerling, misschien wel omdat Aristoteles meer en meer kritiek had op de theorieën van zijn leermeester. Niettemin handhaafde hij in al zijn werken toch een sterke binding met Platonische beginselen en hij kritiseerde met omzichtigheid, althans wanneer het Platoon zelf betrof.

Hoe dit ook zij, toen Platoon in 347 stierf, verliet Aristoteles Athene. Macedoniërs waren in die dagen bepaald niet welkom in Athene en bovendien volgde Platoons neef Speusippos hem als leider van de Akademia op. Dit kan een teleurstelling geweest zijn. Zeker is, dat Speusippos' leerstellingen Aristoteles aanleiding gaven tot meer en scherpere kritiek.

Hermeias, die slaaf geweest was maar samen met Aristoteles in de Akademia gestudeerd had en, na zijn vrijheid te hebben verkregen, heerser van Atarneus en Assos in Mysia geworden was, nodigde hem uit naar Klein-Azië te komen. Hij ging en aan Hermeias' hof vormde zich een kleine groep van door Platoon geschoolde leerlingen, waar Aristoteles drie jaar deel van uitmaakte.

Hij trouwde Pythias, een nicht van Hermeias, die als aangenomen dochter deel van diens huishouding uitmaakte en kreeg een dochter van dezelfde naam. Vermoedelijk overleed de moeder van Pythias omstreeks 330, nadat Aristoteles weer naar Athene teruggekeerd was. Na Pythias' dood vond Aristoteles troost bij Herpyllis, een meisje uit Stagira, zijn geboorteplaats ten zuidoosten van Thessaloniki, dat bij hem bleef tot zijn dood. Zij kregen een zoon, die naar grootvader Nikomachos genoemd werd.

Na drie jaar Hermeias' gastvrijheid te hebben genoten, trok Aristoteles naar Mytilene, niet ver weg, op Lesbos, waar Theofrastos, een leerling van Platoon die vriendschappelijke relaties met hem onderhield, woonde. De jaren in Assos en in Mytilene waren jaren van biologisch onderwijs en onderzoek, veldwaarnemingen, ontdekkingen over dieren en planten. De baai van Pyrrha op Lesbos is het doel geweest van vele excursies van Aristoteles en Theofrastos, maar vele andere plaatsen in die hoek van de Middellandse Zee worden in Aristoteles' werken genoemd.

Het schijnt wel dat Filippus van Macedonië hem in zijn jongensjaren gekend heeft – tijd en plaats wekken dat vermoeden – en dat kan, samen met een aanbeveling van Hermeias, bevriend staatshoofd, aanleiding geweest zijn tot de uitnodiging om naar Macedonië te komen en de opvoeding van Alexander op zich te nemen, de latere Alexander 'de Grote', die toen 13 jaar oud was. Zo ging Aristoteles naar zijn vaderland terug, hervond een plaats aan het hof te Pella (Theofrastos vergezelde hem). Aristoteles, in hoge mate geïnteresseerd in de rechten en plichten van het koningsschap, het stichten en besturen van kolonies, vooral ook de ethiek en de filosofie van wetgeving, schoolde Alexander.

Alexander veroverde de wereld, Azië inclusief – een onderneming die Aristoteles niet steunde – en mengde de cultuur van de Oriënt met de Griekse, een houding die Aristoteles, door en door Griek, evenmin aanstond. Toen Alexander in 340 als regent zijn

vader opvolgde, ging hij zijn eigen weg en Aristoteles vestigde zich, waarschijnlijk, in Stagira.

Vijf jaar later (335) keerde Aristoteles naar Athene terug. Ongetwijfeld heeft hij tijdens zijn verblijf in het Noorden veel onderzocht, overdacht, geschreven. Ten noord-oosten van Athene was een klein bos, aan Apollo Lykeios gewijd, waar de Muzen vereerd werden, denklijk tussen de berg Lykabetos en de rivier Ilissos gelegen. Sokrates kwam er in zijn tijd gaarne.

Aristoteles huurde daar een paar gebouwtjes – kopen was voor een buitenlander uitgesloten – een *moeseion* (muzentempeltje), een *hieron* (Apollo-tempeltje); misschien waren er een of twee zuilengalerijtjes of pergola's (*stoa*). Daar stichtte hij zijn school, die het Lykaion genoemd werd. Hij placht er elke morgen heen en weer te dreutelen, in de zuilengang of onder de bomen, onderwijzend. 's Ochtends behandelde hij filosofische (moeilijke) aangelegenheden en volgde een klein aantal studenten hem; 's middags of 's avonds gaf hij populaire lessen voor een talrijker publiek.

Deze school der 'rondwandelaars' (*peripatetici*), dit 'lyceum', dat rond 325 een grote reputatie verworven had, werd het uitgangspunt, het voorbeeld voor talloze biologische instituten. Aristoteles bracht een bibliotheek bijeen: landkaarten, geschriften, documentatie. De vermaarde bibliotheken van Alexandrië en Pergamon zouden het hem na-doen. Hij maakte het eerste natuurhistorische museum: een collectie preparaten. Alexander financierde deze wetenschappelijke projecten en gaf de opdracht dat overal in het Macedonische imperium, waar voorwerpen van natuurhistorisch belang gevonden werden, men deze inzamelen en naar Aristoteles moest zenden. Veel kwam er waarschijnlijk niet van terecht, doch dit vermindert de betekenis van deze pogingen niet.

In de periode van Aristoteles' leiding van het Lykaion, twaalf of dertien jaar, kwam het tot grote bloei terwijl de Akademia achterbleef, zij het niet in politieke invloed. De hoeveelheid publikaties en de kwaliteit van dat werk in de slotperiode van Aristoteles' leven, wekken tot op de huidige dag verbazing en bewondering. Maar toen Alexander in 323 stierf en zijn dood de anti-Macedonische gevoelens in Athene vrij spel gaf, werd Aristoteles wegens goddeloosheid aangeklaagd. Hij had een grafscript en een lofdicht op Hermeias geschreven en in die tekst zouden onverdragelijke ketterijen te vinden zijn.

Gedachtig aan Sokrates' veroordeling en dood droeg Aristoteles de leiding van het Lykaion aan Theofrastos over en vluchtte naar Chalkis, waar Macedoniërs veilig waren. Hij stierf een jaar later en liet een testament na waarin hij zorgzaam zijn nabestaanden bedacht en maatregelen trof waardoor zijn slaven niet verkocht zouden worden maar in vertrouwde handen achterbleven, terwijl voor een aantal van hen de weg gebaad werd om de vrijheid te verwerven.

De omvang van het werk dat voorgoed verdween laat zich niet meer bepalen. Ongeveer een derde van Aristoteles' 'verzamelde werken' handelt over biologie.

Als jonge man schreef hij dialogen, die echter deels verloren gingen. In zijn tweede Atheense periode komt zijn grote oeuvre tot stand. Het raakt na zijn dood goeddeels zoek en wat overschoot werd, al naar het uitkwam, gekopieerd, onbekommerd 'verbeterd', of aangevuld en vermengd met andere niet-Aristotelische teksten. Ontelbare prullaria deden in de loop der eeuwen onder Aristoteles' naam de ronde. Maar hoe verminkt ook en hoezeer door de noodzaak van vermenigvuldiging door geschreven kopieën geremd in hun verspreiding, de kern en kracht van Aristoteles' biologische denken bleken onverwoestbaar, al volgden aanvankelijk vele eeuwen van veronachtza-

ming (in de Westerse cultuur) en al behoeften zij, na de 18e eeuw, herziening.

De lotgevallen van zijn geschriften, nadat Aristoteles Athene voorgoed verlaten had, zijn onzeker. Aannemelijk schijnt, dat zij deel van Theophrastos' bibliotheek hebben uitgemaakt, dat wil dan eigenlijk zeggen, van het Lykaion. Als het waar is dat zij meer dan een eeuw verstoofd en verward in een kelder gelegen hebben, dan zijn zij daar waarschijnlijk na Theophrastos' dood (288/7) terecht gekomen.

Circa twee eeuwen later bracht de Romeinse consul Sulla, na Athene in 86 veroverd en uitgemoord te hebben de rijke bibliotheek van Apellikoon van Teoos, een Atheense peripatetische wijsgeer, naar Rome. Apellikoon had Aristoteles' manuscripten opgekocht voor zover hij hen in handen kon krijgen.

In elk geval kwamen toen veel van Aristoteles' documenten in Rome aan en Andronikos van Rhodos, een peripatetische filosoof, kreeg van Sulla bevel hen te ordenen. Andronikos maakte uittreksels, schreef enige commentaren en Tyrannion, een uit Klein-Azië afkomstige krijgsgevangene die zich van slaaf tot vrij man opwerkte, zorgde voor publikatie. In Cicero's huis had Tyrannion een school gesticht en een bibliotheek verzameld.

Terwijl de betekenis van Aristoteles' werk in de Keizertijd nog werd ingezien, vervloog de belangstelling in de eeuwen kort na het begin onzer jaartelling. Geheel vergeten werd het niet en de groei van de Arabische cultuur ging gepaard met een nieuwe, intense belangstelling voor al wat De Filosoof – de gebruikelijke aanduiding voor Aristoteles – had nagelaten.

Bagdad vormde tijdens de regering van de Abassiden (750-1258) het oost-Arabische culturele centrum. Veel van Aristoteles' schriftuur werd daar in het Arabisch vertaald tijdens de bloeiperiode van de islamitische cultuur (8e-14e eeuw) en zo gered, want alle originelen verdwenen. Haroen-al-Rasjid had tijdens zijn kalifaat (766-809) een vertaalinstituut gesticht. De christen-arts Jahia Ibn al Batriq vertaalde als hoofd van die vertalersschool te Bagdad, *Historia Animalium*, *De Partibus Animalium* en *De Generatione Animalium* in de 9e eeuw (820-830). In 1260 verscheen de eerste vertaling uit het Grieks in het Latijn van het biologische werk, waarschijnlijk door Willem van Moerbeke (ca. 1215-1286), een Vlaamse dominicaan; deze vertaling had weinig succes. De eerste complete editie (in 5 delen folio) verscheen 1495-1498 in druk (bij Aldus Manutius in Venetië).

Daarna won Aristoteles als wijsgeer en bioloog zozeer aan invloed en status dat hij van lieverlede vrijwel als een heilige gold en ten slotte, in de 16e tot 18e eeuw als een onweerspreekbare autoriteit, een universeel geleerde, een christen die Christus vooraf was gegaan (hoewel hem deze laatste deugd al sedert de 13e eeuw was toegekend; III.19).

Een anatomische verhandeling met illustraties waar Aristoteles naar verwees is, naar verluidt, verloren gegaan, een verhandeling over voeding evenzo; de hierna genoemde boeken over planten zijn hoogstwaarschijnlijk vervalsingen (III.19).

De 9 boeken van *Historia Animalium* (een zogenaamd 10e boek is bedrog) moeten ook met enig voorbehoud gezien worden. Boek VII is een medische compilatie, die Aristoteles mogelijk niet zelf gemaakt heeft. Boek IX is gevoelig beneden niveau, misschien een vervalsing, althans ten dele, uit de 3e eeuw. Een aanduiding daarvoor is een vertoog over steriliteit waarin het voorkomen van een ♀ zaadvloeistof naast dat van de ♂ vloeistof vermeld wordt maar in *De Generatione* verwerpt Aristoteles het bestaan van een ♀ zaadvloeistof. Die tegenspraak zou op vervalsing kunnen wijzen maar het is denkbaar dat Aristoteles, die zovele jaren later *De Generatione* schreef, intussen van

gedachten veranderd zou kunnen zijn.

De dierkundige werken kunnen als volgt samengevat worden (zie ook Peck, 1943):

1. *Historia Animalium (Peri Zoo'oon Historiai)*, natuurhistorische aantekeningen over dieren; 9(10) boeken.
2. *De Partibus Animalium (Peri Zoo'oon Moorioon)*, de lichaamsdelen van de dieren. Hoe het dierlijk lichaam gevormd werd, hoe gebouwd om doelmatig te functioneren. De voortplanting wordt niet besproken. 4 boeken.
3. *De Incessu Animalium (Peri Poreias Zoo'oon)*, dezelfde opzet als van 2, vooral over de voortbeweging. 1 boek.
4. *Parva Naturalia*, een negental verhandelingen, waarvan *De Anima*, over de vormende kracht en over de *psyche*, en *De Motu Animalium (Peri Zoo'oon Kineseos)*, de bewegingen van de dieren, vooral belangrijk zijn.
5. *De Generatione Animalium (Peri Zoo'oon Geneseos)*, over de voortplanting, vervolg op en completering van *De Partibus Animalium*.

Gewoonlijk komt een opstel over planten (*Peri Fytoon*; 2 boeken) op de lijst van Aristoteles' nalatenschap voor. Het is mogelijk, zelfs waarschijnlijk, dat De Filosoof over botanie geschreven heeft, maar dit laat zich slechts gissen. Hij verwees meermalen naar zijn plantenboek, maar of dit ooit meer was dan een hoeveelheid aantekeningen blijft onzeker (zie verder Albertus Magnus, III.19).

Voor ik enige opmerkingen maak over zijn voornaamste biologische werken, dienen echter enige gegevens uit Aristoteles' wijsgerig werk gelicht te worden, om zijn wijze van biologisch onderzoek te verduidelijken.

De sluitrede (het syllogisme), een methode voor oordeelvorming die na Aristoteles dikwijls in biologische studies werd toegepast, maakt deel uit van de formele logica die Aristoteles modelleerde (het woord *logica* is niet van hem afkomstig; hij spreekt van *analytika*). Een syllogisme omvat 3 begrippen (niet meer) en 3 beweringen (premissen).

Alle M bevatten P

Alle P bevatten S

Alle M bevatten S, of als ander voorbeeld (met 1 ontkenning):

Vogels hebben ogen

Planten hebben geen ogen

Vogels zijn geen planten

waaruit blijkt dat als één premisse negatief is, de conclusie ook negatief zal zijn. Uit twee negatieve premissen is geen conclusie mogelijk.

De methode van syllogismen vereist definitie van de begrippen (van vogels, van planten) en dus differentiatie, en zo leidt deze eis tot categorie en hiërarchie. In hoofdstuk X kom ik hier op terug.

De wereld der levende wezens deelde Aristoteles allereerst in op grond van de aard der daar altijd aanwezige ziel (*psyche*, levensgeest); dode stof heeft geen *psyche*. In levende dingen is de *psyche* deels een ingeboren drang (een richtend, voortstuwend, bewegend principe), en deels een vormende kracht.

Materie en vorm, stelde Aristoteles, zijn de altijd aanwezige uitgangspunten voor alles wat is, wat wordt, of wat worden kan. Materie is passief, het is het stoffelijke waarmee iets gebeurt, dat volgens zijn aard elke ontwikkeling kan ondergaan. Vorm is

actief, is dat wat beweegt, dat wat een 'potentie' tot werkelijkheid maakt, tot ding.

Voorwerpen, levend of dood, zijn gevormde materie, d.w.z. de materie te zamen met de vorm en met het wezen, de aard van het voorwerp. Elk levend organisme maar ook elk orgaan, ook elk voorwerp, komt door een immanente kracht tot stand, een actieve, vormende doelmatigheid, de entelechie (*entelecheia*). Elke groep organismen heeft een eigen differentiërende entelechie.

Entelechie is buiten-mechanistisch, onstoffelijk aanwezig in dode en in levende voorwerpen. Door de entelechie van een plant ontstaat een vegetatief, voedend, levensgedrag; de entelechie van het dier verwekt daarenboven een receptief, d.w.z. een waarnemings- en reactievermogen. De entelechie van de mens voegt aan een voedende en receptieve aard nog een vermogen toe na te kunnen denken. Er is dus een vegetatieve, een animale en een rationele *psyche*. De wereld der levende wezens is daarmee in overeenstemming, drieërlei: plantaardig, dierlijk en ten derde de mens, die uniek is, weliswaar dierlijk maar kwalitatief zonder gelijken door zijn *psyche*.

Entelechie bestuurt drie categorieën van levensverschijnselen: aanleg, groei en een tevoren bepaald resultaat. De eikel-aanleg van een eikel zal na een groeifase weer een eikel opleveren. En zo wordt de *psyche*, voor zover zij entelechie is, een levenskracht die de materie vorm geeft. Deze Aristotelische opvatting speelt in de theoretische biologie van de 20e eeuw nog steeds een rol.

Later komt Aristoteles' afwijzing van Platoons dichotomie, de tweedeling in diens wereldbeschouwing, als methode bij biologische studies uitvoeriger aan de orde (X). Thans volsta ik met een samenvatting van enige hoofdzaken betreffende dichotomie, waarbij ik veel steun ondervond van P. Louis' uitgave en studie van *De Partibus* (1956) en van Peck's; Aristotle, *Generation of Animals* (1943).

Sokrates ontwierp de werkmethode die sedert de 18e eeuw in de taxonomie zeer veel wordt toegepast: dichotomie (zie Platoon, Sofisten 264 St. en Faidros 266 St.). Het voorschrift luidt, dat men van een algemeenheid, een verzameling, uitgaat waarbinnen zich een te definiëren voorwerp (organisme) bevindt. Om het voorwerp te definiëren, af te zonderen, moeten één voor één de kenmerken die de totale verzameling bevat, daar aan worden getoetst. Blijkt een kenmerk niet aan het onderzochte voorwerp eigen, dan wordt dit ter linkerzijde van de voortschrijdende onderzoeker gelegd, maar indien het wél op het voorwerp van toepassing is, ter rechterzijde. Steeds het doel in het oog houdend, gaat men de kenmerken in volgorde na, totdat alle beoordeeld zijn en de toepasselijke ter rechterzijde geplaatst zijn. Zij vormen samen de gezochte omschrijving, de definitie van het voorwerp. Het gebruik van deze methode in de dichotome determinatietabellen (sleutels), sinds Lamarck deze in omloop bracht (X), karakteriseert taxonomische overzichten.

Aristoteles wees deze werkwijze af, omdat dit tot een onderschatting van de materiële werkelijkheid leidt. Levende wezens van dezelfde aard worden, naar zijn mening, ver uiteen geplaatst door deze methode en, omgekeerd, komen onmiskenbaar sterk verschillende organismen te zamen, een toenadering die geen mens bevredigt. Een ordening van het dieren- of plantenrijk behoort, zoveel als doenlijk is, de groeperingen die op het eerste gezicht aannemelijk zijn, een samenhang tonen, te handhaven. Voor een aanvaardbare conclusie dient men in de praktijk te bedenken dat taxa zowel door afwezige als door aanwezige kenmerken begrensd worden, bij wijze van spreken door eigenschappen zowel van de linker- als van de rechterzijde, zegt Aristoteles.

De beide grootmeesters van de biometafysica der Oudheid, Platoon en Aristoteles,

hebben hiermee de theoretische grondslagen voor de latere systematiek gelegd. Overigens lieten zij het daar bij.

Aristoteles' rangschikking van het dierenrijk is vrijwel gelijk aan die van Homeros: na meer dan 700 jaar nuanceert hij wel eens en voegt hij bijzonderheden toe, maar hij wijzigt niet. Hij ontwerpt geen systeem. Het systeem 'volgens Aristoteles' werd door twee duizend jaar later levende biologen opgesteld door uit zijn werken in volgorde besproken groepen in overeenstemming met de tekst, tabellarisch te rangschikken. Niettemin werden Platoons en Aristoteles' analyses en voorschriften de basis voor 'kunstmatige' en 'natuurlijke' systemen.

Aristoteles bekritiseerde Platoon zelden of nooit bij name, maar uit het bovenstaande blijkt al hoezeer hij zich bij het overdenken van de wereld der levende wezens tegenover hem opstelde. De waargenomen werkelijkheid is niet bedriegelijk al behoeft hij controle en nu en dan correctie. Integendeel, het waargenomene moet voeren tot bezinning over de bron der levensverschijnselen, hun causa, over het wezenlijke. De vormende kracht bevindt zich niet buiten het levende organisme (Platoons Idee), maar beweent het, is er binnen (entelechie) werkzaam.

Het rijk der levende wezens is volgens Aristoteles drievoudig: plant, dier en mens. Weliswaar behoort de mens tot het dierenrijk, maar slechts in zoverre als het stoffelijke lichaam ter beschouwing staat (vgl. V.3). Hier gaan Platoon en Aristoteles reeds uiteen. Allereerst omdat Platoon de mens-dier-verhouding anders beoordeelde (*Timaios*, I.14) maar bovendien omdat Aristoteles planten het vermogen waar te nemen en reactievermogen (perceptie) ontzegt.

Parva Naturalia, De Anima I, 5, 410 b 23: "Planten leven maar ontlene daar noch het vermogen aan zich voort te bewegen, noch ook om op prikkels uit de buitenwereld te reageren."

Drie realiteiten regeren de biologie, verklaarde Aristoteles: niet-zijn, zijn, en potentieel-zijn. De ontwikkeling van een kuiken is, ook in het eerste stadium of daarna, geen absolute schepping en het ontstaat niet uit 'niets'. Een ei is zowel een ei als een potentieel kuiken.

In een historische terugblik wordt duidelijk hoezeer Aristoteles als bioloog Platoons tegenvoeter was. Platoons tweespalt tussen mens en wereld, tussen Idee en werkelijkheid, leidt tot geketende gevangenen in een grot die slechts schimmen op de rotswand mogen zien. Die leer had zijn tegenhanger in religies van het Nabije Oosten en Noord-Afrika en een andere analogie is de God-Duivel-situatie (c.q. hemel-hel-antithese) in bijbelse zin.

Aristoteles nam de bioloog bij de hand en nodigde hem uit zijn wereld te aanschouwen, waar hij kan. De bergen en rivieren en het glasheldere water van de Middellandse Zee die het toneel leveren voor de natuurfilosoof. Drievoudigheid begeleidt en kenmerkt levensprocessen, leven, de natuur. Deze opvatting vond later zijn analogon in het dogma van de drievuldigheid in de christelijke religie. Men mag vermoeden dat het 13e-eeuwse syncretiseringsproces van deze twee christenen van vóór Christus, Platoon en Aristoteles, bevorderd werd door deze modellen in hun denkwijzen.

De levende natuur is bovendien, in zijn geheel, schoon, uiterlijk en innerlijk verklaarde Aristoteles. Hij schetst de wetenschap die biologie zal gaan heten, als volgt:

De Part. Anim. I. v.: Onder alle wezens, die te zamen de natuur vormen, zijn er enerzijds die zonder geboren te worden en onaantastbaar in alle eeuwigheid voortduren en anderzijds, die aan ontstaan en vergaan gebonden zijn.

Aangaande de bovenaardse en goddelijke wezens, die de eersten zijn [de hemellichamen en hemelsferen], bevonden wij dat onze kennis zeer beperkt is (in feite verschaft toezien ons nauwelijks enig gegeven, dat een uitgangspunt zou kunnen vormen voor de studie van die wezens en van de vraagstukken, die hen betreffen en die ons boeien). Gaat het, integendeel, om vergankelijke wezens, planten en dieren, dan bemerken wij dat veel meer uitzicht op een kennis van zaken bestaat, omdat wij te midden van hen leven. Dientengevolge kan men veel feitenmateriaal over elk taxon bijeenbrengen, als men zich daarvoor inspant. Beide terreinen van studie hebben overigens hun eigen bekoering.

De studie van de bovenaardse wezens, hoe weinig tastbaars die ons ook oplevert, schenkt ons toch, in verhouding tot onze oogst, meer voldoening dan alles wat binnen ons bereik ligt. En zo geeft de aanblik, vluchtig en onvolkomen, van de dingen die ons na aan het hart liggen, meer vreugde dan de nauwkeurige kennis van andere dingen, hoe omvangrijk die ook moge zijn. Maar toch omvat de kennis van de vergankelijke wezens die voorwerpen beter, en in groter aantal. Bijgevolg ontstaat een veel verder reikende wetenschap. Al naarmate die wezens beter binnen ons bereik komen en ook omdat zij ons in geaardheid nader staan, wordt min of meer het evenwicht met de kennis van de goddelijke wezens hersteld.

Omdat wij al over die wezens gesproken hebben, en onze opvattingen over hen uiteengezet hebben, ligt nu de taak voor ons over de levende natuur te spreken waarbij wij, waakzaam, zoveel als mogelijk is geen enkele bijzonderheid, hetzij van bescheiden betekenis dan wel van groot gewicht, mogen veronachtzamen.

Want zelfs al betreft het vergankelijke wezens met een onaantrekkelijk uiterlijk, toch biedt de natuur, die hen gemaakt heeft, voor degenen die hen bestuderen, een onuitputtelijk welbehagen indien men althans de oorzaken onderkennen kan en een ware filosoof is. Het zou overigens onredelijk en onbegrijpelijk zijn om genoeg te scheppen in afbeeldingen van die wezens, waarin wij de talenten van de kunstenaar, schilder of beeldhouwer bespeuren en dan niet nog meer genoeg te beleven door die wezens zelf te beschouwen, zoals de natuur hen maakt, als we er tenminste in slagen de oorzaken te bevroeden.

Daarom behoort geen kinderachtige tegenzin te bestaan om de studie van de onaanzienlijke dieren te beoefenen. Want in alle natuurlijke dingen schuilt iets wonderbaarlijks. Herakleitos heeft, zo wil het de overlevering, bezoekers uit den vreemde, die bij de deuropening bleven staan omdat zij hem bij zijn keukenvuur zagen zitten om zich te warmen, gevraagd zonder aarzelen binnen te komen. Hier verblijven goden, zei hij, evenals elders. Men moet, evenzo, het onderzoek van elk dier aanvatten, zonder twijfeling, want elk levend wezen bezit natuur en schoonheid."

Hier zijn Aristoteles' 'filosoof' en onze 'bioloog' identiek. Aristoteles schreef dit omdat hij — men mag het vermoeden — te kampen had met ongeïnteresseerde studenten, die er 'niets in zagen'. Duidelijker te zeggen hoe hij over de visuele waarneming en de betekenis van de biologie voor menselijk welzijn dacht, is echter niet mogelijk. Maar welke draagkracht hebben door waarneming gevonden gegevens, hoe inspirerend ook, als argumenten bij bewijsvoering? Beschouwen we eens het 'leven der bijen' zoals Aristoteles het beoordeelde.

In boek IX van *Historia Animalium* staat een opstel over bijen en juist dit boek is ge-

heel of grotendeels vervalst. Toch mogen de bijenstudies in de publikaties op naam van Aristoteles als de zijne gelden, want hij komt elders herhaaldelijk op dit onderwerp terug (boek IV en V, en de beneden geciteerde plaats). Hij doorzag de bijenmaatschappij ten dele: de koningin bleef bij hem – zoals in de gehele Oudheid – koning maar, schreef Aristoteles, de werksters die darren voortbrengen hebben in zich zoals planten, zowel het mannelijke als het vrouwelijke.

Gen. Anim. III, x: “Zo schijnt de levenscyclus van de bijen te verlopen, als wij uitgaande van theoretische overdenkingen, te zamen met de waarneembare gebeurtenissen, die daarbij plaatsvinden, tot een slotsom komen. Evenwel zijn de waarneembare gebeurtenissen nog lang niet voldoende nagegaan. Wanneer deze echter eens vastgelegd zullen zijn, dan moet de waarneming met meer vertrouwen bejegend worden dan de theoretische overdenkingen en deze laatste slechts indien zij tot de conclusies voeren, die in overeenstemming zijn met datgene wat door waarneming beschikbaar kwam”.

Platoon en de zijnen heeft Aristoteles met deze uitspraak onmiskenbaar de rug toegekeerd. Ofschoon hij een deductieve benadering steeds toeliet, controleerde en verbeterde hij uitgangspunten met behulp van zintuiglijke perceptie en omgekeerd, d.w.z. zijn methode is die van de huidige bioloog.

Aristoteles sloot zich evenwel in zijn vroege geschriften nauwer bij Platoons ideeënleer aan en hij aanvaardde in die periode, evenals Platoon, de vier traditionele elementen, waar Empedokles (I.10) van uitging. Gaandeweg wijzigde hij zijn opvattingen aanzienlijk.

Hij verwierp de gedachte aan atomen van verschillende aard en grootte, die Demokritos (I.12) bepleit had, en die Platoon volgde, maar maakte de vier Empedokleïsche elementen schikkelijk en hanteerbaar door ze niet star en enkelvoudig op te vatten. Elk element werd door een toegevoegde eigenschap met nieuwe mogelijkheden voorzien. Men kan deze verfijning als een toenadering tot Anaximandros' (I.4) en Herakleitos' (I.8) theorieën zien, maar onafhankelijk daarvan vernieuwde en verdiepte Aristoteles de elementenleer aanzienlijk.

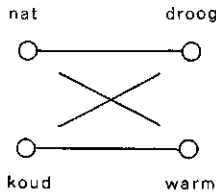
Kort omschreven was Aristoteles' opvatting van de stoffelijke wereld als volgt: De materie, het stoffelijke deel van het lichaam van plant, dier en mens, bestaat uit vier samengaande elementen, die altijd alle aanwezig zijn. Maar zij zijn meer, veelzijdiger, dan de Empedokleïsche elementen. Het zijn vuur (het warme met iets van het droge), lucht (het vochtige met iets van het warme), water (het koude met iets van het vochtige), en aarde (het droge met iets van het koude). De Aristoteliaanse elementenleer laat zich illustreren in het bijgevoegde schema.

Daarbij moet in het oog worden gehouden – in tegenspraak met Empedokles – dat het warme en het koude activeren en dat het droge en het vochtige passief gedrag opleggen. De wisselwerkingen van de actieve en passieve elementencombinaties veroorzaken de natuurverschijnselen. Bovendien kunnen elementen in elkaar overgaan (of elkaar vervangen) als hun begeleidende eigenschappen zich wijzigen. Water wordt aarde als het bevriest en wordt lucht als het verdampt. Men moet, meende Aristoteles, de rangschikking van de elementdeeltjes vergelijken met de stenen in een muur. Deze blijven wat ze zijn, maar samen kunnen zij eindeloos verschillende resultaten door hun rangschikking opleveren.

Uit elementen (ongevormde materie) vormt de ziel (*psyche*) voorwerpen, een dood of een levend wezen, en in dat laatste geval steeds dezelfde vorm opnieuw. Alle diversi-



THALES (600)



ANAXIMANDROS (560)



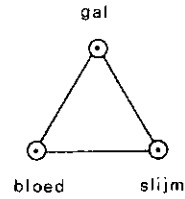
ANAXIMENES (540)



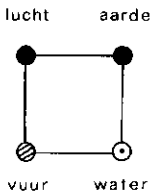
PYTHAGORAS
- HERAKLEITOS (500)



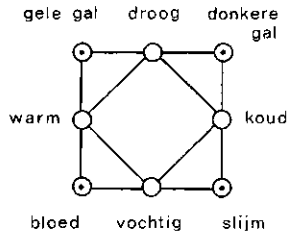
PARMENIDES (500)



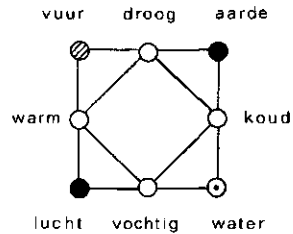
ALKMAÏOON (500)



EMPEDOKLES (450)



HIPPOKRATES (400) -
- ARISTOTELES



ARISTOTELES (340)

- : geardheid
- : materie
- ◐ : zowel ○ als ●
- ⊙ : vloeistof

Fig. 5. Schematisch overzicht van de elementenleer van Thales tot en met Aristoteles.

teit van vormen ten spijt, is de levende natuur toch een statisch geheel van een gegeven aantal vormen (zie Linnaeus, X).

Alle dingen te zamen maken de kosmos en deze blijft eeuwig dezelfde, zichzelf gelijk in wetmatige veranderlijkheden. Maar binnen dit bestel zijn in levende stof allerlei wiselingen reëel en gangbaar.

Vorm (*morfe*) is het meest eigene van een voorwerp en maakt het tot wat het is, maar *morfe* is ook onafscheidelijk van de materie (*hyle*) en kan zonder de materie niet verwelikt worden. Indien men zegt dat Ideeën abstracties zijn en dat alles daarmee verklaard is, dan "spreekt men zonder ook maar iets te zeggen en slechts om poëtische beeldspraak toe te passen".

Vorm (*morfe*) is deel van het voorwerp: deze vorm, deze mens, bestaat, is een feit, leeft; niet de mens, dat is een begrip, een abstractie. Inzoverre alle mensen op elkaar gelijken kan van de mens worden gesproken maar slechts met inachtneming van stoffelijke individuele verschillen. In Platoons leer spelen deze verschillen geen rol van belang: de mens is immers een onvolmaakte afspiegeling van een Idee (en onvolmaakt-heden of -heidjes die individueel zichtbaar zijn, maar bedriegelijk, kunnen zo'n afspiegeling vergezellen). Twee duizend jaar later kristalliseert deze overweging uit in Linnaeus' maxime: "Varietates levissimas non curat botanicus" (om heel kleine vormverschillen bekommerd te plantkundige zich niet).

Bij Platoon liggen de mogelijkheden tot enige kennis of inzicht over het ware in de ziel besloten, bij Aristoteles in de zintuigen en in een aan mensen voorbehouden zielsbestanddeel: de rede (*ratio*). Voor hem is met de zintuigen verworven kennis tenminste even deugdelijke werkelijkheid en gedachtebepalend als inzicht uit abstracte overwegingen voortgekomen.

Het behoeft geen toelichting dat de Sokratische methode van benadering, die Aristoteles vervolgens toepaste op de wereld der waargenomen levende wezens, een fundament zou worden van de biologie.

De teleologie wordt door Aristoteles zowel theoretisch als natuurfilosofisch in beschouwing genomen. Doelmatigheid in de natuur is de populaire veronderstelling sinds de mens zijn cultuur en overdenkingen over de natuur begon, en doelmatigheid was voor de filosofen in de Oudheid leidraad voor een begrip van *fysis*. Aristoteles bespeurde en erkende doelmatigheid als wezenstrek van alle levensprocessen. Hij zag doelmatige organen ontstaan als uitwerking van een doelgerichte kracht, entelechie.

Anders gezegd: mogelijkheden voorhanden in een levend wezen worden realiteiten, maar slechts die eigenschappen en organen komen tot stand die voor de plant, het dier, de mens passend en profijtelijk zijn.

Dat brengt met zich mee, zegt Aristoteles, dat een richtende doelmatigheid, een finaliteit, de levende natuur regelt en doet bewegen, dat alle ontwikkeling van een groeiend organisme naar een doel leidt, en dat elke potentie die realiteit wordt een beweging, een worden 'van – tot' toont volgens een voorbestemming.

Het samenspel van *causa*'s dat Aristoteles ontwierp, is tot op de huidige dag een spel gebleven waar talloze biologische vraagstukken en interpretaties om cirkelen.

Het woord *causa* dat in de biologie een meer beperkte inhoud kreeg dan Aristoteles bedoelde kan voor wat zijn visie betreft dikwijls vervangen worden door geaardheid, aard of wezenstrek. Hij ontwierp vier *causa*'s, te weten:

1. het stoffelijke = de grondstof, materie, waaruit een voorwerp bestaat (materiële *causa*).

2. het werkzame = hetgene dat de beweging, de verandering van het voorwerp teweegbrengt (efficiënte causa).
3. het doel = dat wat het wordende ding nastreeft en zijn zal (finale causa).
4. het vormende = het eigenaardige van elk voorwerp, de essentie, de weg die de ontwikkelingsgang volgt (formele causa).

Met het volgende voorbeeld kan Aristoteles' indeling gemakkelijk doorzien worden. Hout, draadnagels en pek zijn de stoffen benodigd voor scheepsbouw (materiële causa). Scheepstimmerlieden maken het schip (efficiënte causa). Het schip zal het voorwerp zijn dat zij willen maken, waarmee men zich op water wil voortbewegen, dat wat de scheepsarchitect bedacht, zó en niet anders zal het worden (finale causa). Schepen zijn voertuigen, d.w.z. alle voorwerpen die zo gevormd zijn dat zij in water niet zinken en zich drijvende kunnen verplaatsen (formele causa).

In 1925 publiceerde G. Santayana, een Spaans-Amerikaanse filosoof (1863-1952), een bundel gefantaseerde dialogen en in één daarvan voerde hij Avicenna (III.6), trouw aanhanger van Aristoteles, sprekende ten tonele. Needham (1934, p. 38) oordeelde dat Aristoteles' leer van de causa's niet beter toegelicht kan worden dan door Avicenna's veronderstelde betoog.

“Aristoteles onderscheidde vier grondbeginselen waarmee de Natuur doorzien kan worden. Onwetenden denken dat deze verandering veroorzakende krachten alle gelijkelijk en gezamenlijk elk natuurlijk verloop teweeg brengen. En daarom zeggen zij, als een kuiken uit het ei komt, dat de warmte van de kloek de efficiënte causa is. Maar deze warmte zou uit een steen géén kuiken te voorschijn roepen zodat een tweede oorzaak te hulp moet komen, die zij de materiële causa noemen, dat wil zeggen de aard van het ei. De essentia, het eigene van een ei is nu juist datgene wat een kuiken zal opleveren als men een zachte warmte handhaaft want, zo merken zij schrandler op, koken zou elke mogelijkheid om tot uitbroeden te geraken verjagen. Maar toch, zo vervolgen zij hun beschouwingen, een zachte warmte toegevoegd in het algemeen aan de eigendommelijkheid van een ei zou slechts uitbroeden als gebeurtenis veroorzaken en niet het uitbroeden van een kippekuiken, zodat een derde factor, die zij de finale causa noemen, of met andere woorden het doelwit, hieraan moet meewerken. Deze sturende kracht is het bovennatuurlijke idee van een volmaakte haan of een volmaakte hen, dat de ontwikkeling regelt en dat veroorzaakt dat het ei-achtige van zo'n ei nu tot een kuiken zal worden gelijk aan de dieren die het ei voortbrachten. Evenwel oordelen zij dat deze drie causa's niet toereikend zijn om hier ter plekke en op dit ogenblik dat kuiken te leveren. Zij zien zich gedwongen een vierde causa, een formele causa, op te laten treden, namelijk een gepaste dooier, een gepaste dop en een gepast boerenerf waarin en waarop de andere drie causa's werkzaam kunnen zijn om met vereende krachten dit bijzondere kuiken uit het ei te laten komen, dat waarschijnlijk een kreupel en komiek beest zal blijken te zijn, al die begunstigers ten spijt.

En zo leggen die geleerde babbelaars het er op aan de Natuur uit woorden op te bouwen en de vier causa's die de werking der natuur vertolken krachten te noemen die elkaar wederzijds aanvullen om de organismen lijfelijk tot stand te brengen. Alsof de volmaaktheid een bron van onvolmaaktheid zou kunnen zijn of met andere woorden, de vorm die voorwerpen al naar het zich voordoet bezitten een van de causa's zou zijn van dat vormbezit. Op een diepgaand verschillen-

de manier verduidelijken die principe's, die vier causa's de wereld, als ons hoger inzicht hen ervaart als vier lichtstralen uitgaande van een zorgzame voorzienigheid."

Zo becritiseerde Avicenna, bij monde van Santayana, de scholasten en sofisten van de Middeleeuwen, door hun redeneermodel te analyseren en hun tekort te constateren. Aristoteles' natuurbeschouwing reikt dieper en verder dan de herkenning van vier factoren als mechanistische veroorzakers van levensverschijnselen.

Peck (1943) illustreerde de causa's in de biologie ongeveer als volgt. Laat ons, bijvoorbeeld, een 'hond' verklaren. De efficiënte causa is in dit geval de begincausa. De ♂ ouder brengt de ontwikkeling, de *fysis*, op gang. De materiële causa, de grondstof, wordt daarna door de ♀ ouder verschaft: het embryo ontstaat uit de menstruatievloeistof, waar vervolgens andere voedselstof uit het lichaam aan wordt toegevoegd. Na de geboorte verschaft de ♀ ouder nog enige tijd voedsel. De formele causa beheerst de groei en de groeiwijze van het embryo, zodat dit zich ontwikkelt op de wijze die de hond eigen is en die tenslotte in een volwassen hond resulteert. De finale causa coördineert en stuurt de drie andere causa's zodat het van den beginne beoogde doel, een 'hond' zo volmaakt mogelijk verwerkelijk wordt.

Aandacht verdient dat de ♀ ouder alle materie verschaft (deze opvatting ontmoeten wij bijvoorbeeld nog bij Harvey en de 'ovisten'). Voorts dat de ♂ ouder de efficiënte causa, 'de ziel', bijdraagt d.w.z. dat de ♂ ouder te zamen met de efficiënte ook de formele causa bijdraagt: de Vorm. Het is toch immers zo dat in de ♂ hond de honde-aard, de vorm, geheel aanwezig is maar dat de groei van het embryo geheel in de ♀ hond plaats heeft.

Vorm is echter geen onafhankelijk begrip, een Idee dat zich al dan niet door middel van materie (ten dele) kenbaar kan maken; dat wilde Platoon. Aristoteles daarentegen, wil dat vorm steeds aan materie gebonden is. De vier causa's te zamen veroorzaken dat materie aan vorm werkelijkheid verschaft, expressie verleent. Elk levend wezen, individueel, of vele te zamen als een taxon, toont 'vorm'. Deze ontplooit te zamen met het groeiende organisme, karakteriseert het en bereikt in het volgroeide dier zijn perfectie, zijn 'doel'. Het doel is, van het eerste begin af, inwendig verankerd, 'immanent': hond wordt hond, in elk milieu.

Elk dier zal zichzelf voortzetten, een aan hemzelf gelijk nieuw dier voortbrengen. Dat verschijnsel is het meest wezenlijke van het levende dier, het is noodzakelijk en het is de functie van de 'voedende ziel' (zie verder VI.3).

Uit het Aristotelische bestel van de kosmos – dat ik hier niet verder zal beschrijven – laat zich deze natuurdrift verklaren. God was niet bij machte om het heelal van de uiterste uithoeken tot in het centrum toe met het 'eeuwig zijnde', het perfecte, te vullen en bevolkte daarom de aarde met datgene wat een eeuwig onveranderd voortbestaan het meest benadert: nooit aflatende voortplanting, ongewijzigde herhaling van het voorafgaande, een verschijnsel dat Weismann in de 19e eeuw in een nieuwe gedaante zal uitwerken.

In levende wezens zijn de finale en de formele causa's te zamen de kenbare entelechie. Pas na de 18e eeuw zullen chemie, fysica en techniek de middelen verschaffen om de materiële en de efficiënte causa's nader te onderzoeken. De finale en de formele causa's bleven voor natuurwetenschappelijk onderzoek ontoegankelijk.

Deze vier causa's, de veroorzakers van de *fysis*, moeten zelf een beweging hebben, een begincausa, en al verder terug schouwend bereikt Aristoteles de Allereerste Beweging:

God, de *prima causa*.

Toen, veel later, deze gedachtengang begrepen en naar waarde geschat was, erkende de Kerk Aristoteles als een christen *avant-la-lettre*. De bioloog van heden ziet, na 23 eeuwen, de kernvraag nog steeds duidelijk omschreven voor zich: is de bron van alle levensverschijnselen voor mensen kenbaar als een fysisch-chemische mathematheose of een elk mensenbegrip te buiten gaande, eeuwig werkzame en alomvattende *Causa*?

In de 20e eeuw zal bij sommigen een onzekerheid ontstaan: of, uiteindelijk, deze vraag een kenbaar probleem betreft en bijgevolg, of een antwoord mogelijk is. Andere evenmin ooit afdoend beantwoorde vragen stelt Aristoteles aan de orde: Wat is wezenlijk, het wézen van een levend organisme? Wat is werkelijkheid, hoever reikt waarneeming nu eigenlijk?

Deze vraagstukken beïnvloeden, heden ten dage niet minder dan al zo lang geleden, terreinen van denken over biologische problemen. Zij betreffen de aard en de reikwijdte van de grondstof, de stof die zich als levend voordoet, de vorm (van het weefsel, van de organen, van het 'geheel') en, misschien de voornaamste in de reeks vragen, of de functie van een orgaan of organisme doelgericht is, en zo ja, tot welk doel?

Aristoteles laat functie, het te verwezenlijken proces, voorafgaan aan vorm. Een orgaan krijgt zijn vorm opgelegd in overeenstemming met zijn voorziene, in de toekomst benodigde functie; het orgaan is het werktuig dat zal voldoen aan de, tijdens de levensloop van het organisme, noodzakelijke vereisten. Hij maakte de volgende analyse van levensverschijnselen mogelijk. Bijvoorbeeld: Wat is een oog?

1e antwoord: een orgaan dat 'zien' veroorzaakt (functie); 2e antwoord: een (bolvormig) orgaan dat licht op lichtgevoelig weefsel concentreert (vorm); 3e antwoord: een orgaan, dat een beeld van de buitenwereld verschaft en voor vele levende wezens onontbeerlijk, voor andere overbodig en voor nog andere nu eens nuttig dan weer nadelig kan zijn. Alle drie antwoorden zijn juist. Maar slechts afdoende binnen de grenzen van een der intenties van de vraag. Het eerste antwoord zal de fysioloog prefereren; de morfoloog kiest het tweede; degene die evolutievraagstukken overweegt, het derde.

In talrijke varianten zouden de biologische ken- en kernproblemen zich in de loop der geschiedenis aandienen en onveranderlijk, te beginnen bij de Grieken, kiezen de vragers a priori partij. In de twintigste eeuw, schijnt mij toe, ontstond naast de drie antwoorden een vierde, waar de fenomenologische school en met name de *metabologica* wellicht de stoot toe gaf: een oog is een door de mens herkend gezichtsorgaan.

De gevolgen voor het model van experimenten en het model om te concluderen, die een keuze tussen de vier formules met zich meebrengt, worden hier niet verder uitgewerkt. Het werk van Aristoteles dat grondslag voor een half dozijn disciplines van de biologie werd, zal nog nader in verband daarmee aan de orde komen (V, X). Voorzien van het eerst benodigde uit zijn wijsgerige overdenkingen, zullen wij nu een keuze doen uit zijn biologische verhandelingen.

Historia Animalium is een leerboek dat Aristoteles hoogstwaarschijnlijk samengesteld en gebruikt heeft ten behoeve van zijn onderwijs. Daar wijzen herhalingen op, terug-verwijzingen, aankondigingen. Het handelt vooral over anatomie en ethologie. Ongeveer 400 diersoorten zijn min of meer herkenbaar. De groeperingen die daarmee samengingen komen in het desbetreffende hoofdstuk aan de orde (X).

Hij moet het mes gehanteerd hebben, anders kan zijn feitenkennis niet verklaard worden. Mensen heeft hij misschien ontleed; zijn betoog ten aanzien van die soort ontledingen laat dit in het ongewisse. Bovendien was het misschien moeilijk aan lijken te

komen, of was het wijzer voor een Macedoniër zich daarmee niet in te laten. Hoe dan ook, sectie op mensen scheen niet zo belangrijk omdat de mens lichamelijk toch van dieren niet wezenlijk zou verschillen. Maar hersenen moet hij gezien hebben. Hersenen beoordeelde hij als koud en bloedloos, een orgaan om het warme denkende hart, het centrum van het levende lichaam te koelen. Hij constateerde verschillen met het warme vette ruggemerg en beenmerg is weer anders. Ik denk dat hij hersenen, rugge- en beenmerg te zamen beoordeelde en vergeleek omdat zij alle de inhoud van botholten zijn, overeenkomen in ligging. Menselijke embryo's kon hij ruimschoots bestuderen.

Cuvier kwam in de 19e eeuw tot de uitspraak dat Aristoteles' *Historia Animalium* tot de 18e eeuw het enige boek over vergelijkende anatomie was gebleven. Dit oordeel ziet *De Partibus Animalium* over het hoofd, een verrassende omissie te meer omdat het laatstgenoemde werk door zijn methode en synthetische aanpak in betekenis *Historia Animalium* overtreft. Niettemin is Cuviers oordeel gefundeerd: tot ver in de 18e eeuw werd geen vergelijkende anatomie gepubliceerd van de kwaliteit en reikwijdte die Aristoteles' verhandelingen bezitten.

Aristoteles opende dieren, vermeldde de ligging van de organen en besprak in verband daarmee hun functie, hun samenspel in het gehele organisme. Hij keek toe en oordeelde uitgaande van de volgende stelling:

“Het geheel is meer dan de delen; een deeltje, een orgaan van een levend wezen is niet zo maar een deeltje, een orgaan, het is tevens een wezenlijk en onmisbaar bestanddeel van het gehele lichaam, van het totaal.”

Dit past, meen ik, bij de gerichte aandacht van Aristoteles voor de diversiteit van de vormen. Zijn filosofie geeft aanleiding tot deze mening.

Immers, als elk voorwerp zijn immanente *psyche* bezit, dat wil zeggen *psyche* die de materie vormt en die onafscheidelijk van de materie (*hyle*) is, dan is *psyche* het wezen van het voorwerp. De *psyche* bepaalt immers het ding en daarmee de vorm, die de functie realiseert. Het wezenlijke ervaart men, terugschouwend, door de functie. De rol van de *causa's* werd hierboven vermeld en blijft hier onbesproken.

De *psyche* te onderkennen en op te sporen, dat is nu onze toeleeg. Inzicht te ontwikkelen over het 'dolfijn-zijn', 'mus-zijn', 'oog-zijn'. Eenmaal in het bezit van die kennis is het verschil in uiterlijk van elk 'ding' niet langer een hindernis bij het zoeken naar inzicht, het uiterlijk wordt een variabele, een *accidens*. Allen weten we wat een hond 'is' en niemand houdt een sint-bernhard voor een wezenlijk ander dier dan een hazewind. Het zijn beide expressies van 'hond-zijn'. Zo is een orgaan eveneens de expressie van een functie. De functies zijn het die het organisme doen leven en die te kennen, te lokaliseren en bij vele organismen vergelijkend op te sporen is de doelstelling van *Historia Animalium*. De vorm van de behuizing van de functie is toegevoegd. En zo past in de Aristotelische opvatting dat bloed, de zetel van leven, het gewichtigste en veelzijdigste orgaan van het lichaam, vormloos is: een vaste vorm zou de bloedfunctie verhinderen.

Aristoteles meet niet, weegt niet, omschrijft de orgaanvorm niet (vergelijkt die wel, en passant, met een bekend voorwerp), maar hij plaatst elk orgaan in het lichaam in samenhang met het geheel, vermeldt als hij reden daarvoor ziet het stoffelijke resultaat van het samengaan van de elementen, bespreekt de functie, vergelijkt overeenkomstige situaties bij andere dieren en betreft niet zelden het milieu bij zijn beschouwing. Analyserende waarnemingen meet- en rekenkundig, getalmatig vastgelegd, zijn hem vreemd. Na de 16e eeuw zullen de Westerse biologen de kwantitatieve manier van waarnemen tot een standaardmethode maken.

Inktvissen hebben een 'snavel' en een ruwe tong. Dat herinnert aan vogels en Aristoteles wijst er op dat zij een krop bezitten, zoals de vogels, en een maag en daarnaast een blinde darm en een lever. De ingewanden en de inktzak, die tegen de lever aan liggen, hebben één gezamenlijke uitmonding deelde hij mee. Dat is fout. Het zijn er twee. De fout is in de antieke denktrant van weinig belang; één of twee, dat telt nauwelijks, het gaat om de functie: beide organen stoten hun inhoud uit.

Inktvissen (*Cephalopoda*) hebben een inwendig skelet en zachte delen als buitenbekleding. De overige weekdieren, stelde Aristoteles vast, hebben hun skelet buiten (schelp) en de zachte delen binnen. Bij *Actiniaria*, aan rotsen gehechte zeeanemonen en hun verwanten blijkt het schema moeilijk toepasbaar. Welnu: hun skelet is de rots waaraan zij gehecht zijn. Dit voorbeeld laat beter dan vele andere zien hoezeer functie alle Aristoteliaanse interpretaties regeert en illustreert tegelijkertijd dat een kloof tussen dode en levende stof voor Aristoteles en zijn tijdgenoten niet bestaat.

En zo zal Aristoteles tenslotte de kreeftachtige *Cirripedia*, de zeepokken en eendemossels, naast en in samenhang plaatsen met weekdieren die één schelp hebben (*Haliotis*, *Patella*). Alle samen zijn 'Malakostraka' of 'Ostrakoderma'. Zij bezitten één schelp, één enkelvoudig buitenskelet, leven in zee en zijn op een vaste plek verankerd. Functioneel horen zij daarom bijeen en de lichaamsmorfologie of -anatomie, naar latere opvatting zo fundamenteel verschillend, is voor Aristoteles een bijkomstigheid.

Een voorbeeld dat Aristoteles' methode (prioriteit van functie) tot betere conclusies kan voeren dan de huidige werkwijze (prioriteit van vorm), treffen we in een van zijn inktvissenstudies aan.

Hij ontdekte dat ♂ *Cephalopoda* (Koppottigen) een paringsorgaan "aan één van hun voeten" meevoeren. Dat orgaan lijkt op een 'pees' en ligt te midden van de armen.

Tijdens de Renaissance en nog in de 19e eeuw zijn de biologen unaniem tevreden met de opvatting dat dit orgaan een parasitaire worm zou zijn (vorm!). Maar Aristoteles zag de functie en werd daardoor de ontdekker van het fameuze 'hectocotyl', het unieke paringsorgaan van sommige inktvissen. Pas in 1851 (en 1894) bewezen Verany (en Racovitza) Aristoteles' opvatting.

Tricot (1957) wees op een passage (*Hist. Anim.*, boek VIII) die het vraagstuk behandelt van lucht-inademende waterdieren terwijl andere waterdieren dit nalaten; die hebben kieuwen. Het lijkt haast, meende Aristoteles, of het wezen van zulke dieren een wijziging onderging, zoals bij dieren optreedt, die wel op elkaar lijken maar ♂ en ♀ zijn. Een klein orgaantje veroorzaakt door te veranderen een wijziging van de aard van het lichaam. Men kan dit, betoogde Aristoteles, bij gecastreerde dieren nagaan. Vernietig een klein orgaan en het ♂ dier wordt ♀ van aard. Zo'n klein orgaantje bezit klaarblijkelijk het karakter van een uitgangspunt, een principe (vgl. efficiënte causa, hierboven vermeld). Het bepaalt de bouw, uiterlijk en functie van het organisme. Een embryo laat het zien: een kleine wijziging in de grootte van het geslachtsorgaan zal de sekse tenslotte bepalen. Petit (1962) legde er terecht de nadruk op, dat dit de basis is voor de huidige endocrinologie.

Aristoteles' leer van de entelechie verklaart dat hij zonder bedenken uit dode stof levende wil laten ontstaan. Entelechie laat zonder bezwaar een geleidelijke overgang van dood naar levend toe. De scheiding of dood of levend is het moderne biologische standpunt. Aristoteles zag geen wezenlijke scheidslijn en daarom geen vraagstuk. *Generatio spontanea*, levende wezens voortkomend uit dode stof in bepaalde milieu-

omstandigheden is een natuurlijke zaak.

Hist. Anim. V, xv: "Over het geheel ontstaan alle schelpdieren vanzelf (*automata gignetai*) in de modder, en al naar de soort modder zijn zij verschillend. In klei houdend slijk groeien oesters, in zandig slijk alikruik en de andere die ik al genoemd heb."

Ofschoon verreweg de meeste vissen, zegt Aristoteles, uit eieren voortkomen, ontstaan toch ook enige uit modder en uit zand, zelfs al zijn er daaronder die copuleren en eieren leggen. Dit gebeurt in vijvers die uitdrogen en leegraken. Lopen zij na regens vol, dan zijn er dadelijk kleine visjes; die bevatten nooit hom of kuit. Helemaal gerust schijnt Aristoteles er toch niet op te zijn; hij wijst (als een beperking) er op dat het verschijnsel zich in het bijzonder voordoet in een vijver in de buurt van Knidos: "naar men zegt". Maar hij blijft toch bij zijn mening dat er vissen zijn die zonder voorafgaande copulatie of kuitschieten verschijnen, en uit modder en water ontstaan. De aal is daar een uitstekend voorbeeld van.

Aristoteles erkende wel dat alen naar zee trekken maar, zei hij, nimmer is er een gevonden die hom of kuit bevatte en in drooggevallen poelen die weer vol water lopen verschijnen ze dadelijk uit de modder. In de droge bodem huizen zij in gangen, zoals in de ingewanden der aarde, waaruit zij ontstonden. Regenwater is hun voedsel en daarom duiken ze op zodra de poel zich vult.

Is een koraal een steen of een levend wezen? Is een spons een dier of een plant? Zowel het een als het ander, oordeelde Aristoteles. Van dode naar levende stof, daarna tussen levende organismen, zijn heel kleine verschillen, een zeer geleidelijke overgang van planten naar plant-dieren (*zoöfyta*: op de zeebodem vastzittende, plantvormige dieren) en vandaar weer naar wat kennelijk dieren zijn, een schier eindeloze reeks. Een reeks die uit onderling nauwelijks verschillende deelnemers bestaat, beginnende met dode stof en eindigende met de mens. Planten komen eerst, dieren daarna, die staan hoger in de reeks, de *scala naturae*, de ladder van vervolmaking, die zovele eeuwen in de cultuur van het Westen, en in de biologie, zo'n grote rol zal spelen (X).

De kwaliteit van Aristoteles' waarnemingen kan naar believen met voorbeelden worden toegelicht.

Hist. Anim. V, xvii: "De vrouwtjeskreeft is na paring bevrucht en de eieren blijven ongeveer drie maanden in haar lichaam . . . daarna plaatsen zij de eieren in de plooien van de buikonderzijde en de eieren groeien als larven. Hetzelfde heeft plaats bij de inktvissen en de eierlevendbarende vissen: van al die dieren groeien de eieren."

Hiermee constateerde Aristoteles dat eieren gelijk in grootte kunnen blijven (zoals het kippeï; de harde buitenwand laat alleen gas door) of in grootte kunnen toenemen (vooral bij waterdieren; door de wand dringen water en anorganische stoffen naar binnen). Na vele eeuwen werden zijn waarnemingen nader onderzocht en bevestigd.

Aristoteles vermeldde dat het mannetje van een meerval bij het legsel de wacht houdt, terwijl het wijfje haar eigen weg gaat (*Hist. Anim.* VI, xiv). Hij schrijft:

"De eieren van de *Glanis* ontwikkelen zich het langzaamste en daarom bewaakt het mannetje die wel veertig of vijftig dagen, om te verhinderen dat het legsel door allerlei kleine vissen, die toevallig kunnen naderen, verslonden wordt."

Een nestbewaking door vissen. Niemand die het geloofde. Cuvier en Valenciennes geven in hun klassieke *Natuurlijke Historie der Vissen* (1839) beleefd te kennen: "dat wat Aristoteles bericht, heeft een wonderbaarlijk tintje". Agassiz, zoöloog te Harvard

(USA), ontving in de vijftiger jaren vissen uit de Acheloös, die daar nog altijd *glanos* genoemd worden en hij wist van de broedzorg van Amerikaanse meervallen. Hij publiceerde in 1857 als 'nieuwe' Griekse meervalsoort *Parasilurus aristotelis* en accepteerde zonder aarzelen Aristoteles' mededeling, die na verder onderzoek bleek te kloppen. Deze twee voorbeelden mogen de kwaliteit van Aristoteles' natuurwaarnemingen aantonen.

De Partibus Animalium (347-342, voltooid in ca 330) is veel meer dan *Historia Animalium* gericht op theoretische achtergronden. Welke methode moet bij biologisch onderzoek gevolgd worden, vraagt Aristoteles zich af. De mens, de leeuw, het rund, elk voor zich, een eigen onderwerp van studie maken? Of moet men eerst de functies bestuderen, die zij allen gemeen hebben en daarna de bijzondere gevallen? Kiest men het eerste, dan zijn herhalingen onvermijdelijk, want slaap, ademhaling, groei, dood, om voorbeelden te noemen, vindt men steeds weer als eigenschap van overigens sterk verschillende organismen.

Ook zijn er functies die één naam hebben, maar op allerlei manieren volvoerd worden, zoals voortbeweging: vliegen, zwemmen, lopen, kruipen. Moet men eerst alle feiten verzamelen, alvorens de gemeenschappelijke causa aan te wijzen, of andersom?

Hier toont Aristoteles zich leerling van de jonge Platoon, beter gezegd van Sokrates. Men moet beginnen met de feiten die bij elke vormengroep behoren, de causa van ieder feit aanwijzen en met behulp van de algemene causa het verloop van de verschijnselen behorende bij vormengroepen in het algemeen vaststellen. Letterlijk citeerde Aristoteles uit Platoons dialoog *Filebos* Sokrates' uitspraak (Pierre Louis deed de ontdekking, 1955): "De genese is wat het bestaande teweeg brengt en niet het bestaande de genese". Dit is uitgangspunt voor de methode en het bevestigt tegelijkertijd het finalisme in Aristoteles opvattingen, de finale causa, en voert tot een behandeling van biologische vraagstukken zoals heden nog vaak gebruik is.

Met een passende terminologie wordt de vraag geformuleerd, het probleem daarna omschreven en begrensd, dan komen vroegere opinies, of voorafgaande antwoorden aan de orde en vervolgens, als er aanleiding toe bestaat, overeenkomstige kwesties in ander verband. Hierna zoekt men, en zocht Aristoteles, zelfstandig een oplossing op basis van oud en nieuw feitenmateriaal of nieuwe inzichten. Tenslotte vat men het resultaat samen en voegt het toe aan een theorie met een wijder bereik.

Een tekenend voorbeeld van een Aristoteliaanse beschouwing gebaseerd op waarneembare feiten, die pro en contra geordend tot een conclusie voeren, koos ik uit de *Parva Naturalia* (*Peri Aistheseos kai Aisthethoon* II), waar hij begint met op te merken dat Demokritos het oog als water beschouwt en meent dat het zien door weerspiegeling veroorzaakt wordt. Aristoteles onderschrijft de gedachte dat in het oog het element water heerst, maar het 'ziet' niet vanwege de weerspiegeling, maar omdat de inhoud doorschijnend is, evenals lucht.

"Dat de pupil en het oog uit water bestaan wordt duidelijk door de volgende feiten. Wanneer wij ontbinden, vloeit er water uit en dit is, vooral als het embryo's betreft, bijzonder koud en helder. En het oogwit van de dieren die bloed hebben, bestaat uit vet en olie; dat bewerkt dat het vocht niet zal bevriezen. Om die reden is het oog het minst aan koude onderhevige lichaamsdeel, want niemand heeft ooit koude gevoeld in het binnenste van zijn oog".

Een controleerbare waarneming steunt de bewering, de mededeling. Hoe komt nu 'zien' tot stand? Aristoteles gaat verder (l.c.)

“Maar in het algemeen is het onlogisch om te veronderstellen dat zien ontstaat door iets dat van het oog uitgaat, en dit zo ver als de sterren doordringt, of naar een of andere plek toe gaat en zich daar met het voorwerp vermengt, zoals sommigen denken. Het zou beter bedacht zijn te menen dat vermengen binnen het oog optreedt om mee te beginnen. Maar dit is ook ongerijmd: want hoe immers zou licht zich met licht vermengen? Hoe moet dit gebeuren? Omdat zo maar vermengen onmogelijk is. Immers hoe kan iets dat binnen is, zich mengen met iets dat buiten is? Want het oogvlies is er tussen. Elders werd de onmogelijkheid van zien zonder licht besproken. [Bijgevolg moet er binnen in het ziende oog licht zijn. vert.]. Maar of licht of lucht tussen het geziene voorwerp en het oog is, de gang daar doorheen is het, die ‘zien’ tot stand brengt. En het ligt voor de hand dat de inhoud water is, want water is doorschijnend. In de buitenwereld is geen ‘zien’ mogelijk zonder licht, en daarom moet evenzo de inhoud [binnen in het oog] licht doorlatend zijn. En dit kan niet anders dan water zijn, want lucht is het niet”.

De *psyche*, of het deel van de *psyche* dat waarneemt, zetelt niet aan de oppervlakte van het oog, maar klaarblijkelijk van binnen. Bijgevolg moet de ooginhoud doorschijnend zijn en ontvankelijk voor licht. Dat is wat uit het geheel der feiten blijkt.

“Want het is een feit dat als in de oorlog iemand tegen de slaap werd geraakt zodat de gaatjes die naar het oog leiden onderbroken werden, duisternis ontstond zoals door het doven van een lamp, (want de doorschijnende eigenschap wordt onderbroken zoals door een gordijn, de zogenaamde pupil)” . . .

Dat ik het slot van de tekst tussen haakjes plaatste, wil zeggen dat mogelijk een kopiist of vertaler eens de slotopmerking heeft toegevoegd (en zo zijn kennis kon luchten). Het (opgemerkte) past immers niet bij het voorgaande.

Belangrijker is Aristoteles’ benadering van het fysische zien. Hij stelt vast dat het inwendige van het oog ‘ziet’, percipieert: een grote stap voorwaarts. En hij bezegelt zijn theoretisch verkregen conclusie met een experimentele ervaring (diepgaand slaapletsel).

Aristoteles legt in zijn biologische geschriften op zichtbare feiten, functies en gebeurtenissen de nadruk: zij bepalen de conclusies.

Parva Naturalia (Peri Neotetos kai Geroos peri Zoes kai Thanatou, II): “Het hart verschijnt bij dieren die bloed hebben het eerst. Dat blijkt uit degene die wij onderzocht hebben en die waargenomen konden worden tijdens hun ontwikkeling. En bijgevolg zal datgene wat in dieren zonder bloed met het hart overeenkomt zich het eerst ontwikkelen”.

De waarneming steunt op bebroede kippeëieren die dag na dag geopend werden. Aristoteles kwam tot de conclusie dat het hart allereerst bloed vormt, de oorsprong is van het bloedvatstelsel, de warmtebron en bijgevolg het denkorgaan is. Hij moet dozijnen bebroede kippeëieren hebben onderzocht terwille van zijn gedetailleerde beschrijving van de ontogenie van het kuiken. Dat betekent onderzoek van een in de tijd geplaatste reeks en van ontwikkelingsstadia, door toegevoerde warmte verkregen. Dat is een experiment, ook in onze huidige opvatting. Het broedverloop van kippeëieren vormde al veel eerder een doel van onderzoek voor Hippokrates en werd daardoor een der vroegste experimenten in de biologie. Het werd telkens en telkens herhaald tot ver in de 18e eeuw toe.

Embryologie had overigens Aristoteles’ levendige belangstelling. Het ter wereld brengen van levende jongen (viviparie) voerde hem zowel op het terrein van de taxono-

mie (X) als van de functionele anatomie. Bij hoge uitzondering blijken sommige vissen vivipaar te zijn.

Hij constateerde dat aanvankelijk eieren in een uterus afdalen, bij de hondshaai bijvoorbeeld, en dat het jong zich daar ontwikkelt. Het embryo is aan een navelstreng bevestigd die zich weer met een 'zuignap' aan de uterusbinnenwand vasthoudt. Een vorm van placenta. Niemand nam notitie van de eerste waarneming en beschrijving van ovoviviparie (eierlevendbarend) totdat J. Müller in 1842 het bestaan van dooierhoudende placenta's bij *Selachii* beschreef en aantoonde.

Een verwondering over de erfelijkheid blijkt uit de vraag, die Aristoteles zich stelde: Waarom een graankorrel altijd opnieuw een graankorrel oplevert en nooit een olijf? Die vraag kon hij niet beantwoorden, wij evenmin, al beschikken wij heden ten dage over een immense hoeveelheid informatie betreffende de gevolgde weg en de stoffelijke basis van de gebeurtenissen in de celkern. Het antwoord op de vraag: Waarom altijd alleen maar dit eendere verloop, blijft open. Aristoteles zocht het antwoord door causa's te postulieren, wij denken, tevreden, aan Mendel en het wonderbaarlijke DNA. Zó is het verloop, zó als de feiten laten zien, maar waarom nooit eens anders?

Dit commentaar bij Aristoteles' vraag is echter niet voldoende, want het is de terugblik van een gezichtspunt uit, dat onder biologen van de 20e eeuw gemeengoed is. Aandacht verdienen de kwaliteit en het gewicht van het stellen van een vraag over dit gelijk blijven in opvolgende generaties, als tegenstuk van de eeuwige *fysis*, in een tijd dat erfelijkheid nog nauwelijks bij overdenkingen aangaande levende stof aan de orde was geweest. Het was in de Oudheid een onverwachte, nieuwe en fundamentele vraag.

Want in al het biologisch denken vóór Aristoteles en nog lang na hem ligt als vanzelfsprekende waarheid verankerd dat elk levend organisme zijns gelijke produceert, zichzelf herhaalt. Dat betekent dat een levend wezen zo moet zijn en zichzelf zal blijven, van den beginne af, in alle opvolgende generaties. Vernieuwing is de onophoudelijke herhaling van het oude in saecula saeculorum. Stabiele elementen ontmoeten elkaar of scheiden; dat veroorzaakt wijziging maar volgt ook een vast programma; niets wezenlijk nieuws komt tot stand (vgl. Empedokles).

Aristoteles neemt de volmaakt gevormde en dus voltallige wereld der levende wezens niet voetstoots aan: ontkennen kan en wil hij deze staat van zaken allerminst, maar dát die wereld er is, zó is, en zo blijft, zich althans zo blijvend voordoet, daar zou hij een logische verklaring voor willen hebben; een ongehoorde, nooit eerder gebleken weetgierigheid.

Maar Aristoteles heeft zich toch niet geheel van allerlei magisch geloof kunnen bevrijden. Kritiekloos neemt hij genoegen met fabeltjes. Omdat het warme en actieve mannelijk, en het koude, passieve vrouwelijk is, zal een koude noordenwind tijdens de baring de geboorte van meisjes veel waarschijnlijker maken.

Kernachtige uitspraken (die tot ver na de Middeleeuwen voortdurend en met bijval van de latere auteurs in de literatuur opduiken) zijn bijvoorbeeld de volgende:

"Planten voeden zich met wortels, die met de navelstreng van een dierembryo vergeleken mogen worden" . . . "Het doel van de bladeren is de vrucht te beschermen" . . . "Het zaad is een soort excretie, een afscheiding van overtollige stoffen" . . . "Bloemen zijn een sieraad, te vergelijken met 't bruiloftskleed van de vogels in het voorjaar, een aankondiging van het begin der vruchtbaarheid" . . .

"Een koekoek in de zomer wordt een havik in de winter".

Glimlachend de schouders ophalen om dit laatste naïeve verhaaltje past de 20e-

TAB. XXXII.

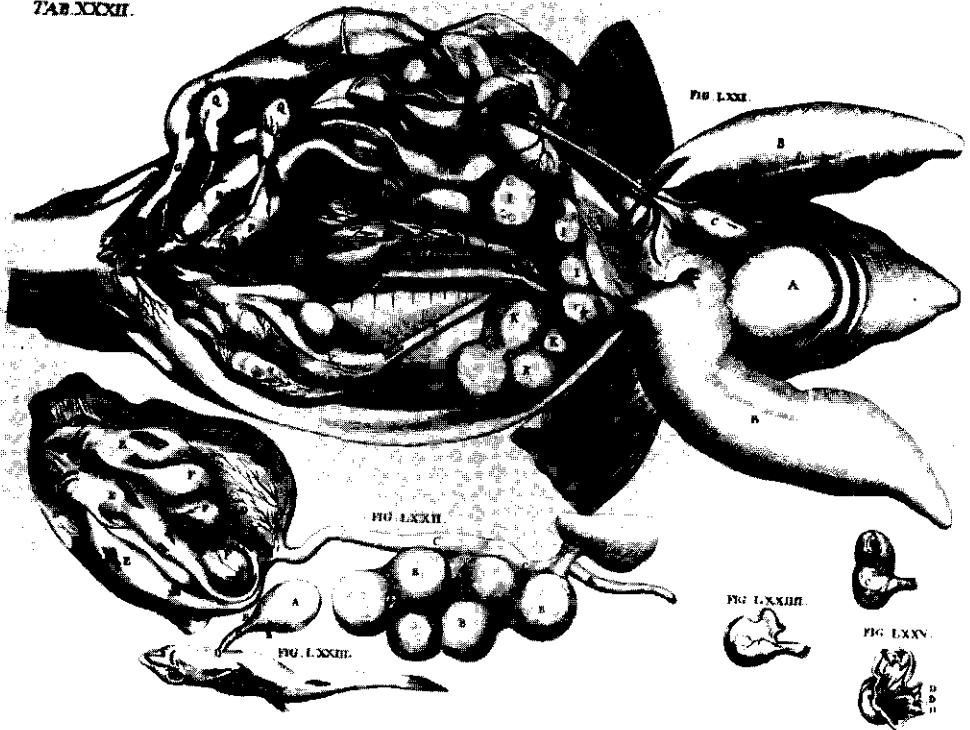


Fig. 6. Fabricius ab Aquapendente publiceerde in 1600 een anatomische tekening van de gladde haai (*Mustela laevis*) in *De Formato Foetu*. Fig. LXXII is een geopende uterus met drie foetussen en Fig. LXXIII een vol-groeide foetus. Fabricius, een getrouwe aanhanger van Aristoteles, begreep de placentavorming bij deze haai toch niet goed. Aristoteles had de embryologie van de gladde haai goed beoordeeld; dit bewees J. P. Müller in 1842. (Ontleend aan *Opera Omnia Anatomica* . . ., 1737. Universiteitsbibliotheek, Leiden.)

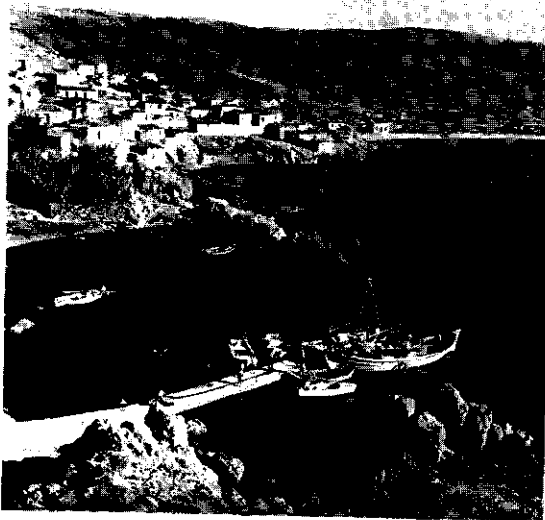


Fig. 7. De baai van Pyrrha op het eiland Lesbos (Mytilene), waar Aristoteles en Theophrastos de eerste biologische veldstudies uitvoerden.

eeuwer niet. Aristoteles (en Theophrastos) waren door eigen waarneming op de hoogte van metamorfosen, van vlinders en andere (water)insekten, een minstens even verbluffend schouwspel als de veronderstelde overgang van een koekoek in een havik. Bovendien was ons huidige soortbegrip Aristoteles vreemd: beide vogels bezitten dezelfde *psyche*, die de elementen nu eens tot koekoek, dan weer tot havik vormt, en waarom eigenlijk niet? Twee verschijningsvormen van dezelfde *essentia*.

Op de vraag of hij dan geen koekoek in een kooi had kunnen houden, een jaar lang, en zien of inderdaad 's winters de havik verscheen, past het antwoord dat dit toch geen oplossing zou hebben opgeleverd. Twee redenen kunnen bedacht worden, waarom Aristoteles het kooien van een koekoek naliet. Ten eerste omdat het feit zo voor de hand ligt – de gelijkenis van de twee vogels, de geringe elementuitwisseling daarvoor nodig – dat de behoefte aan een proefondervindelijke bevestiging zich niet doet gevoelen. Ten tweede omdat een gekooide koekoek een andere vogel is dan een vrij levende, die anders eet, anders beweegt, en omdat daardoor die elementwisseling wellicht onderdrukt zou kunnen worden.

Een stelling die heden ten dage niets van zijn actualiteit verloren heeft, is de volgende: De rechtopgaande mens is goddelijk van aard en wezen. Zouden we viervoeters geweest zijn, dan zou de mens noch zijn gedachten noch zijn wijsheid bezitten. Anaximandros, zegt Aristoteles, had het mis toen hij betoogde dat het bezit van handen intelligentie bevorderend zou zijn. Neen, de mens is van alle dieren het meest intelligent en daarom heeft hij handen.

“Wie niets waarneemt, kent niets en begrijpt niets” zei Aristoteles en Paracelsus (IV.30) zei het hem na, gelovend dat hij een nieuwe weg insloeg. Analoog aan de visie van de fenomenoloog op de eerste en de tweede structuur der dingen, verklaarde Aristoteles: “Zien is het waarnemen van de zichtbare vormen zonder de materie zelf, zoals de afdruk van een gouden ring in was, want was toont die afdruk, zonder het goud ook te tonen”.

En tenslotte: “Iedereen kan denken als hij dat wil, maar waarnemen heeft hij niet in zijn macht, want daartoe is het noodzakelijk dat het waarneembare object bestaat”. Eigenlijk een kritiek op Platoon, en misschien ook zo bedoeld.

Aristoteles hield zich wat biologische aangelegenheden betreft, bezig met theoretische biologie, zoölogie, (botanie), embryologie, teratologie, anatomie en fysiologie en hij behandelde deze terreinen van overdenking en onderzoek als goed onderscheiden wetenschappen; de eerste keer in de geschiedenis. Voor hem werd biologie spil en kern van alle wetenschap; in betekenis stelde hij wiskunde op de tweede plaats.

Hoezeer ook Aristoteles' werk de biologie van de Oudheid bekroonde, en wat hij ook tot stand bracht door zijn nieuwe denken en op de dieren gerichte, analyserende onderzoek, toch leidde zijn aanpak niet tot een verdere ontplooiing van de biologie. Zijn formele logica en zijn model der syllogismen, de Sokratische dialectiek, ontaarden tijdens de Romeinse Keizertijd, de eerste eeuwen van onze jaartelling en vooral tijdens de Middeleeuwse scholastiek. Zij verworden tot een eeuwenlang volgehouden redekavelen, schermutselingen met slimmigheden, die het zicht belemmeren, woordspelletjes, tot bekvechterijen die de wetenschap verstikten en tot verval brachten. Reeds vóór het begin van onze jaartelling verzandde het kritische, zelfstandige denken. Theophrastos kon, in weerwil van zijn grote gaven, het tij niet keren.

De biologie strandde, een rampspoed die Platoons duizendjarige zege te zamen met het jonge christendom bestendigde.

Toch, na de Middeleeuwen, volgde nieuwe groei. Aristoteles verdrong Platoon bij de beoefening van de biologie, eerst lokaal en met tussenpozen (12e en 13e eeuw), daarna onweerstaanbaar. De Renaissance liet niet alleen de humaniora, maar evenzeer de biologie herleven. Moed en adem hervinden wij, nu blijkt, in onze eeuw, dat niets wezenlijks verloren ging, dat zich rekenschap geven van vroegere verwaarlozing, onbegrip, dwalingen, toch zin heeft. Dit wettigt een verdere verkenning van de lotgevallen der leer van de levende stof.

16. *Theophrastos, 'Vader der Plantkunde'*

Theophrastos (373/68, Eresos op Lesbos – 288/5, Athene) zou volgens overgeleverde beweringen oorspronkelijk 'Tyrtamos' geheten hebben. Zijn naam Theophrastos, die 'goddelijke wijze' betekent zou Aristoteles hem gegeven hebben, zijn vriend en leermeester die hij als leider van het Lykaion en de peripatetici opvolgde. Hij erfde Aristoteles' bibliotheek en de legende wil dat hij de manuscriptencollectie – met inbegrip van Aristoteles' werken – slecht verzorgd zou hebben. Als dit zo is dan wordt het een historische rechtvaardigheid dat zijn eigen werk voor het grootste deel verloren ging. Het is een bittere troost want Theophrastos was zeker de belangrijkste botanicus uit de Oudheid. Hoe slordig ook, hij zou toch door het verloop der gebeurtenissen wel eens de redder kunnen zijn van de manuscripten die Aristoteles bij zijn haastig vertrek uit Athene (323) bij hem achterliet.

Zijn levensgeschiedenis werd 400 jaar na zijn dood geschreven. Misschien is veel in dat verslag waar: het klinkt waarschijnlijk en voor zover het te controleren is, stemt het met de vroegere historische gegevens overeen.

Als jonge man ging Theophrastos naar Athene en volgde daar Platoons lessen. Misschien stond hij tussen de studenten die de pompoen bekeken (I.14). In elk geval raakte hij met Aristoteles, die 15 jaar ouder was, bevriend, een vriendschap die een leven lang standhield. Na Aristoteles' dood nam Theophrastos zijn zoon Nikomachos onder zijn hoede.

Theophrastos bleef na Aristoteles' vertrek belast met de leiding van het Lykaion en de bijbehorende tuin. Veel van zijn waarnemingen aan planten moet hij daar gedaan hebben, om ze toe te voegen aan datgene wat hij in de jaren van samenwerking al genoteerd had. Hij was de tuin zeer genegen. In zijn testament legateerde hij de fondsen nodig om de tuin te onderhouden, die hij onder toezicht van enige vrienden stelde en toevertrouwde aan degenen "die hun tijd te zamen met hen willen besteden ter wille van kennis en wijsheid". Zelf wilde hij in de tuin begraven worden, maar zonder overdreven kosten, en hij benoemde een *hortulanus*, terwijl hij de nodige maatregelen trof om een aantal tuinlieden vrij man te maken zodra zij vanwege hun aantal dienstjaren daar aanspraak op hadden.

Theophrastos werkte in het Lykaion sinds de oprichting tot zijn dood, een periode van ca. 50 jaar waarvan 40 jaar als leider. Er waren in die dagen naar verluidt omtrent 2000 studenten.

Alexander de Grote's steun aan onderzoek van de levende natuur (I.15) stelde Theophrastos in staat te schrijven over de katoen, tropische vijgebomen, peper, kaneel, mirre en wierook, om enige voorbeelden te noemen.

De lijst van zijn geschriften omvat meer dan 200 titels. Zij bestrijken een breed veld,

maatschappelijk en wetenschappelijk, maar voor ons zijn de studies over plantkunde vooral van belang.

Men zegt dat hij een zeer goede leraar was en dat hij, zoals gebruikelijk, te kampen had met aanklachten en straffen vanwege een tekort aan vroomheid. Indien dit op feiten berust, dan had het toch geen ernstige gevolgen.

Theofrastos' bijdrage tot de wijsbegeerte is te verwaarlozen. Zijn verhandelingen over botanie: *Peri Fytoon Historias* (*Historia Plantarum* (Botanische Studies): 9 (10) boeken) en *Peri Fytoon Aitioon* (*De Causis Plantarum* (Levensverrichtingen der Planten): 6 boeken) bleven vele eeuwen lang standaardliteratuur, en werden onderwerp van vele commentaren en historisch, botanisch onderzoek.

De boektitel *De Causis Plantarum* (*causa* = Gr. *aitios*) van de latijnse edities suggereert dat Theofrastos het woord 'causa' (*aitios*) in zijn geschriften gebruikt zou hebben. Dat heeft hij niet gedaan. Opzettelijk niet? Hij wilde de causaliteitstheorieën van Aristoteles niet aanvaarden maar ook niet verwerpen, vermeed dat beladen woord en op die manier een uitspraak. De titel werd toegevoegd door manuscripten-verzorger Andronikos van Rhodos, die al eerder genoemd werd (I.15).

De dierkunde heeft Theofrastos vrijwel geheel aan Aristoteles overgelaten; het ziet er naar uit dat de vrienden-biologen het arbeidsterrein verdeeld hadden. Toch doet Theofrastos enige mededelingen, voornamelijk over toegepaste dierkunde.

De vroegste gegevens over parasieten op tuinbouwgewassen stammen van Theofrastos. Hij beschreef de levensloop van het koolwitje (*Pieris brassicae*), noteerde allerlei schade veroorzaakt door kevers en andere insecten. Als eerste in de geschiedenis signaleerde hij parasieten op bomen zoals *ixia* (*Viscum album*) en gallen (op eiken), die hij *robura* noemde. En vogels zorgen voor de verspreiding van *Viscum*.

Invloeden van het milieu hadden zijn volle belangstelling en hij bracht 'transformatie' in verband met seizoenwisselingen of andere wijzigingen van het biotoop. Gegevens over bijen, over de nachtzwaluw enz. zijn bijdragen tot de dierethologie.

Rupsen belagen wijnstokken in Milete, in Theofrastos' dagen slechts bij zuidenwind en in de volle zon. Dat dieren veranderen als het seizoen zich wijzigt is een volkomen natuurlijke zaak: men ziet het bij de sperwer en de hop. De octopus wordt een adder als de plas waar hij in huist uitdroogt. Allerlei dieren kunnen niettemin goed in twee verschillende milieus leven en vanwege die eigenschap besprak hij de kikker, de rob, de schildpad en het nijlpaard gezamenlijk. Van zijn schaarse anatomische aantekeningen is wel de voornaamste dat hij het hart aanwijst als de zetel van het verstand, zoals Aristoteles dat bepleitte. Hoewel Theofrastos enige nieuwe feiten toevoegde aan de gegevens die Aristoteles verstrekt had en hij meer aandacht voor insecten had, voegde hij niets wezenlijks aan de dierkunde toe. Theofrastos was allereerst plantkundige.

Hij had op het gebied van de botanie veel minder voorgangers dan Aristoteles wat dierkunde betreft. Faniias (of Faenias) van Eresos zou veel plantkundig werk verricht hebben maar heel weinig is overgebleven (zie II.3). Hij werd genoemd als een auteur die Theofrastos van nut kan zijn geweest want hij was niet alleen een volgeling van Aristoteles maar ook Theofrastos' plaatsgenoot. Ik vind echter als geboortedatums van Faniias ca. 380, ca. 300 en ca. 260. Indien die laatste datum juist is, dan is het uitgesloten dat Faniias' geschriften een rol hebben gespeeld (Theofrastos stierf ca. 285) maar ook is het omgekeerde mogelijk.

Het plantkundige werk van Speusippos kan wel invloed gehad hebben maar duidelijke aanwijzingen ontbreken.

Misschien vond hij informatie in de nu vrijwel verdwenen studies van Diokles van Karystos, een vermaard geneesheer uit Karystos, een havenplaats dicht bij Athene, die veel gepubliceerd zou hebben toen Theofrastos een jonge man was. Diokles maakte een *Rhizotomikon*, een kruidboek over groenten, gifplanten en geneeskruiden waarvan fragmenten overschoten. Maar ook in dit geval is de datering uitermate onzeker. En dan waren er nog ongeveer honderdvijftig plantennamen in het *Corpus Hippocraticum* (I.13), namen van gewassen die, bij gebrek aan beschrijving, nooit met zekerheid te identificeren geweest zijn. Dit zijn de bronnen die Theofrastos ter beschikking had, op zijn best een schrale toevlucht.

Gegevens van zeer verschillend gehalte vond Theofrastos nog in oud-Griekse kruidenboeken, manuscripten die niet meer met een auteur in verband gebracht kunnen worden. Hij bundelde een aantal handschriften van waarschijnlijk Alexandrijnse herkomst, die hij bewerkt kan hebben (*Peri Fyt. Hist.*, boek IX; zie ook II.3), en die na zijn dood, zo 't schijnt, pas wereldkundig werden gemaakt (ca. 250 v. Chr.).

De lectuur van Theofrastos maakt indruk. Hier is een man aan het woord, die heeft gekeken, die goed en nauwkeurig heeft willen zien wat zijn planten toonden. Aristoteles gaf het voorbeeld en Theofrastos was een waardige leerling.

Over bloemen merkte hij op dat tussen kelk en bloemkroon verschillen bestaan. Hij zag vergroeidbladige en losbladige bloemkronen, en hij signaleerde een onderstandig en een bovenstandig vruchtbeginsel. Hij onderscheidde tussen centripetale en centrifugale bloeiwijzen. Voor 't eerst in de geschiedenis maakte hij melding van het uiterlijk en de functie van een stamper. Hij doorzag de bouw van de bloeiwijze der Compositae: het is een groep afzonderlijke bloempjes, elk met een eigen "zaad".

Peri Fytoon Historias I, xiii. "Evenwel hebben de bloemen van de meeste éénjarige planten het kenmerk dat zij tweekleurig en tweevoudig zijn. Met tweevoudig bedoel ik, dat de plant een andere bloem binnen de bloem heeft, in het midden, zoals de roos, de lelie, en het viooltje. Ook zijn er bloemen die éénbladig zijn, maar met een aanduiding van meer bladen, zoals de bloem van *iasioone* [*Catystegia sepium*]. Want de bloemen hiervan hebben niet elk afzonderlijk blaadje apart, en dat is ook niet het geval met het onderste gedeelte van *leirion* [*Panocratium maritimum*], maar wel komen er hoekige spitsen uit de randen. En de bloem van de olijf is ook op die manier gebouwd."

... "De meeste bloemen hebben het *perikarpion* [vruchtbeginsel] in het midden, of de bloem is boven op de top van het vruchtbeginsel zoals *rhoa* [*Punica granatum*], *melea* [appel], *apios* [peer], *kolkumelea* [pruim], *murrinos* [*Myrtus communis*], en wat de halfhoutige planten betreft, de roos en de talrijke *stephanotikos* [? Schermbloemigen].

Want die hebben hun zaden laag en beneden de bloem en dat is het duidelijkst bij de roos vanwege de omvang van het zaadhuis. Overigens bevindt de bloem zich soms boven op de zaden zoals de *akanos* [*Atractylis* sp.], en de *knekos* [*Cnicus benedictus* of een andere gele distel] en alle *akanooode* [distelvormigen]; deze hebben een bloem op elk zaad."

... "Echter zijn sommige bloemen steriel, zoals bij *sikuos* [*Citrullus colocynthis*] de bloemen die aan de top van de scheuten verschijnen, en daarom plukken de mensen die af, want zij benadelen de groei van de *sikuos*. En men zegt dat die bloemen van de citroen, waar in het midden een orgaan dat op een spoel of spinrokken gelijk groeit, vruchtbaar zijn en die welke dit niet hebben, zijn steriel".

Het bleef kwekerspraktijk tot op de huidige dag bloeiende mannelijke scheuten van komkommerachtigen af te plukken omdat daarna vrouwelijke bloemen lager aan de stengel verschijnen.

De mannelijke bloeiwijzen van de dadelpalm worden in bloeiende vrouwelijke palmen gehangen of in de nabijheid van een vrouwelijke bloeiwijze geschud, zodat bestuiving tot stand komt. Theophrastos vermeldde deze gewoonte (*Peri Fytoon Aitioon* III, xviii), terwijl hij constateerde dat een boom alleen geen vrucht voortbrengt. Bij de vijgeboom heeft iets dergelijks plaats (*caprificus*). Dat Theophrastos de gewoonte rapporteert om de vijgen met wespjes in de buurt van de eetbare vijgen dragende bomen te brengen wijst er op dat de parthenocarpie van de tegenwoordig gekweekte vijgebomen toen nog niet of slechts nauwelijks ontwikkeld was.

“Maar men mag hieruit niet besluiten dat hier geslachtsverschillen in het spel zijn . . . want als dat zo was, waarom dan slechts bij twee vruchtboomsoorten en niet bij alle of althans de meeste planten?”

Peri Fytoon Aitioon werd – dat mag op grond van nauwkeurige vergelijkende studies geloofd worden – vóór 322 geschreven, lang voor *Peri Fytoon Historias* dat tussen 314 en 307 gedateerd moet worden. Na jaren kwam Theophrastos in laatstgenoemd boek weer over de bestuiving van de vrouwelijke dadelpalm te spreken en oordeelde nu toch dat dit op een geslachtelijk gebeuren lijkt en dat de caprificatie van vijgen met de insecten van doen heeft, die uit “de zaden van vijgen ontstaan”.

In alle historische studies over de botanie uit de Oudheid wordt gewag gemaakt van Theophrastos' ontdekking van één- en tweezaadlobbigheid. Zijn ontdekking is van hetzelfde niveau als de zojuist geciteerde bloemwaarnemingen: hij zag dit verschil – omdat hij de eerste botanicus ter wereld was die allerlei kiemende zaden goed bekeek en zich rekenschap gaf dat hij verschillen zag, die zich lieten groeperen, correleren – al kon hij met deze ontdekking niets uitrusten, geen lering uit het geziene trekken. De tijd waarin hij leefde liet dat niet toe. Maar terwijl hij zag en het geziene vastlegde – zo maar, bij wijze van spreken, zonder enig praktisch nut, met geen profijtelijke doelstelling, maar als bioloog geïnteresseerd en gedreven – legde hij een betrouwbare en onmisbare basis voor het biologisch werk in de toekomst.

Peri Fytoon Historias VIII, ii: “En zo zijn er deze verschillen, maar waar zij alle gelijk zijn, is dat zij de wortel uitzenden op de plek waar het zaad aan de peul gehecht was of aan de aar, maar dat is niet het geval met de zaden van sommige bomen, zoals de amandel, hazelnoot en esdoorn en nog andere. En bij al deze planten begint de wortel iets eerder dan de stengel te groeien terwijl bij sommige bomen de knop binnen in het zaad het eerst begint te groeien en, als hij omvangrijker wordt, splijten de zaden, want al deze zaden bestaan uit twee helften, en die van de peuldragers zijn alle duidelijk twee-delig, dubbel, en de wortel wordt rechtstreeks naar buiten gestoken. Maar bij de granen gebeurt dit niet omdat de zaden uit één stuk bestaan, de wortel komt hier ook eerder te voorschijn. Gerst en tarwe zijn éénbladig [enkelvoudig blad] maar erwten, bonen en keker zijn meerbladig [samengesteld blad]”.

Aristoteles had de zaadkieming ook gevolgd maar dit verschil niet bemerkt; hij keek met andere ogen want hij poogde de plante-‘ziel’ te lokaliseren in overeenstemming met de diere-‘ziel’. Hij trof die ziel dan ook aan op de plek in het kiempje, vanwaar naar de ene zijde het eerste stengeltje uitgroeit en juist in omgekeerde richting het worteltje. Deductief waarnemend had Aristoteles gevonden wat hij zocht en moest verwachten. Hij

nam niet méér waar dan dit gezochte centrale punt, dit 'hart' volgens latere biologen (Cesalpino) en hij zag de zaadlobben wél en niet: zij speelden voor hem geen rol.

Theofrastos stelde zich op het standpunt dat plant en dier onderling in hun levensverrichtingen vergeleken mogen worden, maar hij was toch volstrekt niet bereid zo maar alle gelijkstellingen, analogieën, te slikken: daar ging hij niet van uit, hij wilde inductief te werk gaan, een werkwijze die Aristoteles wel steunde en toepaste, maar die hem niet eigen was en die hij pas in de laatste fase van zijn werk ronduit aanvaardde en voorrang gaf (vgl. *Gen. Anim.* III, x).

In de beoordeling van de relatie plant – dier nam Theofrastos in zijn vroege publikaties wel min of meer hetzelfde standpunt in als Aristoteles. Het dier- en plantlichaam zijn ook voor hem wezenlijk hetzelfde en allerlei gelijkstellingen van organen gelden: de plant leeft zoals een dier dat met de 'mond' in de grond staat, want door de wortels neemt hij voedsel op. Aristoteles dacht daar toch enigszins anders over: de plant ontvangt passief voedsel uit de aarde door de wortels. Op morfologisch terrein ging Theofrastos een eigen weg. Als plant- en dierorganen overeenstemmen, en bladeren en knoppen met dierorganen vergeleken kunnen worden, dan is het aantal plantorganen onbepaald en variabel en het aantal dierorganen bepaald en constant. Dus kan men niet alle plant- en dierorganen aan elkaar gelijk stellen. En uiteindelijk kan Theofrastos vier niet erg nauwkeurig begrensde groepen 'plantdelen' onderscheiden: de min of meer permanente (wortel, stengel, tak), de éénjarige (blad, bloem, katje, vrucht (= zaad)), weefsels (schors, hout, merg) en tenslotte de overige (sap, vezel, ader, 'vlees').

En ook hier liet Theofrastos ruimte voor uitzonderingen. Er zijn planten (*mykes*) zonder wortel, stam, tak of loot, zonder blad, bloem, vrucht, schors, of merg, vezels of 'aderen'. Hij twijfelde niet: het zijn tóch planten. Hier maakte hij het begin van 'mycologie'.

Theofrastos kende zoölogie en botanie daarom elk een eigen anatomie toe. Senn (1953) onderstreepte om goede redenen dat de bijnaam 'Vader der Plantkunde', die Theofrastos gedurende zoveel eeuwen meekreeg, hem ten volle toekomt.

Peri Fytoon Historias I, ii: "Spieren en aderen hebben, als het planten betreft, geen eigen naam maar zij ontlenuen, vanwege de gelijkenis, hun namen aan de overeenkomstige delen van de dieren. Het kan evenwel zijn dat deze dingen wel aan elkaar gelijk schijnen, maar dat het plantenrijk in het algemeen ook andere dingen, d.w.z. verschillen, laat zien vergeleken met dieren, want, zoals we gezegd hebben, het bestel der plantenorganen is veelvormig. Niettemin, omdat met behulp van beter bekende wij onbekende dingen moeten opsporen, en de dingen die zich groter en duidelijker voordoen de beter bekende zijn, is het gerechtvaardigd over deze kwesties op de aangeduide manier te spreken: want als de minder bekende dingen aan de orde zijn, moeten we uitgaan van die beter bekende dingen en de vraag stellen in hoeverre en in welk opzicht in elk afzonderlijk geval een vergelijking mogelijk is."

Ook elders blijkt dat Theofrastos grote waarde hecht aan overeenkomsten in levensverrichtingen en organen van dieren en planten, maar herhaaldelijk wijst hij op beperkingen bij deze groep vergelijkingen: plant en dier zijn zeker in orgaanfunctie en -bouw niet zomaar gelijk te achten.

Peri Fytoon Historias begint met een beschouwing over de delen (organen) van planten en Theofrastos komt na enige overwegingen tot de conclusie dat er onoverkomelijke moeilijkheden zijn om tot geheel afdoende begrenzingen of omschrijvingen te ge-

raken. Nadat hij de morfologie zo goed als doenlijk doorgelicht heeft, zal hij daarvan uitgaande een classificatie van het plantenrijk beproeven. De moderne taxonoom volgt hetzelfde beleid.

Evenals zijn leermeester bediende hij zich van de termen *genos* en *eide* (X) en de huidige lezer denkt onwillekeurig aan *genus* (geslacht, d.w.z. groep van op elkaar gelijkende soorten) en *species* (soort; latinisering van *eide*, letterlijk 'verschijning'). Noch Aristoteles noch Theophrastos hebben met die termen de ons zo vertrouwde begrippen bedoeld en evenmin de nu gebruikelijke hiërarchie: *genus* en de soort, deel van het *genus*.

Met *genos* duiden zij min of meer een taxon aan, een om welke reden dan ook (milieu, levensgedrag) te zamen gevoegde of omgrensde groepering van levende wezens. Daar kon ook *eide* voor worden gebruikt maar dan ligt de nadruk op het uiterlijk (morfologie).

Theophrastos wil als voornaamste indeling van het plantenrijk vier groepen onderscheiden: boom, struik, halfstruik, kruid. Hij slaagt er niet in een scherpe begrenzing van die groepen te maken en verzucht:

Peri Fytoon Historias I, iii: "Deze omschrijvingen moeten echter opgevat worden en aanvaard in algemene zin en globaal toepasselijk. Want wat sommige planten aangaat, zou het wel schijnen dat onze definities op elkaars terrein komen."

Allerlei andere criteria voor een indeling, zoals wild/gekweekt, vruchtdragend/zonder vrucht, met bloemen/zonder bloemen, groenblijvend/bladverliezend, worden besproken en voor strikte begrenzingen ongeschikt bevonden. Steeds moeten we ons op de hoofdzaak richten en niet door kleinigheden of uitzonderingen onze greep op het geheel verliezen, betoogde Theophrastos.

Peri Fytoon Historias I, iv: "Maar om al deze uitzonderingen zo in aanmerking te nemen is niet de goede methode om verder te komen. Want in deze opzichten gaat de natuur zeker niet als een dwingeland te werk. Onze onderscheidingen, en de studie van planten in het algemeen, moeten daarom met inachtneming hiervan begrepen worden".

Weer overschreed Theophrastos de grenzen die Aristoteles trok. Deze leerde: alles is van nature doelmatig. Organen ontlenen hun bouw aan de doeltreffendheid van hun functie, en de functie vormt de organen. Theophrastos sprak dit alles niet tegen maar hij liet uitzonderingen toe. Vele uitzonderingen, omdat de natuur niet steeds volgens een vastgesteld patroon, een finaliteit, een entelechie, te werk gaat: dat laat zich niet loochenen, het is te zien. Maar wel moeten de hoofdzaken in het oog gehouden worden.

Zoekend naar maatstaven om een systematiek van het plantenrijk te ontwerpen valt het Theophrastos op dat sommige plantengroepen in bepaalde streken voorkomen en elders niet, of dat zij slechts groeien op bepaalde plaatsen. Zo komt hij ongewild in aanraking met de plantengeografie enerzijds en oecologie anderzijds. Hij beschreef zijn overwegingen als volgt.

Peri Fytoon Historias I, iv: "Zoals gezegd zijn dit verschillen van nature, en dit geldt nog sterker voor verschillen tussen vruchtloos en vruchtdragend, bladverliezend en bladbehoudend, en dergelijke.

Maar steeds voegen zich bij die verschillen de plaatsen waar zij groeien; het zou niet passen dit te negeren. Verschillen van deze aard laten de gedachte postvatten, dat zij een afscheiding van groepen tot stand zouden kunnen brengen.

Aristoteles' axioma's afwijken, terwijl hij Aristoteles daarover niet aanvalt, noch ook noemt.

Voorbeelden heb ik vermeld: entelechie is wel hoofdzaak, maar uitzonderingen zijn allerminst zeldzaam; planten en dieren zijn vergelijkbaar, maar met duidelijke beperkingen; het hart is het lichaamscentrum als het perceptie betreft, niet.

In de literatuurlijst staan enige moderne vertalingen van Theophrastos genoemd. Een klassieke vertaling kwam tot stand door paus Nicolaas V, die Theodorus Gaza (1398, Thessaloniki – 1457/8, Rome) de opdracht gaf de werken van Theophrastos en de zoölogische werken van Aristoteles in het Latijn te vertalen. Gaza was naar Italië gevlucht toen de Turken Thessaloniki veroverden. Hij vertaalde *Historia Plantarum* en kwam niet verder. Deze vertaling bewerkte en becommentarieerde Johannes Bodaeus a Stapel, een Hollandse arts, die al in 1636 overleed. Zijn vader, Egbertus, eveneens arts, zorgde voor de publikatie (1644).

Theophrastos beoefende de biologie door waarneming en beproefde een synthese van zijn feitenmateriaal. Hij volgde de methode die Aristoteles, althans in theorie, als de goede erkende: visuele waarneming prevaleert, inductief moeten wetmatigheden, verbanden, zo niet ontdekt of bewezen dan toch benaderd worden en daarna mag van die verkregen wetmatigheid uit, deductief gedacht worden, steeds onderhevig aan de controle door nieuwe waarnemingen. Door zijn methode heeft Theophrastos zich onder de moderne biologen geplaatst; echter, het experiment heeft hij niet als een vorm van bewijs gezien en evenmin heeft hij begrepen dat om tot verder doordringend onderzoek te komen, experimenteren dikwijls onmisbaar is.

17. Slotaantekeningen

Een kenmerk van de biologie in de Oudheid is niet in de eerste plaats het ontbreken van proefondervindelijk onderzoek.

Het is veeleer de afwezigheid van de wens, een vermoeden of conclusie door een experiment op de proef te stellen. Nu en dan wordt van een probeerseltje melding gemaakt, terloops.

Met 'experimenteren' en 'experiment' bedoel ik hier de samenhang van de natuurlijke processen ontregelen, het storen van de *fysis*.

Wel was apparatuur niet of nauwelijks beschikbaar, maar dit verheelt niet dat biologische experimenten die geen of weinig voorzieningen eisten, toch ook niet plaats vonden. Zelfs als Hippokrates en Aristoteles een vorm van experiment uitvoerden, dan deden zij toch niet meer dan bijvoorbeeld de eischaal verwijderen om de natuurlijke ontwikkeling van het kuiken te kunnen volgen.

Als eerste reden van de ontbrekende belangstelling voor het experiment in de Griekse cultuur kan gelden dat alle beweging, elk gebeuren in de natuur, door de natuur zelf verricht wordt. Door de mens genomen maatregelen om wijziging in het natuurlijke be- loop aan te brengen, verbergen bijgevolg het natuurgedrag in plaats van het te verduidelijken.

Een steen valt van nature, d.w.z. hij zal een andere plaats, lager, gaan innemen als niets hem in de weg staat. Als ik een steen wegwerp, dan beweegt die steen eveneens, maar de waarnemer kan nu veel moeilijker vaststellen wat de natuurlijke beweging of neiging van die steen is al zal hij tenslotte ook omlaag bewegen. Integendeel, onze in-

greep versluiert het gedrag van een steen in zijn natuurlijk milieu.

Laat die steen op zijn eigen tijd zijn eigen gang gaan. In dat geval kunnen we, wellicht, iets van de steen-aard, van het steen-zijn bespeuren, van de rol die hij speelt, de betekenis die hij heeft in de natuur, in de samenhang en het gedrag der dingen. Want zelfs al schijnt een steen, omlaag stormend langs een berghelling, bewegingen uit te voeren gelijk aan die van de geworpen steen, toch is de causa van die overeenkomstige bewegingen verschillend. En de causa die stenen in de natuur bewegen doet, wilden we toch ontdekken?

Dan zal het werpen van een steen ons niets leren over de ware, natuurlijke causa van het vallen, het steengedrag. En voor deze visie had de Griekse natuurfilosoof geen nadere ondersteuning nodig door de standpunten van Parmenides (I.9) en van Platoon (I.14) over het bedrog der visuele waarnemingen. Zijn opvattingen waren de tijdgeest.

Een andere verklaring houdt verband met de structuur van de Griekse samenleving in de Oudheid. Een weinig talrijke groepering bestond uit mensen die geen handenarbeid verrichtten, gewoonlijk omdat zij vermogend waren maar ook wel omdat zij van handenarbeid vrijgesteld werden of een beroep uitoefenden waar (vrijwel) geen handenarbeid aan te pas kwam (kooplieden, artsen, dansers etc.). In de regel waren de vermogenden 'vrije' mensen. Slaven waren bij uitstek handarbeiders maar niet noodzakelijk levenslang slaaf.

Een oud-Griekse traditie werd, via Pythagoras, door Aristoteles onder woorden gebracht. Doelend op degenen die niet met handwerk in hun levensonderhoud behoefden te voorzien, onderscheidde hij drie levensstijlen die ter vrije keuze staan: een leven van genietingen (aards welbehagen), een leven voor de politiek (het staatsbestel als een rechtschapen mens dienen), of een leven als filosoof (overdenking van eeuwige beginselen en opsporing van waarheden door natuurverschijnselen aangeduid). Het woord 'filosoof', d.w.z. die naar wijsheid streeft, was (denkelijk) door Pythagoras gevormd.

Inzicht is de levensvervulling van de filosoof. Het is een werkstuk van de geest, van *ratio* en *Noes*, dat zijn betekenis aan zichzelf ontleent, dat als kenmerkende waarde in zich meedraagt een bevrijding, een onberoerd blijven door de jacht naar profijt, naar macht over anderen. Het is de ware vrijheid, het ware 'welzijn' (het woord welzijn is de vertaling van Aristoteles' *eu zen*, een geestestoestand die de mens van het dier onderscheidt). Men onderscheidt het stoffelijke en vergankelijke van het duurzame, het wezenlijke, en slaagt daarin door overdenking, door waarnemingen logisch te toetsen en te rangschikken.

Apparatuur om *fysis* te ontraadselen vereist handenarbeid. Zulk werk is omwille van biologie onnodig en ondoelmatig. Beeldhouwers, architecten, schilders, tekenaars, makers van het schone voorwerp, moeten wel handenarbeid verrichten; hun doelstelling is een geheel andere. Men zou, het is waar, een werkman opdracht kunnen geven een apparaat om te experimenteren te vervaardigen maar dat zou betekenen dat de onderzoekende filosoof het eerst zou moeten bedenken en techniek is zijn belangstelling niet. Hij zou zich geen instrument kunnen voorstellen om beter in te leren zien hoe de natuur zich wijzigt en waartoe, en als gevolg waarvan; geen beter middel dan het beschouwend toezien en de ordening van het waargenomene. Als enig wenselijk apparaat kan een werktuig dienen om gezichtsbelemmeringen te verwijderen: het mes van de anatoom.

De grote vernieuwer Aristoteles bewijst zijn betekenis als bioloog door zijn doelgerichte waarnemen, zijn aanvaarding van de beslissing der geziene werkelijkheid. Zijn

synthese, zijn vergelijkend anatomisch en fysiologisch denken, volgt rechtstreeks uit de kosmische, alomtegenwoordige samenhang van elk natuurgebeuren, die zijn uitgangspunt was. Het experiment isoleert, kiest; *fysis* verbindt, leeft als een geheel, beweegt in samenhang.

Platoon ontspoorde als bioloog omdat hij geen plant en geen dier ooit nauwlettend en nieuwsgierig gevolgd heeft in zijn gedrag of levensgewoonten. Sokrates had hem dit niet geleerd en als hij reisde, een enkele keer (I.14), dan reisde hij met gesloten ogen evenals zijn geniale leermeester. Platoon theoretiseerde in oosters-mystieke stijl, binnenshuis of 's nachts onder de sterren, over biologische problemen en paste elke conclusie bij zijn filosofie aan, onbekommerd over de werkelijkheid der levende wezens. Aristoteles zocht de levende natuur buiten en bij dag, weliswaar niet geheel los van deductief vooroordeel, maar kennelijk er op gebrand een op feiten steunend begrip van organismen te veroveren. Hij was realist en door zijn manier van werken als bioloog zijn tijd ver vooruit, al was hij nimmer vrij van de wereld waarin hij leefde. Ik voeg deze laatste restrictie toe, een overbodige als in deze 20e eeuw het niet zo dringend nodig zou zijn bij biologen het besef wakker te houden dat Aristoteles precies dezelfde realist was als de meesten onzer: gebonden aan de denknormen opgelegd door tijd en wereld. Daarom moet hij een andere werkelijkheid gezien hebben dan de huidige.

Ik waag het te veronderstellen, dat de biologie veroorzaakte dat Aristoteles het Platonisme en zijn schepper de rug toekeerde, dat Platoon misschien wel daarom aan zijn neef Speusippos de zorg van de Akademia overdroeg in plaats van aan zijn meest briljante leerling, die twintig jaar met hem samenwerkte. Platoons besluit lag voor de hand en het was een weergaloos voorrecht voor de biologie.

En toch bleek Aristoteles, hoe groot als wijsgeer en als bioloog hij ook was, niet bij machte het verzanden van de biologie te stuiten. Aanvankelijk door het Platonisme belemmerd, misten zijn leer en methoden daarna de mogelijkheid zich te ontplooiën door de ontbinding van de Griekse wereld na Alexanders dood. De Romeinse hegemonie zou, naar zijn aard, zeer wel Aristoteles' biologie hebben kunnen bevorderen, maar wetenschappelijke vernieuwing was de soldateske machthebbers niet sympathiek behalve als onmiddellijk profijt haalbaar scheen. De politiek en het potverteren, die vervolgens de eerste eeuwen voor en na onze jaartelling de geciviliseerde samenleving beheersten, hadden geen andere belangstelling voor de levende natuur dan het benutten daarvan als amusement en ter aanvulling van het menu.

Het gelijktijdige maatschappelijke en wetenschappelijke verval van de heidense wereld, Grieken en Romeinen, bespoedigd door het groeiende christendom, typeert een cultuurperiode die vijandig stond tegenover de biologie. In de Middeleeuwen vervolgens, lijfden de Arabieren Aristoteles in, namen hem op in hun cultuur. Hij hernam toch zijn plaats in de Westerse wetenschappen, zij het struikelend, want scholasten en sofisten maakten zijn methoden en leer eeuwenlang tot een knibbelspel. En zo zal eerst in de 16e eeuw Aristoteles' fundamentele bijdrage aan de biologie gaandeweg in volle omvang tot gelding kunnen komen, ook al was zijn gezag als wijsgeer over kwesties buiten de natuurlijke wereld in voorafgaande eeuwen onaantastbaar, en ook al kreeg zijn biologie incidenteel enige Middeleeuwse aandacht door toedoen van Galenus (II.17).

Toen de goden hun greep op het denken verloren, in de 6e eeuw voor onze jaartelling, zagen de geleerden de wereld, al wat daar in en daar boven is, met nieuwe ogen. Zij waren filosofen, mensen die weten (dat is inzicht) en wijsheid (dat is weten)

nastreefden. Specialismen bestonden niet.

De zichtbare wereld bleek een veranderend geheel, levend, en hij veranderde harmonisch, volvoerde eeuwige rondwentelingen en bleef daardoor zichzelf gelijk. Wijsbegeerte werd het resultaat van het onderkende beloop van de natuur, van de *fysis*, en bijgevolg de tweelingzuster van de biologie.

De kosmos bleek een samenstel van vergaan en ontstaan, vertrek en terugkeer, en dat alles moest wel uit één bron voortgekomen zijn en in stand gehouden worden door één onstoffelijke oerkracht, een alomtegenwoordige impuls.

Al spoedig bleek dit principe, dit 'bewegen', nuancering en structurering te behoeven (5e eeuw); dat uitte zich bijvoorbeeld in de elementenleer. Daarna drong naast abstractie het concrete zich meer en meer op de voorgrond. Naast ideeën, bespiegeling, verwierf waarneming van natuurverschijnselen recht op aandacht en, bij Aristoteles, meer en meer medezeggenschap en recht op kritiek (4e eeuw). Deductie moest de hegemonie delen met inductie, moest correctie door feitelijke controle toelaten.

De Griekse natuurfilosofen dachten sinds de 6e eeuw volgens een monotheïstisch patroon en niet meer op basis van het voorafgaande polytheïsme. Hun gedachtestelsels richtten zich centripetaal. Allengs dwong de diversiteit der levensverschijnselen tevens tot een spreiding van het vorsend schouwen, dat die stelsels aanvankelijk wezensvreemd was. Aristoteles onderging dit proces. In de loop van zijn leven (4e eeuw) maakte hij zich die tegenstroom eigen. Theofrastos ondernam de ontdekkingsreizen in een uitdagende werkelijkheid al ongedwongener; zij werden een natuurlijk beleid.

Na Aristoteles en Theofrastos had de biologie de beschikking over de twee pijlers, die onontbeerlijk zijn: synthese zowel als analyse, die met deductie en inductie als methode, de grondslag zullen vormen voor de ontplooiing van het biologische denken.

De theologie zal door het christendom na het begin van onze jaartelling een overeenkomstige wijziging ondergaan en de gevolgen daarvan voor de biologie komen in volgende hoofdstukken aan de orde.

II. Van Theophrastos tot de sluiting van de Akademia (529)

1. Athene en Alexandrië

Rond 450 v. Chr. beleefde de stad-staat Athene het hoogtepunt van zijn cultuur. Wijsbegeerte en levenswetenschappen, beeldende kunsten en literatuur stonden zo hoog in aanzien als nooit tevoren of daarna, waar ook ter wereld. De Europese civilisatie was Grieks.

De samenleving was gelaagd: vrijen en slaven, bezitters en armen, machtigen en machtelozen maar allen erkenden de suprematie van de geest, van ethiek en kennis die wijsheid stutten. De machthebbers omringden zich met, en lieten zich vergezellen door, wijsgeren, geleerden en kunstenaars, die zij onmisbaar achtten zowel om hun status te schragen als om de beste raadgevers steeds beschikbaar te hebben. "Wijsgeren zouden koningen en koningen wijsgeren moeten zijn" is een uitspraak van die dagen, die warme bijval vond, terwijl tevens bleek dat noch koningen wijsgeren, noch wijsgeren koningen wensten te zijn.

De biologie ontwikkelde zich in grote stijl, briljant, en kreeg een centrale plaats in het natuurwetenschappelijk denken. Het meesterschap waarmee de Griekse geleerden al wat met levensverschijnselen verband had wisten te ordenen, samen te vatten en te vangen in wetmatigheden, bood een grondslag voor verdere groei, wijder overzicht en nieuw inzicht. Eén onstoffelijk principe, al naar de bedenkers verschillend van aard scheen aanvankelijk aan al wat leeft eigen. Empedokles bepleitte daarna een pluralisme: vier elementen zouden altijd en overal de grondstoffen van de levende organismen zijn.

Methodisch overdenken van waarnemingen was geleerden genoeg om tot een slotsom te geraken. De eerste schreden werden gezet op het gebied van de morfologie, anatomie, fysiologie, ontogenie (embryologie), evolutie en een rangschikking van dieren en planten.

De Helleense cultuur bekleedde de eerste plaats in Europa en daarbuiten; na Ionië werd Athene het centrum voor wetenschappelijk onderzoek.

Het verre Perzië, drager van een briljante maar vreemde cultuur, won aan macht en werd een gevaar voor Athene. In de 4e eeuw moest Athene de Macedoniërs, een volk uit N. Griekenland, als verdedigers aanvaarden, met grote tegenzin. Aristoteles en Theophrastos waren Macedoniërs en bleven vreemdelingen in Athene, schoorvoetend toegelaten landgenoten van Alexander de Grote, die weliswaar de Perzen terugsliep (336-323) maar tegelijkertijd Athene's militaire en culturele leiderschap ontkrachtte. Hij stichtte in N.O. Egypte Alexandrië (332), een stad die weldra Athene in wetenschappelijk opzicht zou evenaren of overtreffen. Binnen enkele jaren telde Alexandrië meer dan een half miljoen inwoners, een ongehoord groot aantal. Als derde centrum ontwikkelde

Pergamon zich krachtig, de stad-staat in Klein-Azië waar perkament zijn naam van kreeg, wat wel kenmerkend mag heten. Er was een beroemde bibliotheek.

Een jaar na Theofrastos' dood (286) stichtte Ptolemaios II Filadelfos in Alexandrië een *moeseion* en een bibliotheek. De Alexandrijnse bibliotheek kreeg de reputatie de rijkste te zijn die in de Oudheid bijeengebracht werd. Geheel zeker kan de omvang van de collectie nooit meer gepeild worden want niemand weet wat in 48 v. Chr. toen de bibliotheek verbrandde, verloren ging. Eratosthenes (284-192) werd ca. 245 hoofd van de bibliotheek. Hij was een groot wiskundige die er o.m. in slaagde voor het eerst de omtrek van de aarde te berekenen.

In het *moeseion* werden vooral filosofie, filologie, theologie en wiskunde bestudeerd maar biologie kreeg geringe aandacht. Niettemin werkten in Alexandrië enige arts-anatomen van grote verdienste. Omdat wetenschappelijk initiatief in de laatste eeuwen voor onze jaartelling zich meer en meer op nut ging richten, nam de kennis van de geneeskruiden toe. Ook ontstond een toenemende specialisatie terwijl theoretiseren in aanzien verloor en experimenteel beproeven wat meer op de voorgrond kwam. Aan de groei van de biologie heeft Alexandrië, met uitzondering van de anatomie, toch slechts weinig bijgedragen.

2. De Alexandrijnse anatomen

Herofilos van Chalkedoon (ca. 335, Bithynië – ca. 280) stichtte ca. 300 de medische school van Alexandrië. Hij beoefende en onderwees daar de anatomie, waarbij hij dode en waarschijnlijk ook levende mensen ontleedde. De studie van de hersenbouw leidde tot de ontdekking van hersenholten, en zenuwen zijn als draadjes met de hersenen verbonden. Herofilos werkte over de bouw van het oog, de lever en de eileiders. Hij ontdekte de speekselklieren, noemde de 12-vingerige darm *duodenum* en stelde vast dat een relatie bestaat tussen de hartbeweging, de polsslagfrequentie en muziekmaten, naar Platonisch-Pythagorische trant. Van zijn geschriften zijn enkele fragmenten overgebleven (zie verder V.4).

Erasistratos van Julis (ca. 310, Julis (eiland Kéa) – ca. 250, Alexandrië) constateerde dat alle materie gewicht heeft en dat daar deeltjes van moeten loslaten, want vlees wordt lichter naarmate het ouder wordt. Die theorie over wegvluchtende deeltjes – in geval van vlees doeltreffend – zal Erasistratos bij Empedokles gelezen hebben (I.10). Maar wat veel belangrijker is: hij nam de proef. Een vogel met kooi op een weegschaal gezet (zie Santorio) verliest aan gewicht (VI.15).

De ontkenning van de bestaansmogelijkheid van lege ruimte (Parmenides; I.9) brengt hij in verband met allerlei levensuitingen (ademhaling, spijsvertering), zoals Platoon (*Timaios*; I.14) dit lang tevoren gedaan had. Erasistratos constateerde inderdaad een *horror vacui*, een afkeer van ledige ruimte; men voelt het als de maag leeg is en we noemen dit 'honger'.

Misschien was Erasistratos een kleinzoon van Aristoteles en denkkelijk studeerde hij enige tijd bij Theofrastos. Vast staat, dat hij een beroemd en hooggeplaatst geneesheer werd, maar zijn praktijk liet varen om anatomie te beoefenen in de befaamde medische school te Alexandrië. Hij zou, evenals zijn tijdgenoot Herofilos, mensen zowel als dieren ontleed hebben.

Sectie op mensenkadavers werd vergemakkelijkt omdat Ptolemaios lijken voor dat

doel beschikbaar stelde. Uit Romeinse bron (Celsus; II.14), kan blijken dat de Alexandrijnen soms levende mensen ontleedden. Augustinus hechtte hier ook geloof aan. Columbo (V.12) richtte zich kritisch tot Galenus met de vraag of het hem te wreed had toegeschenen, de levende mens te ontleden. Deze kritiserende vraag kan ik niet anders verstaan dan dat vivisectie op mensen bepaald niet gebruikelijk maar in de eerste zes eeuwen van anatomisch onderzoek evenmin uitgesloten was. Ter dood veroordeelde misdadigers kwamen voor dat doel in aanmerking. Het vermoeden dat vivisectie op mensen plaats had, steunt mede op de nog in de 15e eeuw toegepaste straf van het levend villen van misdadigers en op de martelpraktijken terwille van religie en van politiek tot in onze dagen. Het blijkt dat voor een 'goed doel' men over gemoedsbezwaren als het vivisectie van mensen betreft, pleegt heen te stappen, om van diervivisectie niet eens te spreken. Het verrichten van vivisectie bleek voor de biologie van groot gewicht en zal nog meermalen ter sprake komen.

Erasistratos zag dat aderen voorzien kunnen zijn van kleppen en deze waarneming zou in de biologie, toen de tijd rijp bleek te zijn, een zeer grote rol spelen. Begrip van een bloedkringloop had hij eigenlijk niet: Parmenides' leer van de onbestaanbare leegte leidt hem veeler tot een theorie van een eb- en vloedbeweging van het bloed, dan tot denken aan een kringloop (zie ook *Timaios*, en VI). Erasistratos verklaarde dat vloeistoffen door de slokdarm naar de maag gaan en niet door de buis van het strottenhoofd naar de longen. De slagaderen bevatten lucht. Alle kennis omtrent Erasistratos' werk moet aan de vele citaten die Galenus (V.5) aanhaalde, ontleend worden; het originele werk ging geheel verloren.

3. *Kruidboeken, kookboeken en reisverhalen*

Ofschoon kruidboeken als aanzet en stimulans voor biologisch onderzoek wel enige betekenis hebben, staan zij als wetenschappelijke literatuur slecht aangeschreven. Toch heeft het kruidboek zich door alle eeuwen heen weten te handhaven als bron van informatie en zelfs zal het in de 16e eeuw het bewijs worden voor de hervatting van de ontwikkeling der wetenschappelijke biologie.

Singer (1927) omschrijft een kruidboek als "een lijst van beschrijvingen (en afbeeldingen) van planten die als artsenij tegen allerlei ziekten gebruikt kunnen worden. De auteur wil informatie geven over plantaardige geneesmiddelen, wegwijs maken en steun geven bij het zoeken naar, of de aanschaf en toepassing van, geneeskruiden". Deze passende karakterisering duidt aan dat de kruidboekschrijver geen onderzoek doet of zijn gegevens kritisch schift: hij rapporteert en adviseert. Kruidboeken zijn daarom voornamelijk een historische curiositeit en tevens een hutspot; compleet gaat vóór kwaliteit. Soms schuilt in veel kaf toch wat wetenswaardigs. Bij wijze van gelukkig toeval zijn zij wetenschappelijk-biologisch wel eens interessant en zij hebben een niet te verwaarlozen betekenis voor filologisch, etnobotanisch, folkloristisch, cultuurpsychologisch en biohistorisch onderzoek.

Zo beschouwd krijgen zowel de kruidboeken van de Oudheid als die van de Middeleeuwen in de biologische literatuur dus hun plaats: de rommelhoek met mogelijkheden. En zelfs, als de Renaissance Europa frisse lucht en nieuw licht gebracht heeft, ontpoppen zij zich als deelgenoten in de voortgang der biologie. In de 16e en 17e eeuw blijven zij weliswaar cultuurhistorische documentatie, maar ook geven zij impuls aan onder-

zoek, worden zelfs een basis voor wetenschappelijke biologie (zie IV: Dodoens, Bock, Fuchs, Rumphius e.a.). In de 2e helft van de 18e eeuw hernemen zij hun oorspronkelijke plaats. Hier volgt een globaal overzicht.

Plinius zegt dat Herofilos een kruidboek schreef. Hij oordeelt het van weinig waarde; met zekerheid weten wij er niets over.

Van Fa(e)nius is bekend dat hij over filosofie, geschiedenis en literatuur geschreven heeft en bovendien een kruidboek maakte dat op enige kleine fragmenten na verdween (I.16). Athenaios, een amateur-geleerde uit het begin van de 3e eeuw (n. Chr.) citeerde ze (zie verder). Hij verwees daarbij naar *Peri Fytoon* (Over Planten) en zelfs naar een 'vijfde boek'; het kan dus een omvangrijke studie geweest zijn. Hoe dan ook, Fanius was een goede waarnemer: dit blijkt uit de tekstrestjes.

Hij had begrip van de bouw van vruchten en begreep dat de braam een zamelvrucht is, "een bolvormige groep deelvruchtjes". In *Peri Fytoon* (eerste boek) merkte hij op dat sommige planten geen bloemdragende delen voortbrengen en evenmin een verdikte zaadvormende knobbel of iets dat zaadeigenschappen bezit (zou Fanius de eerste zijn die ooit een stamper zag?). Dat zijn, noteerde Fanius, paddestoelen, truffels, varens en *helix* (? klimop).

Athenaios citeerde (in *Deipnosofistai lib. II, 58*) sprekende over de malve:

"De omhullende zaaddoos van de gekweekte *malache* [*Lavatera arborea*] wordt koek genoemd (*plakous*) omdat zijn vorm een platte koek lijkt. Er zijn kamvormige rijen knobbels (*analogos*) die naar het opgebolde midden gericht zijn zoals een navel. Als die ribbels van de koek weggenomen worden ontstaat eenzelfde uiterlijk als van de naar alle zijden gegroefde zeeëgel."

Deze treffende vergelijking van het uiterlijk van een malva-vrucht met de stervormige tekening van zeeëgels doet vermoeden dat Fanius' plantenverhandeling een goed figuur naast Theofrastos' studies geslagen zou kunnen hebben.

Fanius werd in Eresos op Lesbos geboren en kan Theofrastos gekend hebben. Ook bestaan er niet goed te achterhalen overeenkomsten tussen zijn werk en een kruidboek dat een beroemde Atheense arts, Diokles van Karystos, omstreeks 350 v. Chr. geschreven zou hebben (I.16).

Ik verwees al naar het 9e boek van Theofrastos' *Historia Plantarum*, naar verluidt een bundeling van een aantal kruidboeken, die hij niet schreef of bijeenbracht, maar die ca. 250 in Alexandrië aan zijn botanische werken toegevoegd werden.

Het laat zich veronderstellen, dat in de 4e en 3e eeuw vele andere kruidboeken in omloop kwamen die later spoorloos verdwenen. De schade is, ongetwijfeld, gering. Want kruidboekschrijvers kopiëren elkaar met toewijding en ijver en eenmaal op papier gezet gaat weinig kruidboekmateriaal meer verloren. De bundel, die aan Theofrastos wordt toegeschreven, is, men mag het geloven, een goed overzicht van de geneeskruidenliteratuur.

Van *Narthex*, een kruidboek dat Andreas van Karystos ca. 220 v. Chr. schreef, bleven een paar fragmentjes bewaard, dank zij Dioskorides twee en een halve eeuw later.

Andreas was lijfarts van Ptolemaios IV Filopater en werd in de veldslag bij Rhafia (217) gedood omdat men hem voor zijn patiënt aanzag. *Narthex* is een naam voor schermbloemigen, waarschijnlijk *Ferula*, rond de Middellandse Zee algemeen aangetroffen forse planten, die aan Bacchus gewijd waren, geneeskrachtige gomachtige stoffen bevatten en holle stengels hebben. Men gebruikte stengelstukjes als buisjes om artsenij in te bewaren, vandaar die boektitel.

De 3e eeuw v. Chr. was de periode waarin de Griekse cultuur bergaf ging. De stadstaten benadeelden en bevochten elkaar en Rome's macht groeide, twee oorzaken voor een klimaat dat wetenschappelijk denken en doen meer en meer hinderde. Twee Macedonische oorlogen tegen Rome (216-205 en 200-197) leidden er weliswaar toe dat de Grieken vrij verklaard werden, maar de bodem waar de bevochten vrijheid vrucht zou kunnen dragen, was uitgeput en bovendien was Nero's besluit de Grieken vrij te verklaren een loos gebaar.

De tijd en de politiek bevorderden het emplooi van vergiften, het middel om de tegenstander uit te schakelen zonder zichtbare of bewijsbare gewelddadigheid. De belangstelling voor de bron, uitwerking en afweer van het vergif vroeg dan ook om biologische gegevens. De medisch-biologische literatuur weerspiegelde het wereldbeeld. Het geneeskruidenboek werd tot vergiftenboek en met de informatie verschoof het doel. Zocht men vroeger hulp tegen ziekte, nu wordt vooral raad en bescherming gezocht tegen vergiftiging.

Ongeveer 200 v. Chr. maakte de Ionische arts Nikandros van Kolofoon twee gedichten die nog beschikbaar zijn: *Theriaka* en *Alexifarmaka*. Weliswaar werd hij tot het 'zevengesternte' der Alexandrijnse poëten gerekend, maar het is nog lang niet zeker dat hij ooit in Alexandrië geweest is. *Theriaka* (958 verzen) handelt over giftige dieren en *Alexifarmaka* (630 verzen) over geneesmiddelen tegen vergiftiging.

Nikandros vermeldt in *Alexifarmaka* 21 vergiften, elf daarvan plantaardig en acht dierlijk. Vrijwel alle tegengiften zijn plantaardig. Kenmerkend is het ontbreken van elke poging om de betrokken planten en dieren door vermelding van kenmerken herkenbaar te maken. Elke lezer (arts) weet immers wel wat met de gebruikte volksnaam bedoeld wordt. Hoe dan ook, de auteur blijkt niet in het minst geneigd een beeld of omschreven begrip van de genoemde planten of dieren te ontwerpen. Het best bewaard gebleven manuscript dateert uit de 10e eeuw, voorzien van kinderlijke tekeningetjes daarvan 12 eeuwen na zijn ontstaan toegevoegd.

Aristoteles en Theophrastos gaven zich ook weinig moeite om hun planten en dieren door vermelding van onderscheidende eigenschappen voor hun lezers herkenbaar te maken. Hoewel die opzet gewoonlijk achterwege bleef, was toch hun verslag van waarnemingen zo degelijk, dat identificatie niet zelden mogelijk wordt. Maar Nikandros noemde nauwelijks enig detail over het uiterlijk van de dieren in *Theriaka* en voor zover hij al eens kenmerken van planten vermeldde, kopiëerde hij Theophrastos. Reptielen, amfibieën, vissen, spinnen, schorpioenen, duizendpoten en allerlei insecten passeren de revue; grotendeels schreef hij een zekere Apollodoros over, die in het begin van de 3e eeuw een *Peri Therioon* (Over Jachtdieren) publiceerde.

Een restant van een dichtwerk over de landbouw kan er op wijzen dat Nikandros probeerde eetbare van giftige paddestoelen volgens hun uiterlijk te onderscheiden.

De kruidboeken, vergiftenboeken, geschriftjes over eetbare planten en dieren leidden tot de eerste, althans de oudste bewaard gebleven farmacopee. Een Romeinse arts, Scriboni(an)us Largus, stelde hem samen ten tijde van de regering van keizer Claudius (41-54 na Chr.). Omstreeks het jaar 47 verscheen *Compositiones Medicamentorum* met meer dan 300 recepten. De plantaardige ingrediënten zijn merendeels niet met zekerheid herkenbaar. Een vergelijkende studie met de vroegere publikaties over geneeskrachtige planten, te beginnen met Theophrastos, zou vermoedelijk resultaten van historisch-biologisch belang opleveren.

Van de 4e eeuw v. Chr. af waren geschriften verschenen over gastronomie, kookboe-

ken, waarin culinaire zeedieren uit de Middellandse Zee de hoofdschotel vormen. De boeken gingen soms geheel soms bijna geheel verloren. Wat overschoot is voor de biologie niet van belang al bevatten zij bij uitzondering, evenals de kruidboeken, wel eens een gegeven dat aantekening verdient. Als het beste voorbeeld de *Deipnosofistai* door Athenaios (begin 3e eeuw n. Chr.), die het oudste goed bewaard gebleven kookboek maakte. Athenaios werd in Naukratis (Egypte) geboren en woonde en werkte in Rome. Het boek dient zich aan als een tafelkout, een gesprek over de eetbaarheid en toebereiding van vele gerechten, al dan niet tijdens het veronderstelde gastmaal opgediend. Dit is een tot na de Renaissance dikwijls gekozen model, eigenlijk niet anders dan een smakelijk opgediende samenspraak.

De *Deipnosofistai* (15 boeken) is een kort gevatte encyclopedie van de wetenschappen, een tafel-plinius. Athenaios citeerde honderden auteurs en meermalen zijn de citaten het enige dat nog van hun werken bekend is. Een uitvoerige en smalende kritiek op het werk van Aristoteles droeg Athenaios zelf bij aan de gesprekken. Hij haalt ook (onder veel meer) Pamfilos van Alexandrië aan (een taalgeleerde (224-138) die Nikandros' plantenboek becommentariëerde en onbarmhartig door Galenus aan de kaak gesteld zou worden). Pamfilos wees op *hydnofyllum*, een gras dat boven truffels groeit en dat daarmee het vinden van truffels mogelijk maakt. Hij vermeldde voor het eerst de naam 'citrus' voor citroen. En er is de vroegste vermelding van commensalisme, geput uit de omvangrijke werken van Chrysisippos van Tarsus (ca. 281-ca. 205).

Deipn. lib. III, 89-90: "De pinna [een grote Middellandse-Zeemossel, *Pinna nobilis*] en zijn verspieder (*pinnoteres*) werken samen en kunnen elk afzonderlijk niet leven. De pinna is een schelpdier maar zijn verspieder een klein krabbetje. De pinna opent zijn schelp en wacht roerloos tot kleine visjes naderen maar de verspieder is waakzaam en bijt de pinna om te kennen te geven dat iets op komst is. De pinna voelt de beet en sluit de schelp en zo eten zij samen wat in de schelp gevangen wordt."

Uit welingelichte kringen weet Athenaios nog te melden dat beide dieren te zamen tot leven komen, als het ware uit hetzelfde zaad.

De eerste ontdekkingsreizigers droegen in de regel niets bij aan de biologie. Die pioniers gingen trouwens niet met dat doel op pad. Het meest opvallende van hun reisverslagen is het ontbreken van elke spoor van belangstelling voor exotische planten en dieren, die men toch in overvloed gezien moet hebben. Bij hoge uitzondering vermelden reizigers in de 7e tot 6e eeuw v. Chr. een dier zoals een olifant, een nijlpaard, een krokodil, een zeemonster. Het bleef bij het noemen van een naam.

De eerste reiziger die enige biologische gegevens aandroeg was Hanno van Carthago (550 v. Chr.) in zijn *Periploes* – vele reisverhalen dragen die titel. Hij beschreef zijn reis door de Straat van Gibraltar langs West-Afrika tot Gabon.

"De derde dag na ons vertrek passeerden we de Kreeftskeerkring en bereikten een baai, die de Zuidhoorn genoemd wordt. In die haven is een eiland waar een meer op is. In dat meer is een ander eiland, dicht met wilde mensen bevolkt. De meesten waren vrouwen met een behaard lichaam, die de tolken 'gorhl' noemden. Wij joegen op hen maar slaagden er niet in een mannetje te vangen omdat zij langs de kloven klauterden en zich met rotsblokken verdedigden. Maar die vrouwen beten en krabden degenen die hen vingen, en wilden niet met ons meegaan. Daarom doodden we hen, vilden hen, brachten de huiden naar Carthago. Omdat we geen leeftocht meer hadden moesten we van dit punt af terug keren."

De gorilla kwam voor het eerst levend naar Europa in 1876, bericht Bodenheimer (1958, p. 154-155) aan wie ik ook het meeste van het bovenstaande citaat dank. Als wij nu in aanmerking nemen dat naar de mening van anderen Hanno Gabon lang niet bereikte, maar niet verder kwam dan Sierra Leone, en dat met 'gohrl' in West-Afrika mensapen bedoeld worden, dan is de gedachte van Petit (1962, p. 195) dat de ontdekkingsreizigers misschien chimpansees aantreffen, in het geheel niet onaanvaardbaar. Maar Delaunay (1962, p.286) denkt dat Hanno wel degelijk zo ver doordrong dat hij pygmeeën ontmoette; al evenzeer een mogelijkheid. Wij tekenen aan dat Hanno zelf niet geweten heeft waar hij was; evenmin wist hij of hij pygmeeën, gorilla's of chimpansees ontmoette.

Hanno's huidenbuit is het belangrijkste in biologisch opzicht dat vermeld werd. Dat mag wel een schrale en onzekere oogst heten.

Met Herodotos van Halikarnassos, die ca. 450 v. Chr. Griekenland, het Midden-Oosten, Egypte, en Noord-Afrika bereisde, begint, min of meer, de zoölogische literatuur, een eeuw later dan Hanno's tropisch avontuur. Herodotos was koopman, 485/0 te Halikarnassos geboren, naar Samos gevlucht om de dictatuur te ontlopen, teruggekeerd naar zijn vaderstad maar daarna naar Thoorioi verhuisd waar Perikles kort tevoren een nieuwe Griekse kolonie had gesticht. Hij stierf 425/0. Zijn reisverslag is kinderlijk, vol onzin, maar onmiskenbaar geschreven door een man die met een levendige belangstelling rondkeek. Hij gaf het eerste en het beste verslag over de faunistische rijkdommen van het oude Libië, waar vrijwel de gehele Afrikaanse dierenwereld volop vertegenwoordigd was. Dit is zijn verhaal over de krokodil:

Hist., ed. H. Cary, p. 104/5: 68: "Nu volgt de aard van de krokodil. In de vier koudste maanden eet hij niets en ofschoon hij vier voeten heeft, is hij een land/water dier. Hij legt zijn eieren op het land en broedt hen daar uit. Hij brengt het grootste deel van de dag op een droge plek door, maar de hele nacht in de rivier, want het water daar is warmer dan de lucht en de dauw. Van alle dieren die wij kennen wordt dit het grootste na het kleinste begin. Want de eieren die hij legt zijn groter dan van een gans en het jong is in het begin zo groot als het ei toelaat, maar als het groeit bereikt het een lengte van 17 el, en zelfs meer. Hij heeft de ogen van een varken, tanden en uitstekende hoektanden, grote in verhouding tot de lichaamsmaat. Het is het enige dier dat geen tong heeft. Hij beweegt de onderkaak niet maar is het enige dier dat de bovenkaak laat neerdalen op zijn onderkaak. Hij heeft sterke klauwen, en een huid met schubben bedekt, die op de rug niet gebroken kunnen worden. Hij is blind in het water, maar scherpziend op het land. En omdat hij meestentijds in het water huist, wemelt het in zijn bek van bloedzuigers. Alle vogels en dieren blijven ver van hem weg, maar met de *Trochilus* heeft hij een goede verstandhouding omdat hij van die vogel profiteert. Want als de krokodil het water uit en het land op komt, en dan zijn bek openspert — hetgeen hij meestal in westelijke richting doet — dan loopt de *Trochilus* zijn bek binnen en slokt de bloedzuigers op. De krokodil is met dit dienstbetoon zo tevreden dat hij de *Trochilus* nooit kwaad doet."

Het boek van Herodotos is boordevol gegevens over volken, landen en dieren, verrassend verschillend van al wat zijn voorgangers schreven. Deze passage over de krokodil is karakteristiek voor het geheel: een mengsel van nieuwe, ware feiten, gegevens over levensgewoonten, uiterlijk enz. van waargenomen dieren, en van fouten, vergissingen en onzin. Herodotos bleef eeuwen lang een naslagwerk voor biologen, dat vertrouwen

genoot. De bewegende bovenkaak accepteerde Aristoteles (hoe had hij ook anders gekund?) en velen na hem herhalen de fout. Pas in de 16e eeuw zal Gesner (IV.13) corrigeren.

De naam krokodil, zei Herodotos, gebruikten de Ioniërs omdat zij op de hagedissen leken, die bij hen thuis in de heggen leven en die zij krokodillen noemen.

Ktesias was omstreeks het einde van de 5e eeuw v. Chr. lijfarts van Artaxerxes, 17 jaar lang, en schreef boeken over India, Perzië en de gehele toen bekende wereld. Biologische gegevens, gepresenteerd als malle dierenverhalen, treft men er in aan. Wat hij er mee beoogde is een raadsel. Misschien populariteit, misschien verwachtte hij dat elke fantasie uit het verre Perzië met graagte geslikt zou worden. Dat had hij goed voorzien en hij behoorde tot de geregeld geciteerde auteurs tot na de Middeleeuwen. Voor ons doel beperken wij ons tot het oordeel van Aristoteles, die zijn werk minachtte.

Van veel belang was de veldtocht van Aristoteles' leerling Alexander de Grote. De geleerde wereld in Griekenland kreeg voor het eerst biologische gegevens en materiaal rechtstreeks uit India. Alexanders leger werd begeleid door schrijvers belast met het maken van een reisverslag waarin plaats moest zijn voor dieren en planten.

Nearchos werd de commandant van een flottielje die Alexander van de monding van de Indus naar de Perzische Golf liet terugzeilen. Arrianos van Nikomedia (Latijn: Flavius Arrianus), filosoof en historicus, schreef tijdens zijn laatste levensjaren, in de tweede helft van de 2e eeuw een verslag in zeven 'boeken' over Alexanders veldtocht, *Indikes*, dat in 1927 herdrukt werd. Omdat hij het als pendant van Xenofoons *Anabasis* schreef kreeg het ook de titel *Anabasis Alexandri* mee. De invloed op Theophrastos' botanische studies van Alexanders ontdekkingen kwam reeds ter sprake (I.16).

Een koopman uit Alexandrië, Arrianos Alexandrinos, bevoer in de eerste eeuw na Chr. de kusten van de Perzische en de Arabische Golf, O. Afrika tot 10° N.B. en hij bereikte de zuidpunt van Voor-Indië. Zijn reisverhaal, *Periplus maris Erythraei* verscheen ca. 54. Veertig handelsartikelen van plantaardige oorsprong noemde hij. Meyer (II, p. 85-92) maakte er een lijst van. Beide Arianossen droegen zelf nauwelijks aan de biologie iets bij.

4. *Asklepiades, Krateuas en Andromachos*

In de 1e eeuw v. Chr. wordt Asklepiades van Bithynië de stichter van de Methodische School. Zijn leer sloot kennelijk aan bij Demokritos want hij meende dat alle weefsels door uiterst kleine bewegende deeltjes gevormd worden waar poriën tussen open blijven. Ziekte ontstaat als zij in hun beweging belemmerd worden; geestesziekten ontstaan door verstopping van de poriën in de hersenen. Van meer betekenis voor de biologie was zijn uitspraak dat de organen door 't gebruik de vorm kregen, die zij bezitten, en niet terwille van dit gebruik; dat was nieuw en in tegenspraak met Aristoteles' finaliteit, maar een gedachte, die vooral in de 19e eeuw een grote rol zal spelen (vgl. Lamarck). Asklepiades komt later opnieuw ter sprake (VI.4).

Krateuas (Cratevas, Krateas zijn andere spellingen), een kruidenzoeker die omstreeks 75 v. Chr. leefde, leverde het bewijs dat men, in de loop der tijd, de onmogelijkheid om de in de kruidboeken behandelde planten (en dieren) met zekerheid te herkennen, als nadelig ondervond. Hij paste een kunstgreep toe die een beschrijvende tekst vervangt. Hij tekende afbeeldingen; hij illustreerde. Maar het effect van zijn vernieuwing moest



Fig. 8. Van een beschadigde kleurenafbeelding uit een vroeg manuscript van Dioskorides vervaardigde Charles Singer een tekening van Krateuas aan het werk. Krateuas schildert in kleuren (verf op zijn tafeltje) en beeldt *Mandragora officinalis* af, het magische 'alruinmannetje'. Weliswaar neemt hij bij dat tekenwerk een onmogelijke houding aan, maar hij bekijkt de plant die Epinoia ('de overdenking van het waargenome') hem voorhoudt (alweer in hoge mate onpraktisch). Dioskorides is (rechts) bezig met schrijven.

gering blijven want een reproductietechniek ontbrak. Die belemmering gold ook voor geschreven teksten maar verhinderde de spreiding van biologische informatie in mindere mate. Overschrijven is gemakkelijker (en aantrekkelijker) dan natekenen. Krateuas' platenboek ging verloren.

Hij zou zelf, naar het schijnt, een *Rhizotomikon* gemaakt hebben. Enige gekopieerde tekeningen samen met tekstcitaten (van andere auteurs) zijn alles wat overschoot; de meeste bleven bewaard in de *Juliana Anicia Codex* (512 n. Chr.).

Krateuas was lijfarts van Mithridates VI Eupator (132/120-63) van Pontos, die zelf ook kruidendokter was. Mithridates was wereldvermaard als gifmenger en uitvinder van tegengiften (zie Celsus, II.14).

Andromachos van Kreta, lijfarts van Nero (1e eeuw na Chr.) componeerde met do-zijnen *simplicia* (elke plantsoort is van nature ergens goed voor en vertegenwoordigt een 'enkelvoudig' middel, een *simplicium*) een universeel medicijn tegen elke verwonding, vergiftiging en ziekte, dat *mithridatum* heette. Zo kwamen in volgende eeuwen allerlei mengsels en middeltjes in omloop als mithridaat, probaat tegen alle kwalen, tenminste bijna alle.

In Europa werd tot het einde van de 18e eeuw in sommige steden, in het openbaar en ten overstaan van de gemeentelijke overheid, een *theriaka andromachi* vervaardigd en uitgedeeld, een kruidenmengsel ter bevordering van de volksgezondheid.

Galenus (II.17) zegt dat Andromachos zijn wondermiddel in 87 strofen bezongen heeft (de eerste 39 zijn weliswaar een loftuiting op Nero).

Kruidboeken (o.m. die welke aan Krateuas toegeschreven werden) waren literatuur die Dioskorides (II.16) benutte en zo droegen zij bij tot de ontwikkeling der plantkunde. En ook, maar in mindere mate, door hun verwerking in de zoëven genoemde *Juliana Anicia Codex*, die in het begin van de 6e eeuw voor Juliana, de dochter van Anicius Olybrius werd samengesteld uit kopieën van oude manuscripten. Anicius was 4 maanden keizer van het Westromeinse rijk en overleed in 472.

Dit unieke en prachtige werk wordt sinds 1516 te Wenen bewaard. Deze *Codex Vindobonensis* bevat ca. 400 plantafbeeldingen. In 1906 verscheen een facsimile-uitgave. Singer tekende een plaat na (1927), waarbij hij de beschadigingen naar beste vermogen herstelde. Men ziet op die plaat Krateuas aan het werk. Gerstinger publiceerde in 1970 bij een facsimile-uitgave van *Codex Vindobonensis Medicus Graecus I* uitvoerige commentaren. Deze bundel bevat o.m. 216 versregels *Carmen de Viribus Herbarum* (Gedicht over de Krachten der Geneeskuiden), misschien door Rufus van Efeze geschreven. Het zou ongeveer vijftienhonderd jaar duren voor dit niveau van planten afbeelden opnieuw bereikt werd. En natuurlijk worden in de kruidboeken de wortels – schuilplaatsen van verborgen krachten – steeds met enige nadruk bijgetekend, zij het dan meermalen als pure fantasie, beter gezegd, als symbool voor analfabeten die zodoende op het voornaamste bestanddeel opmerkzaam werden gemaakt.

Plinius noemt (in *Hist. Nat.* XXV, 2, sect. 4) behalve Krateuas nog twee andere illustrerende schrijvers van kruidboeken: Dionysios en Metrodorus, namen die wij hier plichtsgetrouw herhalen. Noch van hun leven, noch van hun werk is ook maar iets met zekerheid bekend, maar, verzekerde Plinius: “zij waren schilders die, evenals Krateuas, alle planten in kleuren afbeeldden”.

5. *Pamfilos en Galenus*

Een kruidboek door Pamfilos van Rome omstreeks het einde van de 1e eeuw v. Chr. gemaakt, bleef ten dele bewaard. Het werd ten onrechte aan Pamfilos van Alexandrië (224-138) toegeschreven (zie II.5) en ook aan de Romeinse zalfmaker Pamfilos, die in het begin van de 1e eeuw *mentagra* bestreed met zijn fameuze *Endorion lichenum*, een korstmos-zalf waar hij veel geld mee verdiende. Misschien was *mentagra* een huiduitslag of misschien ook 'de bof'.

Er zijn nog drie andere Pamfilossen die voor plantentekenaars doorgingen, maar geen van allen heeft invloed op de biologie gehad. Ik zou al wie Pamfilos heette dan ook zeker ongenoemd gelaten hebben, ware het niet dat ene Pamfilos (denkelijk onze Pamfilos uit de 2e eeuw v. Chr., de Alexandrijn) Galenus aanleiding gaf tot ontboezemingen die omdat zij de toestand van de biologie rond het begin van onze jaartelling karakteriseren, hier aangehaald worden. Meyer (1855) citeerde (uit Kühns editie van de nagelaten werken, *Galeni opp.* ed. Kühn XI, p. 792-798, *lib.* XI) veel uitvoeriger. Ik beperk mij:

“Pamfilos verzandde in bakerpraatjes en zinloze Egyptische hokus-pokus versierd met toverformules, die bij het inzamelen van de planten opgezegd moeten worden. Hij benutte rare dingen als amuletten en maskotten die niets met geneeskunde te maken hebben en bovendien vlakweg leugens zijn.” . . .

. . . “Maar die Pamfilos, die over planten schreef, blijkt – naar zijn werk te oordelen – een boekenwurm te zijn, die de planten die hij bespreekt noch gezien noch beproefd heeft, maar voetstoots alle auteurs van vroeger vertrouwt. Hij schreef zijn boeken bij elkaar door blindelings aan elke plant een rij namen te geven, dan mee te delen of zij bijgeval door alteratie uit een mens ontstonden [Platoon; I.14], en verder de toepasselijke toverspreuken, plengingen en berokingen bij het opgraven voor te schrijven, en meer van dat goochelaarsgebrabbel te noteren.” . . .

. . . “Maar Andreas [II.3] en dergelijke marktschreeuwers verdienen geen geloof, nog veel minder Pamfilos, die zelfs in zijn dromen de planten niet bekeken heeft, die hij waagt te beschrijven. Heraklides van Tarente vergelijkt dat slag mensen terecht met de omroepers, die signalement en lichaamsbouw van weggelopen slaven bekend maken, die ze nog nooit gezien hebben. Ze vernemen die herkenningstekens van ooggetuigen en maken daar zo'n geleuter van dat de gezochte, als hij er toevallig bij zou staan, zichzelf niet eens herkennen zou.” . . .

“Want dat dergelijke kunstenaars dergelijke dingen alleen maar schreven om jan-publiek in verbazing te brengen, blijkt ook uit Pamfilos' boeken. Wat de planten aangaat, schrijft hij allereerst over het ons allen goed bekende *Abrotanon*, en daarna over *Agnos*, eveneens een welbekende struik, en vervolgens over *Agrostis*, een kruid waar zelfs leken mee vertrouwd zijn, dan *Anchusa*, al evenzeer alom bekend en dan nog *Adianton*. Van deze alle zegt hij, naar mijn mening, niets verkeerd.”

“Dan behandelt hij echter een plant die, zoals hij zegt, Adelaar genoemd wordt en waarover, naar hij erkent, geen Griek ook maar iets weet mee te delen, maar die niettemin in een van de boeken die aan de Egyptische Hermes toegeschreven worden, vermeld zou zijn. Vervolgens gaat het over de zesendertig heilige planten van de sterrewichelaars, alle klaarblijkelijke zotternijen en bedenkself

van de schrijver, evenals de *Ophionika* [Slangeboeken] van 'Konchlas'. Want nooit heeft een Konchlas bestaan, en diens naam werd voor de grap bedacht, evenals al het andere wat in dat boek staat. En die zesendertig namen zijn dan ook alleen maar namen die met niets feitelijks van doen hebben. Toch blijkt Pamfilos, evenals verscheidene anderen, de tijd te hebben gehad om zulke nutteloze fabeltjes in zijn boeken op te nemen."

6. De 2e eeuw (v. Chr.)

De kritiek van Galenus karakteriseert de meeste biologische literatuur van omstreeks de 2e eeuw v. Chr. tot diep in de Middeleeuwen.

De biologie, voorzover rond de 2e eeuw beoefend, gaat schuil in geschriften over artsenij en beschouwingen van geneeskundige aard. De uit het tijdperk van de Griekse glorie stammende kennis van zaken en het creatieve denken verschaalden en vertroebelden; gezapig en slordig aanvaardde en volgde men de vroegere auteurs. Teksten die van generatie op generatie overgeschreven steeds onvollediger en kreupeler werden, bleven voortbestaan.

Keren wij terug naar de tijd van de Griekse 'vrijheid', die uitloopt op de derde Macedonische oorlog (171-168) en de inlijving van Griekenland in het Romeinse imperium (149-146). Nadien was van ontwikkelingen in de biologie zeer lange tijd ternauwernood iets te bemerken.

7. Aemilius Macer Veronensis

Aemilius Macer Veronensis zou in de tijd van keizer Augustus geleefd en gewerkt hebben (? , Verona – 15 v. Chr., ?Azië); *Ornithogonia*, *Theriaka* en *Alexifarmaka* staan op zijn naam. Er zijn een aantal handschriften onder die titel, de meeste van onzekere samenstelling en herkomst. *Ornithogonia* handelde denkelijk over vogels, vissen en insecten, *Theriaka* was een kruidboek (waarschijnlijk een vertaling of bewerking van Nikandros' plantenboek (II.3) en *Alexifarmaka* handelde over de kunst slangen te verjagen en hun beten te genezen. Op de titel na zijn Aemilius' studies vrijwel spoorloos.

Het is de vraag of Aemilius iets bijdroeg tot de studie van de natuur en ik zou hem ongenoemd hebben gelaten als zijn naam mede door Plinius toedoen niet sinds de 9e eeuw en eeuwen nog daarna, alom bekend zou worden (III.14). Een schakel ontbreekt. Heeft Aemilius invloed gehad op het ontstaan van de medische school in Salerno? Waarom koos men zijn naam als propaganda voor Middeleeuwse kruidboeken?

8. Demokrates, dichtend arts

In dit overzicht van de Griekse op de biologie betrokken literatuur rond het begin onzer jaartelling en van drie eeuwen daarvoor, behoort een aantekening over Servilius Demokrates (of Damokrates) niet te ontbreken. Hij heeft misschien eerder maar in elk geval niet later dan de 1e eeuw n. Chr. geleefd en hij schreef (alweer) over artsenijen. In verzen, evenals vele voorgangers. Voor deze gewoonte zijn verschillende redenen aan te

wijzen. Eén berust min of meer op de Pythagorische opvatting, dat indien over waardevolle, of diepzinnige, of moeilijke onderwerpen geschreven wordt, woordkeus en stijl daarmee in overeenstemming moeten zijn (zie Herakleitos; 1.8). Voor de allerhoogste gedachten is geen tekst passend: men zwijge (dit standpunt haakt aan bij een overoude Indiase opvatting). Zwijgen is goud, het edelste metaal. Dit Pythagorische beleid heeft door alle eeuwen heen aanhangers gehad. Welnu, een geschrift over genezend vermogen, dat over zo'n heilzaam effect handelt, over een onbegrijpelijke maar begeerlijke eigenschap die schuilt in levende, of in ieder geval bijzondere dingen, mag bijgevolg aanspraak maken op een bijzondere taal: poëzie.

Een andere reden draagt de praktijk van de kruidendokter aan. De hoeveelheden van de recept-ingredienten worden door de kopiïsten vaak fout overgeschreven. Door de getallen, hoeveelheden en maten als versvoeten in versmaat op te geven, valt een struikel in het ritme de lezer of schrijver dadelijk op en hij zal gewaarschuwd zijn.

Demokrates schrijft o.m. een *Klinikos* in jamben en Galenus citeert hem uitvoerig, hetgeen nog een restant van zijn werk gered heeft. Omdat het een van de beste voorbeelden is van plantbeschrijving uit de Oudheid en omdat ik de verzoeking niet kon weerstaan een metrische vertaling (volgens Meyer II, 1855, p. 43) te maken, volgt hier Demokrates' beschrijving van *Iberis* (de plant komt uit Iberia, Spanje); het gaat met zekerheid over een kruisbloemige:

“Het groeit gewoonlijk her en der
 Vooral op oude monumenten, mure'
 en grav' en veelbelopen paden
 Die 's landmans ploeg' niet heeft doorwoeld.
 De blaadjes lijken sterkers en het groen
 Is in het voorjaar 't allermooist.
 De stengel wast een el omhoog,
 Misschien iets meer, misschien iets minder,
 Uit een rozet van sappig blad,
 Terwijl de and're blaadren door de vorst
 Des winters schrompelen, vallen en bezwijken.
 Maar 't overschot, dat uit de wortel spruit
 Duurt voort, en 's zomers draagt de steel
 Veel bonte bloempjes, blank als melk,
 Waarna onooglijk klein het zaadje volgt.
 De geur der wortel evenwel is stekend en
 Meer dan wat ook sterrekers gelijk.”

Demokrates heeft, dacht ik, *Lepidium ruderale* bedoeld, steenkruidkers, in zijn tijd een artsenij en hij beschreef de levensgewoonten en het uiterlijk van zijn plant bekoorlijk en bevredigend.

Meer nog. Geen tekst uit de Oudheid over een kleine, onaanzienlijke plant toont zoveel aandacht voor het uiterlijk, de levenscyclus en de oecologie, toont warmere belangstelling in biologische zin. Demokrates zou een vriend en collega van Andromachos geweest zijn, die in Rome praktizeerde en hij heeft misschien wel in dezelfde stad gewoond.

Terugziende naar omstreeks halverwege de 1e eeuw v. Chr. vragen we ons af, wat naast en na de onvergelykelijke prestatie van de Grieken, degenen die de wereldmacht overnamen, de Romeinen, als biologen tot stand brachten.

9. Varro, een Romeinse schrijver en landheer

Marcus Terentius Varro (116 v. Chr., Reate (ten noorden van Rome) – 27 v. Chr., Rome) schreef over allerlei wetenschappen en kunsten: geleerd, belezen, de vruchtbaarste en meest wijd geïnformeerde auteur van zijn tijd. Het meeste ging verloren, maar een landbouwkundige verhandeling bleef bewaard: *De Re Rustica* (3 'boeken'). Gewoonlijk is zijn benadering van de levende wezens Romeins, d.w.z. direct en met 't oog op voordeel. Hem treft echter geen verwijt: hij was Romein en kamergeleerde, historicus en, in zijn tijd vanzelfsprekend, niet zonder belangstelling voor wijsbegeerte. Hij had als landheer een open oog voor de natuur.

Bioloog in wetenschappelijke zin was hij niet, al betrof hij bij zijn beschouwingen over landbouwaangelegenheden Hippokrates en Theofrastos. Hoewel hij weliswaar feiten noemde van enige historisch-chronologische waarde (zaad van de cypres schuilt in de kegel en van de vijgeboom in het inwendige van de vijg), een poging deed om een terminologie voor plantorganen te maken en ca. 40 plantesoorten besprak, bevorderde hij de voortgang van de biologie niet wezenlijk. Karakteristiek Romeins is zijn antwoord, als hem gevraagd wordt een *causa* voor levensuitingen aan te wijzen: "Wat zo is, is zo; en hoe het komt, daarover kan men bij Aristoteles lezen".

Möbius (1937, p. 317) wees erop dat Varro niettemin opmerkte: "Het valt op dat sommige bloemen die 'heliotropisch' genoemd worden zich 's morgens naar de zonsopgang keren, en zij volgen de zonneloop tot zonsondergang, zodat zij steeds naar de zon kijken". Een eerste notitie over de 'tropismen'.

De boer, boere-arbeid en boers denken staan in de klassieke Romeinse samenleving in hoog aanzien. Romeinse wetenschap en literatuur houden zich, in tegenstelling met de Griekse klassieken uitvoerig daarmee bezig. Landbouwliteratuur bevat bij de Romeinen korreltjes biologische gegevens. Tot omstreeks de 2e helft van de 1e eeuw v. Chr. verschijnt echter niets dat terwille van biologische vraagstukken geschreven werd.

10. Lucretius en Epikoeros: de ethiek van het materialisme

Strikt genomen kan het leerdicht dat Titus Lucretius Carus schreef en naliet (hij werd ca. 96 in Rome geboren en pleegde in 55 zelfmoord) niet als biologische literatuur gelden. In feite was zijn *De Rerum Natura* (6 boeken, door Cicero jaren later gepubliceerd) een wijsgerige verhandeling en eigenlijk ook niet anders dan een (schitterend) commentaar op de werken van Demokritos en Epikoeros – Grieken dus – maar het heeft sinds de Renaissance een grote invloed uitgeoefend op de natuurbeschouwing en daarmee, langs een omweg, op de ontwikkeling van de biologie. Over de stellingen van Demokritos heb ik eerder geschreven (I.12); over Epikoeros het navolgende.

In 341 op Samos geboren (in Gargettos), vestigde hij zich al spoedig in Athene, waar hij tot zijn dood in 270 leraarde en woonde; hij kan Demokritos persoonlijk gekend hebben. Zijn 'Tuin' werd een ontmoetingsplaats van Epicuristen: mensen die overtuigd waren dat 's werelds loop geheel en al door natuurlijke oorzaken te verklaren was en slechts daaraan moest worden toegeschreven. Goden bekommeren zich niet om 't menselijk bestaan; de mens staat het vrij zich niet om goden te bekommeren maar onbevreesd aan het goede en plezierige van de wereld deel te nemen. De rede moet ons streven naar genot leiden, en heersen; zielsrust en ongestoorde bespiegeling zijn de

hoogste genietingen. Epikoeros was een zeer ingetogen en sober levend man en zeker geen losbol, een verwijt dat hem later gemaakt werd.

Hij ondersteunde de atoomtheorie in een materialistisch-mechanistische natuurbeschouwing. Slechts het stoffelijke is werkelijkheid. Alle kennis komt uit waarneming voort en beide zijn onverbreekbaar verbonden. Alle conclusies moeten uit waarnemingen volgen en uit gelijksoortige waarnemingen laten zich algemeen geldende oordelen, wetmatigheden, afleiden. Dat hiermede tevens een basis voor biologisch experimenteren was gelegd, is duidelijk.

Lucretius' poëzie maakte Epikoeros (en Demokritos) tot veelgelezen literatuur in de Renaissance; hun zicht op natuur, biologie en natuuronderzoek zal dan meer en meer gevolgd worden. In de 18e eeuw werden zij een uitgangspunt voor de bioloog-experimentator voor zover deze een puur mechano-materialistische en gnostische visie huldigde. In de 19e en vooral de 20e eeuw zal o.m. de biologische fenomenologie bedenkingen aanvoeren tegen deze theorieën.

11. Vergilius, Romeins poëet (1e eeuw v. Chr.)

Alle overzichten van de biologie-geschiedenis verwijzen naar Publius Vergilius Maro (70, nabij Mantua – 19, Brindisi, op de terugreis van Athene naar Rome). Vergilius, die met zijn dichtwerk *Aeneis* voorgoed zijn plaats in de wereldliteratuur kreeg, schreef o.m. *Georgica* (35-30), een leerdicht in 4 boeken over de landbouw, dat de meeste natuurhistorische data bevat. Vergilius' werk trok de aandacht van latere biologen. A. J. Retz schreef een *Flora Virgiliana* (1809), A. L. A. Fée een *Flore de Virgile* (1822) en M. Tenore eveneens een *Flora Virgiliana* (1826), en er is meer (Louis 1977, p. 130-131). Maar hoe aantrekkelijk de erudiete tijdpassering om Vergilius' plantennamen met Linneaanse namen en soorten in verband te brengen en van moderne wetenschappelijke namen te voorzien ook zijn moge, met een voortgang van de biologie heeft dit nauwelijks van doen. Vergilius' gedichten openen geen nieuwe biologische uitzichten en waren daar ook niet voor bedoeld.

12. Columella, een vooruitstrevende hereboer (1e eeuw n. Chr.)

Lucius Iunius Moderatus Columella (1e eeuw na. Chr.) vulde Vergilius die niet over tuinbouw geschreven had, aan. Vergilius had in zijn *Georgica* latere dichters verzocht het onderwerp te willen afhandelen. Columella wijdde het 10e boek van zijn agrarisch werk *De Re Rustica*, dat in 12 boeken ca. 60 verscheen, onder de titel *De Cultu Hortorum* aan de tuinbouw. Hij schreef boek X in dezelfde stijl en dichtvorm als *Georgica*, omdat hij die daarmee bedoelde te voltooien.

Columella werd in Cadiz ('Gades') geboren, nam dienst in het Romeinse leger en bereisde het imperium jarenlang. Omstreeks 42 vestigde hij zich in Latium, niet ver van Rome, als landgoedeigenaar.

Bomen hadden zijn bijzondere aandacht. Een verhandeling *De Arboribus*, Over Bomen, was zijn eerste publikatie (gedeeltelijk verdwenen), die hij herzag en vermeerderde en daarna als boek III, IV, en V van *De Re Rustica* (Over de Landbouw) liet verschijnen. In *De Cultu Hortorum*, Over de Tuinbouw, verwees hij naar meer dan 400

verschillende planten, zowel soorten als cultuurvormen, die gekweekt of aangevoerd werden terwille van de groeiende vraag naar een zo groot mogelijke verscheidenheid aan gerechten.

Gedrukt werden Columella's werken voor het eerst in 1543. Zijn geschriften waren bedoeld als handleiding voor de grootgrondbezitter en de boer; voor de biologie zijn zij vrijwel zonder betekenis. Onder zijn tijdgenoten lieten Celsus en Plinius belangrijker werk na. Seneca heeft in de biologie evenmin een rol gespeeld al treft men zijn naam in vrijwel alle overzichten aan. Daarom volgt een korte aantekening.

13. Seneca de Jongere

Een welgestelde geletterde Romein, uit Cordoba afkomstig, die zijn leven grotendeels in Rome doorbracht, had een zoon, eveneens in Cordoba geboren, die zijn vaders naam kreeg, Lucius Annaeus Seneca (4 v. Chr. – 65 n. Chr.). Hij wordt Seneca de Jongere of Seneca de Filosoof genoemd. Gedurende enige jaren was hij gouverneur van Nero maar vooral diens gedrag maakte dat hij zich terugtrok en zich aan de studie wijdde. Nero liet hem zelfmoord plegen.

Seneca de Jongere werkte in zijn geschriften de Griekse opvattingen uit, volgde deze, vond niets nieuws en niets meer. Hij onderzocht de 'natuurlijke' oorzaken van de waarneembare dingen en gebeurtenissen in *Naturalium Quaestionum Libri Septem* maar draagt aan biologische kennis niet bij al zijn zijn meteorologische en geografische beschouwingen niet van enig belang ontbloot. Zijn talrijke wijsgerige en moraliserende werken zijn voor ons van geen betekenis. Maar hij liet één uitspraak na die biologen gaarne in gedachten houden: "Er zal een tijd komen waarin onze nazaten zich zullen verbazen dat wij onbekend waren met dingen die zo voor de hand liggen". Hij concludeerde tevens dat vele natuurverschijnselen van buitennatuurlijke aard zijn.

14. Celsus, veelzijdig arts-anatoom

Aulus Cornelius Celsus (ca. 25 v. Chr., Verona – ca. 50 n. Chr.) schreef in de eerste helft van de 1e eeuw het omvangrijke verzamelwerk dat hem beroemd maakte: *De Medicina* (8 boeken). Over zijn leven is niets met zekerheid bekend. Uit zijn werk blijkt dat hij een praktizerend arts en misschien een goed chirurg was maar tevens zijn encyclopedische, d.w.z. zijn veelzijdige, vrij oppervlakkige belangstelling. Hij behandelde vele para-medische onderwerpen – hij noemde enige honderden groenten, artsenijgewassen, gaf een overzicht van de historie der geneeskunde – en hij publiceerde ook over de landbouw, de krijgskunst, de welsprekendheid, de wijsbegeerte en het recht.

Celsus was door en door Romein:

De Medic., Prooem. 38/39: ". . . gissingen omtrent verborgen zaken zijn irrelevant want niet wat de ziekte veroorzaakt, maar wat de ziekte wegneemt, is van belang. Hoe de spijsvertering verloopt is evenmin van belang maar wel wat het beste bekomt . . . Wij hebben er ons niet in verdiept hoe we ademen maar willen weten wat een moeilijke en vertraagde ademhaling verbetert, en evenmin wat de aderen doet bewegen maar wel wat die bewegingen ons te zeggen hebben".

Deze uitspraken zijn de herhaling van de Alexandrijnse school der 'empirici', door

Filinos van Kos en Serapion van Alexandrië gevormd. Van de theoretische beschouwingen der 'Dogmatici' is niets te verwachten, meende Celsus.

De Medic., Prooem. 29/30: "Wijsgeren zouden de voortreffelijkste geneesheren zijn, als hun logisch betogen hen dat konden maken maar zij verdrinken in de praat en hebben van de heekunde geen benul."

Meermalen werd beweerd dat en in twijfel getrokken of in de Keizertijd vivisectie op mensen beoefend werd: het lijkt mij dat de mededelingen van Celsus geen redelijke twijfel daarover laten bestaan. Hij verwees, voorafgaande aan, maar gescheiden van het volgende citaat naar de vivisectie van de Alexandrijnse anatomen (II.2; V.4) op "misdadigers uit gevangnissen die de koningen beschikbaar stelden."

De Medic., Prooem. 40/44: "Een laatste methode is door en door wreed: in de buik en borst van levende mensen te snijden en de Heelkunst, die het welzijn der mensen nastreeft, met iemands ondergang te belasten, en dat nog wel op de meest wreedaardige manier. Allereerst al omdat sommige dingen, die zo gewelddadig opgespoord werden op zo'n manier in het geheel niet vindbaar zijn, en ook op andere wijze aan het licht gebracht kunnen worden zonder een misdaad te begaan. Want nadat het lichaam geopend is, zijn de kleur, de gladheid, de zachtheid, de stevigheid en al dergelijke eigenschappen niet gelijk aan wat zij waren toen het lichaam nog gaaf was. Lichamen immers, zelfs als zij ongeschonden zijn, veranderen al meermalen van uiterlijk, door vrees, pijn, voedselgebrek, indigestie, vermoeidheid en talloze weinig ingrijpende aandoeningen. Des te waarschijnlijker zullen de inwendige organen, die zoveel weker zijn en voor welke licht al iets nieuws is, door de meest ernstige verwondingen, ja eigenlijk verminderingen, veranderen. Niets dwazer, zegt men, dan te veronderstellen dat de lichaamsdelen van een levende mens, hoe zij ook tijdens het leven waren, in gelijke staat zullen zijn als hij stervende is, sterker nog, al dood is. Want weliswaar kan de buik omdat hij minder van belang is, opengesneden worden terwijl de man nog ademhaalt, maar zodra het mes werkelijk de borstholte binnendringt waarbij de dwarswand doorgesneden wordt – een soort vlies tussen het boven- en onderlichaam (de Grieken noemen het 'diafragma') – geeft de man terstond de geest. Dientengevolge krijgt de moordende heelmeester de borstinhoud en ingewanden van een lijk te zien zoals zij van een kadaver zijn en niet zoals van een levende. En zo zal die heelmeester, die een mens wreed afslacht, niet ervaren hoe onze ingewanden zijn tijdens het leven. Als er niettemin iets waargenomen kan worden terwijl de man nog ademhaalt, dan kunnen degenen die hem verzorgen bij toeval iets te zien krijgen. Bijvoorbeeld een zwaardvechter in de arena, of een soldaat in een veldslag of een reiziger door rovers overmand, kan zo verwond zijn dat een of ander gedeelte van het inwendige zichtbaar is, nu eens dit, dan weer iets anders. En zo kan een weldenkende geneesheer de plaats, stand, rangschikking, vorm en al dergelijke eigenschappen van de organen leren kennen, niet door slagerspraktijken maar door genezing na te streven. Hij ontdekt door mededogen wat anderen aan de weet willen komen door huiveringwekkende wreedheid.

Zelfs het ontleden van lijken is vanwege deze redenen overbodig (ook al zou dat dan niet wreed zijn, toch is het een weerzinwekkende bezigheid) omdat de meeste organen in dode toestand anders geworden zijn. Zoveel kennis als over levenden verworven kan worden, zal de behandeling van de patiënten aan het

licht brengen.”

Van Celsus en zijn tijdgenoten is geen voortgezet anatomisch onderzoek te verwachten. Toch bevat zijn werk, terloops, tussen honderden voorschriften en recepten voor de huisarts, verdienstelijke beschrijvingen. Zo bijvoorbeeld een korte uiteenzetting over de bouw van het menselijk oog.

De Medic. VII.7.13-c: “De oogbol heeft twee buitenlagen. De buitenste noemen de Grieken ‘ceratoides’. In het gedeelte van het oog dat wit is, is die laag vrij dik. Boven de pupil is hij dun. Hier gaat een binnenlaag mee samen, waarvan de pupil het midden is, en daar is een kleine opening. De laag daar rondom is dun maar verder weg dikker, en de Grieken noemen de laag ‘chorioides’. Deze twee lagen, die de inhoud van de oogbol omsluiten, versmelten aan de achterzijde en nadat zij versmald en verenigd zijn, gaan zij door een opening tussen de beenderen, bereiken het hersenvlies en dringen daarin door. Onder deze twee lagen, op de plaats waar de pupil is, is een lege ruimte. Daar weer onder is een heel dunne laag die Herofilos ‘arachnoides’ genoemd heeft. De achterhelft van de arachnoides is komvormig en in die holte bevindt zich wat de Grieken ‘hyaloides’ noemen, omdat het zozeer op glas lijkt. Het is noch een vloeistof noch een vaste stof maar als het ware een gestold vocht, en van zijn kleur is de kleur van de pupil afhankelijk, zwart of metaalblauw terwijl de buitenste laag geheel wit is. Maar dat gestolde vocht is overdekt door het vlies dat uit het binnenste van het oog komt. Er boven op ligt een druppel van een vocht dat op het wit van een eiwit lijkt en daar gaat het gezichtsvermogen van uit: de Grieken noemden het ‘crystalloides’.”

De ooglens geldt als uitgangspunt voor het ‘zien’. Celsus heeft zijn kennis van de ooglens grotendeels aan de Grieken te danken, maar dit neemt niet weg dat zijn korte en duidelijke beschrijving, zij het met enige begrijpelijke tekorten, de beste was tot op dat tijdstip vervaardigd. Het blijft onzeker of aan de lens ‘scherp en wazig zien’ (als functie) toegeschreven werd ofwel ‘gezichtsvermogen’; zeker is dat nog geen vermoeden bestond van de functie van het netvlies.

15. Plinius en zijn grote encyclopedie

Cajus Plinius Secundus Major (23/4, Como – 79, Misenum) maakte in de 2e helft van de 1e eeuw (ca. 77) de rekening op. Hij schreef een encyclopedie (Plinius vormde het woord *encyclopaedia*), getiteld *Naturalis Historia* die hij samenstelde door ca. 500 vroegere auteurs te citeren en alle andere gegevens die hij bemachtigen kon – uittreksels van 2000 boekrollen – bijeen te brengen. Hij begeleidde die met allerlei ethische overwegingen en kritische commentaren, soms op de stof en soms op de tijd waar hij in leefde, gepast. Zijn enorme compilatie is de rijkste bron van informatie uit de Oudheid.

Plinius groeide op in Rome en studeerde daar rechten. Hij volgde een militaire loopbaan, die hij beëindigde als admiraal van de bij Misenum (noordoever van de Golf van Napels) gestationeerde, Westromeinse vloot.

Tijdens de uitbarsting van de Vesuvius (79) wil hij de eruptie volgen en beschrijven en zeilt er naar toe. Hij merkt hoe groot het gevaar is en probeert mensen te redden. De wind belet de zeilschepen weer zee te kiezen en hij sterft, misschien door een beroerte, misschien gestikt in de gaswolken, stenen en as die de vulkaan uitstoot.

Plinius heeft veel Middellandse-Zeelanden bereisd – hij hielp Jeruzalem belegeren – en in Germania aan enige veldtochten deelgenomen als cavalerie-officier (ca. 48).

Hij schreef over retorica, krijgskunst, grammatica, geschiedenis, maar alles ging verloren, met uitzondering van zijn hoofdwerk, de *Naturalis Historia* in 37 boeken. Vier boeken handelen over dieren (VIII-XI) en vijf over allerlei medicijn uit dieren verkregen, zestien over planten (en plantaardige geneesmiddelen, XII-XXVIII). Als de mens met al zijn eigenaardigheden besproken is (I-VII), gaat Plinius verder met de “andere dieren” (boek VIII). Veel beschrijvingen van planten, vogels en reptielen kreeg Plinius van Aemilius Macer, die ik al heb genoemd (II.7); het aantal behandelde plantesoorten is wat minder dan 1000.

Hij moet een man met onuitputtelijke werkkracht en energie geweest zijn. Overdag had hij zijn ambtstaak te behartigen, maar 's nachts studeerde hij bij kaarslicht en steeds hield hij klerken bij zich in de buurt om tekst te noteren zodra hem iets inviel of, bij andere auteurs, beviel. Wel prefereerde hij sommige wetenschappen boven andere: filosofie en anatomie negeerde hij vrijwel geheel.

Mensen, dieren en planten, en hun gedrag hebben zijn volle aandacht en hij zal geen kans missen om verbazingwekkende verhalen en ‘gebeurtenissen’ te vermelden. Hij dicteerde of liet zich voorlezen, ook tijdens maaltijden of in het bad: een uur zonder studie vond hij tijdverkwisting. Of hij maakte eigenhandig aantekeningen van wat hij las. 's Winters droeg zijn slaaf-secretaris handschoenen om zijn schrijfvingers warm te houden. Zijn neef (Caius Plinius Caecilius Minor), die zijn levensgeschiedenis beschreef, erfde honderdzestig rollen aantekeningen, het papier met fijn schrift dubbelzijdig overdekt. Ik weet niet wat daar van terecht gekomen is.

Veel is gezegd en geschreven over Plinius' goedgelovigheid, zijn klakkeloos napraten van de raarste geschiedenissen, over zijn rommelige encyclopedie, waarin rijp en groen, al naar het toeval wil, door elkaar staan. Die kritiek op zijn werk is gegrond, maar het oordeel, daarmee uitgesproken, onjuist. Onjuist omdat het onvolledig is, want zijn volhardende ijver heeft grote hoeveelheden literatuur gered. Van vele vroege auteurs is niets, of nauwelijks meer, bekend dan datgene wat Plinius citeerde.

Een begrip van, of kijk op de cultuur in de Oudheid kan zowel op gegevens berusten waar men eens geloof aan hechtte en die later fout bleken, als op nog heden erkende, kritiekbestendige constatering. De onzin die Plinius herhaalde is dikwijls even gewichtig in cultuurhistorisch opzicht, als de zin van wat hij schreef.

Plinius was minstens even goedgelovig, even bereid bijgeloof en bakerpraat als zoete koek te slikken, als zijn mede-Romeinen en als de geleerden die hem duizend jaren zouden naschrijven. Hij voldoet aan de eisen waar een auteur in zijn tijd en cultuur aan moest voldoen. Men kan vaststellen dat hij geen coryfee was, die de wetenschap verder bracht, bij lange na geen Theophrastos en in de verste verte geen Aristoteles, maar wel een aandachtige lezer, een met verwoede ijver studerende man, een prediker die weliswaar zijn aanbevelingen over wetenschappelijke methoden niet naleefde, maar dan toch een die inzag wat nadruk zou moeten hebben. Hij verdient een pleidooi voor zijn werk en voor zijn ijver.

Plinius ‘bewerkte’. Hier volgt een citaat over de krokodil, dat zich leent om met het bericht over de krokodil van Herodotos (II.3) te worden vergeleken. Daar blijkt de werkwijze van Plinius uit.

Hist. Nat. lib. VIII, xxxvii: “Dit dier [krokodil] is eigen aan de Nijl. Het is een verdoemenis op vier poten en even levensgevaarlijk op het land als in de rivier.

Het is het enige landdier dat geen tong heeft en ook het enige dat bijt door zijn beweegbare bovenkaak omlaag te klappen. Indrukwekkend is bovendien de rij tanden, die hij bezit. Zij staan dicht bijeen, zoals de tanden van een kam. Gewoonlijk is hij langer dan 18 el. Hij legt evenveel eieren als een gans, en geholpen door een soort van profetisch inzicht legt hij ze altijd buiten de lijn tot waar de Nijl dat jaar zal wassen tijdens de hoogste waterstand. Geen ander dier groeit van zo'n klein begin tot grotere afmetingen. Hij is met sporen gewapend en de huid weerstaat alle slagen. Hij brengt de dag op het land en de nacht in het water door, steeds de warmste plek verkiezend. Als dit dier verzadigd is na een vismaaltijd en diep in slaap op de oever ligt, is zijn bek steeds vol voedselresten. En dan nodigt het een kleine vogel uit, die daar *Trochilus* genoemd wordt, maar Koningsvogel in Italië, om zijn open bek binnen te gaan en te eten. Het vogeltje wijpt naar binnen en maakt de mondholte schoon, en daarna de tanden en de keelstreek. De krokodil gaapt zo wijd hij maar kan vanwege het welbehagen veroorzaakt door het gekrabbel".

Plinius wees op de Grieken die in hun door onderlinge strijd ontcrachte land zoveel meer en zooveel beter wetenschap bedreven dan de Romeinen in wier vredig imperium de wetenschap totaal verkommert, en waar 'nut' regeert.

Een autoriteit heeft, meende Plinius, een kennis van zaken die die van gewone mensen te boven gaat. Sofokles oordeelde een plant giftig, de andere auteurs niet. Plinius volgde Sofokles want "het gezag van zo'n vooraanstaande man laat mij kiezen tegen hùn mening".

Niettemin, zo wil hij in een ander verband wel bekennen, kan iemand nooit gemakkelijker op een dwaalspoor gezet worden dan wanneer een geloofwaardige auteur een vergissing onderschrijft. Onderzoek en waarneming (de twee in de Oudheid zo dikwijls identieke begrippen) zijn verreweg te verkiezen boven praten, lezen of onderwezen worden. Ga de vrije natuur in en zoek de geneeskruiden zelf. En de moderne lezer verbaast zich dat Plinius zich toch niet de moeite gaf om zelfs de meest voor de hand liggende controle uit te voeren. Een rechtop staand ei weerstaat elke druk, elk geweld, is onbreekbaar. Slechts indien het ietwat scheef op tafel geplaatst wordt zal een tik de schaal doen breken. Plinius vermeldde dit bevreedende bericht en liet het er bij. Geen initiatief om de simpelste handgrepen te verrichten tot staving van zo'n curiositeit.

Proefnemingen waren schaars in Plinius' dagen, zowel daarvoor als daarna, maar zij ontbraken niet geheel. Door een merkteken in zijn staart aan te brengen kan men aan de weet komen hoe lang een dolfijn kan leven. In Rome ging men proefondervindelijk na of een man die beweerde immuun tegen slangebitten te zijn de waarheid sprak, door hem in een kuil vol gifslangen te gooien. De uitslag van de proef werd echter niet vermeld.

Plinius erkende geen voorstander van experimenten te zijn. Dokters immers moeten leren van de gevaren die hun patiënten lopen, en hun experimenten kosten levens (hier wordt het wantrouwen van de Romein tegen artsen ook zichtbaar).

Medea en Circe, oordeelde Plinius, waren vroege botanici en Orfeus een der eerste auteurs. De botanische kennis van Pythagoras en Demokritos stamde van de Magiërs uit het Midden-Oosten zei Plinius en constateerde daarmee terecht dat in de Pythagorische wijsbegeerte oosterse invloeden aanwijsbaar zijn. De planten die Plinius noemt, zijn in de regel evenmin identificeerbaar als die waarover zijn voorgangers en tijdgenoten schreven.

Aan het hoofd van het plantenrijk plaatste Theophrastos de bomen, omdat zij het hoogst georganiseerd en de meest volmaakte uitdrukking van 'plant' zijn. Plinius daar-entegen begon met de bomen omdat die zo waardevol zijn en het meest profijtelijk voor de mensen. Deze argumentaties karakteriseren zowel de Griek als de Romein.

En het volgende betoog typeert de officier Plinius: "Wetenschap en de massa zijn volkomen aan elkaar tegengesteld. De wetenschap wil dat de aardbol bewoond wordt door mensen, die met de voeten naar elkaar toe gericht zijn, terwijl allen de hemelen boven het hoofd hebben. Maar de leek vraagt waarom de mensen in de landen der antipoden er dan niet afvallen, alsof daar niet de wedervraag uit voortkomt, waarom diegenen dáár zich dan niet moeten verbazen dat wij er niet afvallen. In de regel, bovendien, heeft de leek moeite met de vaststelling dat water er naar streeft ook kogelrond te worden. Toch is niets gemakkelijker te zien: hangende druppels vormen altijd kleine bolletjes". Hij onderkent nog zelfs het probleem van 'tegenvoeters' niet; de zin van, laat staan een verklarend antwoord op de vraag, gaat hem voorbij.

Petit (1962) wees in zijn overzicht van Plinius' leven op de conclusies die een vergelijkende studie van diens werk en dat van Aristoteles opleverde. Ernout (1947) en Pepin (1952) kozen daartoe de onderwerpen die Plinius in boek VIII en IX behandelde. Het blijkt dat als Plinius iets aan Aristoteles toevoegt, dit vrijwel steeds franje is. Als Plinius uit de gegevens van Aristoteles een keuze doet, kiest hij gewoonlijk de fouten en laat hij het waardevolle weg. Aristoteles' anatomische beschrijvingen kopiëert hij letterlijk (en bewees daarmee zijn ijver en dat anatomie hem niet interesseerde).

Maar hij schreef in fraaie stijl heldere en eenvoudige te volgen betogen. Dat maakte Buffon (X) tot zijn bewonderaar. Buffon (18e eeuw) nam gaarne van Plinius over, niet zelden zaken die door Aristoteles beter behandeld werden. En erger nog, als Plinius de olifantenpraat die hij compileerde, nog mooier kleurt en meedeelt hoe het dier de sterren, zon en aarde godvruchtig vereert, dan kan Buffon hier nog aan toevoegen, dat die aanbidding vooraf gegaan wordt door een zuiverend bad. Maar Plinius is niet te overtreffen. Hij weet nog met zekerheid te melden dat Mucianus de Consul twee olifanten bezat. Eén leerde Grieks schrijven; de andere – minder vlug van begrip – placht de les 's nachts nog eens over te doen, met minder succes evenwel.

Hij vermenschlijkte dieren: hun gevoelens, gewoonten en beweegredenen zijn gelijk aan die van de mens, ja, niet zelden van beter gehalte. De olifant, die de mens in verstand het meest benadert, heeft gevoelens van rechtvaardigheid, dankbaarheid enz. Olifanten beseffen dat zij slechts ter wille van hun tanden gejaagd worden en daarom begraven zij die als ze uitvallen. Maar hoe verstandig en ervaren dieren ook zijn, toch moet elke generatie opnieuw en door toevallige gebeurtenissen leren, want dieren kunnen logische overdenkingen en praktijkervaringen niet aan elkaar doorgeven.

Aristoteles had, in het voetspoor van Platoon (*Timaios*) beweerd dat een dikke huid een goed begrip van de buitenwereld belemmert. Plinius nodigde hem uit eens op het nijlpaard en de krokodil te letten, en vooral op de olifant.

Niet steeds zijn Plinius' overwegingen van zoveel mindere kwaliteit dan die van Aristoteles. Deze had verklaard dat insecten geen longen hebben en bijgevolg niet ademen. Tegen die uitspraak verzette Plinius zich welsprekend, het moet worden erkend, en op zijn Romeins.

Hist. Nat. lib. XI, i en ii: "Nog blijven ter beschouwing diertjes van een onmetelijk fijne bouw. Daarom werd wel betoogd dat zij niet ademen en ook dat zij geen bloed bevatten. Zij zijn talrijk en veelsoortig. Zij leven zoals landdieren

maar tegelijkertijd als luchtdieren. Er zijn vleugelloze, bijvoorbeeld duizendpoten, andere zijn gevleugeld, bijvoorbeeld bijen, andere zowel met als zonder vleugels, bijvoorbeeld mieren, andere hebben vleugels noch poten. Maar alle worden terecht *insecta* genoemd [gekorven dieren] vanwege insnijdingen, die hen nu eens ter plaatse van de hals dan weer ter hoogte van de borst en maag omcirkelen en die hun ledematen insnoeren. Deze lichaamsgedeelten zijn slechts door een dun buisje verbonden. Bij sommige evenwel omcirkelt de insnijding hen niet geheel maar slechts ter plaatse van de buik of hoger zodat slechts elkaar met de randen bedekkende bewegelijke geledingen (*vertebra*) ontstaan. Nergens bezit de Natuur een meer opvallende ambachtelijkheid. Van omvangrijke voorwerpen of hoe dan ook van vrij grote voorwerpen is zo'n werkstuk door de aard van het materiaal gemakkelijk te maken maar wat een overleg, wat een bekwaamheid, wat een onbegrijpelijke volmaaktheid tonen deze kleine, nauwelijks bestaande voorwerpjes.

Hoe ter wereld kon de Natuur op één vlo zoveel zintuigen bijeen plaatsen? En andere, nog kleinere dieren moeten genoemd worden, want op welke plek zette de Natuur daar het gezichtsvermogen, en waar hechtte zij de smaakzin vast en entte zij het reukorgaan en waar vestigde zij die snerpande en naar verhouding zo sterke stem? Hoe kunstig hechtte zij de vleugels vast, verlengde zij de poten die de voeten steunen, situeerde zij een begerige holte om als maag te dienen, wakkerde zij een gulzige dorst naar bloed aan, boven alles naar menselijk bloed! Wat een geniale opzet om vooreerst een scherpe priem te verschaffen om de huid te doorboren, zo kundig geconstrueerd alsof het een groot stuk gereedschap gold. Hoewel de priem zo fijn is dat hij niet waarneembaar is, wist zij hem te maken met een zo kundige vaardigheid, dat hij zowel gepunt werd om te boren als buisvormig gemaakt om te zuigen.

Het geluid bewijst dat de Natuur tanden in de boorworm aanbracht om eikehout te doorboren en dat zijn voornaamste voedsel hout is. Ook al bewonderen wij de schouders van de olifant die torens torst, de nek van de stieren en het woeste opzwaaien van hun koppen, de roofzucht van de luipaarden en de manen van de leeuwen toch is in werkelijkheid de natuur der dingen nergens meer volkomen aanwezig dan in de kleinste. Dientengevolge dring ik er bij mijn lezers op aan hun minachting voor die diertjes niet te laten veroorzaken dat zij datgene wat ik over hen meedeel minachten. Bij overdenking van de natuur blijkt niets overtoellig te zijn.

ii. Velen hebben ontkend dat insecten ademen en dit omdat aan hun ingewanden een ademhalingsorgaan zou ontbreken, en zij daarom leven zoals korenhalmen of bomen want er zou een groot verschil zijn tussen een ademend wezen en een dat slechts leeft. Eenzelfde oorzaak bewerkt dat wie een hart en lever ontbeert geen bloed bezit en zo zouden diegenen, die de long missen, niet ademen. Daar komt een lange reeks vragen uit voort.

Want dezelfde [auteurs] beweren dat deze diertjes stemloos zijn in weerwil van het luide gezoem van de bijen en het sjirpen van de cicaden en beweren nog andere dingen die op de juiste plaats naar waarde geschat zullen worden.

Want steeds als ik de Natuur beschouwde heeft mij dit overtuigd dat niets ongelooftwaardig behoeft te zijn. Ik zie dan ook niet in waarom dergelijke diertjes niet tenminste even goed zouden kunnen voortbestaan en leven zonder te ademen

dan te ademen zonder inwendige organen. Dat hebben wij ook voor zeedieren beschreven ofschoon hun ademen verhinderd wordt door de dichtheid van en de diepte van het vocht. Veel diertjes vliegen en toch missen zij de levensadem terwijl zij in lucht leven en zij bezitten niettemin de drang om zich te voeden, zich voort te planten, te arbeiden en zelfs zijn zij op de toekomst bedacht. En al bezitten zij geen lichaam dat zintuigen herbergt, zoals in een scheepsruim, toch kunnen zij horen, ruiken, proeven en de natuur heeft hen bovendien begiftigd met uitmuntende eigenschappen zoals verstand, inzicht, bekwaamheid. Wie zou dit voetstoots geloven?

Ik erken dat zij geen bloed hebben, maar alle landdieren hebben ook niet hetzelfde bloed. Tevens vervangt in zee de zwarte vloeistof van de inktvis het bloed en met het beroemde sap van de purperslak dat een verfstof oplevert is het evenzo gesteld; insgelijks is dit levendragende vocht van de insekten wat het ook moge zijn, voor hen bloed. Laat ieder zich een eigen oordeel vormen tenslotte; ons doel is het de zichtbare aard der dingen te vermelden en niet onzekere causa's te berde te brengen."

Het spreekt vanzelf dat Plinius, evenals Aristoteles, geen begrip had van de fysiologie van insekten. Hij moest zich bepalen tot toezien, tot het bekijken met het blote oog van (dode) insekten, tot iemkerskennis van bijen. Plinius redeneerde uitgaande van die feitelijke kennis. Allereerst is hij vol geestdrift over de vakbewaamheid, het handwerk der Natuur, die met zo weinig materiaal zo fraai en doelmatig toegeruste diertjes kan maken. Dan overweegt hij, allerlei situaties in het dierenrijk vergelijkende, dat de bewering dat 'bloedloze diertjes' niet ademen bij lange na niet voldoende door feiten gesteund wordt, dat ademen van insekten niet strijdig met de levende Natuur behoeft te zijn. Hij verzet zich tegen de deductieve benadering van Aristoteles (zonder deze bij name te noemen). Insekten zouden kunnen ademen, ook zonder (rood) bloed, ook zonder longen, is zijn slotsom, die om geheel andere redenen dan hij kon weten, de juiste is. Hij eindigde zijn levendige, warme betoog met de karakteristieke romeinse leuze: feiten, geen bespiegelingen over niet verifieerbare kwesties.

Dat had Varro (II.9) vrijwel letterlijk ook al gezegd. Plinius noemde hem niet, evenmin als Aristoteles, Platoon, Parmenides en Hippokrates van wie hij ideeën in het bovenstaande citaat besprak (en afwees). In het voorbijgaan treft hij de pneumatheorie tot in het hart. Oordelend volgens onze gewoonten is dit ontbreken van verwijzingen een omissie maar ik denk dat dit verwijt Plinius niet toekomt. Hij compileerde zonder aanzien des persoons, koos wat hem aanstond en eigenlijk was de taak, die hij zich stelde, daarmee verricht. Overdenkingen van de soort die het gegeven citaat bevat, zijn een toegift, een commentaar dat hij niet kon onderdrukken door zijn betrokkenheid met de levende natuur, dat hij moest toevoegen omdat hij bioloog was.

Een dikwijls geciteerde vertelling, die generaties lezers geboeid moet hebben, is de heroïsche beschrijving van de strijd tussen een olifant en de slang Draco. Dat dier kan niet hoog genoeg komen om de olifant in zijn greep te krijgen en verbergt zich in de takken van een boom boven het pad dat de olifant gewoonlijk volgt. De Draco laat zich op de olifant vallen en deze is niet meer bij machte zich uit de kronkels van de reuzeslang te bevrijden, hoezeer hij ook te keer gaat. De Draco kraakt hem en door zijn kop steeds dieper in de slurf te duwen laat hij de olifant stikken.

Plinius wist ook het plantenrijk van romantische accenten te voorzien: Wel zeggen de natuurfilosofen, dat alle bomen en zelfs kruiden tweeërlei geslacht bezitten, maar het

werd hem met stelligheid bericht dat ♀ dadelpalmen, die in een bos verwilderd opgroeien, slechts vrucht dragen als er een ♂ in de buurt is. En dat vele ♀ ♀ rondom een ♂ staan en liefkozend haar takken naar hem buigen. Hij, echter, steekt zijn takken recht omhoog en door geur, of zijn uiterlijk, of stof, bevrucht hij de ♀ ♀. Als de ♂ boom gekapt wordt, blijven de ♀ ♀ vereenzaamd en onvruchtbaar achter. Zo sterk is de kracht der liefde bij deze bomen.

Tot het einde van de 17e eeuw komt geen bioloog (zie Camerarius, VI.20) zo dicht bij de ware staat van zaken als Plinius door een gelukkig toeval. Want hij had geen voorstelling over seksualiteit bij planten in de moderne zin; de plantkunde was bij lange na niet genoeg ontwikkeld om inzicht over dat verschijnsel mogelijk te maken.

De eerste aanzet van de signatuurleer, die Paracelsus (IV.30) tot volle ontwikkeling zal brengen, treft men bij Plinius aan als hij over korstmossen schrijft. Hij gebruikte een aantal namen voor mos en mosachtige gewassen. Hij noemt 'lichen' een plant die zo heet omdat de huidziekte waartegen hij met succes wordt toegepast hetzelfde uiterlijk heeft: 'lichen' is het probate middel tegen 'lichen' en het laat zich raden dat de aandoening een grijs, korstig eczeem was.

Alle tijd die hem ter beschikking stond besteedde Plinius aan de samenvatting van de natuurlijke historie, de voedster van de biologie; een wandeling beschouwde hij als tijdverlies. Zijn encyclopedie was bij de ontwikkeling van de biologie in belangrijke mate en langdurig betrokken.

Voor biologische kwesties bleef Plinius in de Middeleeuwen en de Renaissance de meest gelezen en gerespecteerde schrijver, zowel bij de vakman als de amateur. Waarschijnlijk stond hij toen meer in aanzien dan in zijn eigen tijd, toen Griekse teksten voorrang hadden. De kennis van het Grieks ging teloor in de eeuwen na Rome's ondergang en Grieks bleef tot de Renaissance in diskrediet.

Toen de druktechniek uitgevonden was, verschenen in hoog tempo edities van 'Plinius', de eerste in 1469 (Venetië), 18 in de 15e en meer dan 40 in de 16e eeuw.

De biologen in de vroege Renaissance hadden veel meer aandacht voor Plinius dan voor Aristoteles en zelfs nog in de 18e eeuw gaf Buffon aan Plinius als bioloog de voorkeur. In de 19e eeuw verzorgde Cuvier een 20-delige Franse, becommentarieerde standaardvertaling; hij nam de zoölogie voor zijn rekening en A.L.A. Fée de botanie. Nieuwere vertalingen verschenen van o.a. Littré (1883), Rackham, Jones c.s. (1942-1963), Ernout, Pepin en De Saint Denis (1947-1961).

16. *Dioskorides, de kruidendokter*

Het toenemende verval van de natuurwetenschappen in en na de 1e eeuw n. Chr. wordt wel het best geïllustreerd door de overschatting van het werk van een bioloog, Pedanios Dioskorides, die in die eeuw geleefd heeft. Indien men zich rekenschap geeft hoe middelmatig de inhoud en de omvang van zijn geschriften eigenlijk zijn, terwijl hij toch een vereerde autoriteit bleef op het terrein van de botanie en farmacologie gedurende ruim 15 eeuwen, dan wordt duidelijk hoezeer het Romeinse cultuurpatroon de biologie deed verwelken en opdrogen. En toeval kan het nauwelijks heten dat Dioskorides, de zeldzame auteur die althans nog blijk gaf van enige onderzoekingsdrang, van de wens iets origineels te leveren, een Griek is geweest, geboren in dat deel van de wereld waar de Ioniërs de biologie begonnen: Klein-Azië, naar 't schijnt; als geboorteplaats worden

Tarsus en Anazarba opgegeven (= Caesarea in Cilicië), beide in Klein-Azië.

Zeker studeerde hij in Alexandrië en Tarsus, en werkte hij in Klein-Azië als reizend legerarts in Romeinse dienst. Nero heerste en hij schreef (in het Grieks, bon ton te Rome) *Peri Hyles Iatrikes (De Materia Medica)*, een vrij willekeurige opsomming van geneeskruiden al staan Labiatae, Papilionaceae, Umbelliferae en Compositae min of meer bijeen. In 1478 verscheen het werk voor het eerst in druk, nadat talloze geschreven kopieën, waarbij men het origineel en de heruitgaven naar believen wijzigde en vervalste, al die eeuwen standaardliteratuur geweest waren. De eerste druk is een Latijnse bewerking met de naam 'Dioscorides'. Aldo Manuzio maakte in 1499 de eerste Griekse uitgave.

Het is niet geheel zeker of nog iets van het originele manuscript overbleef, maar vijf 'boeken' wil men als echt aanvaarden. Het eerste handelt over specerijen, zalven en oliën, het tweede over dieren, dierlijke producten (74 dieren en dierorganen) en ook granen en groenten. Het derde en vierde boek houden zich bezig met wortels en 'nog niet behandelde planten'. Het vijfde gaat over wijnen en mineralen. Een geïllustreerde Dioskorides zou men de *Juliana Anicia Codex* kunnen noemen (II.4). Dioskorides' planten staan daar in alfabetische volgorde, naar het schijnt een ingreep door zijn 6e eeuwse heruitgevers ondernomen. In 1970 publiceerde Gerstinger bij een facsimile-uitgave uitvoerige commentaren.

Zijn plantbeschrijvingen zijn kort, dikwijls ontoereikend om de soort te karakteriseren. Hij was kennelijk geïnteresseerd in het praktische nut der planten, nauwelijks in hun bouw of leven. De plantnaam gaat aan de beschrijving vooraf, die weer gevolgd wordt door een verwijzing naar groeiplaats of land van herkomst, waarna het artikel besluit met voorschriften voor de bereiding en het gebruik, en gegevens over de geneeskracht. Hij ontleent – en zegt dat ook – o.a. aan Andreas van Karystos en Heraklides van Tarente, en hij refereert naar Sextus Niger, Krateuas, Hippokrates, Theofrastos, Erasistratos en Nikandros.

Enige namen die Dioskorides aan planten gaf, zijn in de moderne plantkunde als de 'geldige' terug te vinden en sommige van zijn medicijnen spelen nog in de moderne geneeskunde een bescheiden rol. Buiten de biologie is *Peri Hyles Iatrikes* voor de filologie van betekenis vanwege de geciteerde plantnamen uit verdwenen of sterk gewijzigde talen (bijvoorbeeld Keltisch, Thracisch en Egyptisch). Dioskorides schreef slecht Grieks. Zijn werk was zeker al in de 6e eeuw in het Latijn vertaald en verscheen in 854 in het Arabisch. Meer dan duizend jaar lang bleef het bij het hoger onderwijs in het Westen en in het Nabije Oosten een klassiek leerboek en voor de wetenschap een standaardwerk.

Een tot in de 18e eeuw geraadpleegde toegelichte vertaling (Latijn) is die van Ermolao Barbaro (1454-1493). Barbaro was een Venetiaanse taalgeleerde, staatsman en prelaat die na een grote carrière beklemd raakte tussen de Paus en zijn Venetiaanse tegenstanders. Hij stierf nog geen veertig jaar oud aan de pest (nabij Rome).

Barbaro was een volgeling van Aristoteles en had een voorkeur voor Averroës. Zijn Dioskorides-uitgave verscheen in 1516 en werd herhaaldelijk herdrukt; de verbeterde herdruk van 1530 werd standaardliteratuur. Minder aandacht kreeg zijn uitvoerige kritiek op Plinius (*Castigationes Pliniani*, 2 delen).

Dioskorides behandelde ruim 500 plantesoorten. Hiervan komen ca. 130 in het *Corpus Hippocraticum* voor. Enige auteurs waar hij naar verwees (volledige lijst in Meyer II, 1855, p. 116) werden hierboven genoemd. Van deze behoeft Quintus Sextus Niger

(ca. 25 v. Chr.) die *Peri Hyles* schreef, nog een aantekening. Sextus' manuscript is verdwenen maar het moet een pleidooi voor vegetarisme (Platoon!) bevat hebben. Dioskorides kritiseerde Niger ongenadig, hetgeen ons niet bekommert. Hij verweet Niger echter ook dat hij zijn onderwerpen alfabetisch rangschikte en dat duidt er op dat Dioskorides dit in eigen werk niet deed en aan een ordening met andere oogmerken de voorkeur gaf. Niger zelfs is overigens voor ons van geen belang.

Talrijke pogingen om Dioskorides' planten te identificeren werden ondernomen; in de 16e eeuw Pierandrea Mattioli, in de 17e De Tournefort, in de 18e Sibthorp om slechts enige welbekende pogingen te noemen; de talloze incidentele verwijzingen door latere auteurs (bijvoorbeeld Dodoens, Clusius en Lobelius) zijn natuurlijk ook bijdragen tot een herkenning van de planten die Dioskorides bestudeerd heeft.

17. Galenus, vijftien eeuwen prins-regent der biologie

Galenus (ca. 130, Pergamon – ?201, Rome) studeerde medicijnen in Griekse centra, Smyrna, Korinthe, en natuurlijk ook in Alexandrië en Pergamon waar hij als leraar Satyros had, die weer leerling van Marinos (V.5) was. Galenus prakticeerde tenslotte in Rome, waar hij stierf omstreeks de inzet van de 3e eeuw. Vele geschiedschrijvers twijfelen of hij nu Griek of Romein was, maar zijn werk wijst het uit. Geen Romein heeft ooit gedacht of geschreven zoals Galenus deed. Ik denk daarom dat de gewoonlijk gebruikte eigenaam 'Claudius Galenus' een vergissing is en dat Cole (1944) terecht vermoedt dat 'Cl. Galenus' in de oude documenten staat voor 'Clarissimus Galenus' en niet voor 'Claudius Galenus'.

Galenus sluit het eerste tijdperk in de geschiedenis van de biologie, het Griekse, waardig af, dat wil zeggen, hij vat het beste samen tot een geheel, tot een evenwichtige en doordachte synthese. Hij experimenteert, wèl doordacht, door middel van vivisectie (VI.4). Zijn fysiologische opvattingen, in harmonie met zijn kennis van de anatomie en orgaanbouw, bevredigden de arts-biologen eeuwen lang.

Een verklaring van de levensuitingen naar Aristoteliaans model, mag men bij Galenus verwachten. Hij werkte de pneuma-theorie (I.13) uit tot een sluitende fysiologie (VI.4) van het bloed en het zenuwstelsel. Voor wat betreft de spijsvertering sloot Galenus zich nauw bij de 'goddelijke' Hippokrates aan, die hij vaak met groot respect noemde: "de eerste die begreep wat de natuur vermag".

Centraal orgaan voor het denken zijn de hersenen. De lever maakt bloed en het voedsel uit de darm wordt naar de lever gevoerd. Het hart is een warmtebron en zijn bewegingen veroorzaken een regelmatige bloedbeweging; de posslag bewijst dit. Door afbinding van slagaderen kan het verband tussen hartslag en polsslag bewezen worden.

Galenus was een uitermate vruchtbare auteur. Hoewel zijn wijsgerig werk vrijwel verloren ging en in 192 een brand in de Tempel des Vredes aan de Heilige Weg te Rome, waar hij doceerde, ook nog een onbekend groot gedeelte van zijn manuscripten vernietigde, omvat toch wat overschoot 20 delen, ca. 10000 pagina's druks (ed. Kühn, 1821-1833) terwijl een Arabisch manuscript van 5 boeken anatomische studies pas in 1906 in druk verscheen.

Eigenlijk is Galenus' betekenis als bioloog nog onvolledig bestudeerd (vgl. V.5). Galenus' werk werd in de Middeleeuwen niet of nauwelijks in origineel geraadpleegd. De Arabieren die zijn werk in het Arabisch vertaalden, maakten het daardoor beschikbaar

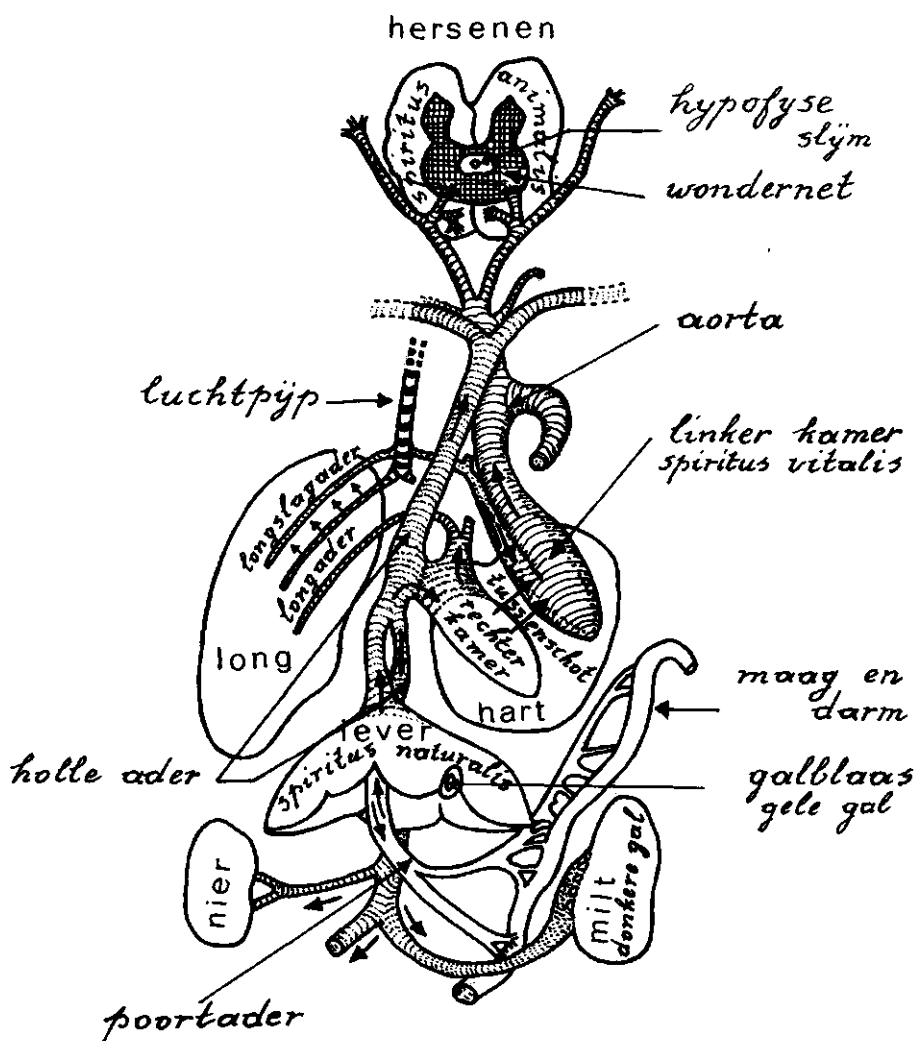


Fig. 9. Schema van de fysiologische opvattingen van Galenus. De lever produceert bloed, de galblaas gele gal, de milt donkere gal, de hypofyse slijm. Bloed beweegt heen en terug tussen de lever en het darmstelsel en stroomt overigens van het hart weg. (Naar Crombie, 1959.)

voor vertaling in het Latijn, en deze Latijnse tekst werd de standaardliteratuur in de Middeleeuwen en daarna. Het succes van de gelatiniseerde Galenus zal veroorzaken dat de medische school in Salerno (Z.Italië), van de 8e tot de 11e eeuw een befaamd centrum waar aanvankelijk Hippokrates en de zijnen de gedachten beheersten, de eerste plaats moest afstaan. De universiteiten van Napels en Montpellier, gevolgd door Bologna en Padua, verkozen Galenus. Samen met Aristoteles, en omsponnen door de scholastiek der geleerde wereld, werd Galenus de 'medische paus der Middeleeuwen', en onaantastbaar bleef zijn gezag als anatoom tot omstreeks halfweg de 16e eeuw.

Hij werd geboren in, en kwam na leerjaren her en der terug naar Pergamon, waar een beroemde bibliotheek was (II.1) en een *asclepieaem*, een soort hospitaal. Vier jaar werkte hij daar als arts van de gladiatoren; het kan niet anders of dit leerde hem in de praktijk veel over de anatomie van de mens. Rome trok hem aan, hij vestigde zich daar (162) en werd lijfarts zowel van keizer Marcus Aurelius als diens zoon Commodus. Galenus was in een wereld verzeild geraakt van intrige en afgunst, niets ontziende machts-honger en losbandigheid. Zijn mede-artsen in Rome noemde hij "een boeventroep, even erg als de rovers in de bergen". Hij maakte zich gehaat en vluchtte (168) terug naar Pergamon.

Een man die denkt en handelt zoals Galenus paste niet in het Rome van de 2e eeuw.

"Want indien iemand meer over de dingen zal gaan weten dan de meesten, dan moet hij sterk van de anderen verschillen, in wat zijn doen en laten betreft en in de leertijd van zijn jeugd. En als jonge man moet hij een gloeiende liefde onderhouden voor wat waar is en als een bezetene zijn, en niet aflaten, dag noch nacht, maar doorzetten en alles in het werk stellen om te leren wat de meest geleerden uit vroeger tijden gezegd hebben. Als hij echter de leerstof meester is, moet hij die beoordelen en langdurig onderzoeken en waarnemen wat met de werkelijke fenomenen overeenstemt en wat daarvan verschilt, en om die reden het ene blijven vasthouden en het andere wegwerpen". (Kühn II, p. 179, geciteerd door Thorndike).

Zo'n betoog mondt de Romein niet, en hij wantrouwt het.

"Als iemand mij zou willen beschuldigen, dan wil ik de ziekte (*pathos*) wel erkennen waar ik mijn hele leven lang aan leed: niemand van diegenen die van allerlei beweren te geloven alvorens ik dat zelf onderzocht heb en zoverre als ik het kon onderzoeken". (Kühn IV, p. 513 geciteerd door Thorndike).

Galenus zag in dat menselijke anatomie en fysiologie bij voorkeur aan mensen bestudeerd moet worden. Alexandrië gaf daar de meeste gelegenheid toe. Soms kon men in Rome lijken van ter dood gebrachte misdadigers krijgen, van rovers, die onbegraven in de bergen lagen of van door de ouders achtergelaten peuters. Maar het bleef moeilijk aan mensenmateriaal te komen en dus moest men gewoonlijk met apen uit N. Afrika genoegen nemen. Hij ontleedde varkens, schapen, ossen, katten, honden, paarden, leeuwen, wolven, 1 olifant, reptielen, vogels, vissen en hij gaf blijk van enig inzicht in vergelijkende dieranatomie (V.5).

In Rome zal een olifant ontleed worden om te zien of het hart één of twee boezems en twee of drie kamers heeft. Galenus voorspelt dat de hartbouw overeen zal stemmen met die van alle andere, lucht-ademende dieren. Na de sectie werd het hart niet naar een museum maar naar de keizerlijke keuken gebracht: de meest monumentale vivisectie

aller tijden eindigde aan tafel.

Intussen vraagt de lijst van door Galenus ontlede dieren wel om enige toelichting. Daartoe ontleen ik eerst aan het overzicht dat Petit (1952, p. 110-116) maakte van de slachtingen, ter gelegenheid van de Spelen in de Keizertijd te Rome aangericht, het volgende.

Afrikaanse dieren en dieren uit het Midden-Oosten werden in grote massa gevangen en naar Rome gevoerd. De menu's van de rijke Romeinen werden hoe langer hoe vreemder: hersens van struisvogels en flamingotongen kwamen op tafel. In 275 v. Chr. leidde men 4 olifanten door Rome die op Pyrrhus veroverd waren. Na de wandeling werden zij afgemaakt. In 251 werden meer dan 100 olifanten in Rome vertoond (zij waren op de Carthagers veroverd) en daarna doodgestoken. In 186 begonnen de feesten van staatswege met wilde roofdieren; als eerste leeuwen en panters, die gedood werden als amusement (*venatio*). Deze feestelijkheden hebben in de loop van vier eeuwen het leven gekost aan tienduizenden dieren: men mag veronderstellen dat het uitroeien van de Noordafrikaanse fauna toen werd begonnen.

In Commodus' tijd (180-192) gingen de beestachtige spelen alle grenzen te buiten. Hij deed zelf mee. Leeuwen, tijgers, panters, beren, nijlpaarden, rinocerossen, giraffen werden door hem vermoord. Struisvogels sloeg hij de kop af en dan ging het er om hoe ver het beest zonder kop nog wegrende.

Welnu, Petit wees er op dat voor de biologie deze contacten met de exotische dierenwereld niets hebben opgeleverd. Ik voeg daarbij dat dit weer aantoont hoe volkomen de belangstelling voor biologie verdwenen was. In Rome maar vooral ook tijdens de enorme jachtpartijen die plaats moesten hebben alvorens men de dieren beschikbaar had, bestond gelegenheid tot het doen van waarnemingen meer en beter dan ooit mogelijk was geweest. Er is geen letter over genoteerd, geen woord over het dierengedrag, het dierenleven in het wild, in gevangenschap. De tijd kende geen natuurlijke historie.

Maar anders nog. Wat gebeurde met die dierkadavers? Werden zij in stukken verdeeld en na afloop aan de feestgangers uitgereikt? Werden andere dieren ermee gevoederd? Want hoe te verklaren dat Galenus, de lijfarts en onderwijzer van Commodus nog wel, geen beer, geen tijger, geen struisvogel, giraffe enzovoorts ontleed heeft, terwijl het toch zeer goed mogelijk moet zijn geweest om bijzondere dieren voor onderzoek in handen te krijgen, terwijl hij overduidelijk grote belangstelling voor anatomie had. Het blijft een open vraag.

Wanneer men Galenus' anatomische beschouwingen niet op de mens wil betrekken, omdat hij, op dezelfde wijze als in het geval met de olifant, theoretiserend de menselijke organen vormen en functies toeschreef die bij dieren wel en bij de mens niet worden aangetroffen, dan volgt daar uit dat hij de eerste dieranatoom van formaat in onze jaartelling is. Mij schijnt het verkieselijk hem zonder die restrictie als anatoom en fysioloog van hoge kwaliteit te zien. Hij had in die disciplines een nooit overtroffen invloed op de ontwikkeling der biologie. Pas Harvey (V.19) zal hem evenaren.

God, zegt Galenus – en zegt niet dat hij daarmee de God der christenen bedoelt – zal nimmer iets tegen de natuur ondernemen, maar wel uit elk mogelijk natuurlijk beloop steeds de beste weg kiezen. Hij is overtuigd dat de bouw van elk dier het merkteken van een opperwijze vakman of *demiurg* draagt, te zamen met dat van een bovenaardse intelligentie; daarin volgt Galenus Platoon en Aristoteles.

De studie over, en het onderzoek naar de functie en aard van de organen legde voor hem de grondslag voor een waarlijk wetenschappelijke 'theologie', een deïsme "waar-

devoller en veel grootser dan iedere heilkunst". Het bestaan van God volgt uit het volmaakte in de bouw van de levende wezens. De natuur kan, op eigen kracht, de wijsheid en het doorzicht niet opbrengen die zulk een samenhang vereist. Met Mozes was Galenus het eens: het begin van alle bestaande, levende of dode dingen gaat van de *demiurg* uit, maar hij volgde Mozes niet als het Gods almacht betreft. Zelfs Die kan niet ineens "van een steen een mens, of van as een paard of een koe maken" (vgl. III.16).

Met deze verklaring stelde Galenus voor de Westerse biologie de *generatio spontanea* aan de orde.

De biologie van de Grieken vóór Christus kende dit vraagstuk niet. In dat tijdperk was 'leven' een *continuum* (vgl. Weismann), een verschijnsel zonder begin of einde, een deelneming aan de *fysis*. Levende stof is aanwezig; het is dode stof met, tijdelijk, opmerkelijke eigenschappen. Het is slechts de vraag hoe deze dode stof, levend geworden zich gedraagt, welke organismen ontstaan. Daarover vormde men verschillende (soms heel vreemde) denkbeelden. Organismen, levende wezens komen en gaan; 'leven' blijft, 'is', gaat van nature met dode stof samen, een korte periode, een tijdelijk gedrag van duurzame materie.

Galenus toonde echter de uitwerking van het christendom op de biologie, de breuk die het christendom veroorzaakte door het scheppingsverhaal. Genesis betekende voor Galenus juist het omgekeerde van genesis in bijbelse zin (zie het polemische citaat tegen Erasistratos, hierna). Genesis is in bijbelse zin: van dode stof een levend wezen maken. "Dat kan niet", zegt Galenus, "dat kan niemand, ook God niet".

Galenus was een heiden, die deïstisch dacht bij biologische overwegingen. Biologie begint met het aanwezig zijn van levende stof, voor hem en sindsdien voor ons allen.

Er schuilt een grimmige humor in het feit, dat Platoon en Aristoteles, deïsten uit het pre-christelijke tijdvak, pas in de 13e eeuw door dominicaanse steun schoorvoetend als 'christenen' mochten gelden. Eerst dan heten de biologen van christelijke huize – en dat waren zij vrijwel allen – hen welkom. Daarna mocht Aristoteles vrijuit zijn stem laten horen (al boden de 'die-hards' wel eens tijdelijk tegenstand). Biologen van na-Christus, die de christelijke leer kenden en niet aanvaardden, Plinius en Galenus, waren tot de 16e eeuw en zelfs nog wel daarna, gidsen en lichtbakens voor de christelijke biologen. Zij waren heidenen en zij behoeften noch verkregen ooit kerkelijke goedkeuring.

Laten wij deze historische maskerade – die de ontwikkeling van de biologie kleurde – ter verklaring over aan cultuurhistorici en theologen. Voor ons is het begin van het vraagstuk der *generatio spontanea* van meer belang.

De vraag van het ontstaan der levendragende stof uit dode is voor de bioloog nimmer bevredigend beantwoord. Redi's en Pasteurs proeven leverden (in schijn) steun aan Galenus' standpunt, maar beantwoordden de vraag niet. De 20e eeuw droeg, na de talloze mislukte laboratoriumsynthesen der 19e en 20e eeuw (Oparin, 1965) warme ammoniakale oceanen, aeontijd, wolken en bliksems aan, of thermodynamische bedenkingen, of liet (ten einde raad) spermata uit het heelal de aarde van leven voorzien (Hoyle c.s., 1979), maar enig duidelijk antwoord, of proefondervindelijk bewijs voor Galenus' ongelijk, bleef uit. Meermalen zullen wij de kwestie moeten betrekken bij ons historische overzicht (zie ook XI) maar hier blijft niets anders over dan zijn opmerking over Gods onvermogen aan te vullen met de woorden 'en de 20e-eeuwse bioloog ook (nog steeds) niet'.

De christenen prezen Galenus vanwege zijn 'monotheïsme', maar zijn visie op de

natuur en de levensverschijnselen was Platonisch, niet christelijk. God manifesteert zich als een Opperwezen, dat natuurwetten schept en dan opvolgt, maar niet bij machte is hen op te heffen of zelfs te wijzigen. Dat is Platonisch. Om Galenus' biologisch denken te doorzien, is kennis van deze staat van zaken onontbeerlijk.

De vier klassieke elementen – aarde, lucht, water, vuur – wil Galenus handhaven. Combinaties daarvan veroorzaken allerlei (secundaire) eigenschappen.

Er zijn er die zeggen dat 'koud' en 'warm' woorden voor badhuishouders zijn, geen begrippen voor artsen. Dat weerspreekt Galenus en hij merkt op dat filosofen geen enkele grondsoort in het bijzonder als 'aarde'-element aanwijzen en ook geen mineraal. In wijsgerige zin is aarde een uitermate koude en vaste stof, die als element misschien wel het meest door rotsen en *adamant* benaderd wordt. De atoomtheorie van Demokritos en de zijnen wees hij af en evenzeer Epikoeros' theorie, die de natuurverschijnselen met blind toeval verbindt. Steeds zocht hij naar een genuanceerde middenpositie.

De Empirische School verwierp de waarneming als maatstaf en streefde er naar de heelkunde irrationeel te maken. Dat was voor Galenus onaanvaardbaar, maar hun opponenten, de dogmatici, kon hij toch ook niet zonder voorbehoud steunen. Zij immers vonden waarneming en ervaring onzeker, onmogelijk te beheersen, traag, niet methodisch. Daarentegen wilden de empirici dat waarneming en ervaring samengaan, elkaar richten en vormen, en dan tot een oordeel leiden.

De empirici, die Galenus tegensprak, waren een groep filosofen, die tot de skeptici gerekend worden. Skeptici waren 'twijfelende filosofen': wezenlijke kennis is onmogelijk. Zij wonnen gestaag aan invloed in de 1e eeuw v. Chr. en de eerste eeuwen van onze jaartelling. Het best bekend werd Sextus Empiricus, die ca. 200 n. Chr. leefde. De empirici leerden o.m. dat al wat bestaat, elke werkelijkheid, voor de mens onkenbaar is, omdat hij geen middel bezit die te herkennen. Elk oordeel over het waargenomene is raden en kan beter achterwege blijven.

Met de dogmatici bedoelde Galenus groepen uit de Stoa, een wijsgerige stroming van toenemende invloed te Athene, ontstaan in het laatst van de 4e eeuw v. Chr. In verschillende variaties had die leer vele eeuwen lang grote invloed, bijvoorbeeld op het christendom wegens zijn strenge moraal, ascese en afwijzing van wereldse beïnvloeding. Marcus Aurelius was een der grote voormannen van de stoïcijnse gedragsleer.

De dogmatici waren krachtige aanhangers van de Pneumatische School (I.5; VI.11) en hadden daarmee dus Galenus op hun hand.

Maar de stoïcijnen verdeelden de filosofie in logica, fysica en ethica. Logica en fysica steunen de ethica, en vormen die. De logica verdeelde men weer in twee componenten: retorica (alléén betogen of met zichzelf redetwisten) en dialectiek (met meerderen discussiëren). Aristoteles werd door de dogmatici als een perfecte vertegenwoordiger van hun leer gezien. Immers, al het werkelijke en alle kennis over het werkelijke, rust op waarneming, op ervaring. En terwijl alle dingen stoffelijk zijn (materialisme), is er tevens een immanente wetmatigheid, die van binnen uit alle stof doet bewegen of richt, een alles regerende, 'goddelijke' intelligentie die bestuurt (vgl. entelechie, *Noes*, 'ziel', God), een finalisme.

Keren wij terug naar Galenus. Hij oordeelde dat nu eens door redenering ontdekkingen gedaan worden, inzicht wordt verkregen, maar dan juist weer door waarneming, d.w.z. soms een empirische, soms dogmatische aanpak.

Galenus kiest van beide dat wat hem goeddunkt en dat is zijn houding ook in wat wijder verband, ten aanzien van Platoon en Aristoteles (het valt niet moeilijk in te zien dat

de empirici Platonisch van aard zijn).

Galenus schreef: “zonder logisch denken kan men niet bevredigend waarnemen”. Het is een uitspraak naar Aristoteliaanse trant.

Nu volgen twee proeven van Galenisch-Platonische denktrant:

De Usu Part. XI,14: “Wenkbrauwen en wimpers laat God even lang worden, maar niet zo lang als baard- of hoofdharen. Dat komt, omdat zij groeien op hard, kraakbeenachtig vlees. Als zij op zacht vlees groeiden, zou de wil van God hen niet zo maar kunnen remmen. Als God niet gezorgd had voor kraakbeenachtig vlees voor wimpers om bovenop te groeien, dan zou hij nog zorgelozer te werk zijn gegaan dan een generaal, die een muur op een moeras bouwt”.

De Fac. Nat. III, xv, 207/8: Het navolgende is afdoende bewijs, dat van de aderen uit iets wordt weggetrokken de slagaderen in. Indien men een dier doodt door een aantal van zijn slagaderen door te snijden, dan bemerkt men dat de aderen leeg worden, evenals de slagaderen. Dit nu zou nooit kunnen gebeuren als er geen verbindingen tussen die twee aanwezig waren. Evenzo wordt, in het hart zelf, het fijnste gedeelte van het bloed van de rechter hartholte naar de linker gezogen, vanwege de aanwezigheid van doorboringen in de scheidingswand tussen beide. Deze kan men voor het grootste gedeelte zien. Zij gelijken op groeven met een wijde uitmonding en zij worden voortdurend nauwer. Het is evenwel niet doenlijk om in feite de uiterste topjes te zien, enerzijds omdat die zo klein zijn en anderzijds omdat als het dier dood is, alle delen koud zijn en samengekrompen. Nochtans toont onze bewijsvoering uitgaande van het principe dat de Natuur niets zonder doel verricht, ons het bestaan van deze verbindingen tussen de holten van het hart aan. Want het kan niet willekeurig en toevallig zijn, dat er groeven zijn die op zo'n manier in nauwe topjes zouden eindigen”.

De twee citaten illustreren Galenus' denkpatroon ten volle: de waarnemer ziet de doelmatigheid van de bouw en de functie van de organen, die God, de natuurwetten hanterend, tot stand bracht, en daarvan uitgaande ziet hij ook wat hij niet kan zien en mag tot aanwezigheid besluiten. Platoon kreeg de overhand en dat kan betreurd worden omdat Galenus in zijn aanpak van biologisch onderzoek zich zozeer aan Aristoteles verwant toonde.

Het skelet vergeleek Galenus met tentpalen, met de stutten van een huis. Het is een 'geraamte' in letterlijke zin en de andere organen passen zich bij dat raamwerk aan en zijn anders al naarmate de dieren anders zijn. Ik denk dat hij de volgende woorden tot zijn studenten richtte.

“Allereerst zou ik u willen vragen om de menselijke beenderen goed te leren kennen en dat niet als een zaak van minder belang te beschouwen. En evenmin moet u volstaan met alleen maar over dit onderwerp in een van de boeken te lezen, zoals bijvoorbeeld 'Skeletleer' of 'Het beenderstelsel' of gewoon 'De beenderen', zoals dat hoofdstuk in mijn boek heet dat overigens beter is, nauwkeuriger, korter en duidelijker, dan enig ander boek dat ooit geschreven werd. Niet alleen maar lezen, maar het menselijke skelet leren kennen door daadwerkelijke waarneming, met eigen ogen. In Alexandrië is dat heel gemakkelijk omdat men daar de gelegenheid heeft het onderwijs met visuele middelen te begeleiden. Vandaar dat u moet proberen naar Alexandrië te gaan, om deze zowel als om andere redenen.

Als u geen kans ziet daar heen te gaan, dan is het niet onmogelijk menselijke

botten onder ogen te krijgen. Ik kreeg meermalen de kans als graven of graftomben ontruimd werden. Het is gebeurd, dat een plotseling wassende rivier een graf uiteensloeg, het rottende vlees wegspoelde en het skelet een half uur gaans meevoerde. Daar lag het op de oever alsof het klaar was gelegd ter bestudering door een student in de heelkunde. Op een andere keer kon ik het geraamte van een rover bekijken, dat op een berghelling lag, niet ver van de weg, waar hij door een reiziger die hij had aangevallen gedood was. De omwonenden waren in hun nopjes toen ze zagen hoe het lijk door de roofvogels was opgegeten. Die hadden het in twee dagen schoongepikt en liet het skelet liggen voor degenen die, omdat zij genoeg schein in anatomische waarnemingen, het wilden bestuderen.

Zelfs al heeft u het voorrecht niet om iets van deze aard te zien, dan kunt u altijd nog een aap ontleden en elke bot op die manier onder ogen krijgen, als het vlees voorzichtig verwijderd wordt. In zo'n geval moet u de aap kiezen die het meest op de mens gelijkt" (Brook, 1929).

Het is fascinerend te lezen hoe Galenus, stap voor stap, tot de vraagstelling komt of een zenuw nu eigenlijk als een ware en deugdelijke eenheid moet gelden, of samengesteld is uit talrijke kleine onderdeeljes (*De Fac. Nat.* II, vi); hij oordeelt dat de zenuw één samenhangend geheel is.

Als geboren onderzoeker en bioloog spaarde Galenus de kritiek niet, zelfs niet als het Aristoteles betrof. Die had het hart als zetel van perceptie en als uitgangspunt van de zenuwwerking aangewezen. De hersenen oordeelde Aristoteles van veel minder belang, want zij zijn "het koudste deel van het lichaam, bijna bloedloos" en eigenlijk hebben zij als voornaamste functie het hart te koelen.

Galenus toonde daarentegen aan dat alle zenuwen uitgaan van de hersenen en al dan niet door tussenkomst van de ruggestreng overal in het lichaam doordringen. De ruggestreng is een geleidend orgaan, geen centrum. "Duizend maal heb ik door sectie aangetoond, dat de draden in het hart, die Aristoteles zenuwen noemt, geen zenuwen zijn en met zenuwen niets van doen hebben".

En Chrysippos van Knidos (een stoïcijn uit de 4e eeuw) die beweerde, dat de stem uit het hart kwam, had evenzeer ongelijk. Een arts sneed per ongeluk bij een operatie beide zenuwen van hersenen naar strottehoofd door. De patiënt kon daarna geen geluid meer geven. Galenus, hiervan op de hoogte gesteld, probeerde hetzelfde bij een varken en slaagde. Hij bewees vervolgens dat pijngevoel, spierbeweging, stemgeluid en ademen na letsel in de hersenen, onderbroken of aangetast worden, en een verwonding aan de ene zijde van de hersenen heeft gevolgen aan de andere zijde van het lichaam. Door insnijdingen op verschillende hoogte en diepte onderzocht hij de functie van de ruggestreng; verlammingen ontstaan in relatie met ruggemergbeschadigingen.

Door de dij-slagader af te binden kon hij bewijzen dat de slagaderen bloed laten passeren en niet zo maar lucht of pneuma. Wel voeren de longaderen *spiritus* van de long naar het hart (V.5; VI.4).

Galenus kritiseerde auteurs die verzuimden gewichtshoeveelheden nauwkeurig op te geven: "men moet kwantiteit en ook tijdsduur precies meedelen". Als arts interesseerde hem de snelheid van de polsslag. Hij ontdekte dat een patiënte niet ziek maar verliefd was, omdat haar polsslag versnelde toen iemand binnenkwam die het theater bezocht had en vertelde dat hij zojuist Pylades had zien dansen. Toen zij de volgende morgen opnieuw op het spreekuur kwam, had Galenus gezorgd dat iemand binnen zou komen en zeggen dat hij Morphus had zien dansen. Dezelfde scène op de derde dag en deze

twee keren versnelde de polsslagen niet. Maar de vierde dag, toen Pylades weer genoemd werd ging de polsslagen snel omhoog. Thorndike, die dit meedeelt, constateerde terecht: Galenus experimenteert.

De controverse preformatie-epigenesis, die in later eeuwen zo'n grote rol zal spelen bij de voortgang van de biologie, werd door Galenus, voor het eerst in de historie, scherp onderkend. Hij was, op dit punt, een militante tegenstander van Erasistratos' meningen (II.2; VI.4) en schreef:

De Fac. Nat. II, iii: "Veronderstel het hart, bij het begin, zo klein te zijn dat het van een gierstkorrel niet verschilt of, als u wilt, van een boon. Bedenk dan hoe het anders groot zou moeten worden dan door zich in alle richtingen uit te breiden en door van her en der voeding te ontvangen, op de manier zoals (ik maakte dit onlangs bekend) een vrucht ('sperma') gevoed wordt. Maar Erasistratos wist zelfs dit niet, de man die lofzangen zingt op het 'vakmanschap' van het natuurlijk beloop! Hij verbeeldt zich dat dieren aangroeien als webben, touwen, zakken of manden, en dat aan de buitenkant of -rand bij al diegene meer materiaal wordt vastgeweven gelijk aan dat waar zij oorspronkelijk uit opgebouwd waren" . . .

"Maar zoiets, o hooggeleerde heer, is geen groei, maar genesis. Want een koffer, zak, kledingstuk, schip of iets dergelijks zeggen wij, is nog bezig tot stand te komen (ondergaat genesis) zo lang als de geëigende vorm, terwille waarvan het voorwerp door de ambachtsman wordt vervaardigd, nog ontbreekt. En vervolgens, in welk geval groeit iets? Slechts wanneer de mand, die al geheel gevormd is, met een bodem, een opening en een bolling, om het zo eens te zeggen, en met de tussenliggende gedeelten, vervolgens overal groter wordt. "En hoe kan dit nu?" zal iemand vragen. Dat kan alleen als onze mand opeens een dier of een plant zou worden: want groei is slechts levende dingen eigen. Mogelijk stelt u zich voor dat een huis 'groeit', als het bouwen in gang is, of een mand als hij gevlochten wordt, of een tuniek die geweven wordt? Dat is nu evenwel niet zo. Groei komt toe aan hetgene dat, wat zijn vorm aangaat, al gereed kwam, terwijl de toevoeging, waardoor datgene wat in wording is zijn vorm verkrijgt, niet groei genoemd wordt, maar genesis (opbouw). Dat wat *is* groeit maar dat wat *niet is*, wordt".

Er was, dat blijkt, een grote verwijdering ontstaan tussen de biologie van de Ionische geleerden en die van Galenus. Voor de Ioniërs waren levende en dode stof in wezen hetzelfde; levende wezens en dode dingen verschilden slechts schijnbaar. Alle voorwerpen, bewegend of stilstaand, waren voor hen stremfels uit bezielde oerstof en zowel gelijk van origine als van aard. Oerstof liet zich zowel als principe (abstract) en als materie interpreteren (bijvoorbeeld water). Voor Galenus waren er goed onderscheiden levende en dode dingen. Levende wezens zijn volgroeiende gevormde kiemen, maar dode voorwerpen vormen en creëren de mens door 'genesis', die construeert men gaandeweg.

Intussen waarschuwt Galenus tegen generalisaties en volstrekte standpunten: dat worden valstrikken. En men moet zijn tijd besteden met het zoeken naar wetenschap over levende en dode dingen, niet beuzelen over termen en definities zoals de Sofisten doen, die daardoor verhinderen dat men de ware staat van zaken doorgrondt. De dingen zelf zijn van belang en niet de benamingen en de woorden.

Aan de plantkunde voegde Galenus (naar het schijnt) niet in belangrijke mate toe. Hij schreef drie boeken over planten, waarbij hij zich wilde beperken tot de planten die hij persoonlijk had leren kennen. Evenzo ten aanzien van dieren en dierlijke geneesmid-

delen. In totaal omvat zijn *Peri Kraseos* . . . *Haploon Farmakoon (De Simplicibus)*, dat rond 180 zal verschenen zal zijn, 11 boeken (boeken VI-VIII behandelen de geneeskruiden).

Van alle schrijvers over artsenijs oordeelt Galenus Dioskorides de beste, al noteert hij een aantal vergissingen, die deels voortkomen uit Dioskorides' gebrekkige kennis van het Grieks (dat verwijt zou een Romein niet maken). De arts moet zelf met de geneeskruiden bekend zijn en ze kunnen herkennen, anders zullen de *herbarii* hem bedriegen. De handelaren-drogisten in Rome (Galenus gebruikte als eerste het woord 'apotheek') zijn allen wel met de kruiden uit Kreta vertrouwd, maar hebben geen flauw vermoeden dat even goede kruiden vlak bij Rome, zelfs tot in de voorsteden te vinden zijn.

Geneeskruiden werden beroepsmatig ingezameld. De keizers hadden ze voor hun hofhouding in voorraad die kruidenzoekers in hun dienst op Sicilië, op Kreta en in N. Afrika steeds aanvulden. Uit Kreta kwamen de kruiden in dozen naar Rome en misschien vond Galenus verwilderde kruiden uit Kreta dicht bij huis. De Romeinse artsen beschikten overigens nog over medicijnen die uit alle delen der bekende wereld aangevoerd werden.

Galenus uit Pergamon terug naar Rome geroepen door keizer Marcus Aurelius (169), kreeg toestemming daar te blijven en niet mee op veldtocht naar het noorden te gaan toen hij te kennen gaf dit niet te willen. Hij zou de jonge prins Commodus medisch begeleiden en zo gelegenheid krijgen veel op schrift te zetten. Zijn bijdragen aan de anatomie worden in V.5 nader besproken en die aan de fysiologie in VI.5.

18. Boeiende lectuur uit de 2e en 3e eeuw

Een tijdgenoot van Galenus en goede bekende van hem was Claudius Aelianus (ca. 170, Praeneste – ca. 260, Rome), ook Ailianos de Sofist genoemd, een Romein die Grieks schreef. Zijn voornaamste werk met betrekking op biologie is *Peri Zoöon Idiotetos (De Natura Animalium* = Over de Aard der Dieren) in 17 boeken. Het is een vergaarbak van gegevens aan vroegere en eigentijdse auteurs ontleend, waarbij de keuze bepaald wordt door de mate waarin het gegeven verbazingwekkend of uitheems is en door de mogelijkheden die het biedt voor gezapig moraliseren. Dieren zijn deugdzaam, de mens is slecht.

Aelianus citeerde veel maar de originele tekst zelden, want hij was tevreden met kopieën uit de tweede of derde hand als de leerstof maar smakelijk was. Hij wilde amuseren en ofschoon hij een potpourri van anekdoten en diereverhaaltjes opschreef, gaat toch van zijn teksten een zekere charme uit, deels door zijn levendige verteltrant, deels omdat het mogelijk is in deze warwinkel allerlei aanknopingspunten met de zoölogie te ontdekken.

Als historisch feit is Aelianus' werk van belang. In wetenschappelijke zin heeft hij niets anders dan verwarring teweeggebracht: huisjesslakken verlaten hun schelp als naaktslak wanneer zij denken dat de kust veilig is.

Ik vermeldde dat N. Afrika nog in de eerste eeuwen van onze jaartelling bebost en begroeid was (II.3). Aelianus herhaalde dat olifanten, leeuwen en antilopen er talrijk waren. Hij weet ook te vertellen over tropisch-Aziatische dieren. Van de vele olifanteverhalen deze (olifanten hebben horens, geen 'slagtanden'):

De Nat. Anim. XIII, 8: "Een olifant die bij een kudde behoort maar getemd is,

drinkt water, maar een olifant die in de oorlog vecht drinkt wijn. Evenwel geen wijn die van druiven gemaakt wordt, want men maakt deze wijn met behulp van rijst of van suikerriet. En die getemde olifanten trekken er op uit om bloemen te halen, voor zichzelf, want zij houden van zoete geur en worden naar de weiden gebracht om de meest welriekende op te zoeken. En een olifant zal een bloem uitzoeken afgaande op zijn reukvermogen terwijl zijn oppasser de mand in zijn hand houdt beneden de plukker, die de bloem er in gooit. Later, als hij de mand gevuld heeft, zoals een fruitplukker, krijgt hij een bad en heeft evenveel behagen in het bad als genotzuchtige mensen. Daarna, teruggekeerd, wil hij de bloemen hebben, en als zijn oppasser dit uitstelt, trompettert hij en weigert voedsel totdat iemand hem de bloemen brengt die hij heeft ingezameld. Daarna pakt hij ze uit de mand met zijn slurf en strooit hen rondom de rand van zijn ruif, want hij schrijft hen toe dat zij een smaak, om zo te zeggen, aan zijn voedsel geven door middel van hun reuk. En hij strooit een hoeveelheid bloemen door zijn stal want hij wil slapen omringd door zoete geur”.

Al wie in Sri Lanka de olifant en zijn mensen heeft gezien, leest Aelianus met een glimlach van herkenning en verwondert zich hoe elk vermeld feit een werkelijkheid medeelt en niet met de werkelijkheid overeenstemt. Aelianus schreef een droomboek.

Een curieus restant van de Pythagorische getallensymboliek:

De Nat. Anim. X.21: “Het blijkt dat dit dier [de krokodil] zestig dagen zwanger is en zestig eieren voortbrengt, en deze even zovele dagen bebroedt. Even zovele wervels heeft het in de wervelkolom en men zegt dat even zovele spieren het lichaam omgorden en dat het zich even zovele malen voortplant en dat zijn levensduur zestig jaar is (ik vermeld deze dingen volgens wat de Egyptenaren zeggen en geloven); en bij dit dier zijn tanden ten getale van zestig aanwezig en elk jaar blijft hij zestig dagen bewegingloos en eet niet.”

Meer dan honderd vogelsoorten en ongeveer evenveel vissoorten krijgen Aelianus' aandacht, sommige meermalen als hem in latere hoofdstukken nog iets aardigs in handen valt. Als laatste voorbeeld zijn geschiedenis van de ooievaar:

De Nat. Anim. III,23: “Als de ouders bejaard zijn verzorgen de ooievaars hen vrijwillig en toegewijd. Toch bestaat geen wet bij hen zoals bij de mensen. De oorzaak van hun gedrag is de natuur (*fysis*). En die vogels hebben hun nakroost al evenzeer lief. Dit is het bewijs: als de volwassen vogel geen voedsel vinden kan voor zijn hulpeloze nestkuikens omdat door tegenspoed een schaarste ontstond, dan braakt de ooievaar het voedsel van de vorige dag uit en voedt zijn jongen. Ik hoorde dat reigers dit ook doen en pelikanen ook.

Ook verneem ik dat ooievaars te zamen met kraanvogels trekken en dat zij alle de winter ontwijken. Maar als het seizoen voor vrieskoude voorbij is en zowel de ooievaars als de kraanvogels naar hun eigen woonplaats terugkeren herkent elke soort zijn eigen nest zoals de mensen hun huizen.

Alexander van Myndus verzekert dat als zij oud zijn zij naar de oceanische eilanden gaan en daar zoals mensen gevormd worden ter beloning voor de eerbied die zij als kinderen hun ouders betoonden en dit omdat als ik mij niet vergis de goden daar in het bijzonder een toonbeeld van eerbied en rechtschapenheid in stand willen houden dat de mensen tot maatstaf kan zijn, want in geen ander land onder de zon zou zo'n ras kunnen overleven.

Ik ben van mening dat het geen verzinzel is want wat zou Alexander willen be-

reiken door sprookjes te vertellen waar hij geen profijt van kan hebben? En bovendien zou het een verstandige man weinig betamen om waarheid door leugen te vervangen al zou het gewin ook groot zijn, veel minder nog als hij daardoor ten prooi kon vallen aan een tegenstander waar hij nooit ofte nimmer winst uit zou overhouden”.

Dit artikel stemt naar zijn aard overeen met het geciteerde over de olifant: een naïef en charmant mengsel van feit en fictie. Het wekt belangstelling tevens om de gesuggerede banden tussen mens en ooievaar en leidt tot de vraag of onze Noordeuropese moderne ooievaarfabel op Aelianus' boek steunt.

Hoe dan ook, Aelianus was een sloddervos, een babbelaar en een naprater maar van belang vanwege de citaten uit verdwenen geschriften die niet zelden het enige zijn dat nog behouden bleef.

In de volgende eeuwen krijgt Aelianus als zoöloog een reputatie die weinig voor die van Aristoteles onderdoet, een overschatting enerzijds te wijten aan de hoogst gebrekkige kennis van Aristoteles' werk in de Middeleeuwen en anderzijds aan het verloren gaan van begrip voor kwaliteit. Aelianus' *De Natura Animalium* wordt later een uitgangspunt voor het *Bestiarium*, de wonderlijke prentenboekjes die bij gebrek aan beter zo gaarne gelezen werden (III.23).

Een van zijn voornaamste bronnen was Oppianos' boek, toen juist verschenen. Flavius Philostratus was zijn biograaf evenals van Appolonius van Tyana. Omstreeks 217 verscheen Flavius' vie romantisee van Appolonius dat tot in onze tijd boeiende lectuur bleef. De bioloog vindt er even schone dierverhalen uit India in, vooral weer over de olifant. Het werd in opdracht van de cultureel geïnteresseerde vrouw van keizer Septimius Severus, keizerin Julia Domna, geschreven.

Het vermoeden rijst dat dezelfde keizerin de begenadiging van Oppianos van Cilicië bewerkte, die met zijn vader Agesilas, oud-senaatslid, op het eiland Melittos in ballingschap leefde. Agesilas had de woede van Septimius opgewekt omdat hij hem bij de aanvaarding van zijn keizerschap niet had gesteund. Hij verloor dientengevolge zijn bezittingen en werd verbannen. Zijn zoon volgde hem. Zou de naam Agesilas op een Griekse herkomst wijzen? Hoe dan ook, Oppianos werd (ca. 150) in Anazarbos (Korikos) in Cilicië geboren, dat misschien in de 1e eeuw de geboorteplaats was van Dioskorides (II.16).

In Melittos schreef Oppianos *Halieutica* – een titel die enige eeuwen lang gebruikt zou worden voor zeevisserijboeken – het enige gedicht dat van zijn werken overschoot. Hij droeg zijn geschriften op aan Septimius, die daarna vader en zoon terugriep, eerherstel verleende en daar een vorstelijke beloning bijvoegde. Toch keerde Oppianos naar zijn geboortestad terug waar hij, 30 jaar oud, aan de pest stierf.

Hij was een literair begaafde, biologisch geïnteresseerde auteur. Een elegant citaat is hier op zijn plaats:

“Niets bevat meer wonderlijks dan de geschiedenis der dolfijnen, hetzij dat zij eertijds deel uitmaakten van het geslacht der mensen, of dat zij in de steden onder de mensen gewoond hebben. En of zij, gehoor gevend aan de raad van Dionysos [Bacchus] hun milieu voor dat van de zee verwisselden, waarbij zij de vorm van vissen aannamen. Zij hebben evenwel daarbij toch hun goede manieren behouden die al hun gedragingen kenmerken.”

Hieruit mag wel blijken, dat Oppianos de dolfijn niet als een vis beschouwt (dat oordeel werd Aristoteles toegedicht en vervolgens gehandhaafd tot in de 16e eeuw) en te-

vens is het een goed voorbeeld van de transformatieleer, maar nu in verband met een verhuizing uit het landmilieu van een zoogdier naar zee, terwijl de vroegere auteurs juist de omgekeerde weg vermoedden (vgl. Anaximandros, Empedokles, Theofrastos).

Een gedicht over de jacht, *Cynegetica* – een vele malen herhaalde titel sinds Xenofon (I.14) – werd meermalen aan ‘Oppianus’ toegeschreven. Om die reden wordt die verhandeling hier vermeld, die een Syriër, Oppianos van Apamea, in de 3e eeuw vervaardigde en voor de biologie geen noemenswaardige betekenis had.

In de Romeinse kolonie Madaurus, in N. Afrika, werd ca. 125 Lucius Apuleius geboren, een kruidenkenner, magiër, mysticus, filosoof, dichter en eigenlijk ook wel bioloog. Zoals hij tijdens zijn leven rondzwierf zo zou zijn werk, onder allerlei namen, zoals Apuleius platonicus (madaurensis) en ‘Pseudo-Apuleius’, eeuwenlang op allerlei plaatsen opduiken in de literatuur, nu eens vervalst, dan weer vermengd, en naar wij moeten veronderstellen, nimmer volledig (zie ook II.20). Zijn natuurhistorische werk *Quaestiones Naturales* verdween op een fragment na dat over vissen en waterdieren handelt.

Wat als authentiek beschouwd mag worden laat zien dat hij vele vroegere auteurs compileerde maar zijn bronnen behoorlijk erkende. Hij schreef over planten en dieren. Vooral vissen en weekdieren hadden zijn aandacht en een fraaie waarneming die Aristoteles was ontgaan, staat op zijn naam.

Hij ontdekte bij de zeehaas (*Aplysia*) “in de buik 12 botjes, die op de kootjes van een varken gelijken en met elkaar zoals een keten verbonden zijn.” Daarmee werd Apuleius de eerste auteur over Tunicaten, een diergroep die in de evolutiebiologie van de 19e eeuw een grote rol zal gaan spelen. Cuvier beschreef deze half-kraakbeenachtige binnenstructuur van de mantel die aan de wervelkolom van de Vertebraten herinnert, in 1803. Deze ontdekking echter was het niet die de naam ‘Apuleius’ publiciteitswaarde gaf, tot de Renaissance toe, maar zijn reputatie als magiër met een buitengewone kennis van geneesmiddelen. Apuleius bezocht Carthago, verbleef op Samos, reisde in Frygië, Griekenland en Italië.

Vergiftiging door dieren is het onderwerp van een vrijwel waardeloze verhandeling uit de 2e eeuw (*Peri Ioboloon Zoöon*), door Philymenos, een Griekse arts over wie mij verder niets bekend is. Hij weet te vermelden, dat de beet van een spitsmuis giftig is, en dankt die wetenschap vermoedelijk aan Aristoteles (*Hist. Anim.* VIII, 24, 604 b). Geen mens die het geloofde totdat Pearson (1942) het bewijs leverde.

Aelianus, Oppianos en Apuleius waren exponenten van de ontbinding, van zinken, van de weg omlaag. In de 2e eeuw doofde zowel het filosofisch, als het biologisch elan van de Grieken, Galenus ten spijt. Het creatief denken, de drang tot dieper inzicht, tot synthese, elke neiging om door vergelijken of door gericht doen of waarnemen iets te proberen, te toetsen, m.a.w. alle wezenstrekken van de Griekse biologie in de Oudheid verdwijnen.

Toch blijft het Griekse erfgoed zich uiten. Romein of Griek: de biologische literatuur verscheen met voorkeur in het Grieks. De dierverhalen zijn doordrenkt met Platoons mens-dier migratieleer, zij het dan een slap afreksel daarvan.

Steeds gedachtelozer, slordiger, onverschilliger, commerciëler kopiëerde de een de ander, steeds verder stompte de lust en het vermogen tot een eigen aanpak van biologische vraagstukken af: gestructureerde beschouwingen en genuanceerde benaderingen worden niet meer aangetroffen als het biologie betreft.

Men nam nog de moeite niet om even het meest voor de hand liggende te bekijken.

Alkmaioon liet al sedert 800 jaar geiten door de oren ademen. Ademhaling was een proces dat toch, ik heb het vermeld, belangstelling kreeg. Galenus deed zijn fameuze voorspelling over de hartbouw van de olifant op grond van de manier van ademen. En dan schreef niettemin Hippolytos (een in Italië werkzame Griek) onbekommerd, in de 3e eeuw, een verhandeling tegen de praktijken van de tovenaars: *Filosophoemena* ('Afwijzing van alle Ketterij'), in 9 boeken (het 2e en 3e boek zijn verloren gegaan). Toverkollen, zei Hippolytos, "smeren de oren van geiten vol was, zodat ze niet meer ademen kunnen en stikken". Liever de toverkol een onzinnig verwijt aangewreven dan een hand op de neusgaten van een geit gelegd, terwijl men een kruistocht tegen alle bijgeloof inzet.

De ontbinding van het Romeinse rijk, het morele verval en de politieke opbloei begeleiden het verkommeren van de Griekse cultuur. Tegelijkertijd ontwikkelt zich in de loop der eerste vijf eeuwen van onze jaartelling een geestelijk klimaat dat de ontwikkeling van de biologie rechtstreeks in de weg staat: het Middeleeuws-christelijke, meedogenloze idealisme.

19. Tertullianus geloofde de Rede niet

Terwijl Aelianus, Philostratus, Oppianos en anderen in Galenus' dagen wel meetelden maar niets betekenden en weinig uitrichtten, was het anders gesteld met zijn tijdgenoot Tertullianus (ca. 155, Carthago – na 220), grondlegger van groot formaat van de christelijke leer, een gids voor wijsbegeerte en levensstijl.

Hij sneed de vermoeide Oudheid de trage pas af; de klassieke natuurwetenschap en vooral de biologie met Galenus als de laatste briljante voorvechter, moeten hun ontwikkelingsgang staken. Kerkvader Tertullianus zegt ronduit: "Wat heeft Athene met Jeruzalem van doen? Welk samengaan zou kunnen bestaan tussen Akademia en Kerk?"

En deze voortreffelijke stilist, voortreffelijke geleerde, wijst op, doet een beroep op, de ongeletterden, de eenvoudigen, de werkman, het ongeschoolde volk. Wat baat hen geleerdheid? Een aanpak die karakteristiek is voor velen na hem, die in de loop der eeuwen herhaaldelijk succes had en die steeds en overal rampzalig voor de ontwikkeling van de wetenschappen zal blijken te zijn.

Feiten, werkelijkheid, zij kwelden Tertullianus niet: *Credo, quia absurdum* (ik geloof, juist omdat het strijdig is met de rede) werd de gangbare formule, meer dan 14 eeuwen lang, equivalent aan Tertullianus' uitspraak: *Credibile est quia ineptum* (het is geloofwaardig, want het klopt niet).

Van den Berg (1959) herinnerde aan een mededeling van Tertullianus over een gestorven jonge vrouw, wier ouders christen waren. Zij stond opgebaard in afwachting van de begrafenis. Een priester aan haar zijde sprak een gebed uit en bij de eerste woorden tilde zij de armen op van naast het lichaam en vouwde de handen. Als de priester gereed is, laat zij armen en handen weer naast het lichaam zakken.

Of nu deze waarneming van Tertullianus door de feiten gesteund werd, wens ik niet te beslissen. Het is belangrijker vast te stellen dat noch Tertullianus, noch de biddende priester zich bekommerden over vragen die biologen bezighouden, over leven en dood, en de verschijnselen die daar betrekking op hebben. Het gedrag van de dode maakte geen natuurwetenschappelijke belangstelling bij hen wakker. Een biologisch geïnteresseerde of een bioloog, die op zijn Tertulliaans geschoold biologische vraagstukken

overdenkt, waarneemt en onderzoekt, zal niet ver gaan en niet ver willen komen. Wie bovendien geleerd heeft, dat God de wereld en al het levende volmaakt geschapen heeft, en dat de Schepper de Enige is, Alwijs en Almachtig, die de mens beheerder maakte van het tot zijn voordeel geschapene, die voelt geen nieuwsgierigheid meer naar waar en hoe levende stof ontstond, waardoor levende wezens functioneren en waartoe; want dat alles en al wat daarmee samenhangt, is voltooid en geheel bekend: het staat in de bijbel voor een ieder te lezen. Alle kennis van leven en dood, alle biologie werd daar verklaard en inzicht is naar believen beschikbaar. Nader onderzoek is overbodig, zelfs verwerpelijk, leert Augustinus (II.22). De ontwikkeling van de biologie zal door de toenemende ongunst der tijden gepaard aan Tertulliaanse geestdrijverij nagenoeg tot stilstand komen.

20. De vierde tot zesde eeuw

Kunnen de naïeve, zielig geïllustreerde recepten- en fabelboekjes van de 4e – 6e eeuw als biologische literatuur gezien worden? Trouwhartig verschijnen zij in vele historische overzichten van de biologie, maar ik kan mij niet aan de twijfel onttrekken of die aandacht, indien men de ontwikkelingsgang der biologie volgen wil, de moeite loont. Ik bepaal mij tot enkele gegevens.

De natuurhistorische belangstelling van Apuleius kwam ter sprake (II.18). In de vierde eeuw ontstond een aan Apuleius toegeschreven handschrift, dat in de loop der jaren een dozijn verschillende namen kreeg, de meeste bestaande uit het woord *Herbarium* met een of andere toevoeging. De auteur was zeker de 2e-eeuwse Apuleius niet. Men duidt hem gewoonlijk aan als Apuleius platonicus of als Pseudo-Apuleius.

Duizend jaar lang verschenen her-édities van het *Herbarium* van Pseudo-Apuleius, de ene nog primitiever dan de andere en vermengd met wat de naschrijvers maar te pakken konden krijgen. Toen in 1476 Dioskorides voor het eerst in druk verscheen was het spoedig met het *Herbarium Pseudo-Apulei* gedaan. Hoe schamel Dioskorides' teksten ook zijn, toch bevatten zij veel meer gegevens dan *Herbarium* (1e druk 1481). Hunger gaf in 1935 een 9e-eeuwse Pseudo-Apuleius uit, met grondige commentaren.

Een aspect dat aandacht verdient bleef tot dusverre verwaarloosd.

Krateuas illustreerde Dioskorides (II.4) en vulde daarmee de tekst aan die nu eenmaal nauwelijks de mogelijkheid verschafte een plant te herkennen. Deze aanvulling bleek een maatregel die grote bijval vond. De Pseudo-Apuleius-boekjes werden platenboekjes, gebundelde prentjes die vrijwel geen begeleidende tekst meekregen. Het zijn gestileerde tekeningetjes naar Romeinse trant, d.w.z. geen poging tot een natuurgetrouwe afbeelding maar een symmetrische contour, een voorstelling met een allegorische betekenis en een aanduiding over de heelkundige toepassing (III.10). De gebruiker is nu opnieuw in moeilijkheden. Hij kan de bedoelde plant misschien wel wat beter herkennen dan vroeger toen een uiterst gebrekkige tekst hem moest leiden (als hij kon lezen) maar hij verneemt niets van de levenscyclus van het geneeskruid en bijna niets over de toepassing. Dit verklaart het onmiddellijke succes van de gedrukte Dioskorides die veel meer en beter informeerde dan de gedrukte Pseudo-Apuleius.

In de 12e eeuw ontstond in Engeland een manuscript dat de naam Apuleius-Dioskorides kreeg en hier zouden de vroegste naturalistische plantafbeeldingen in voorkomen. Omdat die periode vroeg-Renaissancistische gebeurtenissen mogelijk maakt

(III.18) vermeld ik dit gegeven; gezien heb ik de afbeeldingen niet.

Een andere heel oude versie kwam ca. 1484 in het klooster Monte Cassino te voorschijn die door de bemoeiingen van de lijfarts van paus Sixtus VI gedrukt werd. Deze *Codex Casinensis* is een opsomming (vergezeld van enige beschrijvende gegevens) van geneeskruiden, door namen in vele talen aangeduid waarbij dan nog de werking (begeleid door magische voorschriften) vermeld wordt. Louis (1977, p.182-184) inventariseerde de planten die hij meende te herkennen.

In het keizerlijk Byzantium, het Oostromeinse rijk (330-1453) bloeide een eigen cultuur op: theologisch, literair, decoratief van aard, maar vrijwel gespeend van biologie. Bij voorkeur schreef men over giftige dieren, reptielen, paarden (rassen en ziekten) – de *zg. hippiatrica* – en ook over jacht en jachtdieren. In het Hippodroom te Constantinopel werden in de vroege eeuwen Spelen georganiseerd, die een imitatie van de Romeinse waren (II.17) en zij leverden net zo min iets van biologische betekenis op. De Oostromeinse geschriften zijn stereotiepe samenraapsels van verzinsels, bijgeloof, moraliserend gebabbel, primitieve allegorieën; stuk voor stuk zijn het getuigsgeschriften van een stagnerende, aftakelende biologie.

Tot deze groep manuscripten behoort *Sexti Placiti Liber de Medicina ex Animalibus*, dat over medicijn van dierlijke oorsprong handelt en van onbekende herkomst is. Gewoonlijk werd het aan Sextus Papirius Placidus toegeschreven, vermoedelijk een arts, en in uitgaven van Pseudo-Apuleius meegebonden.

Een reeks namen gaat vergezeld van evenveel geschriften die soms ten dele bewaard bleven: Oribasios (4e eeuw), Aetios (6e eeuw), Alexander (6e eeuw), Paulus (begin 7e eeuw). Zij werden eindeloos gekopieerd en langs die weg kregen hun beweringen een plaats in de Middeleeuwse Arabische compilaties.

Over Pseudo-Apuleius' tijdgenoot Oribasios (325-403) van Pergamon, lijfarts van keizer Julianus, is niets van betekenis mee te delen. Hij maakte – op bevel van de Keizer – een *Iatrikai Synagoogai* (De Geneesmiddelen Bijengebracht; ca. 360) een compilatie grotendeels uit de geschriften van Galenus (*De Simplicibus*; ca. 180) en Dioskorides geplukt, en hij publiceerde nog andere bloemlezingen. Niets wijst op enige eigen gedachte.

Aetios van Amida werd in 1534 in Venetië gedrukt. Zijn schrijverij weerspiegelt die van Oribasios: dezelfde kopiërlust, dezelfde bronnen, dezelfde belangstelling voor geneesmiddelen. Alexander van Tralles deed hetzelfde, maar het resultaat was zo mogelijk nog van mindere kwaliteit.

Met alle welwillendheid laat zich uit het werk van Paulus van Aegina een begin van taxonomie van de ingewandswormen samenstellen, omdat de plathelminthen (*lati*), rondwormen (*teretes*) en oxyuren (*ascarides*) als groepen bijeen gezet werden. En Delaunay noteerde (1962, p. 222) dat in 1654, na duizend jaar, een leerling van Caspar Bauhin (X) te Bazel promoveerde met een verhandeling over wormen waar deze rangschikking kritiekloos in wordt nagevolgd.

In de Middeleeuwen werden de schrijverijen van de 4e tot 6e eeuw voortgezet, dikwijls als *Physiologus*, of *Bestiarius*, of *Herbarius* (zie III.23).

De patriarch van Alexandrië Sint Cyrillus (376-444) schreef in de 5e eeuw een natuurlijke historie. Timotheus van Gaza volgde zijn voorbeeld omtrent het begin van de 6e eeuw. Beide manuscripten zijn verdwenen, vermoedelijk zonder voor- of nadeel voor de biologie. Wie weet heeft Cyrillus – die voor alles een fanate theoloog was – zijn werk gebaseerd op de geschriften van Sint Basileios.

21. *Basileios en de biologie van de 4e eeuw*

Rond 360 vertolkte Basileios de Grote (329-331, Caesarea (Cappadocië) – 379, Caesarea), de visie van de 4e-eeuwer op biologische vraagstukken. Hij werkte van 351-355 in Athene en in Constantinopel, waarna hij naar zijn vaderland (in 370 bisschop) in Klein-Azië terugkeerde; hij was een der voornaamste theologen van de Grieks-katholieke kerk. Bioloog was deze heilig verklaarde bisschop en kerkvader zeker niet, maar zijn negen beschouwingen over de zes scheppingsdagen (*Homiliae IX in Hexaëmeren*) raken onze wetenschap en omschrijven zijn plaats in die periode. Jessen (1864) citeert hen uitvoerig; ik herhaal – in vertaling – een gedeelte [en voeg soms wat toe].

Hom. I: “Als uitgangspunt voor een toespraak over de vormgeving aan de wereld, past het allereerst te spreken over de oorsprong van de ordening, die wij in alle dingen samen en in elk ding op zichzelf, ontwaren. Hemel en aarde immers zijn geschapen: dat moet ik u verkondigen. Zij zijn niet vanzelf ontstaan, zoals velen zichzelf wijsmaken, maar zij kwamen tot aanzijn door God. Wiens oor zou vermogen de diepe zin dezer woorden te verstaan? – Mozes, dien de Heer waardig gekeurd heeft Hem te aanschouwen, evenals de engelen, heeft dit evenwel aan ons geopenbaard, volgens de woorden van de Heer. Laten wij dan de woorden van de waarheid doorgronden die niet aan de redeneerkunst van het menselijk verstand ontspruiten, maar uit de leer van de Heilige Geest voortvloeien en wier doel niet de bijval van de massa, maar het heil der toehoorders is. Wat ook de Griekse geleerden over de natuur beweerd hebben, geen enkele van hun leerstellingen staat overeind en bleek onwrikbaar, want immer verwoestten de nakomers wat hun voorgangers schiepen, zodat het overbodig mag heten hen tegen te spreken; zij hebben elkaar te gronde gericht. Want omdat zij niets van God wisten, konden zij het zelfs op dit punt niet eens worden, dat een alwetende oorzaak de schepping der wereld bestuurd heeft. En niettemin kozen zij deze onzekerheid over de oorsprong der dingen als grondslag waarop zij, ieder voor zichzelf, hun gevolgtrekkingen bouwden.

Enigen van hen, bijvoorbeeld, namen hun toevlucht tot materialistische uitgangspunten en schreven aan substanties die zij elementen noemden, de oorzaak van de wereldbouw toe. Anderen fantaseerden dat alles wat zichtbaar is uit ondeelbare en onvergankelijke atomen, waartussen poriën open bleven, gevormd werd, en dat leven ontstaat en vergaat, zodra zulke atomen zich samenvoegen of uiteengaan. Zij die de opbouw van het uitspannel en van de aarde ophingen aan zulke onnozele en vergankelijke oorzaken hebben voorwaar wel een hersenschimmig web gesponnen.

Verstoken van de kennis Gods, oordeelden zij alles ordeloos en wetteloos en het resultaat van toeval, want zij kenden de betekenis van de tekst niet: “In den beginne schiep God de hemel en de aarde”. Gij echter moogt niet menen, dat ook maar iets een goddelijke herkomst zou ontberen, want ook de hemellichamen, die onophoudelijk om u heen cirkelen, heeft Hij omloop en afstand voorgeschreven [Platoon]. En daarom zult Gij er voor waken te geloven dat de wereld zonder begin en zonder einde is, want de gestalte der wereldse dingen is vergankelijk . . . en indien Hij nochtans niets zegt over de elementen vuur, water, lucht [aarde wél, die schiep Hij in den beginne], dan zult gij met het verstand, dat u gegeven is, er in slagen die in de schepping mee te betrekken”. [elementenleer beperkt aan-

vaard; zie ook *Hom. V*],

Hom. V: “Als dan de aarde, ontlast van de zwaarte van het water, zich weer wat hersteld had, ontving zij het bevel allereerst grassen en kruiden voort te brengen, en daarna houtige gewassen, zoals wij het heden nog zien [actualiteitswet; Lyell]. Want die toenmalige Stem en dat eerste Bevel waren gelijk aan de natuurwet. Deze bleef op aarde van kracht en verleende haar het vermogen, zelf immermeer te laten opgroeien en vrucht voort te brengen. “De aarde zal gras en kruid doen ontspruiten”. Van alle gewassen is kieming het begin. Als de kiemplant echter een weinig gegroeid is, dan wordt zij weidegras [*botanè*: een woord dat met *boskein*, beweiden, samenhangt]. Als zij wat hoger opgeschoten is, wordt het groenvoer [‘maaibaar’]. En zo groeiden de gewassen op, in volgorde zich ordenend, tot vruchtzetting en rijping in het zomerseizoen, want het kruidachtige en het bebladerde hebben zij allen gemeen. “Dat de aarde jong groen voortbrenge, zaadgevend gewas, vruchtbomen . . .” Uit zichzelf, zonder hulp uit anderen hoofde van node te hebben, moet de aarde alle gewassen voortbrengen.

Omdat er echter enigen zijn die menen dat de zon de oorzaak van elk ontspruiten uit de aarde zijn zou, en dat hij door de kracht van zijn warmte alles uit de diepte der aarde te voorschijn brengt, werd de schepping van de aarde eerder voltooid dan die van de zon, zodat ook degenen die de zon als bron van het leven aanbidden, hun dwaalleer zullen verlaten als zij vernemen dat reeds vóór het ontstaan van de zon, al wat aards is voltooid werd. Opdat zij hun mateloze verering voor de zon opgeven, als zij bedenken dat de geboorte van de zon later viel dan de geboorte van weidegras en groenvoer.

Eerst kwam dus het ontkiemen, daar volgde het groen op en het opschieten van de kruiden en ten leste de voleinding van de groei door het zaad. Maar hoe, zal men tegenwerpen, kan de Schrift zeggen dat alles dat aan de aarde ontsproot zaad draagt omdat toch riet en gras, munt en saffraan, look en *butomus* en nog zovele andere planten, nimmer zaadgevend bleken te zijn.

Maar riet, nadat het zijn jaarstengel gemaakt heeft, laat immers van de wortel een scheut uitbotten die zaadkracht heeft, opdat de plant voortduurt. Evenzo gedragen zich talrijke planten die onderaards zich uitbreidend, in hun wortels hun voortplantingsvermogen hebben. Dientengevolge is het onomstotelijk waar dat elk gewas zijn zaad of voortplantingsvermogen heeft en dat wil zeggen, een iegeijk naar zijn aard. Want uit die uitlopers van het riet ontstaat nooit een vruchtboom, en uit het riet ontstaat nimmer iets anders dan riet [Aristoteles]. Ook ontstaat uit het zaad niets dan wat gelijksoortig is met het gewas welks zaad uitgestrooid werd. En aldus heeft al hetgene dat bij eerste schepping uit de aarde voortsproot, zijn eigen aard bewaard en is tot onze dagen bewaard gebleven door een ononderbroken nageslacht [Linnaeus]”.

“Wanneer dan het zaad op de aarde gevallen is en daar de benodigde hoeveelheid vindt van zowel vocht als warmte, dan wordt het zacht en poreus.

Nu trekt het rondom aarde aan om daar uit op te zuigen wat hem ten nutte komt en bij zijn aard past. De fijnste aarde-deeltjes vallen en glijden door de poriën aan alle kanten naar binnen en maken dat hij opzwellt, zodat hij naar onderen toe wortels uitzendt, echter naar boven toe met evenveel loten als wortels naar onderen, omhoog groeit.

De stengel nu trekt, steeds verwarmd door aantrekkingskracht van warmte uit de aarde, uit het vocht dat de wortels inzuigen zoveel voedsel als hij benutten kan, en daar vormt hij stam, bast, schors, peulen van, en het koren zelf met inbegrip van de naald. En zo van lieverlede groeiend verkrijgt elk gewas zijn voltooiing naar het behoort: koren, peulvruchten, groenten en ook struiken. En heel gemakkelijk kan een grasje of een kruidje gans uw aandacht in beslag nemen, wanneer gij het meesterschap doorziet waarmee het opgebouwd werd.

Aanzie hoe de halm van het graan door knopen omgord is, opdat deze als het ware door duigen omgeven het gewicht van de aren goed doorstaan kan, wanneer deze vol vrucht zich naar de aarde omlaag buigen. Daarentegen is de oot over de gehele lengte hol omdat zijn top met niets beladen is. De bouw van de korenhalmen echter wordt door die duigen verstevigd. De graankorrel ligt in de kafjes verborgen, opdat het de vogels die graan zoeken niet al te spoedig gelukt het te stelen en bovendien wordt het door de uitstekende naalden als met lansen beschermd tegen de beschadigingen van zijn kleine vijanden”.

Nadat Basileios nog heeft uitgelegd dat er weliswaar ook schadelijke en giftige planten zijn, en dat men dus zich kan afvragen of dan niet alles ons ten goede geschapen werd, wordt deze twijfel overbodig. Want het blijkt dat die gifplanten, als zij goed gedoseerd worden, juist heilzame medicijnen zijn. Van het moederkoren heeft hij een beter begrip dan zijn voorgangers, al komt die uit een deductieve redenering voort.

“Maar, hoor ik opmerken, als dan de aarde elk en ieder zaad soortgetrouw ontspruiten laat, hoe kunnen wij dan tarwe zaaïen en dat zwarte graan oogsten? Dit is echter geen omwisseling met een andere soort, maar zo te zeggen een ziekte of zwakte van het zaad, want het beëindigt zijn wezen als tarwekorrel niet maar het kleurt zwart door de brand, zoals ook uit de naam al duidelijk wordt. Want door de overmaat aan warmte verschroeit het en wijzigt het zich in kleur en smaak. Als het evenwel opnieuw gezaaid wordt en goede aarde krijgt en gunstig weer dan, zo zegt men, keert het opnieuw in zijn ware uiterlijk weer. Want ook het zaaigras en wat er nog aan onkruid meer groeit tussen het graan, ontstaat niet uit een verandering van het graan, maar uit zijn eigen oorsprong groeit het soortgetrouw”.

Dat Basileios het moederkoren wat beter schijnt te doorzien dan vroegere Platonisch redenerende auteurs of tijdgenoten, is toch slechts schijn. Zijn bijbelse, formele redenering – alles werd perfect geschapen, wijziging is zinloos, nutteloos en in strijd met de leer – leidt in dit geval tot een meer natuurgetrouw commentaar en zijn feitenkennis niet. Na een overzicht van allerlei variaties in het uiterlijk en het produkt van bomen blijkt dat hij Herodotos – die dezelfde fouten over de dadelpalm en vijgeboom neerschreef – napraat, en dat hij Theofrastos, die de fouten herstelde, niet kent.

“Hoe groot ook de verschillen zijn tussen de diverse boomgroepen, binnen een ‘boomsoort’ bestaat tevens soms een uitermate groot onderscheid. Want de vrucht van de mannelijke is grondig verschillend van de vrucht van de vrouwelijke boom. Dit zeggen de hoveniers, die de palmen in vrouwelijke en mannelijke indelen. Men ziet zelfs dat degene, die zij de vrouwelijke noemen, de takken omlaag buigen alsof zij naar de omarming hunkeren en naar mannetjes haken [Plinius]. Als dan de verzorger van de planten de zaadbevattende delen van de mannelijke, die zij ‘wespen’ noemen, op de takken werpen, en de wijfjes haar deel aan genieting krijgen, dan heffen die dadelijk haar takken weer omhoog en houden haar kroon weer in de haar eigen vorm. En over de vijgen vertelt men hetzelfde”.

De plantesappen zijn ook van zeer verschillende aard en zelfs schijnt barnsteen, zo weet Basileios mee te delen – hij kende Plinius – “niets anders dan een plantesap te zijn dat tot de stevigheid van een steen verhard is. Daar wijzen immers de brokjes hout op en de breekbare diertjes die het bevat en die het heeft ingesloten toen het nog vloeibaar sap was”.

Hom. V: “En God zeide: “Dat de aarde jong groen voortbrengt, zaadgevend gewas, vruchtbomen, die naar hun aard vruchten dragen, welke zaad bevatten, op de aarde”. Toen werden de bergtoppen met dichte bossen overdekt, de lege velden werden schone tuinen, talloze plantensoorten bekleedden de rivieroeveren, die bedoeld waren om de tafels der mensen te voorzien, of het vee voer te verschaffen – deze met hun vruchten, gene met hun bladeren – of ons genezing te brengen in onze ziekten door middel van sappen, balsems, bloesems, basten en vruchten.

Alles te zamen, wat wij in de loop der tijd door talrijke toepassingen in alle verschillende en bijzondere gevallen nuttig bevonden hebben, al datgene heeft de wijze voorzienigheid van de Schepper bij voorbaat geregeld en van den beginne af geschapen. Gij, echter, dient met verwondering en eerbied de Allerhoogste te herkennen wanneer Gij al de gekweekte en wilde planten, de land- en waterplanten, de bloemdragende en bloemloze gewassen nauwkeurig in ogenschouw neemt, en uw verering van de Schepper der werelden zal groeien en gedijen.

”Dat de aarde gras en kruid en vruchtbomen voortbrengt”. Dit korte bevel was de aanzet van de verheven natuurwetten en die doorwrochte wetgeving; en sneller dan onze gedachten kunnen gaan, waren daardoor alle talloze eigenschappen van de gewassen opgeroepen en voltooid. Nog altijd geldt dit bevel met onverminderde kracht en maakt dat de aarde elk jaar met de kracht, die haar verleend is kruiden, zaad en bomen voortbrengt.

En evenals de ordening der natuur uit dat scheppingswerk ontstaan is, zo zal ook groeien en vergaan ononderbroken voortduren tot aan het alomvattende einde en de ondergang van de wereld”.

Basileios legt uit dat de oorsprong en de ordening, de samenhang in de wereld der levende en dode dingen, door God door een (kort) bevel tegelijk tot stand kwamen, een bevel dat tot het einde der tijden zal duren. Menselijke logica is ontoereikend om die wezenstrekken onzer wereld – herkomst, orde, einde, leven en dood – te verklaren. Daar is ook geen reden voor: God heeft dit alles gewrocht, tot ons heil, en deze eeuwige universele waarheid behoeft geen biologie.

De Grieken hadden ongelijk, want zij spraken elkaar tegen, constateert Basileios; Genesis 1 : 1 vermeldt, dat duldt geen tegenspraak, het begin van alle dingen. Dit is bijgevolg ook het uitgangspunt voor ons menselijk inzicht. Al verwerpt Basileios de Griekse filosofie, de vier elementen wil hij toch wel erkennen, al schiep God in den beginne er maar één: aarde.

De aarde brengt, op bevel en krachtens Gods ordening, het levende voort. Dit gebeurt in de goede volgorde, eeuwig en onveranderlijk, tot alles voleindigd zal zijn en alles ten dienste van de mens, volmaakt en doelmatig. Soms is enig nadenken vereist om de doelmatigheid van alle levende wezens te beseffen, maar de schepping is ook in dat opzicht volmaakt. Het ervaren daarvan beantwoordt alle vragen en verhindert vergissingen. Wie meent dat de zonnewarmte kieming en groei opwekt, ziet over het hoofd, dat de aarde en het plantendek in Genesis 1 : 11 tot aanzijn komen en de hemellichamen eerst in Genesis 1 : 16. De aarde en de planten hebben dus de zon niet van node: deze

dient slechts tot heerschappij over de dag, als klok en als lichtgever.

Basileios laat de kieming volgens de aloude Griekse traditie verlopen, vocht en warmte (twee elementen) die het zaad nodig heeft treft het in voldoende mate aan in de aarde en op grond van attractie (gelijkgeaard voegt zich bij gelijkgeaard), waarbij de voedselstoffen via poriën hun weg vinden, groeit en rijpt het gewas.

Men kan Theophrastos en zijn voorgangers zonder bezwaar bij Genesis en Basileios aansluiten. Eigenlijk interesseren die biologen Basileios niet – waarom ook? – en hij leest hen dan ook onnauwkeurig. Zijn verhaaltje over de min der dadelpalmen [menselijke gevoelens bij dieren (Aelianus) en bij planten] en de boeregebruiken bij dadelcultuur en de vijgecultuur (die hij verwart, al leefde en schreef hij in het land der dadels en vijgen) tonen het aan. Al wat leeft, al wat is, werd in een handomdraai op bevel volmaakt geschapen en alle levensverschijnselen zijn op de mens en menselijk voordeel afgestemd.

Basileios weet in dezelfde 'homilie' als de hier deels geciteerde, nog mee te delen dat vóór de zondeval de roos geen doornen had en dat deze achteraf toch nog aan de fraaie bloem toegevoegd werden. Zij dienen om ons er aan te herinneren dat pijn en welbehagen elkaars burens zijn (*Hom. V,6*).

De natuur toont duizenden voorbeelden strekkende tot een geloof aan wonderen en Basileios noemt er enige (*Hom. VIII,6*). Dieren kunnen spontaan ontstaan. Vele vogels hebben geen mannetje nodig om toch bevrucht te worden en dit laat ons te gereder geloven in de geboorte van Christus uit een maagd. Sprinkhanen, insecten, soms ook kikkers en muizen ontstaan uit de aarde zelf en zomaar, en slijk levert aal op eigen kracht.

Wel heeft Basileios ons geleerd dat plantesoorten, eenmaal geschapen onveranderd blijven (zie citaat), maar al te zwaar moet men dit toch niet opvatten. Rozen krijgen er naderhand (voor een goed doel) 'dorens' bij en ook heeft men waargenomen dat naaldbomen die omgehakt werden, of door vuur aangetast, in een eikenbos veranderden (*Hom. V,7*). Dieren genezen zichzelf door middel van weldadige kruiden; zo eet de schilpad marjolein om het gif te ontkrachten van de adders die hij tevoren at.

Homilia VII is aan de in water voorkomende reptielen en aan vissen gewijd, *VIII* aan landdieren, vogels en vissen, en *IX* aan landdieren.

Basileios gebruikt biologische gegevens tot stichting, voorlichting en belering van gelovigen. Zijn verhandelingen zijn van dezelfde aard als de *Physiologus* (II.20) e.d., de inhoud wat beter van gehalte. Zij zijn cultuurhistorisch interessant, maar niet meer dan een illustratie van de toestand van de biologie van de 4e-7e eeuw.

Sint Ambrosius (ca. 340, Trier – 397, Milaan) bewerkte en publiceerde Basileios' manuscripten en eeuwenlang behoorden zijn *Homiliae* tot de meest gelezen en meest gezaghebbende bronnen van oost-Griekse herkomst voor de Westerse natuurwetenschappen.

22. Augustinus gelooft en begrijpt daardoor (5e eeuw)

Ambrosius, bisschop van Milaan, doopte Aurelios Augustinus (354, Thagaste – 430, Hippo Regius (N. Afrika)) tijdens zijn verblijf in Italië in 387; zijn dopeling werd later kerkvader, heilig verklaard, en een der meest invloedrijke denkers over al wat met de christelijke theologie verband houdt. Augustinus combineerde Platoon, de bijbel en de leer van Ambrosius tot een wereldbeschouwing die (veel later) door zijn volgeling Sint

Anselmus (1033, Aosta (N. Italië) – 1109, Canterbury) zou worden geformuleerd als: *Credo ut intelligam* (ik geloof opdat ik begrijpen moge). Dat betekende voor de natuurwetenschappen dat deductief denken en verklaren hun dwingendheid hervatten: Aristoteles en Theophrastos moeten wijken voor *Timaios* en Genesis. Augustinus' leer wordt, voor de biologie, een blinde muur (zie ook Descartes, V.21 en VI.16).

Augustinus wilde toverkunsten bestrijden en zijn aanpak karakteriseert het Middel-eeuwse biologisch denken. (Ik dank de meeste navolgende gegevens aan Thorndike.) Hij kan moeilijk geloven dat tovenaars door magische krachten mensen in dieren veranderen, hoewel daar vele verhalen over gaan. Zo zouden sommige Italiaanse herbergiersters reizigers in lastdieren kunnen omtoveren door een drank, die zij door voorgeschotelde kaas mengen. Zulke verhalen, zegt Augustinus: “zijn òf gelogen òf betreffen zo zeldzame voorvallen dat er terecht geen waarde aan wordt gehecht”. Deze uitspraak staat in Augustinus' hoofdwerk, van 413-426 geschreven, naar aanleiding van de plundering van Rome (*De Civitate Dei* XVIII.22).

De Egyptische plagen lichtte hij toe. De slangen en kikkers werden in feite niet door de tovenaars en de duivels die hen hielpen, geschapen. Die hebben de levenskiemen, al aanwezig in de elementen waar deze wereld uit bestaat, benut. Maar ze konden toch niets bereiken toen ze heel kleine insecten moesten vermeerderen. Deze laatste conclusie ontleende Augustinus denkelijk aan de talmoedisten die verklaard hadden dat de Egyptische priesters de plaag van de luizen niet konden herhalen, omdat hun kunst waar het dingen kleiner dan een gerstekorrel betrof, niets vermocht.

Tovenaars en duivels hebben slangen en kikkers gebrouwen uit voorhanden ‘spermatata’, niet geschapen, want scheppen is God voorbehouden. Om dit standpunt onaangetast te laten benutte Augustinus in alle gemoedsrust de leer van Empedokles en van Anaxagoras (I.10,11; zie ook VII).

Zonder voorbehoud deelt Augustinus mee, dat in de 1e helft van de 5e eeuw heelmeesters, die men *anatomen* noemt, zelfs levende mensen ontlede – ledematen, aderen, zenuwen, botten en organen – om de ‘natuur van het lichaam’ te leren kennen. Hij was er tegen. Het is dezelfde bewering die de Romeinen over de Alexandrijnse anatomen lanceerden (II.2). Kan het waar zijn? Hoe dan ook, hier delen wij Augustinus' bezwaren (*De Anima et Eius Origine*, Migne IV, 3, Pl. 44, 475-548).

Als het de doelmatigheid der levende natuur betrof, redeneerde Augustinus even blind en driest als Platoon. Hij concludeerde dat antipoden (tegenvoeters) niet bestaan. De hitte aan de evenaar maakt alle leven daar onmogelijk. Men kan de evenaar dus niet passeren. Toch moet men het evangelie aan alle mensen brengen. Dat zou onmogelijk zijn als er zuidelijk van de evenaar mensen zouden wonen. Bijgevolg zijn daar geen mensen. Eratosthenes (II.1) had dat ook bedacht, zij het op beter beredeneerde grondslag.

Augustinus geloofde in klassieke dierensagen en herhaalde er enige. De legendarische salamander die door vuur niet wordt aangetast en te midden van de vlammen blijft leven noemde hij, bijvoorbeeld. Het is een verhaal dat, sinds Plinius het vermeldde, steeds terugkeert. Vierhonderd jaar lang geen geleerde die het eens probeerde (Frans I van Frankrijk maakte er in de 16e eeuw nog zijn devies van).

In zijn *Confessiones* (Belijdenissen X, 35) wijst Augustinus de “voze en vreemde wens tot onderzoek” met behulp van zintuigen die goed gepraat wordt door zoiets “kennis en wetenschap” te noemen, af. Dat leidt maar tot het bestuderen van natuurgeheimen, die ons bereik te boven gaan en waarvan de kennis niemand tot voordeel

strekt.

Deze mentaliteit voerde naar bespiegeling en meditatie en veroorzaakte veronachtzaming van de levende natuur, zodat Augustinus en al de zijnen, tot in de 16e eeuw, en soms zelfs nog lang daarna, natuurhistorische feiten kreupel aanhaalden, gebruikten als het in een betoog mooi van pas komt, of hen, al naar 't uitkwam in allegorisch-symbolische zin positief of negatief 'verklaarden'. In biologische zin was dit benutten van de natuurlijke historie een oneigenlijk gebruik. Al verlamden deze kunstgrepen de wetenschappelijke biologie niet, toch zetten zij die wel op een dwaalspoor.

Van de biologie uit gezien is de samenvatting van Augustinus' inzichten die ik gaf, naar ik denk verdedigbaar maar een aantekening kan behulpzaam zijn om zijn denkmodel beter te schetsen.

Hij is misschien wel het beste voorbeeld van het Middeleeuwse dualisme: het beschroomde erkennen van een logische overdenking van ervaringsfeiten en het toetsen van de conclusies daaruit verkregen aan de onaantastbare waarheid van de christelijke leer. Deze twee waarheden vereisen, als zij botsen, verzoening. Met behulp van symboliek is dit bereikbaar, door een niet aan natuurwetten onderworpen verklarend oordeel. Voor de Middeleeuwse theobioloog was dat het middel om in alle gemoedsrust zijn interpretaties en gevolgtrekkingen met betrekking op wereldse problemen aan te passen bij wat hij las in de bijbel of bij anderen, die de bijbel goed begrepen hadden. Steeds is 'goed' wat met de benadering of de conclusie van degeen die een uitweg uit de impasse zoekt, overeenstemt.

Van het kleurige, grootse samenspel tussen Kerk en Wereld nam Augustinus de leiding en Albertus Magnus zal het in de 13e eeuw besluiten door een nieuwe weg aan te wijzen.

In biologische aangelegenheden schoot Augustinus zo ver te kort dat de bovenstaande analyse behulpzaam kan zijn bij het lezen van het volgende fragment (ontleend aan een citaat dat Crombie (1970) gaf):

De Libero Arbitrio II, viii, 21: "Ik weet niet hoe lang iets dat ik door een van mijn zintuigen ervaar, zal voortduren zoals bijvoorbeeld dit uitspannel en dit land en voorwerpen die ik daarin hoe dan ook zou waarnemen. Maar zeven plus drie zijn tien en dat niet slechts nu maar altijd. Nimmer zijn zeven en drie niet-tien, ook nooit niet-tien geweest en nooit zullen zij niet-tien zijn."

De keuze van zeven en drie als voorbeeld en de onveranderlijke getallenleer zijn christelijk-Platonisch. Augustinus gaat met zijn bewering heel ver, oneindig ver binnen de tijd. Ruimte (plaats) laat hij voor zijn rekenkunde buiten beschouwing: natuurwetten en hun gedrag in de hemel komen niet aan de orde (omdat in de hemel wetten ons oordeel te boven gaan).

Zo bepleitte Augustinus de logische overdenking van feitelijkheden en ook van natuurhistorische verschijnselen want het blijkt alras dat deze leerzame voorbeelden van religieuze waarheden zijn. Elk dier symboliseert een of meer morele eigenschappen of bijbelse opvattingen en het juiste begrip daarvan is de ware dierkunde; kennis van het uiterlijk of het inwendige niet. Dit is analoog aan Plato's ideeënleer en het is niet meer dan een bescheiden stapje om bij Paracelsus' signatuurleer aan te komen (IV.30).

En zo wilde Augustinus gelóven, steunend op begrip en kennis: openbaring en ervaring leiden te zamen tot weten. Als de Schrift en wereldse zaken botsen kan zo'n conflict slechts schijn zijn. Ten eerste is de Schrift letterlijk en precies waar. Tevens laten onze waarnemingen, dat wat wij glashelder ervaren, zich niet loochenen. Wij redeneren

logisch en menen een tegenstrijdigheid te vinden. Dan volgt daaruit dat wij een fout hebben gemaakt. Door een dieper schouwen ontwaren wij de werkelijke inhoud van een tekst of de ware betekenis van ervaren feiten en zo leren wij duiden. Het tegenstrijdige zal verdwijnen. Bijgevolg hebben wij dan de juiste weg gevolgd als wij ontdekken dat, op de goede manier bestudeerd, de christelijke leer steeds antwoord op alle vragen geeft. Men ga echter met omzichtigheid te werk.

De Genesi ad Litteram, lib. 1, xviii: "Wanneer wij ergens iets in de Heilige Schrift lezen in overeenstemming met het geloof waarmee wij doortrokken zijn doch dat voor verschillende uitleg vatbaar is dan voegt het ons niet zich onberaden daaraan vast te hechten op zo'n manier dat als de ware stand van zaken verbeterd aan het licht komt en die uitleg omver geworpen wordt wij tegelijkertijd omvallen."

Drie hoofdstukjes verder vond Augustinus het toch nog wenselijk elk misverstand over een deugdelijk beleid te voorkomen. Let wel, zei hij, dat als een filosoof iets zou bepleiten dat met de Schrift strijdig is, dat wil zeggen met het katholieke geloof, wij buiten emige twijfel dit als volslagen onjuist moeten verklaren en misschien kunnen we het ook op een of andere manier bewijzen.

Augustinus ontraadt de ogen te openen om te zien wat het zien, bezien, waard is en eist dat de ogen gesloten worden om te bidden. Deugdelijk inzicht komt dan voort uit innerlijk licht, uit geloof: bezien vertroebelt bezinning. Platoon zou zich bij Augustinus op zijn gemak gevoeld hebben en Augustinus' werken oefenden op het Europese biologische denken dan ook vele eeuwen lang een invloed uit, die bij die van Platoon nauwelijks achterbleef. Middeleeuwen die, zeventienhonderd jaar later, over biologie schreven (bijvoorbeeld Bartholomaeus Anglicus, Thomas de Cantimprato) zullen gewoontegetrouw zich op Ambrosius en Augustinus beroepen. Dat beroep bewijst of steunt hun betoog naar Platonisch model, maar schaadt hun conclusies.

Zij zagen de vernieuwing die Albertus Magnus acht eeuwen later, omstreeks het midden der 13e eeuw aandroeg, over het hoofd. Albertus (III.19) betoogde hetzelfde als Augustinus. De waarheid die op het geloof rust en de waarheid die uit logische redenering voortkomt, hemelse en aardse waarheden, zijn welbegrepen nooit strijdig. Daarna wees Albertus echter een weg aan waar Augustinus niet was voorgegaan. Als het medische aangelegenheden betreft, bekende Albertus, kan men bij voorkeur Hippokrates en Galenus geloven en voor natuurkundige en biologische kwesties volg men Aristoteles. Die geleerden weten nu eenmaal meer over zulke vragen.

Alarik, de Visigoot, brandschatte Griekenland (395-396), veroverde Athene en plunderde Rome in 410. Augustinus stierf in Hippo Regius tijdens de belegering door de Vandalen. Justinianus de Grote, keizer van het Oostromeinse Rijk, liet in 529 de Akademia in Athene sluiten. Het was hoog tijd, want al meer dan honderd jaar was elke reden tot handhaving, elke sprankje hoop op herstel vervlogen.

III. Middeleeuwse biologie

1. *Marcellus Empiricus en het laat-Romeinse Rijk*

De Romeinse macht ging te gronde. Barbaren, christenen, joden en (sinds de 7e eeuw) islamieten namen de plaats van de Romeinen in. Geen van hen bood in zijn cultuur een mogelijkheid voor een verdere ontplooiing van de biologie: op zijn best handhaafde zich hier en daar een futloze traditie. Het Latijn werd, verbasterd, de wetenschappelijke voertaal, het Grieks vergeten. Sinds de 5e eeuw had elk resterend greintje biologische belangstelling betrekking op medicijnen, voedsel, jacht of magie. De ontwikkeling van de biologie stagneerde.

De Grieken streefden naar welzijn, de Romeinen in de Keizertijd naar welstand, de bonte mengeling van hun opvolgers was genoodzaakt zich op eigen kracht of met bovennatuurlijke hulp van de dagelijkse leeftocht te voorzien. De barbaren uit het Noorden en uit Azië roofden wat zij wensten te bezitten en het overige vernielden of verbrandden zij. Het christendom wees op de zekerheid van grazige weiden buiten deze vijandige wereld en de talloze andere religies vertaalden deze troost op eigen wijze. Allen zagen zich gedwongen, meer en meer, zich op overleven toe te leggen naarmate de geordende samenleving verdween.

Wetenschap moest daarbij degenen helpen die hem konden hanteren. Artsen probeerden drogerijen, poeders, aftreksels en brouwsels op de zieken. Als tegenspelers of als ruggesteun waren de magiërs werkzaam, de helderzienden, de geestenbezwervers. Wij zijn heden ten dage daar nog steeds mee vertrouwd. Met biologie hebben al deze bezigheden even weinig uit te staan als de bereiding van onze maaltijden, al zijn de resultaten biologisch van aard.

Men geloofde dat rijkdom misschien door kennis, toverkunst en hardnekkig volhouden verkregen kon worden en dat de steen der wijzen, het levenselixer en goud door mengen, koken, extraheren, distilleren en bezweren uit de ware ingrediënten gemaakt konden worden.

De scheikunde ontstond, ongeweten en ongewild, want een nieuwsgierigheid naar oorzaken en wetmatigheden eigen aan natuurlijke verschijnselen en processen ontbrak. Men zocht een recept, meer niet. Kenmerkend voor de afwezigheid van begrip van de betekenis van proefondervindelijk, vergelijkend onderzoek is dat geen Griek, geen Romein, geen Middeleeuwer het ondernam of nodig oordeelde het woord 'experiment', dat zij allen veel gebruikten, een ondubbelzinnige inhoud te geven; dat bleef tot de 18e eeuw achterwege.

Weinigen hadden meer belangstelling voor geestelijk bezit dan voor aardse goederen. Zij trokken zich terug uit de wereld. In de loop der tijd werd de kluizenaar monnik en ontstonden kloosters, die na het optreden van Benedictus van Nursia (6e eeuw) een

wijkplaats werden voor wetenschappelijke documenten. In de wereld daarbuiten waren het tot de 10e eeuw voornamelijk joden en Arabieren die het medische en biologische erfgoed bijeenbrachten en bewaarden.

Een vergelijking dringt zich op. Zes eeuwen vóór het begin van onze jaartelling was de biologie in handen van geleerden die hun wijsgerig denken bouwden op en verbonden met het eeuwig veranderende leven, de bewegende Natuur, de *fysis*. Zes eeuwen na Christus was de biologie een archief, door theologen benut om pseudo-biologische gegevens uit te putten en die te gebruiken als argumenten in religieuze en moraliserende betogen.

Het ontbreken van aandacht voor het experiment in de moderne zin, de volkomen afwezigheid van enig besef van de betekenis van proefondervindelijk onderzoek in de geestelijke opmaak van de geleerde wereld in de eerste duizend jaren na Christus is geen kenmerk van de Westerse wetenschap; met de biologie in de Oriënt was het niet anders gesteld. Dit ontbreken is een tijdverschijnsel, wereldwijd, eigen aan de biologie van het begin af totdat, geleidelijk, experimenteren een methode wordt van biologisch onderzoek.

Marcellus Empiricus is een goed voorbeeld; hij karakteriseert met zijn werk de nadagen van het Romeinse keizerrijk. De datums van zijn geboorte en dood zijn onbekend. Hij zou in Bordeaux geboren zijn en zeker is dat hij lijfarts werd van Theodosius de Grote toen deze (zelf uit N. Spanje geboortig) zijn hof naar Constantinopel verplaatste (379). Theodosius was de laatste Romeinse keizer die het West- en het Oostromeinse Rijk te zamen regeerde, al was het slechts gedurende de laatste vier maanden voor zijn dood. Marcellus was in de gehele regeringsperiode in het Oosten – zoals reeds gezegd – zijn lijfarts en hij schreef in die tijd *De Medicamentis Empiricis* of korter *De Empiricis*. Het boek verscheen in 1536 in druk. Het is een compilatie van farmaceutische gegevens, het zou omschreven kunnen worden als een bundel recepten met hun toepassingen.

Marcellus legde voortdurend de nadruk op 'experimenteren' en bedoelde daarmee enerzijds waarnemen (dat wat met zintuigen ervaren wordt) en anderzijds een proefneming. Nog het meest benaderde het volgende experiment ons begrip van experimenteren.

Als men wil weten of een tumor scrofulcus is of niet (scrofulcus gezwellen waren tuberculeuze huidklierwoekeringen die vroeger algemeen optraden), dan moet men er een regenworm tegenaan drukken. Vervolgens op een loofblad gelegd zal de worm in aarde veranderen als de tumor scrofulcus is.

2. *Isidorus: natuurhistorische en taal-curiositeiten*

Isidorus Hispalensis of bisschop Isidorus van Sevilla (560/70, Cartagena – 636, Sevilla), een Spaanse heilige, gaf een overzicht van de wetenschappen in de trant van Plinius dat de titel *Etymologiae*, soms *Origines*, kreeg en hij werd daardoor een der veel geraadpleegde en gezaghebbende auteurs van de Middeleeuwen als het biologische kwesties betrof.

Zijn alfabetische opsommingen van namen en vaktermen vatten de kunsten, medicijnen, wijsbegeerte, maatschappij, kerk- en staatszaken en wat niet al samen. Zij beslaan 20 boeken waarvan één aan dieren en één aan planten (met inbegrip van de landbouw)

gewijd is.

Alle groei in de natuur gaat samen met de maanfasen. De dieren zette Isidoor in groepen bijeen: huisdieren, wilde dieren, wormen, vissen, vogels, heel kleine dieren en heel kleine vliegende dieren.

Evenmin als zijn tijdgenoten kwam hij op de gedachte van al de beweringen die hij uit vroegere literatuur overschreef eens een enkele te controleren, ook al zou een controle met heel weinig moeite mogelijk geweest zijn. Maar wat misschien nog raadselachtiger is, zo nu en dan wees hij een overlevering af als onwaar. Wat kan zijn maatstaf voor aanvaarden of verwerpen geweest zijn?

Denkelijk de status van zijn zegsman; zo bijvoorbeeld herhaalt Isidoor een anekdote die Augustinus vermeldde. De 'asp' (aspis of brilslang) weet de litanieën van de slangenbezweerders te weerstaan door één oor tegen de grond te drukken en het andere met de punt van zijn staart dicht te stoppen. Hij spreekt dit niet tegen (St. Augustinus is de zegsman). Men moet, zegt St. Isidoor echter geen geloof hechten aan de bewering dat schepen langzamer varen als er een poot van een schildpad aan boord is (Plinius is de zegsman, geen christen).

Overigens is zijn plantenboek grotendeels aan Plinius ontleend, zij het dan dat Isidoor volstaat met het geven van namen en hun etymologie (die hij verzint) en hun equivalenten in andere talen. Meyer (II, p. 392-397) drukt de naamlijst af volgens W. Otto's uitgave van 1838. Hij moet concluderen dat Isidoor bepaald geen plantenkenner geweest is en hoe zijn *Etymologiae* ver en ver bij Plinius' encyclopedie achterblijft. Biologisch-wetenschappelijk is Isidoors compilatie waardeloos, maar zijn werk bleef niettemin door de Middeleeuwen heen standaardliteratuur.

St. Isidoor schreef zijn *Originum sive Etymologiarum Libri XX* tussen 622 en 633. Bodenheimer (1958, p. 193) gaf enige citaten, waarvan ik er één koos dat typerend is. Over de muis zei Sint Isidoor:

Etym. lib. XII, 3,1: "De muis is een klein dier. Zijn naam 'mus' is Grieks en de Latijnse naam is daarvan afgeleid. Anderen zeggen dat hij mus genoemd wordt omdat hij uit de vochtigheid van de aarde ontstaat want mus betekent modder en humus heeft dat woord als oorsprong. Zijn lever wordt groter als de maan vol wordt, zoals bij sommige zeedieren en wordt weer kleiner als de maan afneemt."

3. *De islam, behoeder van de levenswetenschappen (7e-10e eeuw)*

Nestorius (381, Haras – 451, Charkeh) werd aartsbisschop van Constantinopel en als kerkleraar de voorganger van een christelijke secte, die eerst in de 16e eeuw door de overige christenen min of meer aanvaard werd. De nestoriaanse gelovigen werden toen als Chaldeeuwse kerk in de rooms-katholieke kerk opgenomen. De opvattingen van het nestorianisme houden ons niet bezig. Wel is van veel gewicht dat de nestorianen door keizer Theodosius II en zijn opvolgers uitgebannen (sinds 431) oostwaarts trokken. Zij vestigden zich in Syrië, Irak en Perzië en elders in Azië en zij onderscheidden zich als ijverige beoefenaars der wetenschappen. In Syrië brachten zij de oude school van Edessa tot nieuw leven en maakten hem tot een centrum van vertalers, docenten, geleerden. Groter roem nog verwierf hun school te Dshondeisabur die in ca. 772 model stond voor de mohammedaanse school te Bagdad (I.15).

Een nieuwe religie, die na onzekere en verwarde jaren van strijd de heersende zou

worden in de landen waar de nestorianen een rol speelden, werd door Mohammed (ca. 570, Mekka – 632, Medina) gesticht. De leer van de islam beantwoordde klaarblijkelijk aan de diepste gevoelens en behoeften van de volkeren van Noord-Afrika en het Nabije Oosten; de mohammedaanse tijdrekening begon 622 n. Chr.

Naast de bijbel zou de koran de biologie sterk beïnvloeden. Mohammedanen kennen Allah de volstreckte almacht toe. De natuurwetten zijn slechts Zijn gewoonten, die hij elk ogenblik en geheel volgens Zijn wens kan wijzigen of zelfs opheffen. Deze opvatting verdraagt zich goed met de Middeleeuws-christelijke, al is hij misschien wat consequenter in de islam uitgewerkt. De talmoed beweert niets anders.

De Arabieren vestigden hun cultuur oostwaarts tot de Indus (sinds 693), westwaarts in Noord-Afrika (sinds 695), noordwaarts in Spanje (sinds 711) en zij trokken in 718 de Pyreneeën over. In 732 werden zij tussen Tours en Poitiers teruggedragen. Zij handhaafden zich met wisselend succes in Midden- en Zuid-Frankrijk, totdat zij in 759 Narbonne verloren en zij zich in Spanje vestigden. Daar bloeide een magnifieke Moorse cultuur op, maar ook deze geraakte na drie eeuwen meer en meer in de verdediging, mentaal en materieel. Totdat in 1492 Granada, het laatste islamitische bolwerk in Europa viel. De Middeleeuwen waren toen ten einde en de Renaissance beïnvloedde daarna het denken. Wat hebben de Arabieren tijdens hun mediterrane hegemonie met de natuurwetenschappen, met de biologie gedaan?

Mohammed was analfabeet, maar dit verhinderde niet dat zijn volgelingen enerzijds een glorieuze cultuur ontwikkelden (vooral bouwwerken, beeldende kunsten) en zich anderzijds inzetten om met een volhardende ijver het culturele erfgoed, d.w.z. de geschriften uit de Oudheid – Indische, Perzische en vooral Griekse – te redden door hen te verzamelen, te ordenen en te vertalen. Hierbij bleken de nestorianen een krachtige steun. Verbazend veel geleerden die in de vroeg-Middeleeuwse islamitische samenleving een vooraanstaande plaats innamen, waren nestoriaan. Velen waren van joodse herkomst. En er kwamen immigranten nadat Justinianus de Akademia te Athene en het Moeseion te Alexandrië (529) gesloten had.

Sterrenkunde, wiskunde, optica en geografie stonden centraal. De Indiërs hadden de rekenkunde ontwikkeld en cijfertekens ingevoerd, die door de islam werden geassimileerd en als 'Arabische cijfers' de wereld zouden veroveren. Gerbert (paus Sylvester II) droeg er zorg voor dat deze technische vernieuwing in West-Europa ingang vond.

Het tijdperk van de 4e tot de 11e eeuw wordt gekarakteriseerd door oorlog en geweld en door alle rampen die daaruit voortkomen, maar tegelijkertijd door een lange, rijk gevarieerde reeks van geleerden van Arabische, joodse en christelijke huize, die gezamenlijk zich wijdden aan het compileren en toegankelijk maken van medische, farmaceutische en incidenteel, biologische geschriften.

De grondslagen van de bijbel, de talmoed en de koran zijn ongeëigend als uitgangspunt voor biologie als een autonome wetenschap, als een geordende en voortgezette studie van de wetmatigheden van levensverschijnselen. De bijbel gaf hier Augustinus en de zijnen geen aanleiding toe. De koran verbood de ontleding van dierkadavers en het afbeelden van menselijke lichaamsdelen (een gevolg daarvan is de verhullende mohammedaanse klederdracht). De anatomie heeft dan ook in de Middeleeuwen van Arabische zijde nauwelijks enige bijdrage ontvangen.

Nadat de onstuimige veroveringsdrift gedoofd was en de islamitische cultuur zich vrediger kon ontplooiën, ontstond de omvangrijke vroeg-Middeleeuwse Arabische wetenschappelijke literatuur.

Uit dit beknopte overzicht (III.3-9) zal blijken dat de Arabieren tijdens hun wereldmacht niets essentieels aan de biologie toevoegden, maar dat zij zich niettemin uitermate verdienstelijk hebben gemaakt. Zij namen het initiatief om de klassieke werken in het Syrisch en (daarna) in het Arabisch te vertalen en hierdoor werden vele geschriften van de ondergang gered (vgl. I.15, VI.5). De talrijke publikaties wettigen een bescheiden keuze. De meeste kregen in de Westerse biologie geen of vrijwel geen aandacht. Vier geleerden uit de 9e tot 10e eeuw evenwel komt hier een aantekening toe. Elk had een eigen vorm van werkzaamheid: Johannitius de vertaler, Al-Jahiz de bioloog, El-Razi de compiler en Ibn Washijah de fantast.

Johannitius (809-873) vertaalde zowel in het Syrisch als in het Arabisch geschriften van Hippokrates, Aristoteles, Galenus, Dioskorides en anderen. Hij vertaalde de studie over planten door Nicolaus Damascenus, die later als *De Plantis* in het Latijn zou verschijnen en vervolgens met het werk van Albertus Magnus zou worden versmolten.

In nestoriaanse stijl voegde hij de Griekse wetenschap nevenschikkend toe aan de oude Perzisch-Oriëntaalse en aan de Indische overgeleverde manuscripten en hij vlocht daar biologische visies van christelijke aard doorheen. Zijn werk werd evenwel niet gewaardeerd en het liep uit op een banvloek, waardoor hij uit de nestoriaanse gemeenschap gestoten werd. Misschien werd hij vergiftigd. Als leraar en hofarts in Bagdad was hij ook als Hhonian bekend, of als Abu Zeid Honein.

De gewoonlijk even rommelige als omvangrijke, voor Westerse geleerden moeilijk toegankelijke Arabische compilaties uit de vroege Middeleeuwen wakkerden de ont-plooiing van de biologie niet aan en werden allengs geheel over het hoofd gezien. Volhardende 19e- en 20e-eeuwse onderzoekers ontdekten als een zeldzaamheid nu en dan belangrijke gegevens. Een treffend voorbeeld is de ontdekking van El-Nafis die later ter sprake komt (p. 365); hier wijs ik op *Kitab al Hayawan*, een dierenboek dat Al-Jahiz (alias Abu Uthman Ibn Bachr) in ca. 868 te Basra liet verschijnen. De restanten daarvan bevatten een verhaal over een wijfjesdier dat zeven jaar drachtig blijft. Dergelijke lange draagtijden werden sinds de Oudheid aan sommige mythische personen en aan exotische dieren toegeschreven. Al-Jahiz deelde mee dat het jong zijn kop uit de buik van zijn moeder steekt gedurende die tijd om zich te voeden en zijn kop weer naar binnen haalt als hij verzadigd is.

Devic (1883) meende hier een eerste gegeven over de kangoeroe aan te treffen, maar Petit (1962, p. 210) twijfelde daaraan, omdat bijgevolg de Middeleeuwse Arabieren dan enige kennis van de Australische fauna gehad zouden moeten hebben. Omdat sedert een ver verleden Arabieren kruidnagelen naar China vervoerden, schijnt het mij denkbaar dat zij die handelswaar in het land van herkomst (O. Indonesië) haalden. Contact met, of informatie over Australië is van daaruit zeer goed mogelijk en ik ben daarom geneigd Devic gelijk te geven.

Kopf (1956) vertaalde uit het Arabisch voor Bodenheimer een hoofdstuk dat over mieren handelt en deze publiceerde dit (1958, p. 194/5). Ik kon de verleiding niet weerstaan een gedeelte daarvan in het Nederlands op te nemen.

“In weerwil van het heel kleine lichaam en geringe gewicht, zijn reukvermogen en opsporingszin beter ontwikkeld dan van enig ander dier. Als iemand sprinkhanen eet of iets dergelijks, dan valt er een, of een stukje, niet zelden op de grond. Zelfs al is er op dat ogenblik geen mier in de buurt en zelfs al heeft nog niemand ooit een mier in dat huis gezien, dan zal toch heel spoedig een mier de gevallen sprinkhaan naderen en proberen hem om te draaien en te verplaatsen, hem weg te du-

wen of te trekken. Als hij al zijn pogingen ten spijt niet in staat is hem te verplaatsen, loopt de mier naar zijn nest terug. En wie er op let zal zien dat hij na korte tijd terugkeert, gevolgd door een rij van zijn kameraden, zoals een zwarte draad. Zij helpen elkaar dan om de sprinkhaan te vervoeren.

Een onfeilbaar reukvermogen is allereerst de reden van dit gedrag, maar daar komen de sterke ondernemingslust en durf van de mier bij, die het waagt een voorwerp te transporteren, dat honderd of meer keren zoveel weegt als hijzelf. Geen ander dier is in staat voorwerpen te vervoeren die vele malen zwaarder zijn dan hijzelf, terwijl de mier zo'n poging voortzet totdat zijn adem hem ontbreekt. Indien u tegenwerpt: hoe kan iemand weten dat precies die mier, die aanvankelijk vergeefs probeerde de sprinkhaan van zijn plaats te krijgen, zijn kameraden gaat waarschuwen en terugkeert waarbij hij hen de weg wijzend, voorop loopt? antwoorden wij: op grond van onze langdurige ervaring. Steeds als wij een mier zagen, die ophield te proberen een sprinkhaan van zijn plaats te krijgen, hebben wij opgemerkt dat hij terugkeerde op de manier die wij boven beschreven. Ook al waren we niet in staat hem op het oog van zijn kameraden te onderscheiden, dan blijft onze verklaring de enig aanvaardbare. Wij hebben nooit een mier gezien die op weg naar zijn nest was, of zonder vracht en die zijn weg niet onderbrak, om met elke andere mier die hij toevallig tegenkwam, contact op te nemen. Dat toont ons, dat de eerste mier, toen hij huiswaarts keerde na zijn vergeefse poging, als een ware gids handelde, een gids die zijn kameraden niet misleidt . . .”

Al- Jahiz is, omringd door zijn overschrijvende en bundelende tijdgenoten, een ware verfrissing, een man die zelf toekijkt en zijn waarnemingen levendig en logisch vertelt. Hij zou een voorbeeld geworden kunnen zijn, voor een hernieuwd waarnemen van en zelfstandig denken over de levende natuur, als men zijn voor het Westen onleesbare manuscript tijdig vertaald had, en het niet door veronachtzaming deels verloren zou zijn gegaan.

In tegenstelling tot Al-Jahiz werd El-Razi (= Rhases = Abu Bakr Mohammed Ibn Zakarijja = Sergius Ben Elias) die van ca. 860 (geb.: Raj, Chorasán) tot tussen 923 en 948 geleefd moet hebben, een autoriteit die tot de 17e eeuw dikwijls werd geciteerd als een gewichtige bron van medische en farmaceutische gegevens. Hij gold als een 'Syrische christen', maar naar zijn naam te oordelen zou hij zeer goed van Arabisch-joodse herkomst kunnen zijn en ik vermoed dat hij nestoriaan was. Hij bereisde het zuidwestelijke Middellandse-Zeebekken en had een grote reputatie als musicus, alchemist, medicus, farmaceut en filosoof. Enige jaren studeerde hij in Bagdad en daarna keerde hij terug naar Raj, waar hij misschien tot zijn dood bleef.

Van zijn talrijke verhandelingen (meer dan 200) worden studies over aromatische zaden en wortels, over eetbare vruchten en zaden, over wijn en over geneeskruiden vermeld. Leerlingen bundelden zijn nagelaten aantekeningen in 30 afdelingen, die in 1506 in druk verschenen onder de titel *Continens*. Zij worden ook *Comprehensor* of El-Hawi genoemd.

El-Razi verwijst naar honderden planten met name, maar met vrijwel niets meer en dat betekent dat zij niet of op zijn best onzeker identificeerbaar zijn. Voor de biologie bleef zijn werk zonder betekenis, maar dat wat overschoot werd in dat opzicht nimmer in detail onderzocht.

Ibn Wahshijah (Abu Behr Ahmed ben Ali el Kasdani), waarschijnlijk een nestoriaan, publiceerde in de 10e eeuw het befaamde boek over de Nabateïsche landbouw (*Agricul-*

tura Nabataea). Nabateeërs woonden in N.W. Arabië, later ook in Irak en in de streek van Babylon. Er zijn relaties met de Arameeërs.

Het boek was, naar de auteur beweerde, een vertaling uit het oud-Babylonisch van vier geschriften ten name van Quthami (Qutsami, Koutjahi), die misschien in de 14e eeuw v. Chr. geleefd zou hebben. De "vertaling" is zo niet geheel dan toch grotendeels een fantasie of een opzettelijke misleiding.

Interessant zijn niettemin de gegevens over de Nabateeërs wel, zij het meer in historisch opzicht dan wat biologie aangaat. Slechts het eerste boek handelt over planten (landbouw, veredeling); de drie andere over vergiften, over wiskunde en over zon en maan.

Het eerste boek verscheen in Spaanse vertaling in 1802 in druk en werd door Meyer gebruikt voor een in 1857 verschenen studie over de plantennamen, ca. 1000 in getal, waarvan Meyer meende er ongeveer 200 te kunnen herkennen.

In de navolgende paragrafen (4-9) volgen enige gegevens over Arabische literatuur die op de Westerse biologie een duidelijke invloed heeft gehad.

4. *Costa ben Luca bestudeert de hersenfuncties (9e eeuw)*

De biologie binnen het Arabisch taalbereik van de 9e en 10e eeuw richtte zich in hoge mate naar de inzichten van Costa ben Luca (Qostha ibn Luqâ) van Baalbek (Libanon). Hij schijnt noch Arabier noch mohammedaan geweest te zijn, maar schreef in het Arabisch. Ook vertaalde hij Griekse manuscripten in het Arabisch (waarvan er nog enige behouden zijn).

Een volmaakt gezond lichaam herbergt een volmaakte geest, maar lichamelijke gebreken of tekorten beschadigen de geest, dat was voor Costa een vaststaande regel. Iedereen kan het waarnemen bij bijvoorbeeld kinderen, bejaarden, en de geteisterde bewoners van het gloeiende Ethiopië of het bevroren Noorden.

Vaak wordt een verhandeling van Costa, *De differentia inter Animam et Spiritum*, aangetroffen, gevoegd bij werk van Aristoteles. Costa verklaarde dat er behalve de niet-stoffelijke ziel (*anima*), ook een *spiritus* werkzaam is, een zeer vluchtige substantie, die niet buiten het lichaam kan voortbestaan en levensprocessen begeleidt; zo'n begeleiding van het lichamenlijk bestaan verzoent de opvattingen uit de Oudheid, het christendom en de islam.

Een *spiritus* uit het hart begeleidt ademen en polsslag, een andere uit de hersenen begeleidt beweging en waarneming. Bovendien is *spiritus* de drager van het leven, die bij de dood het lichaam verlaat. Hoe reiner en subtieler de *spiritus*, hoe beter geschikt voor geestesprocessen; hoe gezonder en volmaakter het lichaam, hoe beter de *spiritus*. Dat verklaart, betoogt Costa, waarom de intellectuele vermogens van vrouwen en kinderen van mindere kwaliteit zijn en hetzelfde geldt voor rassen die ongunstige klimaten moeten verdragen.

Costa wil de mening van "enige artsen en filosofen", dat er twee holten in het hart zijn, laten gelden. In de linkerhartholte is meer *spiritus* dan bloed, in de rechter meer bloed dan *spiritus*.

De *spiritus* in de hersenholten verplaatst zich van de ene holte naar de andere (Augustinus telde er drie, Costa twee) en wordt daardoor reiner en meer geschikt om de "krachten der ziel" te ontvangen. De minder reine *spiritus* gebruiken de hersenen ten

behoefte van de vijf zintuigen; zo gaan b.v. 'holle zenuwen' van de voorste holte naar het oog waar de *spiritus* zich door voortbeweegt terwille van het zien (vgl. Descartes).

De hoogste geestesprocessen, zoals verbeelding, geheugen en logisch denken, vereisen ook de fijnste *spiritus*. Costa's overpeinzingen roepen Hippokrates' *pneuma* weer in gedachten en zijn spirituele beschouwingen zijn duidelijk door Pythagoras, Platoon, de Galenisten en door de distillerende alchemisten beïnvloed.

Galenus had over de hersenholten waarnemingen gedaan en nagedacht. De voorste hersenholte is in duplo aanwezig en dit zou verklaren waarom men vergelijkenderwijs kan overwegen, beide kanten van een vraagstuk beoordelen. Bovendien vond hij een 'wormvormig' orgaan dat, zo beweerde Galenus, zoals een klep de doorgang naar de achterste hersenholte kan afsluiten. Alsof hij hem zelf gevonden had beschreef Costa de klep als "een deel van de hersenmaterie dat op een worm lijkt". De hedendaagse meningen over de identiteit van die veronderstelde hersenholteklep verschillen: ik vond *plexus chorioideus* en *corpus callosum* (= balk) en denk vanwege de vorm dat deze laatste opvatting wellicht de juiste is. Hoe dan ook, Costa kan met behulp van die klep verklaren, dat sommigen snel, anderen langzaam op een vraag antwoorden. Wil men zich iets herinneren, dan opent de klep zich en *spiritus* gaat van de voorste naar de achterste holte. De snelheid van dit opengaan verschilt individueel en dat verklaart traagheid van geheugen. Buigt men het hoofd in diep nadenken, dan gaat de klep ook open. Men herinnert zich dan weer van allerlei.

Costa's gebabbel heb ik hier kort weergegeven ter illustratie van het peil der biologie in de 9e eeuw. Interessant is intussen de herboren gedachte om hersenfuncties te lokaliseren, voor bepaalde hersendelen een eigen functie vast te stellen, en voorts dat niet het hersenweefsel dat vermogen zou bezitten, maar juist de hersenholte. Augustinus meende dat de middelste hersenholte de zetel van het geheugen is en de achterste de bewegingen regelt.

Twaalfde-eeuwse opvattingen komen tot uitdrukking in hierna besproken geschriften van Hildegard van Bingen en Vincent van Beauvais (*Speculum Naturale* XXIX, 41). De drie voornaamste hersenholten zijn dan bestemd voor (1) zintuigcontrole, waarnemingen, fantasie, (2) logica en kritiek, d.w.z. de beelden door zintuigen en verbeelding opgeroepen worden onderzocht en beoordeeld, en (3) het geheugen, waar de onderzochte en deugdelijk bevonden beelden bewaard worden en dat tevens uitgangspunt is voor motorische bewegingen. De eerste holte is warm en droog, met veel *spiritus* en weinig merg, de tweede holte is koud en vochtig en de derde koud en droog (weinig *spiritus* en veel merg). Het vereiste ongeveer drie honderd jaar om Costa's meningen tot het peil van Hildegards en Vincents ideeën te ontwikkelen.

5. De Ware Broeders

De biologie van de 10e-eeuwse Arabieren wordt denkkelijk het best begrepen uit de Verhandelingen der Ware Broeders (Loutere Broeders = Rasail Ikhwan al Safa), een geheim genootschap van geleerden te Basra, die goede zeden, een smetteloze reputatie en gezamenlijke bezinning nastreefden. Als men de Griekse wijsbegeerte en de mohammedaanse wetgeving zou weten te verenigen, zou een staat van volmaaktheid bereikt zijn. Jessen (1864, p.103-108) en Diederici (1876-9) berichtten hier uitvoerig over.

De Broeders bundelden 51 verhandelingen; de laatste is een overzicht van de 50 voor-

afgaande. De tweede groep verhandelingen (17 in aantal) hield zich met de dode en levende natuur bezig, één daarvan met planten, een andere met dieren. Ik gebruikte Jessens uittreksel uit de 7e verhandeling voor het navolgende.

Bot. Geg. Vorz., p. 104-105: "De hoogste ontwikkeling der planten is verbonden met de beginfase van de dieren. Hun diversiteit leert dat zij alle door een wijze Schepper zijn voortgebracht, want het gezond verstand toont de mensen aan, dat de vier elementen die vanwege hun aard elkaar ontwijken, niet uit eigen beweging samen kunnen komen. De Wijzen schrijven de kunstige scheppingen toe aan de engelen, niet onmiddellijk aan God, want Die is te verheven om zelf deel te nemen aan de vorming der natuurlijke dingen. De oorzaak van hun samenvoeging is verborgen, wij noemen dat ziel of geest, de Filosofen spreken van natuurkracht, de religie schrijft voor: de engel Gods.

Een ieder zal bemerken dat geen enkele plant de vorm van zijn *genus* [aard] verlaat. Elke plantesoort heeft een wortel, deze bevat een sap, en elk sap is een mengsel, hetwelk aan dat sap voorbehouden is. Uit dat sap kan dan ook slechts die soort voortspruiten. Terwijl de oermaterie in staat is om alle vormen aan te nemen, neemt de tweede materie (dat is het daaruit ontstane en opgebouwde lichaam) slechts de bijzondere en bedoelde vorm aan. Want water- en aarde-atomen wijzigen zich wanneer zij in de plantewortels komen en steeds worden zij het sap, waar slechts een bepaalde plantesoort uit voortkomen kan. Voorts zijn de planten verschillend van smaak, kleur en geur omdat zij verschillende diersoorten als voedsel moeten dienen.

Elke plant ontstaat door vier oorzaken. De eerste oorzaak [materiële causa] is de vier elementen. De tweede, scheppende [efficiënte causa] is de Wereldziel. De derde, het oogmerk [finale causa] is de voedende groeikracht en het nut. De vierde de hemelse bestiering [formele causa] d.w.z. de invloed van de hemelse sferen, de sterren enzovoorts die God en de aarde verbinden. Als immers de elementbestanddelen zich samenvoegen, vermengen en tot een geheel worden, dan worden zij bouwstof voor planten. De koppelende kracht die hen te zamen brengt is het wentelen der hemelse sferen."

De Ware Broeders hielden zich ook met fysiologische vraagstukken bezig:

*l.c.p.*105: "God voorzag de planteziel van zeven werkzame krachten. Door de trekkracht trekt de plant het sap van de vier elementen naar binnen en zuigt het zuivere daar uit. Met de bindkracht houdt de plant deze sappen vast. Door de gistkracht laat de plant de sappen rijpen. Door de stuwkracht worden de sappen alle kanten uit gedreven. De voedingskracht zorgt dat de plant zich voedt. Door de groeikracht neemt de plant overal in omvang toe. Door de vormingskracht ontstaan de vormen van de plant. Allereerst vult het sap het wortellichaam en de gistkracht bereidt daaruit het wortelsap dat de plant eigen is, en daardoor groeit de wortel rondom. Het overblijvende, ontvankelijk geworden, wordt door de ziel de scheut in gestuwd, de trekkracht trekt het daarheen, de bindkracht houdt het vast, zodat het niet terugvloeit, de gistkracht laat het nogmaals rijpen en nu verenigt het zich met het lichaam van de stam en de takken.

Wat overblijft en nog verder gezuiverd is, wordt voor de derde maal gestoofd en dan tot bloesem, vrucht- en zaadhuid verwerkt en na de vierde maal gestoofd te zijn dient het sap voor de vruchten en zaden zelf".

l.c., p. 107: "De bladeren dienen om de vruchten te beschermen; hun vormen

zijn sterk verschillend, langwerpig pyramidaal, cirkelrond, drietallig of als het ware gevingerd. Ze zijn meestal groen, maar sommige zijn vuilgroen, enige heldergroen, andere bestoft, weer andere zijn van buiten anders gekleurd dan van binnen” . . .

“Op de laagste trap staat ruïnegroen [korstmos en bladmos], dat nu eenmaal niets anders is dan stof dat samenkoekt. Op de hoogste trap staat de palmboom. Dit is een dierplant, die in enige gedragingen en eigenschappen zich van de andere planten duidelijk onderscheidt, ofschoon het lichaam plantachtig blijft. In de palmboom is nl. de handelende [mannelijke] kracht van de passieve [vrouwelijke] kracht gescheiden, en de mannelijke stammen hebben bevruchtend bloemstof voor de wijfjes, zoals dat bij dieren plaats heeft. Bij de andere planten zijn evenwel deze krachten niet elk voor zich beperkt tot één stam.

Een andere ‘soort’, die dingen doet aan de diereziel eigen, terwijl zijn lichaam toch een plantelichaam blijft, is de woekerplant, want die hecht zich aan bomen, gewassen en gedorende struiken en voedt zich als een worm met de sappen van de waardplant en verricht dus met zijn ‘ziel’ daden die dieren eigen zijn”.

Jessen zag in deze teksten een nieuwe ontwikkeling in de plantkunde van historische betekenis en hij betreurde het dat deze nieuwe gedachten niet door de islamitische geleerden werden overgenomen en voortgezet. Albert de Grote zou de weg, die de Ware Broeders wezen, verder gaan, zo meende Jessen. Ik kan zijn teleurstelling niet delen. Het biologische betoog van de Ware Broeders is een moraliserend knutselwerk met allerlei opvattingen daterend van meer dan duizend jaar her: de oermaterie van de Griekse monistische biofilosofen, de wentelende hemelsferen en de sterreïnvloed volgens Platoon, de vier causa’s volgens Aristoteles, en de vier elementen van Empedokles voorzien van enige deïstische (islamitische) accenten (God die levenskrachten verleent) en Pythagorische getallenmystiek (7 werkzame krachten, driemaal stoven). Misschien zou men willen bepleiten dat de Ware Broeders de seksualiteit van planten (dadelpalm) beter begrepen dan de biologen vóór de 10e eeuw, maar de lectuur van Theophrastos’ en Plinius’ teksten over de dadelpalm en hun oordeel over de relaties tussen planten en dieren steunt zo’n pleidooi niet of nauwelijks.

De Arabische geleerden te verwijten dat zij een nieuwe gedachtengang niet steunden is zonder reden: er was geen nieuwe gedachtengang om voort te zetten. De Arabieren maakten zich, zoals al gezegd, voor altijd uiterst verdienstelijk door in tien eeuwen van verwarring en verval de unieke erfenis uit het verleden te redden, al bleef het bij vertalingen en commentaren en was van vooruitgang in de biologie geen sprake. Of sommige Arabische auteurs suggereerden dat zijzelf schrijver waren van boeken die zij uit het Grieks hadden overgenomen – een beschuldiging die wel geuit werd maar nimmer afdoende bewezen – schijnt hierbij van weinig gewicht. Zelfs zou het zijn voorgekomen dat originelen vernietigd werden om des te veiliger als maker van het werk te kunnen doorgaan. Ik kan de juistheid van deze beweringen niet onderzoeken.

6. *Avicenna en Alhazen; nieuwe aandacht voor Aristoteles*

Voor zover aanwezig huist de Middeleeuwse biologie grotendeels in medische en in farmaceutische publikaties. Allereerst vereisen de werken van Avicenna, de Vorst der Geneesheren, onze aandacht. Voluit was zijn naam Abu Ali al Hussain ibn Abdallah ibn

Sinâ el Bochara, maar hij neemt zijn plaats in de biologiegeschiedenis in als Avicenna (978(980/5), Afsjana bij Bochara – 1036, Hamadan).

Als jonge man kreeg Avicenna een plaats aan het hof van de sultan te Bochara als zijn lijfarts; de sultan had een fraaie collectie manuscripten waar Avicenna van profiteerde. Zijn geleerdheid en zijn zucht naar avontuur leidden tot een kleurig leven. Hij moet verbazend hard gewerkt en gestudeerd hebben; even toegewijd was zijn aandacht voor goed eten, uitvoerig drinken en mooie vrouwen. Hij stierf na allerlei functies in dienst van veldheren en heersers vrij jong en liet een veelzijdig en omvangrijk oeuvre na dat vrij volledig bewaard is gebleven en standaardliteratuur werd tot in de 17e eeuw. Voor ons is El Quanun (= Quanoum), in het Latijn *Canon Medicinae* verreweg het meest belangrijk vanwege de planten en dieren die hij noemde. Het is een kolossale compilatie van alle gegevens die op de heekunde betrekking hebben en die in de volgende 100 jaar alleen al in het Latijn 30 maal geheel of gedeeltelijk opnieuw werd uitgegeven. In 1573 verscheen de Arabische editie in druk: het oudst bekende gedrukte Arabische wetenschappelijke verzamelwerk; in 1595 volgde een Latijnse.

Avicenna repeteerde de gegevens uit de Oudheid vrij slordig. Het meeste wat hij schreef is, in onze ogen, vaag en weinig nauwkeurig; de planten en dieren (boek II, 2e helft) zijn over het algemeen onherkenbaar.

Aan zijn uittreksels uit Dioskorides voegde hij enige planten toe, die deze niet vermeld had, maar het blijft onzeker welke soorten Avicenna bedoelde.

Hij was een kenner van Aristoteles (schreef 20 delen commentaren die vrijwel geheel verdwenen) en hij was een trouwe Galenist. Nieuwe gedachten of interpretaties voegde hij aan de verhandelingen van Aristoteles of Galenus niet toe, al zijn er enige varianten. Zo liet Aristoteles de hanen ontstaan uit smalle eieren maar Avicenna betoogde dat juist de eieren die de bolvorm het meest benaderen mannelijke kuikens zullen opleveren omdat de bolvorm de meest volmaakte is. Misschien een veronderstelling ontleend aan de school van Pythagoras (zie ook VIII).

Zijn mening dat ziel ziel en lichaam lichaam voortbrengt verdient een nauwkeurige studie om de reikwijdte en de plaats van die gedachte in de ontwikkelingsgeschiedenis van de biologie te bepalen, en zeker zal de Aristoteliaans-Galenische stelling, dat bleke organen uit sperma ontstaan en rode uit bloed dan nader gezien moeten worden.

De Aristoteliaanse onderscheiding van een mense-, diere- en planteziel aanvaardde Avicenna, maar hij wilde de planteziel ook nog drie wezenstrekken toekennen: het voedende, het groeiende en het verwekkende.

Avicenna had gevoel voor kwaliteit. Hij was een der eersten die Aristoteles naar waarde wist te schatten. In de *Canon* en in nog enige andere geschriften bleven vele aantekeningen over Aristoteles' zoölogische werk behouden. Deze vertaalde Michael Scot omstreeks 1220 uit het Arabisch in het Latijn en maakte daardoor Aristoteles voor de Westerse biologen toegankelijk. Scot werkte aan het hof van Frederik II (III.18) en nadat zijn vertaling beschikbaar was gekomen werd Aristoteles in iedere Middeleeuwse verhandeling van zoölogische aard geciteerd of opnieuw becommentarieerd. Avicenna wees de weg naar de herontdekking van Aristoteles. Avicenna's wijsbegeerte (Aristoteliaans, met nadruk op realisme) en zijn geneeskunde beïnvloedden gezamenlijk de natuurwetenschappen van de Middeleeuwen en verschaften gegevens en steun aan de vroeg-Renaissance.

Voor de anatomie was zijn tijdgenoot, de astronoom Ibn-al-Haytham of Alhazen (965, Basra – 1038/9, Caïro) van enig belang omdat hij onder meer een gedetailleerde

beschrijving van de bouw van het oog (in Kitab-al-Manazir) gaf. Veel interessanter is zijn opstel over het zien (VI.6).

7. Averroës, voorvechter van de ratio

Terwijl Avicenna afkomstig was uit het oostelijke deel van het Arabische wereldrijk (Perzië), werd Averroës (1126, Cordoba – 1198, Marrakech) in het westelijke deel geboren, in Spanje. Hij is dezelfde als Abu al Walid Mohammed ibn Achmed ibn Mohammed ibn Rosjd.

Averroës kreeg een zorgvuldige opleiding in zijn geboorteplaats, waar zich een van de grootste bibliotheken van de Middeleeuwen bevond; er zouden meer dan 200000 delen aanwezig zijn geweest. Hij bestudeerde de rechtsgeleerdheid, theologie, astrologie, wiskunde en geneeskunde. Als rechtshervormer naar Marrakech geroepen deed hij daar zijn werk, maar keerde naar Spanje terug waar hij behalve in Cordoba ook in Sevilla werkzaam was. Wegens ketterij moest hij vluchten en werd gevangen genomen in Fez, waar hij tevergeefs trachtte onder te duiken. Toch wist hij weer naar Cordoba terug te komen, berooid en met een studieverbod. In de laatste jaren van zijn leven kreeg hij, naar Marrakech ontboden, eerherstel.

Van zijn zeer talrijke publikaties zijn vele verloren gegaan, andere nimmer in druk verschenen. De eerste en voornaamste uitgave verscheen te zamen met een uitgave van Aristoteles' werken in 1552, te Venetië, elf delen groot formaat.

Hoofdzakelijk houdt Averroës zich met Aristoteles bezig. Hij schreef zovele commentaren op diens geschriften dat hij eeuwen lang als De Commentator werd aangeduid, zonder nadere toevoeging en als een gezaghebbende autoriteit.

Averroës achtte de natuur onveranderlijk. Stof (materie) is eeuwig duurzaam en beweging (*fysis*) herhaalt zich onophoudelijk. De organismen zijn zoals ze zijn en zoals ze waren, zoals naar hun aard noodzakelijk is; anders kan niet. Zij zullen dan ook altijd zo blijven (necessitarisme; zie ook Lyell, XI). Niets kan uit niets voortkomen en alle potenties zullen *act* worden (gerealiseerd worden), niets blijft onvoltooid. Ongevormde stof en ongerichte beweging ordenen zich tot levensverschijnselen en deze zijn deels voorbestemd (*a parte ante*) en deels een logisch gevolg van het bestaande (*a parte post*). Een wezenlijke vernieuwing is dan ook uitgesloten.

Deze stellingen zijn van zeer grote, eeuwenlang durende invloed op het biologisch denken geweest. En tot zover kon de theologie nog min of meer instemmen al droeg het necessitarisme toch een ontkenning van de almacht Gods in zich. Maar Averroës' ontkenning van de onsterfelijkheid van de ziel en van een leven na de dood bracht zowel de christenen als de mohammedanen tegen hem in het geweer.

De ziel, betoogde Averroës, ontwikkelt zich tegelijkertijd met het embryo en komt geleidelijk met de groeiende mens tot wasdom. Ziel- en lichaamspotentie komen van de voorouders, elk voor zich (vgl. El-Razi) en worden niet telkens opnieuw uit niets door God geschapen. Averroës bevond zich met deze leer, het traducianisme, tegenover de theologen die het creationisme verdedigden.

Ook stelde Averroës de zintuigelijke ervaring als oorsprong van kennis centraal (nominalisme) en dit voerde bovendien nog tot het rationalisme, dat wil zeggen dat hij de *ratio* aanvaardde als beslissend, leidende tot verwerping of afwijzing van wat verstandelijk onbegrijpelijk is of strijdig blijkt met de logica. *Ratio* en logisch begrip zijn niet

het bezit van elke individuele mens maar kwaliteiten van de mens in het algemeen waaruit een ieder naar eigen inzicht kan putten.

Deze stellingen botsten met het geloof aan Gods vrije wil en almacht. Wie blindelings op een universele maar door mensen te interpreteren *ratio* afgaat, staat open voor elke vorm van gefantaseerde, menselijk beperkte natuurbeschouwing, erger nog, levensbeschouwing. Zo oordeelde de theologie.

Tenslotte is Averroës van oordeel dat filosofie souverain is en religie daaraan ondergeschikt, eigenlijk is religie vooral bestemd voor degenen die de filosofie als levensbeschouwing te zwaar valt.

In 1240 veroordeelde de recent gestichte Parijse universiteit, de Sorbonne, het Averroïsme. In later jaren werd het schoorvoetend weer getolereerd maar tenslotte in 1513 door paus Leo I volstrekt afgewezen. Zijn leerstellingen werden factoren in de strijd om wetenschappelijke suprematie, van de 13e tot de 16e eeuw tussen de voornaamste centra van natuurwetenschappelijk onderzoek en onderwijs (Bologna, Padua, Montpellier, Parijs).

De encyclopedische Aristoteles-studies van Averroës staan voornamelijk in het verzamelwerk *Al Kulligyat (Colliget)*. Het zijn overzichten die nuttig bleken en bewonderd werden, bloemlezingen uit de vroegere literatuur voorzien van toelichtingen. Averroës' leer stimuleerde vele biologen tot theoretiseren, zich-rekenschap-geven in relatie met de vondsten die eigen onderzoek opleverden, maar welbeschouwd bracht Averroës in strikt biologische zin niets origineels, niets nieuws. Het werk ontleent zijn verdienste voor ons aan de stimulerende werking die er blijvend van uitging. De verbindingen en overeenkomsten die tussen zijn theorieën en die van Lucretius, Descartes, Locke en Darwin bestaan – om slechts enkele namen te noemen – behoeven hier nog geen nadere uitwerking.

8. *Ibn-el-Baithar en het 13e-eeuwse islamitische natuuronderzoek*

Van alle Arabische auteurs tot het einde der 13e eeuw betekende Ibn-el-Baithar (?1197, Malaga – 1248, Damascus) voor de botanie het meest. Hij was belast met de controle op farmaceutische preparaten (de Arabieren openden 'apotheken' in Spanje zodra zij zich daar gevestigd hadden) zowel in zijn geboorteland als elders, later in zijn leven, want hij verliet Spanje al spoedig om er nooit terug te keren. Na zwerftochten in Egypte, Griekenland en het Midden-Oosten werkte hij jarenlang in Damascus aan het hof van enige sultans. In *Liber Magnae Collectionis* besprak hij ruim 1500 plantaardige en ruim 100 dierlijke geneesmiddelen (en een aantal minerale preparaten). Het was na eeuwen weer eens een goede farmakopee.

Als het waar is dat hij op zijn reizen een exemplaar van de plantenboeken van Dioskorides en van Galenus meenam om ter plaatse de daarin behandelde soorten te leren kennen en op te sporen, dan heeft Ibn-el-Baithar aanspraak op erkenning als een onderzoeker van goede intentie en met goede methode. Maar zijn werk bevat toch niets nieuws, geen uitzicht op verdere ontwikkeling van biologisch weten of denken, al bleef het zeker drie eeuwen een gezaghebbende bron voor gegevens en is het thans nog altijd een waardevol historisch document.

Zijn voornaamste boek is *Kitab-al-gami*, in het Latijn *Corpus Simplicia Medicamentorum et Arborum Continens*. Een Duitse vertaling (door Sontheimer) verscheen in

1840 en 1842 met de lange titel *Grosse Zusammenstellung über die Kräfte der bekannten einfachen Heil- und Nahrungsmittel von Abu Mohammed Abdallah Ben Ahmed aus Malaga, bekannt unter den Namen Ebn Baithar*.

Het boek bevat in alfabetische rangschikking 2324 namen en vrijwel alles daarover wat voorgangers meedeelden, samen met gegevens over ca. 1400 plantentaxa die hij op zijn tochten zelf zag of waarover reizigers uit verre landen inlichtingen konden geven. Meyer (III, 1856) vergeleek zijn werk dat voornamelijk voor de geneeskunst en de farmacologie bedoeld was met de *Encyclopédie* van De Lamarck of met *Species Plantarum* van Linnaeus; naar de vorm een juist oordeel dat echter door de inhoud niet voldoende gedragen wordt (zie X).

Van Ibn-el-Baithars tijdgenoten noem ik slechts Abdallatif ben Jusuf (1162-1231) die een boek over Egyptische merkwaardigheden schreef. Het verscheen in 1203 en bevat dierverhalen. Het haalt het niet bij Herodotos. In 1800 verscheen een Latijnse uitgave in druk: *Compendium Memorabilium Aegypti*.

9. *De Westerse wetenschappen verdringen de Arabische in Europa*

Tot het einde van de 12e eeuw ging de kennis van de Arabieren, hun sterrenkunde, wiskunde, optiek, geografie en biologie, die van het Karolingische Westen verre te boven, maar allengs taande, samen met de politieke macht, de islamitische hegemonie in de natuurwetenschappen.

Salerno in Z. Italië werd omstreeks de 9e eeuw een centrum voor wetenschappelijke bezigheden en men hield zich o.m. met heelkunst bezig. Van Sicilië uit had Frederik II (zie III.18) Salerno sterk gesteund en misschien moet ook Monte Cassino, een klooster ten zuiden van Rome, door Benedictus van Nursia in 529 gesticht, erkend worden als een zusterinstituut dat bijdroeg tot de ontwikkeling van Salerno. Ofschoon aan het eind van de 12e eeuw Salerno nog sterk onder Arabische invloed stond, werd die afhankelijkheid minder sterk naarmate de benedictijnen zich meer en meer bezig gingen houden met het kopiëren van manuscripten en geneeskundige studies. Salerno werd uitvalspoort naar het Noorden, een stimulans voor de Westeuropese biologie. Roger van Salerno schreef ca. 1170 een *Practica chirurgiae* die meer bij Aetios, Alexander van Tralles en Paulus van Aegina (II.20) dan bij de Arabieren aansloot.

In het begin van de 13e eeuw ontwikkelde te Padua (V.9) de biologie zich voorspoedig. Men slaagde er in de scheppingsverhalen uit Platoons *Timaios* met die van Genesis te mengen (syncretisme) en Albertus Magnus (III.19) te Parijs, kon Aristoteles ook al in christelijke zin interpreteren.

In 1085 had Alfons VI van Castilië Toledo op de Moren veroverd. Hij maakte een rijke collectie manuscripten (Arabische, Griekse en in andere talen) buit, en bracht die onder de aandacht en binnen bereik van Europa's geleerde wereld. Een eeuw daarna zijn vele daarvan bestudeerd en vertaald (Gerhard van Cremona, 1114-1187). Het werden bijdragen aan de nieuwe medische school in Montpellier, die in 1220 door de paus tot universiteit verklaard werd, vrijwel te zelfder tijd als de stichting van de Sorbonne te Parijs. In Engeland bestonden de universiteiten van Oxford en van Cambridge; de eerste omstreeks de 10e en de tweede in het begin van de 13e eeuw gesticht. De Arabisch-joodse-Spaanse wetenschap vestigde zich voornamelijk in Montpellier. Salerno verloor meer en meer terrein en de biologie zou zich in de komende eeuwen (15e-18e)

vooral in Bologna (V.6) en Padua ontplooiën.

In Montpellier droeg een dertiende-eeuwer, Arnaldus de Villanova (ca. 1235-1311), Italiaans arts-wijsgeer met enige biologische belangstelling bij tot de eerbiedige herinnering aan Salerno's historie.

Arnaldus bereisde Italië (Rome, Napels, Palermo) en het kan haast niet anders of hij moet Salerno bezocht hebben. Hij vervaardigde een leerdicht over die wereldberoemde medicinale school (waar ook vrouwelijke artsen werkzaam waren) en bewerkte 364 verzen uit het *Regimen Sanitatis Salernitanum* die hij van wat commentaar voorzag. Dit *Regimen* was een samenraapsel van allerlei aantekeningen en gegevens, soms van onbekende herkomst en soms aan de *Macer Floridus* ontleend. Het boek werd in verbazende hoeveelheden gekopieërd of in allerlei vorm met allerlei titels herdrukt. Tot ver in de 17e eeuw werd er in biologische publikaties naar verwezen.

In het gedicht van Arnaldus figureren enige dozijnen plantennamen, maar niets is met zekerheid te identificeren. De verwarring wordt nog vergroot omdat Arnaldus ter wille van de versmaat de namen meermalen vervormde. Dat verhinderde niet dat in de Middeleeuwen en nog lang daarna het *Regimen* zeer hoog geschatte en voor biologische doeleinden geraadpleegde literatuur bleef.

10. Middeleeuwse Westeuropese biologie (9e-13e eeuw)

Het volgende (III.11-23) is een overzicht van de Middeleeuwse biologie in West-Europa, wel buiten islamitische zeggenschap maar naast, en verweven met, de Arabische wetenschappen. Over de kruidboeken in de eerste zes eeuwen van onze jaartelling noteerde ik al enige gegevens (II.20). Het waren receptenboekjes met wat bakerpraat; indien geïllustreerd, dan onbeholpen en zo summier, dat het tekort de aandacht trekt. Kennelijk had de Middeleeuwer in die publikaties niet de bedoeling natuurgelukkig af te beelden, want hij was daartoe wel in staat, dat getuigen de versieringen in getijdenboeken uit dezelfde periode.

Men kan menen, dat de illustrator er van uitging dat iedereen wel wist op welke plant de tekst betrekking had en dat hij de begeleidende tekening zo maakte, dat deze de eigenschappen of aard van de plant symboliseerde, zodat degenen die niet of nauwelijks konden lezen, toch begrepen wat de auteur duidelijk wilde maken of meedelen.

St. Aldhelm (639-709), abt van Malmesbury en bisschop van Sherborne schreef een *Aenigmatum Liber*, een honderdtal raadselversjes, die o.m. op dieren en planten betrekking hebben, maar die geen 'biologische' bijdrage zijn.

De kloosters werden omstreeks de 9e tot 13e eeuw meer en meer zowel een wijkplaats voor zieken en vervolgd die getroost werden naar Middeleeuwse trant, als een laatste toevluchtsoord voor de wetenschappen; medicinale tuinen waren vrijwel steeds het enige bereikbare centrum van geneesmiddelen voor kloosterlingen en bezoekers.

De kweek van allerlei planterassen, en ook van huisdieren, werd doelbewust ter hand genomen. De jacht was een toppunt van vermaak en dit brengt enige belangstelling voor de levende natuur teweeg, zij het dan uit moord- en eetlust. Meermalen blijkt belangstelling voor het zeldzame of het vreemde. Leeuwen, giraffen, olifanten, neushoorns en zebra's lokken drommen kijkers naar hun kooien en aan de hoven voerde men soms mensenrassen uit den vreemde ten tonele. In een periode van vierhonderd jaar is Frederik II, een 13e-eeuwer, de belangrijkste bioloog. Zijn werk krijgt wat ver-



Fig. 10. De centra van biologische studies tot in de Middeleeuwen. Montpellier ligt aan de kust van Zuid-Frankrijk.

der hierna (III.18) aandacht.

11. *Natuurlijke historie bij de benedictijnen (8e-9e eeuw)*

Hrabanus (ook R(h)abanus en tevens Magentius Maurus) werd tussen 774 en 776 in Mainz geboren waar hij in 856 stierf. Hij werd in Fulda bij de benedictijnen opgevoed en trad toe tot de orde. Hij studeerde vervolgens in Tours en was abt van het klooster te Fulda (822-842). In 847 benoemde de keizer hem tot aartsbisschop van Mainz.

Hij compileerde alle vroegere wetenschap, theologisch, kerks of bijbels en de wereldse wetenschappen. Voor ons is zijn heruitgave van Isidoors *Etymologiae* belangwekkend. Deze verscheen in 22 delen tussen 842 en 847 en werd *De Rerum Naturis* of *De Universo* genoemd. Ongeveer de helft van Isidoors tekst liet hij achterwege en verving die door stichtelijke opmerkingen en allerhande bijbelpraat, zodat de omvang van Hrabanus' boek ongeveer dezelfde bleef.

Hij had een leerling, de benedictijn Walahfridus Strabo (ca. 808, Zwaben – 849, op reis door Frankrijk om de zonen van Lodewijk de Vrome te verzoenen in de Loire verdronken).

Naast vele theologische en biografische verhandelingen schreef Strabo ('De Schele'), die in 842 Hrabanus in Reichenau opvolgde, een gedicht van 444 hexameters over zijn kloostertuin, getiteld *Hortulus* of *De Cultura Hortorum*, een vriendelijk en onbenullig opstel.

Walahfrid had een tuin aangelegd waar men godvruchtig placht te mediteren en hij wilde nu de namen van alle planten weten die er groeiden en ook waartoe die nuttig zijn. Hij versifieerde over 23 plantesoorten en droeg zijn werk op aan Grimvald, de abt van Sankt Gallen, waar een beroemde kruidentuin was.

De *Hortulus* geeft een indruk van de 9e-eeuwse tuinbouw en botanie en is een bewijs van de schamele staat van zaken. Vele 16e-eeuwse edities verschenen en ook nog vele daarna, een fraaie in 1966. Stoffler schreef in 1978 een studie over de *Hortulus* (zie ook Sierp, 1925, en Sudhoff c.s., 1925).

12. *Constantinus Africanus als schakel tussen Oost en West*

Constantinus Africanus (ca. 1015, 'Carthago' – 1087 (?1106), Monte Cassino) bracht in de 11e eeuw de Arabische natuurwetenschappelijke literatuur en daarmee ook de Griekse onder bereik van geleerden in de landen waar Latijn in hun kringen voertaal was. Met Carthago als zijn geboorteplaats (hij zou christen geweest zijn) werd denkelijk Tunis bedoeld en de mededeling dat hij vandaar naar 'Babylon' ging heeft waarschijnlijk op Cairo betrekking, want Carthago en Babylon bestonden in de 11e eeuw niet meer. Hij studeerde (bijgevolg) in Egypte de gebruikelijke zeven wetenschappen, waartoe fysica behoorde en muziek en necromantie. Necromantie, de toeleg hoe doden op te roepen en informatie van hen te krijgen werd door de Arabieren erkend als een bestanddeel van de wiskunde en de natuurwetenschap. Nog in de 12e eeuw zou Vincent de Beauvais (III.21) dit standpunt in zijn *Speculum Doctrinale* (boek XVI) onderschrijven en hij staat nog steeds niet alleen.

Na tientallen jaren van omzwervingen en studie (hij zou in het Nabije Oosten, Indië

en Ethiopië gereisd hebben) keerde Constantinus naar N. Afrika terug waar hij al spoedig met de dood bedreigd werd en naar Salerno vluchtte. Daar droeg hij niet weinig bij tot de faam van de medische school (ca. 1076).

Omstreeks 1075 werd hij monnik in Monte Cassino, waar hij tot zijn dood bleef. Enige van Constantinus' manuscripten verschenen in de eerste helft van de 16e eeuw in druk.

Dat hij weinig zorgvuldig te werk ging bij het vermelden van zijn bronnen en van de namen der auteurs wier werk hij vertaalde of samenvatte, staat wel vast. Hij publiceerde bijvoorbeeld een Latijnse vertaling van een embryologische verhandeling van Aristoteles onder de titel *Liber de Humana Natura* en deed het voorkomen alsof hijzelf de schrijver was.

Intussen dankt de wetenschap vele gewichtige compendia van medische (farmacologische) aard aan hem. Constantinus schijnt de alfabetische Latijnse versie van Dioskorides (II.16) gemaakt te hebben: de tekst die in de Middeleeuwen het meest gebruikt werd. Ander werk dat door Constantinus toegankelijk werd kwam uit de Hippokratistische school, en van Galenus. Hij verfijnde het Galenische standpunt dat de medicinale *simplicia* warm of koud, droog of vochtig zijn, door aan die eigenschappen gradaties toe te kennen.

Constantinus stelde zich vier gradaties voor. Een artsений is warm in de eerste graad als de verwarmende uitwerking beneden die van het menselijke lichaam blijft. Is de verwarmende werking gelijk aan die van het lichaam, dan kende hij de tweede graad toe. Als de verwarming de temperatuur van het lichaam enigszins te boven gaat, de derde, en tenslotte als de verwarming ondragelijk is en het uiterste bereikt, spreekt hij van de vierde graad. Zodoende is de roos koud in de eerste graad, en tevens droog zoals de eindfase van de tweede graad. Het viooltje is koud zoals de eindfase van de eerste graad en vochtig zoals de beginfase van de tweede.

Constantinus verdeelde de vier gradaties dus nogmaals in drie fasen, een begin, een midden en een einde. Thorndike, die mij deze gegevens verschafte (1923, p. 751), constateert een eerste stapje naar een warmte- en vochtigheidsmeting in natuurwetenschappelijke moderne zin. Het werd mij echter niet duidelijk hoe Constantinus die gradaties vaststelde, anders dan door raden of veronderstellen. Intussen mag Constantinus zowel gezien worden als de laatste Arabische bioloog van de Middeleeuwen, een belangrijke geleerde, werkend in de achterhoede der terugwijkende Moorse cultuur (zie III.9), en ook als de eerste biologisch geïnteresseerde auteur, die de ontwakende Westeuropese wetenschappen verbond met de oudere zusterwetenschappen in het Zuiden en het Nabije Oosten.

13. Hildegard van Bingen: verwarde visioenen

Hildegard (1098, nabij Sponheim – 1179, Bingen) werd in 1147 abdis van een benedictijnessenklooster in Rupertsberg, dicht bij Bingen. Zij schreef over theologie, mystiek, natuurkunde, medicijnen en filosofie, componeerde, stichtte kloosters en had belangstelling voor biologie. Zij leed volgens Singer, die haar werk diepgaand bestudeerde, aan migraine of aan hystero-epilepsie; dit laat haar werk hem vermoeden. Zij deed tot in details verslag van haar visioenen en deelde mede dat de Moeder Gods zelf haar de inzichten en kennis bijgebracht had, die zij in haar geschriften bekend maakte.

Constantinus (III.12), haar ordebroeder, is eveneens een bron van informatie voor haar geweest. De berichten over de drie hersenholten schreef zij van Constantinus over met inbegrip van de daaraan toegedichte eigenschappen. Evenmin als Constantinus maakte zij verschil tussen aderen en slagaderen. Andere bronnen waren het *Regimen Salernitanum* en de fameuze varkensanatomie *Anatomia Porci* (ca. 1085 in Salerno geschreven). Tenslotte nog de eindeloos gekopieerde, primitieve schema's die de anatomische traditie van de Middeleeuwen in beeld brachten, vijf anatomische diagrammen (aderen, slagaderen, beenderen, zenuwen en spieren). Over biologische zaken ook nog Isidoors *Etymologia*. Het behoeft geen betoog dat zij niets toevoegde of verbeterde maar dat de toch al rommelige moederteksten door haar visionair bewerkt er nog gevoelig op achteruit gingen.

Naar een plaat in *Liber Scivias* (1141-1150) werd meermalen in historische overzichten verwezen (Singer, Needham). Hildegard beeldt een barende af waarbij uit het heilige vierkant (= *tetractys*, de Pythagorische figuur die volmaaktheid symboliseert en bij Hildegard symbool voor de Wijsheid Gods geworden is) door een buis de ziel van de boorling omlaag stroomt. Dit heilige vierkant in het bovenstuk van de plaat is links en rechts gevuld met toezierende ogen en een brede centrale strook is het zielenreservoir. De menselijke ziel wordt dus toegevoegd en deze *spiritus* stroomt door een buis. Het stromen van *spiritus* of levensgeest door een buisje (zenuw) vinden we van Aristoteles tot Descartes regelmatig vermeld. Toeschouwers staan aan weerszijden van de barende en hebben schotels met kazen in de hand. Op de achtergrond ziet men hoe een duivel een kaas volgt met hellevocht.

Dit eerste overzicht van de plaat verraadt veel over Hildegards opvattingen. Zij was een felle, orthodox-Middeleeuwse non die tegen bloedvergieten was maar het wel aanwakkerde door haar prediking tegen de katharen, de zuid-Franse sekte die genadeloos uitgeroeid zou worden. Katharen, zei Hildegard, waren nog erger dan joden. Dank zij haar visioenen werd zij algemeen als Sinte Hildegard aangeduid maar de Kerk heeft haar nooit heilig verklaard.

Hildegard beschreef haar visioen over geboorte en kazen uitvoerig en uit haar verslag citeer ik enige passages:

“Let wel, ik zag op de wereld mannen die in aarden potten melk brachten en daarvan kaas maakten. In sommige potten was dikke melk, van de soort waar harde kaas van komt, en in andere potten was dunnere melk, van de soort waar gaatjeskaas van komt, en in nog andere was de melk door gisting vol bederf, van de soort waar bittere kaas van komt.

En ik zag een vrouwefiguur, die een volkomen menselijke gestalte in haar schoot droeg.”

Hildegard zag hoe een vurige bol in de boorling afdaalde en deze geheel doordrenkte en dat die bol niettemin weer omhoog steeg en weeklaagde: “Ik, zwerveling die ik ben, waar ben ik?” “In de schaduw des doods.” “En wat is mijn weg?” “De weg der zondaars.” “En welke hoop blijft mij over?” “Die van alle zondaren”.

Platoons manier van interpreteren, naar de stijl van *Timaios*, neemt Hildegard over als zij de kaasmakers nader bespreekt.

“Zij zijn wereldlingen, mannen zowel als vrouwen, en zij hebben in hun lichamen het mensenzaad, waar de verschillende mensentypen uit voortkomen. Soms is het dik want het zaad is door en door gestoofd en goed en sterk en dit levert krachtige mannen” . . .



Fig. 11. Hildegard van Bingen beeldde de aankomst van de ziel af. Zodra de boreling adem haalt (vgl. 'pneuma-theorie'), komt uit de hemel (het heilige vierkant, 'tetractys'; Pythagorische invloed) door een buis een ziel omlaag, uit het centrale reservoir onder toezicht van een engel (gezicht te zien bij de uitgang van het reservoir; Platonisch model). Links en rechts talloze ogen die alles zien (christelijke leer). Aan weerszijden van de barende enige kaasdragers (embryo ontstaat zoals gestremde melk; Job). De kaas kan van allerlei aard zijn en een kaas kan door toedoen van de duivel verloren gaan (deze is op de achtergrond bezig zich van een kaas meester te maken). (Uit *Liber Scivias*, (C. Singer (Ed.), 1917.)

“Degenen die de kazen minder stijf stremden zijn zwak en bezitten onvolledig doorstoofd zaad en het nakroost dat zij voortbrengen is gewoonlijk dom, zwak en nutteloos” . . .

“En de rottende kaas laat het ontstaan van deugdelijk zaad niet toe” . . . “het levert misbaksels die in bitterheid des geestes en zwaarmoedigheid des harten leven zodat zij hun blikken niet op hogere dingen zullen richten.”

Needham (1934, p. 66-67) die Singers vertaling uitvoeriger citeerde, wees er op dat de kaas-embryo-analogie bij Aristoteles begon. Overgenomen door de Alexandrijnen (II.2) en daarna in het Arabisch vertaald, kreeg Constantinus het opstel in handen en hij vertaalde het in het Latijn. Deze vertaling heeft kennelijk Hildegards visioen veroorzaakt.

Ik teken aan dat de kaas-embryo-analogie zeker duizend jaar ouder is dan Aristoteles' geschrift, want Job gebruikte de vergelijking al. Dat leidt tot de vraag of het geen overoud volksverhaal is want indien Aristoteles Job gelezen zou hebben had hij hem zeker niet geloofd.

Een Hippokratische invloed wordt duidelijk door de toevoeging van de ziel bij de geboorte (eerst als het kind ademt, *pneuma* opneemt, leeft het). Hildegard volgde Aristoteles niet, die de embryo reeds de 5e dag na de bevruchting een ziel toekende. De christelijke kerkleer laat zelfs de ziel van het eerste ogenblik van bevruchting toe, want de ziel is onontbeerlijk voor groei.

Het oordeel over Hildegard dat Needham uitsprak (“the Lowest Depth”) is gewettigd. De schijnbare vernieuwing door man en vrouw beide embryonaal materiaal bij te laten dragen ontstaat uit het warrige in het verslag van haar visioen en heeft geen biologische inhoud. En toch zijn in Hildegards verhandelingen wel enkele biologische gegevens te vinden.

Haar meest bekende werken zijn *Scivias*, *Causae et Curae*, en *Subtilitatum Diversarum Naturarum Creaturarum Libri IX*. (Het laatstgenoemde boek wordt ook *Physica* of *Liber Compositae Medicinae*, of *Liber Simplicis Medicinae* genoemd). Zij werden in de eerste helft van de 16e eeuw gedrukt (1533-1544). In de uitgaven van haar werk zijn allerlei varianten te vinden van rangschikking en titels.

Physica schreef zij omstreeks 1157. Van de negen ‘boeken’ handelt het eerste over planten, het tweede over elementen, het derde over bomen, en de overige bevatten gegevens over stenen, vissen, vogels, zoogdieren, reptielen en metalen. Het werd een veel geraadpleegd en vertrouwd boek.

Hildegard gaf een overzicht van de in haar land levende zoogdieren en beeldde die af. Zij bewees daarmee het voorkomen van bizon (*Bison priscus*), lynx en otter in N.W. Europa in de 12e eeuw. Zij voegde wat wonderverhalen er bij over de olifant, de leeuw, de kameel, en liet de eenhoorn niet onvermeld. Zij was vooral over vissen goed geïnformeerd (vis was een hoofdgerecht in de benedictijnse keukens). Het boek over gevleugelde dieren behandelde behalve vogels ook insekten en vleermuizen. Het boek dat o.m. over kruipend gedierte voorlicht, bevat gegevens over aardwormen, spinnen, reptielen en amfibieën. Ik geef een klein citaat hieruit (op Schulz's vertaling (1933) gebaseerd), dat Hildegards denkwijze goed aantoonst.

“Over kruipende dieren: Alle dieren, met inbegrip van de kruipende, zijn ten dienste van de mens geschapen. Deze dieren helpen en dienen hem door holen in de grond te maken, zodat deze door water en regen vochtig kan worden. Daarom leven zij steeds in vochtige aarde, en zij verwarmen en bevochtigen die door hun uitwasemingen, dampen en zweet, die aan de bodem wat samenhang en kracht

verlenen. De wormen zijn vergiftig vanwege de kwade geur en de ontbinding van de aarde. Regen en dauw spoelen de aardoppervlakte schoon, de zon geeft warmte, en zodoende wordt de bovenlaag schoon en brengt zuivere vruchten voort. Vuil en afval vloeien omlaag en daarin ontstaan en groeien de giftige wormen, juist zoals wormen ook in etter bij de mens ontstaan, die hem schaden. Evenzo ontstaan de wormen in de bodem die zij eten. Maar beenderen zijn bijna voor wormen gevrijwaard" . . .

Ongeveer 300 plantesoorten hadden Hildegards aandacht, maar zij beperkte die tot hun medicinale eigenschappen. Haar geschriften vermelden ook vele magische veronderstellingen en toepassingen, volksgeloof, gegevens die deels van de duivel of van demonen afkomstig zijn, deels ook van Hildegard zelf of van de Moeder Gods. Zij gaf talrijke voorschriften om de gezondheid te bevorderen en ziekte te verjagen. Een artsenij zal hetzij de ziekte genezen òf God wil de genezing niet toestaan; de praktijk toont, toen en nu, nog dagelijks de juistheid van deze stelling aan.

Hildegard had wel visioenen maar week in haar opvattingen toch niet van haar tijdgenoten af. Wetenschap is de dienaar van de religie verklaarde zij in overeenstemming met de theologen, maar omgekeerd moet de religie ook wetenschappelijke conclusies aanvaarden. St. Hildegards geschriften weerspiegelen de denkwereld van haar tijd en haar omgeving. Voor de biologie zijn zij nauwelijks meer dan een historische curiositeit. Zij brengen niets nieuws al kunnen zij beschouwd worden als een allereerste begin van een ontwaken van belangstelling voor (toegepaste) natuurlijke historie.

14. *Macer Floridus: poëtisch plagiaat*

In de jaren rond de stichting van de medische school in Salerno (eind 9e eeuw) schreef een zekere Macer Floridus een verhandeling over planten die *De Viribus Herbarum* (Over de Krachten der Kruiden) of ook wel *De Naturis Herbarum* (Over de Aard der Kruiden) genoemd werd, vaker nog als *Macer Floridus* werd aangeduid.

Tenminste twee honderd jaar lang bleef het een even vertrouwde vraagbaak voor de arts en apotheker als Dioskorides' kruidboek. Dit succes laat zich verklaren uit de omstandigheid dat de tekst vrijwel zonder wijziging uit Plinius, Dioskorides, Galenus en anderen werd overgenomen en men vond dus bevestigd wat al geloofd werd. Overigens is in werkelijkheid *De Viribus* een kritiekloos, slonzig uittreksel.

Wie *Macer Floridus* schreef is onbekend. Aemilius Macer, een vriend van Vergilius die Plinius veel gegevens over planten, vogels en reptielen verschafte voor zijn *Naturalis Historia* (II.7) was het zeker niet. In frasen in de oudste handschriften wordt naar 'Odo' verwezen, maar er was een Odo van Meung (aan de Loire), van Mehun, van Meudon, een Odo van Verona en een Odo van Morimont, een cisterciënzer monnik die in 1161 stierf. Allen zijn mogelijk behalve Odo van Morimont als de datering van *Macer Floridus* juist is.

Macer Floridus is een leerdicht van 2269 versregels, verdeeld in 77 paragrafen, elk aan een geneeskruid, toekruid of specerij gewijd. Van uit het buitenland afkomstige planten worden de wortels behandeld (een dozijn) en 65 inheemse (Zuideuropese) soorten passeren de revue.

Voor cultuurhistorici en etnobotanici heeft *Macer Floridus* enige betekenis. Men zou kunnen denken dat het (vrijwel) de catalogus is van een Middeleeuwse kruidentuin, wie

weet misschien wel een lijst die op de geneeskruidentuin van Salerno zou passen: in het leerdicht over Salerno (*Regimen sanitatis Salernitanum*, zie III.9) wordt *Macer Floridus* veelvuldig en nauwkeurig geciteerd. Dit blijft een gissing. Voor de ontwikkeling van de biologie is *Macer Floridus* waardeloos, hetgeen niet verhinderde dat het talloze malen te hulp geroepen werd in latere publikaties van betekenis en tweeëntwintig maal opnieuw werd uitgegeven, in 1477 gedrukt werd en dat nog in 1832 een (laatste) editie verscheen.

15. *Adelard van Bath: het eeuwige en het vergankelijke*

De brug die Constantinus sloeg tussen de Arabische en de Westerse natuurwetenschappen benutte een Engelsman, Adelardus van Bath (ca. 1085-1135). Nadat hij Bath (bij Bristol) als jonge man verlaten had (misschien was hij daar geboren) ging hij naar Tours om daar door de benedictijnen opgeleid te worden (1110). Adelardus (ook Adelard, Adelhard of Aethelhard genoemd) studeerde daarna in Laon en bereisde Frankrijk, Italië, Sicilië en het Midden-Oosten om na vijftien jaren weer naar Bath terug te keren. Zijn profiel is het gebruikelijke: filosoof-theoloog, met belangstelling voor biologische en wiskundige vraagstukken, en taalgeleerde. En zoals gebruikelijk: benedictijns geschoold.

De Arabische civilisatie beleefde ver in het Zuiden nog hoogtepunten in Adelards jaren. Hij moet haast wel Salerno bezocht hebben waar de Grieks-Arabische heekunst de boventoon voerde en waar vandaan vele manuscripten naar het Noorden en Westen doordrongen (III.9). Vertalen en overschrijven van wetenschappelijke publikaties waren een vaste dagtaak in vele kloosters en andere centra. Maar bekrompen machthebbers kregen ook hun kans: na de Arabische terugtocht (732, Poitiers) liet de aartsbisschop Ximenes ca. 80000 Arabische manuscripten verbranden.

Wiskunde, astronomie, astrologie en alchemie waren Arabische specialismen. Algebra brachten zij tot bloei. De alchemie leidde naar chemie en farmacie (alcohol en elixer zijn Arabische woorden).

Adelard was sterk in Arabische wetenschappen geïnteresseerd en droeg zijn steentje bij. Hij vertaalde Euklides' *Elementa*, Arabisch standaardwerk uit 't Grieks overgenomen en toonde zich meer Platonist dan verreweg de meeste Arabische geleerden, die volgelingen van Aristoteles waren. Adelard zegt wèl: *Ratio dux*, de rede is onze leidman, in *De Eodem et Diverso*, waarin hij niettemin de *Timaios* (I.14) 14 maal citeert.

Voor de biologie is van zijn geschriften *De Eodem et Diverso* (of *Quaestiones Naturales*; 1107/1133) het belangrijkste. De tweede titel herinnert aan Seneca de Jongere uit Cordoba, die hem duizend jaar geleden gebruikt had. Adelard gaf die titel aan een dialoog die hij met zijn neef gevoerd zou hebben. Tussen de restanten traditie diende zich vernieuwing aan, schoorvoetend en onmiskenbaar.

Waarom groeien planten op uit de aarde? Wat anders kunt u denken, zegt de neef, dan dat het 't wonderbaarlijke gevolg is van de wonderbaarlijke Goddelijke wilsbeschikking? Dat is het klassieke bijbelse standpunt (zie Basileios, II.21). Maar Adelard legde uit dat ongetwijfeld de plantegroei gevolg is van des Scheppers wil, maar dat deze zich tevens niet zonder natuurlijke wetmatigheden voltrekt.

Adelard wees op natuurwetten die weliswaar ondergeschikt aan de Goddelijke causa zijn, maar die de menselijke rede kan en mag opsporen, want de "natuur is niet orde-

loos en zonder wet”.

Om daar over te denken en te discussiëren verklaart Adelard zich bereid, maar een gesprek over Gods bestaan en wezen wil hij uitstellen. En de rede, zegt hij, verdient daarenboven de voorkeur boven het gezag van vroegere auteurs.

Het standpunt van Basileios is hiermee verlaten; Adelard opent nieuwe wegen. En Adelard laat zijn neef duidelijk weten hoe hij over slaafse traditie denkt:

“ . . . sommigen, die zichzelf de naam van gezaghebbende auteurs toeëigenen, zijn in geschrifte de perken ver te buiten gegaan, waarbij zij er niet voor terugschrokken om als dieren die de stem van hun meester plegen te gehoorzamen, de mensen leugens voor te houden in plaats van de waarheid. Waartoe anders zou iemand rollen perkament vullen en het aan beide kanten beschrijven, als tegenwoordig niet overal toehoorders te vinden zouden zijn die geen gefundeerd oordeel eisen, maar die onberaden aan een oud geschrift geloof hechten.”

Adelard vermaant zijn neef en zegt:

”En daarom, als je nog meer van me horen wilt, dan moet je in rede spreken en rede aanvaarden. Want ik ben het slag man niet, die met de oppervlakkige schijn der dingen genoeg kan nemen.”

Dan meldt Platoon zich weer want Adelard merkt op:

“Maar zintuigen schieten te kort. Wie kan het hemelruim met zijn blikken omvatten? Wie heeft de minuscule atomen ooit gezien? Niets is betrouwbaarder dan het redelijk verstand, niets bedrieglijker dan de zintuigen.”

Wij vernemen dus nadrukkelijk dat het meest betrouwbare de *ratio* is, en niet zo maar wat vroegere auteurs beweren. De kinderlijke Platonische teleologie blijft in Adelards redeneertrant gehandhaafd en is niet strijdig met zijn visie, de vanzelfsprekende waarheid, de *ratio*. De bijbel is oude literatuur en moet gelezen, geloofd en gehoorzaamd worden met inachtneming van ‘natuurwetten’.

“Waarom heeft de mens geen horens zoals sommige dieren? Wel, de mens is strijdlustig maar ook sociaal gestemd en moet dus de wapens af kunnen leggen. Met horens kan dat niet.” . . .

“Waarom zit de neus met zijn onreinheiten boven de mond, waar wij mee eten? Om te beginnen, niets is van nature onrein, maar bovendien voert de neus lucht omhoog naar het hoofd en de mond voedsel omlaag naar de maag, vandaar dat de neus boven en de mond beneden geplaatst is.”

Vragen die Adelard en zijn neef opperen maar niet beantwoorden zijn bijvoorbeeld: Als de ene boom geënt wordt op de andere, waarom zijn dan de vruchten van de aard behorend bij de ent? Waarom herkauwen sommige dieren? Waarom kunnen sommige dieren 's nachts beter dan overdag zien en waarom kan iemand die in het donker staat voorwerpen in het licht zien, en iemand in het licht de voorwerpen in het donker niet zien? De moeilijkste vraag-zonder-antwoord is misschien wel: Waarom vrezen wij dode lichamen?

Adelard (en sommige tijdgenoten) erkenden God als de Almachtige Heerser over macro- en microkosmos, maar stonden er op tevens natuurwetmatigheden te constateren en te ontdekken – zich af te vragen hoe en waarom levensverschijnselen zich afspeelen – zonder dat daarover Gods wil en bestuur als directe en enige oorzaken beschouwd behoeven te worden. Dit genuanceerde standpunt wekt verwondering als tegelijkertijd blijkt dat wetmatigheden of veronderstellingen die uit de Oudheid stammen wel volstrekt gelden.

Ik noemde de poriën-theorie, die Demokritos en de zijnen ontwierpen en die Platoon, Galenus en zoveel anderen naar believen toepasten als dit bijdroeg tot een verklaring van biologische vraagstukken. Het poreuze harttussenschot, schoolvoorbeeld, zal nog opnieuw ter sprake komen. Het biologische overdenken in de Middeleeuwen houdt de poriën-theorie steeds gereed voor gebruik.

Adelards neef spreekt over de voortplanting van het geluid. De mond vormt de binnenlucht, de tong duwt die naar buiten, de lucht legt telkens dezelfde vorm op aan omgevende lucht (Parmenides) en dit proces herhaalt zich, "zodat concentrische kringen ontstaan, evenals nadat een steen in het water werd geworpen". Dit beeld ontwierp Vitruvius (*De Architectura* V, iii, 6) en werd door Boëthius (480-524), wiens werk de neef las, herhaald. Want hoe kan een stem nu door een ijzeren wand heen komen? Adelard deelt zijn neef mede, dat elk metaal poriën bezit waardoor lucht kan gaan. Hero van Alexandrië had eertijds al uitgelegd, dat warmte en licht uit substantiestofjes bestonden, die de interatomaire ruimten (tussen water- en luchtatomen) doorstromen. De door de tong weggeduwde lucht, duwt tenslotte lucht door de ijzerporiën. Hiermee is de fysiologie van geluidwaarneming die sinds de Oudheid geen aandacht kreeg, hervat.

Wat het zien aangaat volgt Adelard Platoons *Timaios*. Een "zichtbaar makend beginsel" verplaatst zich van de hersenen naar het oog door "holle zenuwdraden" die de Grieken 'optisch' noemen, en van het oog naar het voorwerp en weer terug met "wonderbaarlijke snelheid" (een gedachte die Augustinus al had geuit, toen hij opmerkte dat in een oogwenk de enorme afstand heen en terug naar de zon afgelegd wordt).

De neef, met de Grieken en Augustinus niet tevreden, vraagt echter nog aandacht voor andere opvattingen. Plinius had geen verklaring maar sprak van "vreemde verschijnselen". Boëthius sprak over stof dat het oog bereikt, afkomstig van het geziene, of het 'licht gevende' voorwerp (Demokritos). Eigenlijk blijft een antwoord op de vraag: Hoe ontstaat zien? achterwege: men erkent (stilzwijgend) een bestaand onbeantwoord biologisch probleem. Dat is een niet geringe vernieuwing.

De keus van dit onderwerp in Adelards gesprek toont de traditionele belangstelling sinds de Grieken voor het raadsel van het gezichtsvermogen. Tevens is Descartes' 17e-eeuwse veronderstelling dezelfde als Adelards mening: holle zenuwen maken 'zien' mogelijk door middel van vloeistof-transport.

Adelard ging, zoals sinds Empedokles en Aristoteles gebruikelijk, uit van de vier elementen (vuur, aarde, lucht, water), verweven met vier geaardheden (warm, koud, droog en vochtig). Deze waren voor hem uitgangspunt voor het begrijpen van het gedrag van levende wezens.

Waarom gaan alle herkauwers liggen, de achterpoten eerst? Dat komt omdat een schaarste aan animale warmte het herkauwen nodig maakt om de spijsvertering te verbeteren, en er is meer koude in hun achterpoten. Deze zijn daardoor zwaarder en worden dus als het dier gaat liggen het eerst op de grond gelegd. Maar waarom dan gaan zij, bij het opstaan, weer het eerst op de achterpoten staan? Dat komt omdat zij door het liggen uitgerust zijn en, op verhaal gekomen, nu de zwaarste ledematen het eerst oprichten.

Mensen die snel van begrip zijn hebben vaak een slecht geheugen. Waarom? Dat zou best kunnen komen omdat degenen die vlug van begrip zijn vochtige hersenen hebben en die met droge hersenen een goed geheugen. Vergelijk het maar met pottbakkersklei. Vochtige klei neemt eerste indrukken snel op, maar verliest ze ook gemakkelijk en drogere klei moeilijker, maar houdt hen beter vast.

Planten kunnen slechts omhoog groeien door het element 'vuur', zij kunnen zich slechts in de breedte uitstrekken door water en lucht, en zonder 'aarde' zouden zij uit-eenvallen. En sterren, zei Adelard, zijn superieure dieren, die zich met bovenlucht voeden. Dat is nauwkeurig wat Platoon meende.

Adelard schijnt niet te willen spreken over Platoons standpunt, dat goede en wijze mensen na hun dood als ster voortbestaan, dat een ieders ster met zijn leven verband houdt; een gedachte die Aristoteles nader omschreef als een doelgerichte invloed van de hogere intelligentie van sterren op het lagere aardse leven. Dit waren de grondslagen voor de (Middeleeuwse) astrologie die Adelard haarfijn gekend moet hebben, maar hij zwijgt hierover.

Adelards vertogen zijn onmiskenbaar voortekenen van een herlevende biologie. Voortdurend geeft hij overzichten van de traditionele opvattingen, maar hij preciseert deze, bekijkt hen op de keper, verwerpt hen niet maar past hen wel naar eigen inzicht, met nuances, kritisch gekeurd, toe. Vragen komen aan de orde, nieuwe en oude vragen, vragen over levende wezens die ook met behulp van de gezaghebbende bronnen zonder bevredigend antwoord blijven. Het is verantwoord te besluiten dat Adelard bezig was de rekening op te maken van het biologische bedrijf in de Middeleeuwen in het licht van de biologie der Oudheid, zij het dat hij Aristoteles, in weerwil van zijn Arabische scholing, weinig aandacht geeft. Uit het laatste citaat blijkt dat het scheppingsdogma, uit dode ontstaat levende stof, dat Galenus en Augustinus helder voor ogen stond, voor Adelard, die Platonisch bevlogen is, niet bestaat. Hij volgt zonder aarzelen de antieke, voor-christelijke elementenleer.

“Neef: Hoe ontspruiten planten aan de aarde? Welke oorzaak vermoedt men, of kan aanvaard worden, als wij zien dat de oppervlakte van de bodem in het begin vlak en roerloos is, wat is het dan, vraag ik me af, dat daar beweging toont, ontspruit, groeit en takken krijgt? Want als het u zou believen zoudt u door en door droge aarde kunnen opscheppen en na die zorgvuldig gezeefd te hebben, in een aarden of koperen pot doen en toch na verloop van tijd, zult u een stengel zien opschieten. En waar wilt u dit anders aan toeschrijven dan aan het wonderbaarlijke gevolg van de wonderbaarlijke Goddelijke Wil?

Adelard: Voorzeker is het de Wil van de Schepper die het ontspruiten van planten uit de aarde teweeg brengt, maar dat geschiedt niet zonder dat daar een reden voor aan te wijzen zou zijn. Laat dit nu klaar en duidelijk worden. Ik erken dat planten uit de aarde opgroeien, maar niet uit zuivere 'aarde'. Zonder twijfel is het een soort mengsel, zo samengesteld dat in elk deeltje, dat in feite aan een wetmatigheid gehoor moet geven, alle vier elementen en hun eigenschappen aanwezig zijn.

Zonder enige twijfel stellen deze vier elementen de kosmische substantie samen en dit op zo'n wijze dat de samenstellende delen in elk deeltje aanwezig zijn, niettemin nimmer zo dat onze zintuigen dit kunnen waarnemen. In feite is het onze verkeerde gewoonte dat wij het mengsel de naam geven van een van de elementen, want niemand heeft ooit 'water' of 'aarde' aangeraakt, evenmin als ooit iemand 'lucht' of 'vuur' gezien heeft. De dingen, die wij met onze zintuigen gewaarworden zijn mengsels – niet de elementen zelf maar dat wat met hen gevormd is. En daarom moeten we, zoals de Filosoof zegt, niet de termen 'aarde', 'water', 'lucht', 'vuur' gebruiken maar spreken van 'aardachtig', 'waterachtig', 'luchtachtig' en 'vuurachtig'. Bijgevolg, omdat in jouw grondstof hoe fijn gepoe-

derd ook, noodzakelijkerwijs alle vier elementen aanwezig zijn, ontstaat er een soort van mengsel, dat overwegend 'aardachtig' is, minder 'waterachtig', nog minder 'luchtachtig' en het minst van alles 'vuurachtig'. Het aardelement maakt dat het ontspruitende samenklit, water veroorzaakt dat het zich in de breedte uitbreidt, en lucht en vuur dat het de neiging toont omhoog te stijgen want indien vuur niet aanwezig zou zijn zou het niet bij machte zijn een opwaartse beweging te maken, en zonder water of lucht niet vermogen zich te spreiden terwijl, als aarde er niet bij kwam, de plant niet kon samenhangen.

En zodoende worden de dingen, die in dat stof van jou met wonderbare fijnheid te zamen aanwezig zijn, zichtbaar."

Merk op: de neef zeef de aarde zorgvuldig; zaden zullen er niet in aanwezig zijn en verwarring teweegbrengen. Tevens dat geen van beiden een pot met die goed gezeefde aarde een plant heeft zien voorbrengen; het staat vast dat het zal gebeuren en controle is daarom overbodig.

Toch blijft de neef aandringen. Te veel vragen blijven zonder een afdoende antwoord. Als ooms natuurwetenschappelijke verklaringen toch, per slot van rekening, te kort schieten om alle gebeurtenissen die de mensen waarnemen te doorgronden, zou het dan niet verkieselijk zijn om God als veroorzaker van elk voorval, elke situatie te beschouwen? Het antwoord dat Adelard gaf, brengt hem naast Albertus Magnus. Adelard antwoordde:

"God erken ik ten volle. Alles wat is, komt uit Hem en door Hem. Toch is *fysis* niet ordeloos en zonder samenhang maar moet in aanmerking komen naarmate de wetenschap der mensen voortschrijdt. Slechts wanneer de natuurwetten ons onherroepelijk in de steek laten moet God onze toevlucht zijn".

Adelard wees de biologie de weg naar de Renaissance.

Terwijl ik dankbaar erken veel over Adelard ontleend te hebben aan Gollancz (1920), Bliemetzrieder (1935), Van den Berg (1959), Crombie (1970) en Thorndike (1958) is het vooral de laatste die mij gegevens over William van Conches verstrekte.

16. *William van Conches: een boom wordt nimmer een koe*

William van Conches (ca. 1080, Conches (Normandië) – 1154, Parijs), tijdgenoot van Adelard, schreef onder meer een dialoog *Dragmaticon* of *Dramaticus*, en een *Philosophia* (1144-1150). Hij bestudeerde dezelfde bronnen, maakte van Platoon een christen (*Timaos* en Genesis oordeelde hij wezensverwant) en zette uiteen hoe de sterren de natuur en het menselijk lichaam beheersen. De sterren zijn uit dezelfde vier elementen samengesteld als de aardse dingen, maar vuur en lucht hebben de overhand (daardoor bewegen zij). Die sterrebeweging verhit de atmosfeer, daardoor wordt warmte aan het element water toegevoegd en dit is nu de grondstofsamenstelling voor de dieren. Deze bevatten ook de andere elementen maar in een andere verhouding dan de sterren. De vogels bevatten het meeste lucht, de vissen voornamelijk water.

Te land is de leeuw choleric (overhand van gele gal) en het meest van vuur voorzien. De flegmatische dieren (overhand van slijm) zoals varkens bevatten verhoudingsgewijs meer water, de melancholieke dieren (overhand van donkere gal) zoals de koe en de ezel verhoudingsgewijs meer aarde. Het menselijk lichaam toont een uitzonderlijke

harmonie van de vier elementen; daarom staat ook in de bijbel dat God de mens uit slijk vormde.

En toch blijkt deze gezagsgetrouwe, antieke en bijbelse biologie ineens los te slaan van zijn scholastieke ankers. Er is een natuurlijke verklaring voor gebeurtenissen, voor levensverschijnselen, zegt William ronduit. Er zijn er die beweren: "Hoe het hiermee gesteld is, weten we niet, maar we weten wel dat God alles vermag." William antwoordt: "Jullie zijn onnozele stakkerds. God kan van een boom een koe maken, maar heeft Hij dat ooit gedaán? En daarom, toon de reden aan waarom iets zo is, en laat na te betuigen dat het zo móét zijn."

"Mensen die niet met de werking van de natuur bekend zijn, geven er de voorkeur aan alles in de bijbel over de natuur blindelings te aanvaarden, zodat zij iedereen naast zich vinden als deelgenoten in onwetendheid en niets wensen zij te onderzoeken, zodat zij net als goedgelovige boeren zijn." Maar William wil, integendeel, onderzoek naar de reden, de oorzaak van iedere levensuiting, indien het mogelijk is een reden of oorzaak te ontdekken.

William en zijn tijdgenoten gebruiken het woord *experimentum* op dezelfde manier als de Latijnse auteurs in de Oudheid. Toch wekt het enige verwondering dat in feite in het geheel geen, of vrijwel geen, proefondervindelijk onderzoek uitgevoerd wordt, terwijl, evenals William, velen daarvoor schijnen te pleiten.

Met deze voor de biologie voornaamste 12e-eeuwers in Engeland en Frankrijk volsta ik, niet echter zonder er op te wijzen dat Adelard God als de Oerbeweger aanneemt en de natuurwetten, door Hem gemaakt, dan huns weegs laat gaan; voor de mensen blijft de plicht en de mogelijkheid hen op te sporen. Gods handelend optreden daarbij laat Adelard in het ongewisse. Maar William gaat een stap verder. Hij weet dat God, al zou Hij het kunnen, nalaat dingen te verrichten die tegen de natuurlijke gang van zaken indruisen. God maakt van een boom geen koe.

17. *De 13e eeuw; voorlopers van de Renaissance*

In de 13e eeuw studeerde, zegt de kroniekschrijver, 30% van de Parijse bevolking aan de Sorbonne; of dit cijfer juist is laat zich nauwelijks vaststellen, wel is duidelijk, zowel door de oprichting van als door de grote toeloop naar deze instelling van wetenschap, dat een nieuwe en brede belangstelling voor studie en weten ontwaakt was.

De vroeg-Middeleeuwse universiteiten hadden dikwijls drie leerstoelen: kerkrecht, wereldlijk recht en medicijnen. Voor zover biologie bij de universitaire activiteiten betrokken werd, zou men vermoeden dat deze tak van wetenschap vooral in de faculteit der medicijnen gezocht moet worden, maar eerst in de 15e eeuw zal dit (tot in de 18e eeuw) regel zijn. Een onderzoek naar de ontwikkeling van de biologie in de late Middeleeuwen wijst echter uit dat die zich deels extra-universitair voltrok en deels in handen was van de theologen. Wij zullen enig werk bespreken van Frederik II, keizer, en van De Cantimpré, De Beauvais, Neckam en Albertus Magnus, geleerden die weliswaar soms doceerden, maar allereerst kloosterlingen waren.

18. *Frederik II, laat-Middeleeuwse bioloog*

De belangrijkste bijdragen tot de biologie van de 13e eeuw zijn te danken aan Frederik II von Hohenstaufen (1194, Jesi, bij Ancona – 1250, jachtslot nabij Lucera, Apulië), rooms-Duits koning en keizer (1220-1250) en koning van Sicilië (1198-1250). Hij was een verdienstelijke lyrisch dichter, geleerd in de wetenschappen van de islam en van het Westen, en een verbazingwekkende staatsman. Zijn rusteloos en kleurig levenspatroon – hij leidde een kruistocht, terwijl hij in de ban was gedaan en veroverde Jeruzalem waar hij zich tot koning liet uitroepen (1229) – en vooral zijn wetenschappelijke onderzoekingsdrang kenmerken hem als een voorloper van de Renaissance. Zijn Siciliaanse hof (te Palermo) werd een trefpunt voor de Griekse, de Arabische en de Latijnse culturen. Salerno (III.9) ontwikkelde zich door zijn steun verder tot een vermaarde medische school, die de natuurwetenschappen stimuleerde (Adelard (III.15) is een voorbeeld). Frederik stichtte in 1224, wat meer noordwaarts, de universiteit van Napels.

Een anekdote tekent Frederiks aard. Michael Scot, een van de twee hofsterrewichelars, gaf Frederik de raad om bij wassende maan zijn adviseurs te raadplegen maar bij nieuwe maan aderlating te vermijden, omdat op die tijd geen gunstig effect zou volgen. Frederik ging nu zijn barbier (en chirurgijn) raadplegen bij nieuwe maan en wilde tegelijk een aderlating om na te gaan of Scot gelijk had.

Kruistochten oordeelde Frederik verderfelijk en nutteloos. Hij was een voorbeeld van religieuze tolerantie en bracht in zijn hofhouding te Palermo een keur van joodse, christelijke en Arabische geleerden bijeen. Het ontleden van mensenlijken werd vrijgegeven, misschien sedert 1220 en zeker door een keizerlijk edict van 1241.

Frederik had voor dieren grote belangstelling. Zijn menagerie – met olifanten, dromedarissen, kamelen, panters, leeuwen, luipaarden, giervalken, witte valken en 'baarduilen' – ging met hem mee op reis, van Zuid-Italië tot in Duitsland toe. Er is een bericht uit 1231 van zijn bezoek aan Ravenna, waar al deze dieren met de grootste verbazing en belangstelling werden bekeken. Hij bracht in 1222 twee giraffen naar Europa.

Zijn neiging tot het experiment blijkt uit veel voorvallen. Een snoek krijgt een ring om, om na te gaan hoe lang hij kan leven. De ogen van gieren laat hij dichtplakken om aan de weet te komen of zij hun prooi op het gezicht of op de reuk weten te vinden. Hij maakt een eind aan de duizendjarige fabel van de eendemossel (zie verder) door een eenvoudige controle, al blijft de legende van de vogels die uit de eendemossels voortkomen nog lang in omloop – we praten nog heden over 'eendemossels' (*Lepas anatifera*). Ik teken overigens aan, dat tussen de vorm van de eendemosselschelp en de vleugellijn van een rotgans, een treffende gelijkenis blijkt te bestaan die stellig wel de oorsprong van het volksverhaal doet vermoeden.

Een man wordt in een wijnvat gestopt en dit wordt dichtgespijkerd want Frederik wil aantonen dat de ziel tegelijk met het lichaam sterft; het was een standpunt van Aristoteles (*De Anima*), die gelijk bleek te hebben. Om na te gaan welke invloed slaap of lichaamsbeweging op de spijsvertering hebben, laat hij twee mannen flink eten, de een slapen, de ander lopen en na een paar uur snijdt men ze open om te kijken hoe het met het voedsel in de maag gesteld is. Om na te gaan welke taal nu de meest originele is – Hebreeuws, Grieks, Latijn of Arabisch – worden kinderen in absolute stilte geïsoleerd om als ze gaan praten vast te stellen of ze een van die talen kiezen of misschien de taal van hun ouders. Jammer genoeg stierven alle proefkinderen vóór ze praatten en dit probleem werd dus nog niet opgelost. Struisvogeleieren worden door de zon uitge-

broed, volgens sommigen (zie ook Job 39). Frederik liet deskundigen samen met eieren uit Egypte naar Zuid-Italië komen om te zien of dat klopte; hij nam vergelijkende proeven over de broedtijd van kippe-eieren. Frederik controleerde beweringen van gevestigde auteurs proefondervindelijk.

Haskins (1924) publiceerde (in het Latijn) tekstgedeelten van Frederiks boek over de valkenjacht (*De Arte Venandi cum Avibus*) voor het eerst en ik vertaalde daar de volgende stukjes van:

"Enige tijd geleden evenwel werd ons een nest gebracht van het vogeltje dat *prae-nus* genoemd wordt, en in dat nest waren kuikens van de *praenus* en een misvormd vogeltje, afzichtelijk van uiterlijk zodat het ternauwernood het voorkomen van een vogel had, met een grote bek, zonder veren, maar met vele lange veren bovenop zijn kop bij de ogen en de snavel. Opdat wij nu eens zouden kunnen zien welke vogel dat was, hebben wij volijverig de kuikentjes gevoerd en ook dat andere vogeltje, en nadat zij bevederd waren, hebben wij gezien dat het een koekoek was, waardoor wij aan de weet kwamen dat de koekoek geen nest maakt maar zijn ei in een vreemd nest legt." . . .

„Wij hebben ook eens gezien dat enige as- en purperkleurige reigers in hoge bomen nestelen, zoals daar zijn eiken, beuken, dennen, *ulmus [Celtis?]*, en dergelijke, maar ook op de grond. Wanneer zij geen hoge en sterke bomen die zij benutten kunnen, in de buurt hebben, en daar ter plaatse wilgen, tamariks of bomen groeien die hoe dan ook klein zijn, dan zullen zij nooit in die kleine bomen nestelen maar liever maken zij hun nesten daaronder, in onbegaanbare rietvelden en op slik boven op riet, want voor mensen en slangen is het immers gemakkelijker de wilgen en kleine bomen van dat formaat te benaderen, dan in de rietvelden door te dringen." . . .

“Ook bestaat er een slag van kleinere ganzen, die anders gekleurd zijn, wit met name op een deel van het lichaam en zwart rondom op andere gedeelten welke ganzen ‘barnakels’ [*Branta bernicla*, rotgans] genoemd worden, van wie wij ook nog niet weten waar zij nestelen. Maar men beweert vaak dat deze uit droog hout geboren worden, en men zegt dat in verre noordelijke streken hout van schepen ligt, in welk hout uit zijn verrotting wormen geboren worden en uit die wormen onstaat deze vogel, die met zijn snavel aan het droge hout hangt totdat hij vliegen kan. Daarom hebben wij langdurig navraag gedaan of deze mening iets waars zou bevatten en wij hebben een aantal boden derwaarts gezonden en wij hebben ons van die houtbrokken laten brengen en wij hebben gezien dat aan het hout dingen gehecht waren die op schelpen leken en dat die schelpen in geen enkel opzicht iets toonden dat op een vogel geleek, en deswege hebben wij aan die bewerking geen geloof gehecht, en wij hebben niets aangetroffen dat een steun zou kunnen zijn, maar de opvatting van diegenen onstaat, naar het ons toeschijnt, doordat die ‘barnakel’ geboren wordt in zo zeer afgelegen plaatsen dat de mensen, die niet weten waar hij nestelt, van mening zijn zoals boven gezegd.” . . .

“Wij hebben gezien dat de gier in zijn nest één enkel ei legt en uitbroedt, en dit hebben wij meermalen waargenomen, ofschoon Aristoteles in zijn boek over de dieren zei dat noch het nest noch het kuiken van de gier ooit gezien werden.” . . .

“En overigens hebben wij over de eenden en veel andere vogels die geen prooigrijpers zijn, waargenomen dat wanneer iemand hun nesten zou naderen, zij zelf voorgeven ziek te zijn, niet te kunnen vliegen en zich zo een eindweegs van de eie-

ren of de kuikens verwijderen en met opzet gebrekkig vliegen, zodat een man er achter aan zal lopen om hen te vangen.”

De verwijzing naar de gier toont dat Frederik constateerde, dat Aristoteles' mededelingen (*Hist. Anim.* VI, 5; IX, 11) onjuist waren. Hij kritiseerde Aristoteles echter niet om eigen werk naar voren te halen, maar veeleer omdat hij verbetering van tekorten een goede zaak vond. Zijn waardering voor Aristoteles' zoölogische werk volgt uit de opdracht die hij Michael Scot gaf om *Historia Animalium* in het Latijn te vertalen (III.6).

Wood en Fyfe's vertaling van *De Arte Venandi* benutte ik voor het navolgende:

“Wij ontdekten, tijdens ons onderzoek, door ervaringen die veel inspanning ver-eisten, dat de gevolgtrekkingen van Aristoteles, waar wij geloof aan hechtten als zij ons weldoordacht toeschenen, toch niet volkomen betrouwbaar waren, zijn beschrijvingen van sommige vogels in het bijzonder.

Er is nog een reden waarom wij de Vorst der Filosofen niet zonder meer volgden. Hij heeft niet of nauwelijks met roofvogels gejaagd, een bezigheid die ons steeds grote voldoening schonk, en die wij tot in kleinigheden door en door kennen. In zijn werk, het Boek der Dieren, vonden we vele aanhalingen van andere auteurs, mededelingen die hij niet nader onderzocht, auteurs die zelf schreven zonder zich vergewist te hebben. Een kennis, die niet voor twijfel vatbaar is, rust nimmer op mededelingen van anderen.”

Deze verklaringen bekritisieren Aristoteles mild en met begrip en sluiten tevens nauwkeurig aan bij Adelards standpunt (III.15), de alumnus van Salerno, dertig jaar vroeger. Adelard en Frederik brengen een pre-Renaissance in de biologie tot stand, in het einde van de 12e en de eerste decennia van de 13e eeuw, die Albertus Magnus (III.19) zal afsluiten.

De gegevens over vogelgedrag, vogelanatomie (V), het vliegen van de vogels, en vogeltrek zijn verre superieur aan alles wat ooit eerder beschreven werd. Frederik nam de dieren nauwkeurig waar. Hij toonde geen vooroordeel, onderzocht en trok conclusies na zelf zijn feiten verzameld te hebben.

Sporen van Platonisme zijn sporadisch te vinden: zeepokken hebben naar de vorm niets dat aan vogels herinnert en zullen dus ook geen vogels voortbrengen. Hij toetste de volksverhalen en de stereotiepe beweringen in de literatuur aan de werkelijkheid in-dien hem dit mogelijk was.

Zijn daadwerkelijke experimenteren – met hulp van zijn zoon en opvolger Manfred – om daardoor tot beter begrip van levensuitingen te komen, had in de geschiedenis nog nimmer plaats gehad.

De volledige titel van Frederiks biologische verhandeling (die uit zes 'boeken' bestaat, waarvan het eerste vooral voor ons van belang is) luidt: Het Boek van de Goddelijke Augustus, Frederik II, Keizer van de Romeinen, Koning van Jeruzalem en Sici-lië, *De Arte Venandi cum Avibus*, een nauwkeurig onderzoek naar de natuurverschijn-selen die de Valkenjacht aan het licht brengt.’

De Arte Venandi was in origine met 900 miniaturen versierd, verrassend fraaie en natuurgelouwe afbeeldingen; misschien tekende Frederik er een aantal zelf. Pas in 1943 werd het boek vertaald, gedrukt en in zijn geheel uitgegeven (Wood & Fyfe), een nadelige vertraging van betekenis, want het is de eerste biologische verhandeling die 'modern' mag heten, in de huidige zin. Een boek dat Frederik over dieren schreef ging, op enige fragmenten na, verloren.

Scot, de astroloog die ik al noemde, droeg ook bij aan het hervatte biologische on-

derzoek. Thorndike (II, 1958, p. 324) gaf een voorbeeld. Aristoteles verklaarde dat honing door de sterren uit de lucht wordt afgezonderd en dat de bijen niets anders dan was maken. Scot wil Aristoteles niet tegenspreken en verklaart dat de honing uit de lucht in de bloemen sijpelt, waar de bijen hem ophalen. Bijen verzamelen dus honing en maken was en met die kunstgreep is Aristoteles gered.

Wel moet men, zei Scot, twee soorten honing onderscheiden: de 'natuurlijke', zojuist genoemd en een 'kunstmatige', die door een verteringsproces in de bij ontstaat. Scot wist heel duidelijk meer van bijen dan Aristoteles maar pronkte daar niet mee. Hij maakte o.m. beroemde Latijnse vertalingen van *Peri Zoo'oon Geneseoos* tijdens zijn laatste levensjaren, ca. 1220 – ca. 1227, in Toledo.

19. *Albertus Magnus bestudeert zowel de hemel als de aarde*

De bereikbaarheid van de wetenschappelijke literatuur uit de Oudheid en de vroege Middeleeuwen die sinds de 11e eeuw merkbaar verbeterde (III.3,9), inspireerde de scholastiek. De theologie moest volgens een vast programma en methode bestudeerd en onderwezen worden (*scola*). De Middeleeuwse scholing onder kerkelijk toezicht omvatte gaandeweg de zeven 'vrije kunsten': grammatica, retorica, dialectiek (het *trivium*), en rekenkunde, meetkunde, muziek en sterrenkunde (het *quadrivium*); theologie en medicijnen behielden een eigen plaats.

De hernieuwde kennismaking met werken van Aristoteles leidde tot een geestdriftige studie van zijn gedachten en conclusies. En vele andere vergeten manuscripten kwamen ter tafel: geneeskundige, wiskundige, natuurkundige en biologische. De belangstelling verbreedde zich en allerwege ontvingen centra de noodzakelijke pauselijke erkenning als universiteit. Montpellier noemde ik al; andere namen zijn Bologna (ca. 1119), Parijs (ca. 1200), Padua (1222), Cambridge (1248), Oxford (1249), Wenen (1365), Praag (1384), Heidelberg (1386) en Keulen (1388).

Het onweersprekelijke feit dat Aristoteles en de zijnen vóór Christus geboren waren, maakte hen tot heidenen. Dit degradeerde hun wijsbegeerte en wetenschap al dadelijk, afgezien nog van de bedenkingen die de kerkvaders geuit hadden tegen wetenschappelijke nieuwsgierigheid. Van 1210 tot 1215 was elke studie over Aristoteles aan de Parijse universiteit strikt verboden. Maar de 13e-eeuwse scholasten die in de verboden lectuur modellen aantroffen die zich bij uitstek leenden voor hun formele betogen, zetten hun beste krachten in om de wijsheid en wetenschap van de klassieken in overeenstemming met de kerkleer te brengen. Dit gelukte (syncretisme). Na goedkeuring van de clerus werden Platoon en Aristoteles als gezaghebbende auteurs erkend. Aristoteles mocht men – onder bepaalde condities – rond 1235 in Parijs weer bestuderen, enkele jaren daarna zonder restrictie en in de 14e eeuw werd een graad slechts verleend na een geslaagde proeve van bekwaamheid in Aristotelianse wijsbegeerte of wetenschap.

Aristoteles werd tenslotte de som van alle wereldse wijsheid en de voorloper van Christus. In de 17e eeuw stond hij zo hoog aangeschreven, dat toen A. de Villon, hoogleraar aan de Sorbonne, zijn leerling Jean Bitaud 14 stellingen tegen Aristoteles wilde laten verdedigen, het parlement in Parijs dit op 4 september 1624 verbood. Beide zondaars werden uit Parijs verbannen en er volgde nog een besluit, dat wie Aristoteles of zijns gelijken uit de Oudheid zou aantasten, met de dood bestraft kon worden. Zo ver is het nooit gekomen.

Het verblijf van Albertus Magnus, Albert de Grote, in Parijs (1245-1248) heeft Aristoteles' rehabilitatie zeker krachtig bevorderd. Albert van Bollstädt (ca. 1193, Lauingen, Zwaben – 1280, Keulen) is voor de ontwikkeling van de 13e-eeuwse biologie zeker de belangrijkste auteur. Als veldbioloog kon hij zich niet meten met Frederik II maar diens waarnemingen bleven vrijwel onbekend buiten zijn naaste medewerkers en hadden bijgevolg op de biologie geen invloed. De geschriften van Albertus, die alles wist wat van enig belang kon heten (het werd een goed gebruik hem als *doctor universalis* aan te duiden), las iedereen die het lezen machtig was.

Albertus studeerde in Padua en in Bologna, leerde in Padua o.m. de biologische werken van Aristoteles kennen, die dank zij de toewijding van de joodse en Arabische geleerden behouden gebleven en beschikbaar gekomen waren. Misschien is zijn verblijf niet zonder verband met de (latere) ontplooiing van de biologie aan die universiteiten geweest (IV, V).

Hij trad toe tot de kort geleden ingestelde orde der dominicanen (1216). Parijs trok hem aan en hij ontving daar in 1245 de doctorshoed. Daarna gaf hij in de nabijheid van de Sorbonne college in de open lucht want de toeloop van studenten was te groot voor onderricht binnenshuis; Place Maubert (M(agister)albert) herinnert daar nog aan.

Na zwerftochten als bedelmonnik in Duitsland, een verblijf te Rome en een episcopaat in Regensburg (1260-1262) ging hij naar Keulen, waar hij wel als lector onderwees in scholastiek en waar hij verwacht had zich geheel aan theologische studies te kunnen wijden (1263-1280). Die verwachting werd slechts gedeeltelijk bewaarheid. Hij moest meermalen op pad. Zo werd hij naar Rome geroepen om een kruistocht te prediken. In 1277 reisde hij naar Parijs om zijn meest briljante leerling, Thomas van Aquino (die niets van belang voor de biologie gedaan heeft) te verdedigen. Thomas was op zijn voorspraak hoogleraar aan de Sorbonne geworden en moest zich nu tegen bisschop Tempier verweren, die hem van Averroïsme beschuldigde. Deze Tempier zullen wij later weer ontmoeten.

In 1931 werd Albertus heilig verklaard en tot kerkleraar uitgeroepen.

Albertus heeft het onderzoek over zoölogie en botanie aangemoedigd en nu en dan ook zelf ter hand genomen. Het bestaan van de volgende legende, die de hergeboorte van de natuurwetenschappen verhaalt, bewijst zijn nieuwe aanpak.

Als jongeling ontmoet Albert in een droom de Heilige Maagd en deze belooft hem een schitterende toekomst. Zij wil hem echter hierbij de keus laten: roem als godgeleerde of roem als wereldlijk geleerde. Albert kiest de wereldse wetenschappen. De Maagd maakt hem nu wonderbaarlijk geleerd maar in haar hart is zij beledigd omdat hij niet aan de theologie de voorkeur heeft gegeven. Zij laat hem daarom, vóór zijn dood, terugzinken in zijn aanvankelijke domheid (en toont daarmee tegelijkertijd symbolisch aan dat wereldse wetenschap, hoe schoon en omvangrijk ook, niet beklijft). Albert sterft kinds.

Het ontstaan van deze fabel is een grote gebeurtenis: Albert mag en kan kiezen. De Maagd staat een keuze toe en de mens mag beslissen. Dat is een vrijheid die duizend jaar lang niemand had vermoed of gezocht. De wereldlijke wetenschap werd erkend, autonoom, kreeg een plaats naast en buiten de Kerk. Wel bleef de wetenschap Godgebonden (de Maagd verleent de keuze) maar wetenschap was niet langer vanzelfsprekend kerkgebonden. In theorie tenminste.

Albertus volgde zowel Aristoteles, Theophrastos en Hippokrates als Augustinus. Zijn religieuze opvattingen waren stroef, rechtlijnig en traditioneel, maar hij keek naar de

levende natuur met eigen ogen, zelfstandig en geboeid.

Een begin van rangschikking van het plantenrijk volgens Albertus stemt met de inzichten van Theophrastos overeen. Beiden zagen zij verschil tussen mono- en dicotylen en beiden signaleerden een verschil tussen kelk en bloemkroon met als voorbeeld bernagie [*Borago officinalis*]. Maar hier noteerde Albertus bovendien de aanwezigheid van vijf meeldraden en een stamper (al had hij geen vermoeden van hun functie). Hij deelde mee dat de lelie geen kelk had, maar dat de bloembladen allengs van groen wit werden, dat de kelk van de papaver vroeg afvalt maar bij de roos blijft. Hij trof op de plaats van een druiventros soms een rank aan en besloot dat een rank dus eigenlijk een onontwikkelde druiventros is. Hij onderscheidde dorens en stekels op de morfologisch juiste manier. Alle plantesoorten beschrijven achtte hij een veel te grote taak en tevens zijn soorten veranderlijk. Daarom kunnen wilde planten cultuurplanten worden en cultuurplanten verwilderen en degenereren. Onnodig op te merken dat Albertus in geen enkel opzicht een soortbegrip had zoals dat thans gebruikelijk is.

De plant leeft door het bezit van een plantaardige 'ziel', die toereikend is voor voeding, groei en voortplanting (vgl. III.5). Maar in de plantenwereld bestaat geen streven, gevoel of sexualiteit. Als een klimop een eik nauw omstrengelt, zouden beider 'zielen' zich dan verenigen?

Hij constateerde dat de kransen van de kroonbladen en kelkbladen alterneren en hij ontwierp drie bloemmodellen: zoals een vogel (akelei, viooltje en dovenetel); zoals een pyramide of stolpvormig; en een derde, stervormig.

Als bron voor plantkundige informatie gebruikte Albert een kleine verhandeling, die omtrent de 1e eeuw door Nicolaus Damascenus, een peripatetische geleerde, gemaakt was: *De Plantis*. Die was als een studie van Aristoteles in omloop – en Albert hechtte daar geloof aan – maar het Griekse boekje bevatte, naast een weinig Aristoteles, veel meer Theophrastos, en verscheen na eerst in het Syrisch en vervolgens in het Arabisch vertaald te zijn, in een Latijnse editie. Die laatste heeft Albert gebruikt.

Albertus' boek, *De Vegetabilibus et Plantis* (zeven 'boeken'), is ten dele commentaar op zijn 'Aristoteles', ten dele eigen visie en vondsten en tenslotte nog wat materiaal uit *Epistola Incerti Autoris*; die onbekende auteur was Costa ben Luca (III.4). Het overzicht dat Albertus gaf van de invloed van het klimaat op mens, dier en plant heeft zeker van Costa's ideeën geprofiteerd en ook van ander werk.

De zaden van appels en peren kiemen eerst nadat het vruchtvlees verwijderd is. Geleedpotigen hebben een zenuwstreng in de rug- en in de buikzijde (*De Veg.* V, 18). Dat waren baanbrekende waarnemingen, maar hoe besloot Albert dat planten- en dierenlichamen uit de vier elementen bestaan, maar dat mineralen er maar drie bezitten? Dat roge in tarwe kan veranderen en dat wormen uit slijk ontstaan? Hoogstwaarschijnlijk gaf Aristoteles de doorslag.

Zesentwintig 'boeken' wijdde Albertus Magnus aan de zoölogie, tussen 1250 en 1270 geschreven. Naar hij zegt ontleende hij 19 boeken aan Aristoteles en schreef hij er zelf zeven. De 19 boeken 'Aristoteles' zijn de gebruikelijke (I.15), maar hij heeft zijn compilatie voorzien van vele commentaren, deels aanhalingen van vroegere auteurs, deels door hemzelf geschreven. Boek 20 bespreekt de lichaamsbouw van de dieren, 21 de mate van vervolmaking, 22 treft vergelijkingen tussen de mens en viervoeters, 23 handelt over vogels, 24 over *natatilia* (waterdieren), 25 over slangen en 26 over de bloedloze dierkens.

De beschrijving van de levenscyclus der vlinders is nauwkeurig en juist (hij verbeter-

de Aristoteles, die de cocon voor het ei had gehouden).

Insekten trokken kennelijk zijn aandacht:

De Anim. XVII, 2 “Ik poogde de anatomie van de bij vast te stellen. Achter het smalle middel bevindt zich in het achterlijf een glanzend, doorschijnend blaasje. Als we dit proeven (met de tong) dan smaakt het goed, naar honing. Behalve dit blaasje treffen we in het achterlijf een dun en weinig gekromd ingewand aan en draadjesachtige strengetjes die aan de angel bevestigd zijn. Een kleverig vocht omringt dit en de poten zijn gehecht aan het lichaamsgedeelte dat vóór het smalle middel ligt.”

Uitvoerig beschreef hij de embryonale ontwikkeling van het kuiken binnen het ei, waarbij hij Galenische interpretaties ter toelichting gaf.

Zijn belangstelling voor in het water levende dieren was opvallend groot en laat zich voor een karakteristiek continentale man als Albert – wonen, werken en reizen – moeilijk verklaren, of het moest zijn dat hij die voorkeur vooral aan Aristoteles ontleende.

Toch zijn de mededelingen over vissen voornamelijk op Plinius gebaseerd (*Hist. Nat.* IX). Jammer, want hij had bij Hildegard (III.13) informatie kunnen vinden, die een aantal verbeteringen zouden hebben aangebracht. Hildegard kende hij: hij bevestigde haar berichten over Westeuropese zoogdieren.

Walvissen wekten zijn levendige belangstelling. Hij schreef over produkten van de walvisvaart (spermaceti, amber-gris) en ging bij walvisjagers te rade. Maar walvissen zijn vissen voor hem (dat wist Aristoteles beter). Albertus beschouwde de ijsbeer als een van de bruine beer verschillende soort, niet als een vorm van de bruine beer (en dat geloofde Aristoteles nu weer wèl, Linnaeus overigens ook).

De beschrijving van de bever door Albertus werd aanleiding tot vragen. De fabel, dat de bever als jagers hem vervolgen, zijn anaalklieren zou afbijten en achterlaten zodat de kostbare reukstof geen reden meer kan zijn voor verdere achtervolging, wijst Albertus af. Maar hij verhaalt dat de bever burchten zowel in het water als boven water bouwt.

De Noordamerikaanse bever gedraagt zich zo, maar de Europese bever graaft slechts holen onder water. Het vermoeden rees, dat hem gegevens uit Noord-Amerika bereikt zouden hebben, hetgeen verbazingwekkend zou zijn. Théodoridès (1962, p. 162) wees er evenwel op dat de Europese bever wel degelijk boven water onderkomens bouwt. De vervolging, eeuwenlang, beïnvloedde de Europese dieren zozeer, dat zij het bouwen boven water nalieten. Waar bevers in Europa geheel met rust gelaten worden, maken zij tegenwoordig ook bouwsels die boven water uitsteken, net zoals in de 13e eeuw.

De dubbele gehoorschelp van de vleermuis viel Albertus op, terwijl hij de vleermuisen als vogels beschouwde.

Albertus wees met nadruk op de noodzaak van eigen onderzoek om de raadselen van de natuur te ontdekken: eigen onderzoek leidt tot kennis van de ware stand van zaken. Natuurwetenschap betekent dat men de oorzaken van de natuurverschijnselen opspoort, niet dat men de overlevering herhaalt. Zoals steeds viel ook hier de theorie mooier uit dan de praktijk.

Van eigen onderzoek, experimenteren, blijkt nauwelijks iets. Albertus beperkte zich tot de allersimpelste maatregelen ter verificatie. De traditie wil, dat een geplukte ijsvogel elk jaar weer nieuwe veren krijgt. Welnu, Albert hing een kaal ijsvogelvel op in zijn studeervertrek. De legende hield geen stand. Sedert onheuglijke tijden vertelde men van

de vuurvaste salamander. Vuur kan hem niet deren. Albert wilde dat proberen. Hij kon echter geen salamander bemachtigen en nam dan maar spinnen als plaatsverangers. Zij waren niet tegen vuur bestand. De legende van de rotganzen, die aan bomen in het Noorden groeien, is onzin, oordeelde Albertus (vermoedelijk hadden de walvisvaarders hem ingelicht, evenals over de ijsbeer). Frederik II – die hij niet kende – had die slot-som ook al getrokken (III.18). Het verhaal bleef echter onuitroeibaar, tot ver in de 16e eeuw.

Omgekeerd handhaafde hij veel oude mirakelverhalen. De eenhoorn werd beschreven. En Albertus kon meer merkwaardigheden vermelden.

Een krekkel gaat nog lang door met sjiirpen als men hem de kop heeft afgesneden. Mieren hebben ogen aan hun sprieten, want als je die afknijpt, dwalen zij stuurloos rond. Een zeeschildpad weigert zeewater te drinken; struisvogels willen geen stukjes ijzer eten, wel stenen en stukjes bot. Of de *doctor universalis* al deze feiten proefondervindelijk had vastgesteld, kan ik niet met zekerheid zeggen. Wel dat hij geloof hechtte aan de meeste wonderverhalen die Plinius meedeelde. Hij komt geen stap verder dan Galenus als het over fysiologische kwesties gaat.

Slagaderen bevatten lucht, het hart heeft twee holten: dat is de gebruikelijke toestand volgens de boeken, maar wij zijn verrast dat Albertus bij een vlieg acht poten telt. Ook dacht hij dat de worm genaamd *seta* (*Tubifex?*) uit paardeharen ontstaan zal zijn, want in stilstaand water heeft hij vaak gezien dat paardeharen levend worden en zich bewegen. Ook zag hij een afzichtelijke bok, die op twee voorpoten liep, zijn pootloze achterlijf daarbij omhoog hield en niet achter zich aan sleepte. Stekelvarkens schieten hun stekels af.

Toch spreekt hij tegen dat de linkerpoten van de das korter zouden zijn dan de rechter en ook wordt het hazelhoen niet bevrucht door het speeksel van het mannetje. Een vrouw wordt niet zwanger als zij het kuitbeen van een wezel, uit het levende dier gesneden, om de hals hangt. Dat is niet waar, zegt Albertus.

Adelard, Frederik II en Albert nemen een eigen plaats in, omdat zij zelf denken en zelf zien niet alleen als een raadzaam streven beschouwen, maar dat beleid toepasten. Zij hebben tot een deugdelijker feitenkennis bijgedragen, Frederik vooral. Ik vond echter onvoldoende redenen om vrijuit in te stemmen met de bewonderende woorden van Meyer (en later anderen), als het over de biologie volgens Albertus Magnus gaat. Hij slikte te gretig wat klassieke auteurs beweerden. En dat niet alleen: ook wat naklassieke epigonen daar nog aan verdraaiden en bijplakten.

Keren wij terug naar Alberts ontmoeting met Maria. Wat was oorzaak van het ontstaan van die legende?

Mij dunkt dat zijn levensvervulling bij zijn tijdgenoten die gedachte aan een 'keuze', aan tweevoudigheid, wekte. De scholastiek was afkerig van natuuronderzoek, zowel volgens haar traditie als haar wezen. Albertus' biologiewerk was eigenlijk strijdig met de scholastiek. Hij was scholast en bioloog, een nieuw initiatief, een verbreding van het arbeidsveld: hij werd *doctor universalis*, na permissie van de Maagd.

Toen Albertus eenmaal de ogen sloot, hervatten de monniken onberoerd de taak van blind, encyclopedisch compilatiewerk. Albert koos in feite niet voor de seculaire wetenschappen. Hij was geen man van de wereld en het leven op aarde. Hij gaf toentertijd meer dan iemand anders in West-Europa aandacht aan de biologie, maar hij bleef allereerst scholast, kerkgeleerde in hart en nieren. De erkenning van keuze was het grote moment in de geschiedenis van de natuurwetenschappen, van de biologie en niet de

keuze zelf, die Albert nimmer deed.

Aristoteles en Albertus Magnus stemmen overeen in geestelijke opmaak. De een was filosoof en bioloog, de ander theoloog en bioloog. De wens tot biologisch denken, be- grip van de levende wereld, bracht Albertus bij Aristoteles.

De theologische acrobatiek die hij, geholpen door zijn leerling en ordebroeder Tho- mas van Aquino volvoerde om de heiden Aristoteles door de Middeleeuwse christenen te laten aanvaarden, verdient bewondering en bijval.

Voor de biologie is Alberts onvergankelijke verdienste dat hij Aristoteles tot leids- man bij de studie en methodiek wist te maken en dat hij zijn gezag als theoloog inzette om de biologie te bevorderen.

Adelard begon de pre-Renaissance in de biologie. Frederik vormde het hoogtepunt maar bleef onbemerkt omdat de tijd voor zijn Aristotelianse denkbeelden en metho- den nog niet rijp was. Albert sloot de pre-Renaissance af. Zijn werk behield echter on- der 'biologen' de aandacht en werd een steunpunt voor nieuwe ontwikkeling, de Re- naissance. Dit verloop is een voorbeeld van de 'sympodiale' groei van de biologie, een term die ik in het voorwoord gebruikte.

20. *Thomas van Cantimpré of Plinius in het klooster*

Thomas van Cantimpré (de Cantiprato of Cantipratensis) voorzag zijn werk van de- zelfde titel als zijn Engelse collega Neckam (III.22): '*De Naturis Rerum*', maar het vond zijn weg ook als *Opus de Natura Rerum*; het is nog niet volledig in druk ver- schenen.

De dominicaanse monnik Thomas mag een Middeleeuwse Plinius genoemd worden. Hij werd in St. Pieters-Leeuw (bij Brussel) geboren (tussen 1186 en 1201) en stierf ca. 1270/2 als onderprior te Leuven. Naast theologische beschouwingen schreef hij ook nog een *Leven der Bijen* (*Bonum Universale de Apibus*, vertaald: *Der Biën Boeck*). Het bijgedrag stelde hij ten voorbeeld aan, en vergeleek hij met het kloosterlijk bestaan. Hij praatte voorgangers na, terwijl hij ook een massa bijgeloof en onzinnigheden op eigen kracht toevoegde.

Als leerling van Albertus Magnus te Keulen wil Thomas, naar hij zegt, alle feitenken- nis over de 'natuur der dingen', en met nadruk op dieren, samenbrengen. Hij besteedt veertien jaar (ca. 1230-1246) aan die compilatie, een enorme 20-delige encyclopedie, *Over de Natuur der Dingen*; het eerste deel handelt over het menselijk lichaam, het tweede over de ziel, het derde over misvormde mensen (vooral in Klein-Azië te vinden, en ook bijvoorbeeld hermafrodieten in Frankrijk) en daarna volgen zes delen over die- ren. Hij koos de rangschikking van Aristoteles met variaties. Dieren met twee of vier poten of pootlozen hebben bloed, veelpotigen zijn bloedloos. Alle dieren met oren kun- nen deze bewegen, behalve de mens. Alle viervoeters met horens hebben geen snijtan- den in de bovenkaak. Alle dieren met oogleden sluiten de ogen als ze slapen behalve de leeuw en de haas. Hij behandelt ook slangen, vissen, insecten, weekdieren en amfi- bieën. Er zijn 110 viervoeters, 114 vogeltaxa, 57 zeemonsters, 44 taxa wat slangachtigen aangaat en 85 overige dieren. De groep wormen (50 taxa) omvat o.a. ook bijen, wespen, mieren, kevers en kikkers.

Dan volgen nog drie delen over planten (over ca. 100 soorten bomen en specerijen) en daarna nog een reeks delen over allerlei onderwerpen. Alle fabeldieren komen aan de

beurt; van zijn leermeester had hij vernomen kunnen hebben dat ganzen niet aan bomen groeien.

Thomas van Cantimpré is onkritisch, herhaalt wat voorgangers gezegd hebben zonder enige aarzeling en verklaart bij de meest ongeloofwaardige verhalen dat zij wel waar moeten zijn, want zoveel auteurs hebben het eenstemmig meegedeeld.

De Naturis Rerum vond grote aftrek (ca. 1350 in het Duits door Conrad van Megenberg vertaald). Latere auteurs benutten het, zo bijvoorbeeld Jacob van Maerlant (1235-1300) in *'Der Naturen Bloeme'*, en Gesner (IV.13).

Met Thomas is de biologie weer teruggekeerd naar de archieven der Middeleeuwen.

21. Vincent van Beauvais, de afspiegeling van Thomas

Vincent van Beauvais (ca. 1190,? – ca. 1264, Beauvais) ook Vincentius Bellovacensis geheten was een minstens even hardnekkige encyclopediemaker als Thomas. Hij was eveneens dominicaan en schreef o.m. *Speculum Majus Tripartitum (1244-1256)*. Dit drieluik bevatte drie 'spiegels': *Speculum Naturale*, *Speculum Doctrinale* en *Speculum Historiale*. De eerstgenoemde, die ca. 1250 verscheen en uit 33 'boeken' bestaat, bevat biologisch feitenmateriaal, dat voor zover hij het uit werk van Aristoteles vergaarde van waarde is. Hij vervaardigde de compilatie in opdracht van zijn orde en van Lodewijk XI, en men kan vermoeden dat hij die opgelegde taak niet werkelijk geïnteresseerd uitvoerde.

Zijn werk is van hetzelfde niveau als dat van Thomas. Terecht wees Thorndike er misprijzend op dat Vincent de nonsens over de eendemossel, om een voorbeeld te geven, had kunnen vermijden, alleen al als hij de tekst van Albertus Magnus hierover had willen aanvaarden. Albertus (en Frederik II) ten spijt verklaarde Vincent dat de rotganzen drijfhout eten, kaal ter wereld komen maar allengs bevederd raken en in de zee drijven, de snavel vast met het drijfhout verbonden totdat zij volwassen zijn en zich dan los maken. Vincent beweerde er vele gezien te hebben en betrouwbare mannen hebben getuigd dat zij hen zagen hangen, verzekerde Vincent.

De dieren worden met hun Latijnse namen in alfabetische volgorde opgesomd (sedert Avicenna werd deze methode veel gebruikt). Het resultaat was wel dat Vincent bijvoorbeeld het schaap zowel onder *Agnus* en *Ovis* behandelt, en geen verwijzing gebruikte bij een van de trefwoorden. Wat hem in handen viel schreef hij klakkeloos, het een na het ander, over.

Vincent bleek zelfs ijveriger dan Thomas en Albert. Hij haalde ruim 300 schrijvers aan en maakte uittreksels van hun werken, waarbij hij wel eens vergat zijn bron te vermelden. Thomas' *De Naturis Rerum* schrijft hij vrijwel geheel over, maar de naam van Thomas, zijn ordebroeder en tijdgenoot, noemt hij niet.

22. Neckam maakt een Engelse encyclopedie

Alexander Neckam (1156-1217), Engels geestelijke en een der meest vooraanstaande geleerden van zijn tijd, schreef in zijn *De Naturis Rerum*:

“Wetenschap verwerft men met grote kosten, door dikwijls de nacht wakende door te brengen, door zeer veel tijd te besteden, door zich onverdroten in te span-

nen, door de geest met geestdrift er aan te wijden.”

Merk op: de proefneming wordt niet als middel genoemd.

Ofschoon Neckam onzinnige verhalen over dieren citeert, doet hij dat toch wel met enige twijfel. Om aan de jagers te ontkomen, castreert de bever zichzelf: dat is, zegt hij, een belachelijk volksgeloof, in strijd met de feiten. Een lynx heeft zo'n scherpe blik, dat hij door negen muren heen kan zien. Er zou een proef gedaan zijn, door een lynx achter negen muren te zetten en iemand daarachter te laten lopen met een stuk rauw vlees. De lynx zal mee lopen, gelijk op met het vlees, en stilstaan als de vleesdrager stilstaat. Neckam geeft toe dat er biologen zijn die denken dat dit eerder tweeweg wordt gebracht door de reuk dan door het gezicht.

Maar hij slikt weer als zoete koek verhalen over de eenden die uit grenenhout dat lang in zout water heeft gelegen, ontstaan; van de winterkoninkjes die dood aan het spit gereggen, zichzelf boven het vuur ronddraaien; van de havik die op koude winternachten een andere vogel pakt en tegen zich aanhoudt om warm te blijven. De volgende morgen laat de havik die vogel los uit dankbaarheid en vangt een andere voor het ontbijt.

Hoe komt het dat de haan op gezette tijden kraait? In die vogel zijn sappen die veel warmte opwekken, hetgeen verzilting veroorzaakt. Die verzilting veroorzaakt prikkeling, dat verwerkt jeuk, door de jeuk ontstaat plezier, en plezier leidt tot zingen of kraaien. Natuurlijke invloeden (maan, sterren) regelen de bewegingen van de lichaams-sappen met een vast ritme en daardoor kraait de haan op gezette tijden.

Thomas, Vincent en Alexander zijn na de pre-Renaissance de drie voorbeelden van terugkeer naar de Middeleeuwse biologie.

23. *Grabbelton van Oudheid en Middeleeuwen*

De legenden, volksverhalen, fantasieën uit vroeger eeuwen en nieuwtjes over dieren en planten uit verre landen werden – ik heb het aangetoond – door de meest vooraanstaande geleerden van de Middeleeuwen ernstig overwogen, vermeld en besproken. De gewoonte, die in de 19e en 20e eeuw de overhand krijgt om de volksliteratuur met een glimlachend schouderophalen voorbij te gaan, is het volstrekte tegendeel van de waardering der geleerden in de Middeleeuwen. De boekjes die toen als *Bestiaria*, *Elucidaria* of als *Hortus Sanitatis* in het bezit kwamen van de weinigen die zo'n manuscript konden kopen of die het konden of wilden lezen, waren moeilijk verkrijgbaar, al werden zij bij tientallen vervaardigd.

Tallose varianten ontsproten aan de onwetendheid, onbekwaamheid, slordigheid en eigengereidheid van de kopiïsten. De meest populaire uitgaven waarvan de auteurs onbekend zijn, of onzeker, en in geen geval werk waren van vakgeleerden, noem ik hierna.

Een fameuze bron voor overleveringen van biologische aard is een Grieks geschrift uit de 2e eeuw, de *Physiologus* (II.20), een verzameling dierenverhalen. Elke anekdote is de aanleiding tot een moraliserende bespiegeling. *Physiologus* wordt het beginpunt voor dozijnen *Bestiaria*. Het boekje werd standaardlectuur in de Middeleeuwen. Er zijn Griekse, Latijnse, Armeense, Syrische, Arabische, oud-Duitse, Angelsaksische, oud-Engelse, IJslandse, Provençaalse en oud-Franse versies. Een Ethiopisch manuscript heet *Fisalogus* (er kwam een St. Fisalogus van) en 48 dieren onder Griekse namen worden daarin besproken.

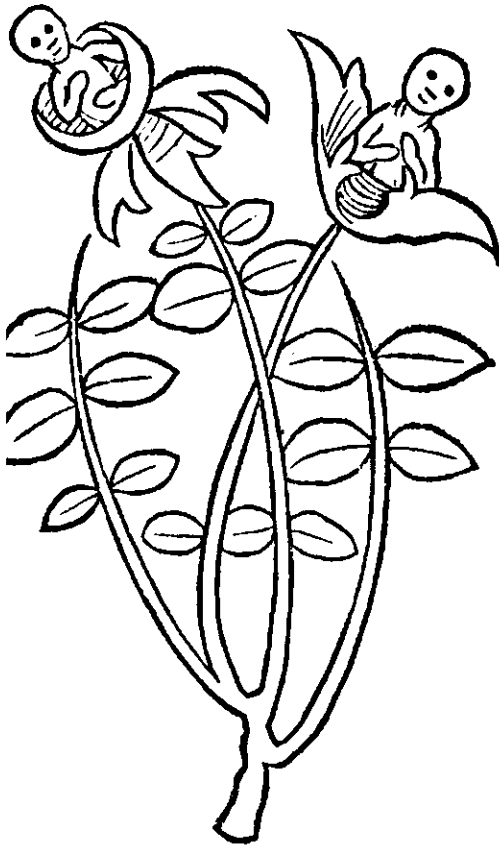


Fig. 12. Een afbeelding in *Ortus Sanitatis* (verschenen in Mainz, 1491) van een 'Narcissus' en misschien bestaat er, voor zover het de bloem betreft, wel een relatie met *Narcissus bulbocodium*. Zo herinneren de bladeren aan *Myrtus communis*. De bijna tweeduizend jaar door Platoon geformuleerde gedachte, dat planten en dieren van mensen afstammen, komt in de afbeelding tot uiting. Waarschijnlijk is een geneeskrachtige uitwerking bij toepassing van de 'Narcissus' te verwachten bij een bevalling of als zuigelingen-zorg.



Fig. 13. De 'Leopardus' afgebeeld in *Ortus Sanitatis* (Mainz, 1491). De afbeelding is veel natuurgetrouwer dan die van 'Narcissus': de ronde ogen, de muil met scherpe hoektanden, de ver-vaarlijke kateklauwen en de lange, van een pluim voorziene staart. De 'Leopardus' is kennelijk zeer gevaarlijk en heeft een menselijk gezicht.

Onophoudelijk verschenen vernieuwde uitgaven van oude resten, of 'nieuw' werk, bijvoorbeeld *Dicta Chrysostomi de Naturis Bestiarum* (ca. 10e eeuw). Nog in de 13e eeuw verschijnen deze grotendeels verzonden en eindeloos nageprate dierenbeschrijvingen met bijbehorende allegorische beschouwingen. Afbeeldingen van allerlei dieren, waarin o.a. een leeuw, olifant, pauw en pelikaan nog wel te herkennen zijn, vindt men te zamen met de vogel foenix en de eenhoorn, die zich eveneens door de tekenaar lieten portretteren. Carus (1872, p. 119-137) gaf een gedetailleerd overzicht.

De reeksen plaatjes betreffen bij voorkeur verbazingwekkende dieren uit verre landen, begeleid door een verwarde massa mededelingen en overwegingen, die zich vooral kenmerken door gemis aan originaliteit en een kritiekloos bundelen van alles wat voor de hand komt.

In sommige manuscripten krijgen gesteenten en mineralen wat aandacht – vanwege geneeskrachtige en magische eigenschappen – men ontmoet enige, gewoonlijk raadselachtige planten, waaronder dan de vijg, het alruinmannetje, scheerling en nieswortel nog te herkennen zijn. Al deze publikaties getuigen van een stagnerende en prullige biologie.

Geneeskrachtige planten werden in de 12e eeuw in *Circa instans* (= *Negotium de Simplicibus Medicinis Nostrum Versatur Propositum*) behandeld, denkelijk door Johannes Platearius (ook Mattheus genoemd) geschreven. Hij was een Napolitaan die met Dioskorides in de weer was (II.3,16) en zeker ook putte uit gegevens afkomstig uit Salerno (III.9); het haalt zelfs niet bij Hildegards boek (III.13). In de 13e eeuw verscheen *Alphita*, een lijst met aantekeningen over 645 geneeskruiden, van Salernese afkomst.

De *Legenda Aurea* of Gulden Legende is een 13e-eeuwse bundel heiligenlevens, door een zekere Jacobus a Voragine, een dominicaan, geschreven. Het is het meest populaire stichtelijke geschrift uit de Middeleeuwen, voor de biologie interessant vanwege de naar vroegere maatstaven fraai afgebeelde planten en dieren; de tekst is waardeloos. Simon Cordo van Genua maakte een 13e-eeuws artsenijenlexicon, een toevlucht voor duizenden met hier en daar een snipper biologie.

Hetzelfde geldt voor de *Biblia Pauperum* (de Armenbijbel) eigenlijk een volksboekje met plaatjes voor de armen, voor mensen die geen geld hadden voor een echte bijbel en die niet of nauwelijks lezen konden. Nog in de 18e eeuw werd het veel geraadpleegd. Er zijn vele edities: de eerste verschenen omstreeks 1300. Ten aanzien van historische biologische gegevens is de *Biblia Pauperum* die veel verwijzingen naar planten en dieren bevat een onvoldoende bestudeerde bron evenals *Speculum Beatae Mariae*. Van invloed op de ontwikkeling van de biologie zijn deze boeken nauwelijks geweest maar in een historisch overzicht kunnen ze vermeld worden, getuigenissen van de toenmalige situatie.

In de 14e eeuw dalen de *Physiologus* en zijn nakroost in aanzien en allengs verliezen zij hun status en verdwijnen zij uit de belangstelling. In de 16e eeuw dient zich, wat dit slag biologische publikaties betreft, een wezenlijk vernieuwde voortzetting aan (IV).

24. Tekenen van herleving

Zonder invloed op de ontwikkeling van de biologie maar een duidelijke voorspelling van zijn herleving, was Rufinus' boek *De Virtutibus Herbarum* (Over de Werking der

Geneeskruiden). In de Laurentia(San Lorenzo)-Bibliotheek te Florence ontdekte Thorndike in 1931 het enige nog bestaande, geheel vergeten manuscript dat hij uitstekend verzorgd en met een belangrijk overzicht van de Middeleeuwse botanie in 1946 uitgaf.

Rufinus schreef zijn boek omstreeks 1290. Hij wordt *sanctus doctor* genoemd: dit doelde op zijn studies in de medicijnen en de zeven vrije kunsten aan de universiteiten van Napels en Bologna en op zijn verbintenis met de Kerk, als monnik en waarschijnlijk ook als (plaatsvervangend) abt. Het manuscript was, naar verluidt, geïllustreerd maar daar zijn geen nadere gegevens over bekend.

Zeven voorgangers citeerde Rufinus uitvoerig in verband met elke plantesoort of -vorm die hij behandelde. Het werd een zeer belangrijke compilatie, want niet alleen citeerde hij *Circa Instans* vrijwel geheel en zeer veel uit de manuscripten van Salerno (hij had in Napels gestudeerd), maar hij herhaalde een overigens onbekende versie van Dioskorides. Aan deze literatuurcitaten voegde hij een synonymie toe. Dit alles geeft Rufinus nog geen aanspraak op onze bijzondere aandacht. Hij liet echter na aanhaling van zijn voorgangers goed onderscheiden, zelf geschreven teksten volgen en daarin beschreef hij de planten nauwkeurig, gedetailleerd, kennelijk op grond van eigen waarnemingen, met aandacht voor de afzonderlijke organen (bloem, stengel, blad enz.), kortom, beter dan ooit eerder was gebeurd.

Ook beperkte hij zich niet tot wat zijn voorgangers bespraken. Hij zocht, vond en beschreef vele nieuwe planten. Rufinus is, dat laat zijn werk zien, meer geïnteresseerd in de planten zelf dan in hun medicinale uitwerking.

Thorndike noteert dat Rufinus *De Plantis* van Nicolaus Damascenus – Aristoteles – Albertus Magnus (III.19) niet gekend heeft, een overtuigend voorbeeld van de schaarste aan manuscripten en gebrekkige communicatie aan het slot van de 13e eeuw. Een nadere studie van Rufinus' bronnen, methode en resultaten is nu mogelijk en aantrekkelijk.

Evenals de verhandelingen van Frederik II (III.18) en later de aantekeningen van Da Vinci (VI.8) bleef Rufinus' boek eeuwenlang onopgemerkt en niettemin een onmiskenbaar teken van de naderende Renaissance.

Gerekend naar de tekst behoeft het geneeskruidenboek van Benedetto Rinio, dat in 1410 gereed kwam, geen plaats te worden ingeruimd: deze is het gebruikelijke herkauwen. De tekst is echter de begeleiding van ca. 440 uitmuntende, gekleurde plantafbeeldingen die de Venetiaanse schilder Andrea Amodio vervaardigde. Dit *Liber de Simplicibus* (Boek over de Geneeskruiden) wordt in de Bibliotheca Nazionale van San Marco in Venetië bewaard. Het is niet in druk verschenen, maar is opnieuw een bewijs van het aanbreken der nieuwe tijden. De Duitse kruidboeken, een eeuw later, tonen nauwelijks betere afbeeldingen.

De aanloop naar de vroeg-Renaissance van de 13e en 14e eeuw maakte zich niet alleen kenbaar in het studeervertrek, in de hofcultuur der welgestelde vorsten en edelen en in de kloostercel, maar beïnvloedde ook de architectuur. Deze weerspiegelde de groeiende belangstelling voor de natuur. De ornamentiek der gothische kathedralen en kerken toonde in de 13e eeuw een weelde van bloemen, bladeren, vruchten, dieren, die de beeldhouwer met liefde en aandacht heeft gezien en nabootste. Een zorgvuldige waarneming van levende wezens, van hun organen, natuurgetrouw en zonder vooroordeel of opzet, als antwoord op de vraag: hoe ziet het dier, de plant, er nu eigenlijk precies uit.

De 13e-eeuwse bouwmeester Villard, de Honnecourt laat een schetsboek na waar een verscheidenheid aan dieren nauwgezet en naar het leven in getekend staat. De keuze voor de decoratieve plant- en dierfiguren wordt wel in hoge mate bepaald door christelijke traditionele symboliek, maar terwijl de figuren als zinvolle versiering toegepast worden, verschijnen zij niet of nauwelijks gestileerd. De natuur meldt zich aan en krijgt een plaats zoals zij zich voordoet, de zichtbare werkelijkheid in steen. En wat vindt in de 'architectuur met levende organismen', in de tuinen, plaats?

De tuinen der Middeleeuwen waren door hun inrichting vergelijkbaar met de opvattingen van de Middeleeuwer die alle wetenschap uit de bijbel wilde ontvangen. Zijn leven was een verblijf op aarde dat hij benutten moest om Gods wil en werken te leren kennen; daartoe wilde hij ongestoord mediteren, introspectief, van de wereld afgewend.

Zijn tuin was de *hortus conclusus* of *hortus inclusus*, een omheind stuk grond, zorgvuldig beplant en geordend, met rechte, elkaar rechthoekig kruisende paden. God gaf de geneeskrachtige planten, de groenten, het fruit, de altaar- of Madonnaplanten, alle bewijzen van Zijn goedertierenheid, of symbolen van de nederigheid, of van de schoonheid, de zuiverheid van de Maagd. Elke plantengroep kreeg zijn eigen plaats binnen die geordende, beveiligde, omsloten tuin.

Voorts waren planten en dieren tot 's mensen voordeel geschapen. Om het profijt zo groot en zo betrouwbaar mogelijk te maken, had Karel de Grote in de 9e eeuw de communale beplantingen geregeld; zijn *Capitularia* gaven voorlichting over keuze en cultuur. Hoge kloostermuren, hoge dichte heggen beschermden de voedsel- en artsenijsgewassen samen en in harmonie met hun eigenaren, die eeuwenlang de oude voorschriften volgden, hun denken en doen secuur afgebakend.

Totdat Albertus Magnus in de 13e eeuw in de muren van de studeerkamer een venster opende. Planten zijn niet alleen nuttig en nodig; zelf zijn zij ook mooi, de moeite waard om er met welbehagen naar te kijken. Er is van alles aan te zien, en dat mag omdat de Schepper hen óók gemaakt heeft (vgl. II.22 en III.19). De kerkbouwers gaven er al uiting aan.

Naast moestuin en boomgaard verscheen in de late Middeleeuwen de 'lusthof', een tuin met 'mooie' planten, die men gaarne om zich heen zag als men rustig zat te keuvelen of te musiceren in de buitenlucht. Er bloeiden rozen, leliën, pioenrozen, irissen, viooltjes, anjelieren. Dit alles is nog geen biologie, maar het bereidt een diepere belangstelling voor de wereld der levende wezens wèl voor. Die belangstelling zal hier kiemen.

De lusthof heeft een lage heining die mensen een blik naar buiten, op de wijde wereld toestaat. En die buitenwereld verliest allengs zijn vreesaanjagend karakter; het blijkt bij nadere beschouwing niet uitsluitend een wildernis te zijn met rovers en gevaarlijk gedierte. Er leven veel planten en dieren die aandacht verdienen, een andere aandacht echter dan die van jagers en kruidenzoekers. Omstreeks het midden der 16e eeuw ontstaat de *hortus botanicus*, de botanische tuin, de tuin met wilde planten, die men ter vergroting van kennis binnen bereik wenst te hebben (IV).

25. *De tropen*

Naarmate de Middeleeuwen ten einde liepen, kwamen reisbeschrijvingen meer op de voorgrond en verwierven bijval vanwege verhalen over en prentjes van vreemdsoortige mensen, dieren en planten.

India was, in de Oudheid en de Middeleeuwen, de wereld tussen Babylonië en Bangla Desh, een land van monsters, mirakels, magie en merkwaardigheden. Aartsvader Johannes van India bezocht paus Calixtus II (1119-1124) in de 12e eeuw. De wetenswaardigheden die hij de Westerse theologen en geleerden meedeelde, hadden al wel een half vergeten voorgeschiedenis maar kregen nu veel aandacht, want sinds Alexander de Grote waren geen biologische gegevens van enig gewicht naar Europa gekomen. Sinds 1145 werd de naam van een zekere Johannes, 'Prester John' bekend, koning, priester, nestoriaans christen en, zo meende men, afstammeling van de magiërs; misschien is hij dezelfde als de Aartsvader.

In de tweede helft van de 12e eeuw kwam een brief in omloop, die hij aan de Byzantijnse keizer Manuel (1143-1180) geschreven zou hebben. Zelf kon hij niet komen. Weliswaar had hij na een lange mars, op de oostoever van de Tigris enige jaren gewacht of de rivier bevrozen zou opdat hij over kon steken, maar dat was niet gebeurd. De brief blijkt een in het Westen gecomponeerde vervalsing te zijn, die voor de biologie interessant is omdat hij o.m. een 12e-eeuws overzicht geeft van de wonderen der natuur in 'India'.

De meest fameuze reiziger was Marco Polo (1254, Venetië – 1324, *ibid.*), een lid van een Venetiaanse koopmansfamilie, die ook in de Krim gevestigd was. Marco reisde in 1271 met zijn vader en zijn oom via het Nabije Oosten naar Peking, waarbij hij Afghanistan, de Gobi-Woestijn en N. China bezocht. Zij bleven 16 jaar in China en Marco bekleedde hoge posten. In 1291 keerden zij via Siam, Sumatra en de westkust van India terug naar Venetië, waar Marco in 1295 zijn stadgenoten verbaasde met zijn wonderverhalen. Hij kreeg de bijnaam 'Messer Millione'.

Omstreeks 1298 raakte hij tijdens een zeegevecht tussen Venetië en Genua in gevangenschap en begon hij in de gevangenis van Genua zijn reisavonturen te dicteren aan een beroepsschrijver die het relaas in het Frans publiceerde. In 1299 in Venetië terug werd hij daar lid van de Hoge Raad. Hij stierf 25 jaar later en had tevoren een nieuw en vollediger reisverhaal geschreven.

Zijn boeken verschenen in vele edities en met allerlei titels, zowel in de Middeleeuwen als daarna, populaire best-sellers vanwege de exotische inhoud. Eeuwenlang bleef Marco Polo's reisverhaal een der beste bronnen van informatie over Oost-Azië en stimuleerde het ontdekkingsreizen. Ramusio's versie van *Il Millione* is de meest bekende (1559) en werd de moedertekst voor vele uitgaven.

Marco Polo was koopman, avonturier, geen bioloog. Toch bevatten zijn reisverslagen nieuwe en betrouwbare gegevens over o.a. rijst, suikerpalm, kokospalm, indigo, kamfer, sago, moerbeï, gember, peper en sandelhout.

Honderd jaar later komen wat aanvullende gegevens over tropische planten naar Europa. Odorico de Pordenone ook wel Odoricus de Porta Navone geheten (1286-1331), een missionaris die in de 14e eeuw Ceylon, Malabar, Sumatra, Java en China bezocht en die de eerste Europeaan was met berichten over Borneo (Kalimantan) en Lhasa (Tibet). Hij kon vertellen over het suikerriet, de suikerpalm en in het bijzonder over peper. De eigenaardige kiezelzuurconcreties die soms in bamboestengels voorkomen en

die een grote reputatie als medicament hadden, kregen zijn aandacht en hij spoorde hun oorsprong op. Odorico wist ook al iets over de angstaanjagende gifboom, de oepas (*Antiaris toxicaria*), die in later eeuwen steevast onderwerp werd van griezilverhalen in reisverslagen. Odorico's reisverhaal werd in 1891 door Cordier uitgegeven.

Een broeder-missionaris, Jordanus Catalanus kon Odorico's bericht over de oepasboom al bevestigen (ca. 1335). Nicola di Conti bereisde in de 15e eeuw o.m. de Aziatische tropen en voegde aan de beschikbare gegevens berichten toe over *Artocarpus integrifolia* ('Jack Fruit', nangka) en andere vruchten (manga), ook beschreef hij voor het eerst de kaneelcultuur (1444). Een opsomming van de incidentele waarnemingen door missionarissen en ontdekkingsreizigers doet hier niet ter zake: traag kwamen berichten over dieren en planten uit ver van Europa gelegen gebieden ter kennis van biologen. Zij speelden tot in de 16e eeuw geen rol in het biologische denken.

26. Veertiende-eeuwse vroeg-Renaissance

In de 14e eeuw kwam de Renaissance van de natuurwetenschappen eerst in Italië, dan daarbuiten, tot leven. Het humanisme, een evangelische literaire cultuurstroming drong naar voren en won veld.

De humanist ontleende zijn inspiratie en zelfvertrouwen aan de Oudheid. Naast de taal der geletterden en geleerden (Latijn) bevorderde hij de nationale talen en deed hij het Grieks herleven. Hij bestreed de ontaarde scholastiek en bezag de wereld der realiteiten bewonderend en gretig, inventariseerde met graagte en erkende de zichtbare wereld als een wezenlijke en dwingende factor in het menselijk bestaan. Er was een afkeer van politiek en een besef van individuele souvereiniteit, een natuurrecht op een eigen mening en een natuurplecht tot het vergroten van kennis van al wat de wereld bezit. De verdere ontwikkeling van de biologie liet zich toen niet meer remmen te meer omdat het humanisme niet alleen stond. Het stimuleerde en inspireerde ook de tegenstanders, die tegenargumenten zochten.

Over de 14e eeuw kan ik – mij voornamelijk bij Hooykaas (1971) aansluitend – hier kort zijn. Drie stromingen in de natuurwetenschappen beheersten het terrein. De ene koos de *via antiqua* (de oude weg) van Platoon en de zijnen, min of meer ook die van Aristoteles (in de toenmalige opvatting van zijn leer). Die groep stond bekend als 'idealisten', die algemene begrippen als oorsprong en wezen van de concrete voorwerpen wilden onderkennen en definiëren (*universalia ante rem*), de Ideeën.

Vervolgens waren er de 'realisten', die de gevormde concrete voorwerpen een realiteit toekennen; elk individu is een tastbaar feit, en algemene begrippen gaan daarmee samen, zijn daaraan gekoppeld (*universalia in re*). Zij werden aangeduid als neo-Aristotelianen en bekende vertegenwoordigers van die gedachte waren Avicenna en Abelard, de eerste medicus en min of meer bioloog en de tweede theoloog.

De *via moderna* (de nieuwe weg) evenwel streefde naar ontkoppeling van de waargenomen werkelijkheid met algemene begrippen, want zulke begrippen, zulke bindingen, zijn slechts namen gegeven aan verzamelingen en overeenkomstige voorwerpen of verschijnselen (nominalisme). Begrippen met inhoud, de ware begripsnamen of begripsdefinities volgen, na bestudering van de concreta (*universalia post rem*). Hier is de stelling van Averroës nauw mee verbonden: alle kennis moet door zintuigen verworven worden.

Het nominalisme richtte zich met voorrang op waarnemen maar wekte toch ook de gedachte aan proefnemen want men constateerde dan natuurverschijnselen die het opsporen van natuurwetten door de rede kunnen vergemakkelijken, omdat zij na een ingreep een antwoord geven op een gestelde vraag. En toch, hoe ongebruikelijk bleef het, een experiment als controle of verkenning uit te voeren. Men erkende echter algemeen theoretische uitgangspunten, erkende de drie wegen voor natuuronderzoek en de noodzaak één daarvan in te slaan.

Het bleek echter dat de filosofie de drie uitgangspunten wel kan onderscheiden, maar dat de beoefenaars der natuurwetenschappen en zeker de biologen nimmer één van de drie strikt toepasten.

Hooykaas (1971) citeerde uit Petrarca (1352), die tegen de Averroïsten van de universiteit van Padua te keer ging:

“Zij weten veel dingen over viervoeters, vogels, vissen, hoeveel haren een leeuw op zijn kruin heeft, hoeveel veren een vogel in zijn staart, met hoeveel kronkelingen de poliep de schipbreukeling omvat . . . beweringen, die grotendeels onwaar zijn . . . en die, als zij al waar zouden zijn, niets betekenen voor ons welzijn. Want waartoe dient het, zo vraag ik u, de natuur der viervoeters, vogels, vissen en slangen te kennen maar de natuur van de mens, en het doel waartoe wij geboren zijn, onze herkomst en uiteindelijke bestemming, niet te kennen of te verwaarlozen?”

Ik teken hierbij aan dat Augustinus het met Petrarca niet goed zou hebben kunnen vinden, maar dat deze uitspraak zijn bijval zou hebben geoogst. En kenmerkend is dat Petrarca voor het eerst in de historie der mensheid en der wetenschappen een bergtop beklimt om daar rond te zien en om het wijde uitzicht genietend in zich op te nemen.

Renaissance: Hemel en Wereld zijn beide erfdeel van de mens die zijn vrije voorkeur richten kan op het leven op aarde en die, zoals Herakleitos God in de keuken of zoals Swammerdam in de bloedloze diertgens kan aantreffen, of zoals Demokritos en Averroës zijn vragen beantwoord vindt in de warreling der atomen.

IV. De late Middeleeuwen en de Renaissance

1. *Ontwikkelingsgang tot de Renaissance*

De biologie van de Oudheid werd door wijsgeren tot leven geroepen en was van het begin af een onmiskenbare bouwsteen en toetssteen, niet zelden een hoeksteen van hun gedachtenconstructies.

Nog bij Aristoteles zijn wijsbegeerte en biologie gelijkwaardige, elkaar aanvullende partners in de opbouw van het filosofische systeem. De Keizertijd en vroege Middeleeuwen tonen een kentering: wijsbegeerte en biologie verwerven een mate van autonomie, een federale positie binnen het denkveld. Meer en meer beoefent de nog altijd zeer veelzijdige geleerde één van beide met kennelijk meer belangstelling of meer succes. Galenus (II.17) enerzijds en Basileios (II.21) anderzijds zijn goede voorbeelden.

De vloed van het christendom overspoelt het Westen en wijsbegeerte wordt theologie. Als de laat-Middeleeuwse clerus een herleving van de biologie niet meer kan en wil verhinderen, bevindt deze zich in handen van theologen, maar is tevens, naar zijn aard, een wetenschap die artsen benodigen: de biologie moet nu zowel bijdragen tot het heil der ziel als tot de voorspoed van het lichaam.

Bijgevolg ontwikkelt zich de (Middeleeuwse) biologie binnen de kloostermuren en daarbuiten, steeds gecontroleerd, gekeurd en gekuist door het leergezag. Beroepshalve bevorderen de heelmeeesters biologie terwille van geneesmiddelen, operaties en ziekenzorg. Het zoeken en beproeven van artsennij afkomstig uit de natuur vergroot de kennis over planten en dieren, m.a.w. bevordert de 'natuurlijke historie'.

In de late Middeleeuwen ontmoeten wij opnieuw wijsgeren, c.q. theologen met biologische belangstelling, artsen en kruidenzoekers. Disciplines die reeds in de Oudheid waarneembaar waren laten zich allengs duidelijker omgrenzen. Eén specialisme dat in de Oudheid al tot enige ontwikkeling kwam, bakent zich meer en meer af: de anatomie.

Anatomen die de inwendige bouw van mens en dier willen bestuderen worden de eerste onderzoekers in de 14e en 15e eeuw, die biologie bedrijven terwille van de biologie, terwille van de bevrediging van een niet door profijtjacht opgewekte en bestuurd nieuwsgierigheid en evenmin als een uitvloeisel van anders gerichte bezigheden. De anatomen veroveren in de 16e eeuw een eigen werkterrein. Zozeer volgde de anatomie een eigen weg dat deze in het volgende hoofdstuk beschreven wordt. Vooreerst vestigen wij de aandacht op de ontplooiing van de biologie in het algemeen tot de 17e eeuw.

De biologische kennis van de Middeleeuwse Arabische geleerden overtrof tot het einde van de 12e eeuw die van de Karolingers, die van het Westen. Dan ontpopt zich in Sicilië (Palermo) en in Zuid-Italië (Salerno), de streek waar de Helleense, Romeinse, Noordafrikaanse en Oosterse culturen elkaar treffen, de eerste aanzet voor een herboreren, opnieuw ontwikkelende biologie (III.18).

Van daaruit vinden de levenswetenschappen een vruchtbare bodem in Noord-Italië en Zuid-Frankrijk. In de loop der 13e eeuw neemt Bologna de leiding, op de voet door Padua gevolgd. Montpellier ontplooit zich tegelijkertijd tot een erkend brandpunt van biologische studies. De biologie zet zijn opmars naar het Noorden voort zodat in de 15e en 16e eeuw Frankrijk, de Lage Landen, Engeland en Duitsland ijverige en wakkere biologen huisvesten.

2. *Voorspel der Renaissance*

Pioniers van de 15e-eeuwse Renaissance (ca. 1475-1550) roerden zich al in de 12e en 13e eeuw, geïsoleerd weliswaar maar onmiskenbaar zaaiers van nieuwe inzichten, of het nu beeldende kunsten, literatuur of natuurwetenschappen betrof. De biologische werkzaamheid van Adelard, Frederik II en Albertus werden al besproken. Kenmerkend voor natuurwetenschappelijk vernieuwd denken was bijvoorbeeld ook de verhandeling over het magnetisme (*Epistola de Magneto*) die in 1269 verscheen. De schrijver was Pierre de Maricourt, beter bekend als Petrus Peregrinus (*peregrinus* betekent 'zwerfer': Pierre was een monnik die ter kruisvaart ging). Over zijn geboorte- en sterfdatum is niets bekend; hij stamde uit Maricourt, in Picardië.

Petrus verklaarde dat natuurlijke bewegingen door experimenten beter begrepen kunnen worden en daarom onderzocht hij door weloverwogen proeven de uitwerking van magneten. Dit was een opzienbarende vernieuwing, zozeer dat Roger Bacon, zijn tijdgenoot (zie beneden) *dominus experimentorum* noemde, een meester in het experimenteren.

In de Oudheid was het natuurlijk magnetisme van stukjes erts een bevestiging van de gedachte dat bewegingloze voorwerpen zowel als levende organismen 'bezield' waren, omdat het zelf bewegingloze erts toch in staat was andere voorwerpen (metaal) te doen bewegen. Aristoteles schreef waarnemingen voor, waarnemingen van het ongestoorde natuurlijke beloop, het verzamelen, rangschikken, analyseren en synthetiseren van de feiten, van de ervaren natuurverschijnselen. Dit, oordeelde Aristoteles, is de beste weg om de oorzaken van de levensuitingen te ontdekken, oorzaken van beweging in de natuur te ontsluiten. Elk menselijk ingrijpen in de voltrekking van levensprocessen, in de gang van een beweging, verdoezelt de natuurlijke samenhang en misleidt daardoor de zich rekenschap gevende waarnemer.

Petrus was daar niet meer tevreden mee. Hij koos een voorwerp dat beweging veroorzaakte en bedacht kunstgrepen om dat onzichtbare vermogen nauwkeuriger te leren kennen.

Een Engelse ordebroeder begreep de betekenis van Petrus' bescheiden probeersels. Roger Bacon (1214, Ilchester – 1294, Oxford), was in 1236 naar Parijs gegaan, waar hij tot 1251 bleef, doceerde en studeerde en toetrad tot de franciscanen. Hij becommentarieerde Aristoteles en het kan haast niet anders of de *doctor mirabilis* (Roger Bacons bijnaam) moet de *doctor universalis* (Albertus Magnus' bijnaam) in Parijs ontmoet hebben en misschien ook wel met hem over Aristoteles' leringen gesproken hebben. Al waren zij het in grote trekken eens over de biologische opvattingen van hun grote voorganger toch kwam de franciscaan in later jaren zo fel met de dominicanen en met zijn eigen orde in botsing dat hem het doceren in Oxford verboden werd. Roger Bacon was in 1251 naar Oxford teruggekeerd maar ging opnieuw naar Parijs. Daar werkzaam

werd hij door paus Clemens IV, die hem in bescherming nam, aangemoedigd zijn wetenschappelijk-wijsgerige studies voort te zetten. Groot opzien baarden o.m. zijn *De Mirabili Potestate Artis et Naturae* en zijn *Opus Majus*.

Terwijl hij de scholasten bestreed beriep Bacon zich op Aristoteles, Avicenna en Averroës, die hij als gezaghebbende denkers citeerde ter ondersteuning van zijn meningen. De scholasten weten niet, betoogde Bacon, wat de grondleggers schreven, want zij zijn nog niet eens in staat hen in de oorspronkelijke tekst te lezen en de bestaande vertalingen kunnen maar beter verbrand worden. De natuur moet men om antwoorden vragen, niet de bijbel en evenmin de kerkvaders, en op de keper beschouwd Aristoteles eigenlijk ook niet.

De Oudheid is de jeugd van de wereld. Eerbiediging van de Oudheid, erkenning van de kwaliteit en de grootheid van de klassieke auteurs mogen de voortgang van de wetenschap niet in de weg staan. Wetenschap is nimmer voltooid. Bacon kwam tot de conclusie: "Men moet waarnemen en proefnemen onderscheiden. De gewone man, de leek, neemt waar, is passief, maar de geleerde beproeft, is actief."

Augustinus had de wetenschappen dienstmaagden (*ancillae*) genoemd, dienstmaagden van de theologie. Bacon koos Augustinus als mikpunt met zijn stelling: "De experimentele wetenschap ontleent de waarheid niet aan hogere wetenschappen want zij is de meesteres en de andere wetenschappen zijn haar dienstmaagden."

Met dergelijke stellingen joeg Bacon de scholasten, de augustijnen, de dominicanen en zijn ordebroeders in het harnas. Ofschoon Albertus enigermate in overeenstemming met Bacons uitgangspunten te werk ging en, naar men kan vermoeden, als het biologie betrof, hij eigenlijk meer actief had willen zijn dan zijn omgeving en zijn geloofsregels toelieten, werd hij een verklaarde tegenstander van Roger Bacon. Albertus, leidend scholast en vereerder van Aristoteles accepteerde Bacon niet. De clerus zette hem van 1277-1292 achter slot en grendel wegens uitspraken die ketters gekleurd schenen te zijn. Op hoge leeftijd, twee jaar na zijn vrijlating, stierf Roger Bacon, de geniale vernieuwer van het wetenschappelijke denken. Hij bestudeerde astronomie, fysica, chemie en wiskunde. Wiskunde wees hij aan als het bestanddeel van elk wetenschappelijk onderzoek dat zekerheid verschaft. Met biologie heeft Bacon zich niet noemenswaard bezig gehouden, maar hij wees de weg naar nieuwe activiteiten, naar een nieuwe methode van biologisch onderzoek die verbluffende resultaten zou opleveren, de *scientia experimentalis*.

De Middeleeuwse geleterde of geleerde had het uit de Oudheid stammende woord 'experimentum' overgenomen en bedoelde daarmee, min of meer, 'waarnemen' of 'ervaren', een bezonnen toeschouwen. Hij zag met de ogen van zijn gezaghebbende voorgangers, las wat zij meedeelden gezien te hebben en dit stond gelijk aan zelf zien.

Het woord 'experimentum' duidt aan, van de Oudheid tot in de 15e-eeuwse Renaissance – het werd al uiteengezet (III.1) – het gegeven dat op waarneming rust, een feit dat de niet-verstoorde, aanschouwde, natuurlijke werkelijkheid biedt. Experimenteer, zeggen de auteurs tot in de 15e eeuw, en zij bedoelen daarmee: neem alle levensprocessen, functie en vorm waar, en uit herhaalde en vergelijkende waarneming zal het soms mogelijk blijken een de rede bevredigende oorzaak of verklaring daardoor te ontwerpen. *Discimus experimento*, d.w.z. wij leren door waarneming. Begrip voor de mogelijkheden tot dieper inzicht door middel van een gekozen proefopstelling en geleid verloop van levensverschijnselen ter beantwoording van een gekozen vraag, d.w.z. ons hedendaagse begrip 'experimenteel', ontstaat geleidelijk, stap voor stap.

Napels – 1274, Terracina), twee vrienden, dominicanen, uitnemende scholasten van onaantastbaar gezag, maakten als docenten in Parijs Aristoteles en Platoon populair; uit die bronnen willen christenen daarna gaarne putten.

Niettemin bleven Averroës en zijn aanhangers voor de Kerk en de kerksen verwerpelijke auteurs, ook al vond het Averroïsme in de 13e-eeuwse Parijse Sorbonne vurige aanhangers (III.7). Averroës' leer is, oordeelde de Kerk, in tegenspraak met de almacht Gods en met de schepping. Gods vrije wil en almacht maken alles mogelijk en zij kunnen aan geen aardse natuurwet onderworpen zijn. Een causale of logische verklaring van natuurverschijnselen is daarom geen noodzaak en zoeken daarnaar wordt zelfs, welbeschouwd, een vorm van controle op of wantrouwen in Gods beleid. Etienne Tempier, bisschop van Parijs (1277) verkondigde in 1277 dat als het God zou geloven, er nieuwe 'soorten' kunnen ontstaan (vgl. III.16). Kort gevat: er zijn hemelse wetmatigheden en aardse, en die laatste kunnen van hemelse verschillen en zeker zijn zij beperkter.

De Renaissancistische wetenschappen handhaafden hun aanvankelijke aandacht en respect voor de geschriften der Oudheid, terwijl door bronnenstudie en het opsporen van vergeten of verloren gewaande manuscripten kennis en begrip verdiept en verbreed werden. De biologen van de 14e-16e eeuw bleven, als altijd, het werk van de klassieken bestuderen en vereren, allengs echter minder als napraters en meer en meer als vakgenoten met een eigen oordeel. Biologie dient 'ratio' – de rede – en 'empirie' – de ervaring – te gehoorzamen; dat werd al eeuwenlang betoogd en niet nageleefd. Nu, gaandeweg, kreeg de leuze inhoud.

Wat leeft bezit vorm en bezit functionerende organen: elk levend wezen blijkt een microkosmos, een zichzelf handhavende eenheid binnen de macrokosmos, daar wezen de Pythagoreeërs al op. In de late Middeleeuwen wil men de vorm van de organen beter kennen en doorzien en daar in verband mee, hun functie. Dan moeten inwendige en uitwendige bouw bestudeerd worden, vooreerst anatomie en morfologie (V, VIII), daarna fysiologie (VI).

3. *Willem van Ockham: theologie en natuurwetenschap wezenlijk verschillend*

Willem van Ockham (ca. 1285, Ockham?, in Surrey – ca. 1349, München) wordt ook als Occam aangeduid of vanwege zijn slagvaardigheid bij het disputeren waardoor hij 'onoverwinnelijk' bleek als *doctor invincibilis*.

Na studie in Oxford (de magistertitel kreeg hij niet) ging hij als franciscaan naar Parijs waar hij enige tijd doceerde. De Paus ontbood hem naar Rome waar zijn uitlatingen ketteren werden bevonden, zij het niet strafbaar.

Na vier jaar aan het pauselijk hof te hebben doorgebracht werd de grond hem toch te heet onder de voeten en hij reisde in 1328 naar Duitsland waar hij de Keizer in diens oorlog tegen de Paus steunde. De ketterijen moesten bij de Paus gezocht worden, vond hij, niet bij hem, maar dat betekende dat hij in de ban werd gedaan en uit de orde gestoten. Omstreeks 1349 stierf hij aan de zwarte pest en men begroef hem toch in gewijde grond, in een franciscanenkerk.

Hij was een der grootste en schranderste theologen uit de late Middeleeuwen en hoewel hij evenmin als Roger Bacon, zijn landgenoot en ordebroeder, zich noemenswaard met biologie bezighield, hebben zijn opvattingen evenzeer de ontwikkeling der biologie

beïnvloed. Hier slechts een aantekening.

De scholasten, betoogde Ockham, verdedigen dat de stellingen van de kerkleer de algemeen geldige waarheden bevatten en dat van deze stellingen uit de bijzonderheden, d.w.z. de slechts voor beperkte terreinen, voor begrensde wereldse vraagstukken geldige waarheden af te leiden zijn. Verkeerd om, betoogde Ockham, zij doen alsof men een paard optuigt en begint bij de staart.

Concrete dingen, waarneembare voorwerpen en feiten, zijn de eerste werkelijkheid en daar moeten algemene waarheden uit afgeleid worden: *Universalia post rem* (III.26). Resoluut wees Ockham de uitleg van Aristoteles' leer volgens Albertus Magnus af. Aristoteles ontwierp zijn 'categorieën' (X) waarlijk niet op grond van een inzicht en volgens een a priori gegeven rangschikking van de dingen zelf. Met behulp van namen of tekens (*signa, termini*) duidde Aristoteles categorieën aan nadat zij uit de individuele dingen waren afgeleid (nominalisme).

Eigenlijk gaven Albertus en Thomas van Aquino de leer van Aristoteles een Platonistische wezenstrek, meende Ockham, en dat is in tegenspraak met wat Aristoteles wilde en deed. Aristoteles was nominalist, is zijn conclusie, en daar had hij vrijwel, als het om biologische vraagstukken en vraagstellingen gaat, gelijk aan.

Slechts evidente, waarneembare feiten en de kennis daaruit verworven, geven zekerheid, een mate van zekerheid die kennis voortvloeiend uit 'ratio' (d.w.z. logisch denken van een ingenomen standpunt uit) te boven gaat. Over individuele dingen en voorwerpen die te zamen de werkelijkheid vormen, mag men denken, schrijven en spreken, door middel van 'termen', door woorden die een 'concept' inhouden. Een concept maakt redenering pas mogelijk, staat voor een 'begrip', bijvoorbeeld voor een 'genus' of 'soort'. Theologie en (natuur)wetenschap zijn wezenlijk andere aangelegenheden; men moet hen, kort en goed, scheiden (en daarmee zegt Willem ronduit wat Albert droomde; III.19). In de theologie heersen andere eigen wetten en andere eigen waarheden. Ten leste ontstaat elk weten door innerlijk schouwen ná uiterlijke waarneming.

Ockham vatte zijn methode samen in de *lex parsimoniae*, de wet van de spaarzaamheid: naarmate een betoog minder *abstracta* bevat, des te groter is de bewijskracht. Daarmee legde hij een grondslag voor Descartes' vier Règles, de 'Méthode' (zie V.21).

Intussen moet de invloed van deze 14e-eeuwse theologisch-wijsgerige discussies op de natuurwetenschappen, op de biologie, hoe ingrijpend en veelbelovend zij ook waren, niet overschat worden. Het bleef een algemeen aanvaarde en in de 14e eeuw niet weersproken opvatting, dat een magneet niet in gewicht toeneemt als er een stuk ijzer aan gehangen wordt. Niemand probeert het. De meningen vormden zich niettemin; Bacon, Ockham trokken bouwvoren in braak liggende akkers. De techniek, die de problemen, de discussies en de informatie in wijde kring bekend zou maken, liet niet lang op zich wachten.

De betekenis van de boekdrukkunst werd in de tweede helft van de 15e eeuw voor de wetenschap, en zeer bijzonder voor de biologie, van niet hoog genoeg te schatten betekenis. Een ongekend grotere mogelijkheid voor verbreiding van kennis en standpunten kwam beschikbaar. Vele biologische werken verschenen in druk nadat zij al eeuwenlang als zeldzame manuscripten in omloop waren. Zij worden bereikbaar voor wie kan lezen. Kopisten kunnen de bronnen niet langer vertroebelen.

4. *Bartholomaeus Anglicus' encyclopedie na twee eeuwen gedrukt*

Een van de eerste gedrukte boeken die vooral op de levende natuur gericht zijn was het werk van een Engelse franciscaner monnik, Bartholomaeus Anglicus (?1180, in Engeland – na 1250,? Maagdenburg), tijdgenoot van Thomas van Cantimpré, minder ijverig maar misschien omdat zijn boek heel wat minder lijvig was, een graag gelezen auteur.

Bartholomaeus was ca. 1230 lector in Parijs en woonde een jaar later in Maagdenburg waar hij waarschijnlijk bleef en waarschijnlijk na 1250 gestorven is.

Zijn hoofdwerk schreef hij hoe dan ook, vóór 1260. Het kreeg de titel *Liber de Proprietatibus Rerum* (19 'boeken'), een encyclopedie waarin de stof naar heersend gebruik geordend was. Bartholomaeus verwees naar vele bronnen, met een voorkeur voor de Oudheid. Het biologische werk van Albertus Magnus heeft hij niet gekend en de geschriften van Vincent van Beauvais schijnen hem nimmer bereikt te hebben.

Na het in druk verschijnen van Plinius' *Naturalis Historia* (1469) werd Bartholomaeus' boek van minder biologisch belang. Het kwam in 1470 van de pers. In 1485 verscheen het in Nederlandse vertaling, het oudste natuurhistorische boek in onze taal, onder de titel Bartholomeus Engelsman van den Proprieteiten der Dinghen, door Jacob Bellaert van Zierikzee te Haarlem gedrukt.

Tevoren waren al geïllustreerde uitgaven in Frankrijk en Engeland verschenen. Het boek werd een best-seller. Meer dan 25 edities in de 15e eeuw en nog 7 of 8 in de 16e eeuw. Daarna was de belangstelling verdwenen.

Bartholomaeus wijdde eerst aandacht aan God (boek I), aan de engelen (boek II), aan de ziel (boek III). Het menselijk lichaam volgt, de bekroning van de schepping (boek IV en V) en het menselijk bestaan in wel en wee (boek VI en VII). Als sieraden van lucht en water worden de vogels en de vissen ten tonele gevoerd (boek XI, XII, XIII). De vogels krijgen alfabetisch enige aandacht, de vissen worden wat vrijer in ogeschouw genomen. Het boek dat *De Arboribus et Herbis* heet (boek XVII, Over de Bomen en de Kruiden) maakt ons bekend met geneeskrachtige planten, alfabetisch opgesomd en voorzien van wat Aristoteliaanse tekst. Enige kritiek wil Bartholomaeus hoe volgzzaam hij zich ook toont, niet achterwege laten: dat de wezel met zijn oren paart en door de bek baart vermeldt hij wel maar laat het voor rekening van andere berichtgevers.

5. *Puch der Natur, Konrad von Megenbergs bloemlezing*

Omstreeks ter zelfder tijd als Bartholomaeus' *Liber* verscheen Puch der Natur (ca. 1475), dat binnen 25 jaar in 6 of 7 edities in omloop kwam en als leerboek in kloosterscholen 200 jaar lang aftrek vond. Het manuscript was in 1349 al gereed. Auteur was Konrad von Megenberg die Thomas de Cantimpré's geschriften bewerkte en die het uittreksel verrijkte met een groot aantal citaten uit de Oudheid en vroege Middeleeuwen. Tevens voegde Konrad het gebruikelijke mengelmoes van fabels, volksvertellingen en astrologische praat scheutig toe.

In de 16e eeuw raakte het Puch der Natur vrij spoedig op de achtergrond maar het bleef toch nog lange tijd een bron van informatie voor biologische verhandelingen.

Het Puch is op overeenkomstige wijze ingedeeld als het werk van Thomas de Cantim-

pré en van Bartholomaeus Anglicus. Zes verhandelingen zijn aan het dierenrijk gewijd, over landdieren, vogels, zeemonsters, vissen, slangen en 'wormen'.

Het plantkundige deel houdt zich vooral bezig met geneeskruiden en aromatische gewassen, waarbij hun uitwerking de meeste aandacht krijgt. Meer dan vijftig boomsoorten komen aan de orde en het Puch der Natur handelt (in 1482) over enige tientallen plantesoorten meer dan in Thomas' *De Naturis Rerum* te vinden zijn. De toegevoegde illustraties zijn bedoeld als natuurgetrouwe afbeeldingen. Men behoort de poging daartoe – die na vele honderden jaren weer een eerste toeleg is om planten naar het leven te tekenen – te waarderen. Hij liet bijna 200 van de door Thomas besproken diersoorten weg.

Konrad von Megenberg (1309, Mainberg bij Schweinfurt – 1374, Regensburg) die ook Chunrad von Maidenberg genoemd werd, was een Beierse dominicaan, die een paar dozijn werken over politiek en theologie schreef. Het enige van biologische betekenis was zijn Puch der Natur. Na een studie te Erfurt ging hij naar Parijs (?1329-?1337) waar hij zijn studies voortzette en Magister werd. Hij keerde naar Erfurt terug, was daarna in Wenen werkzaam en ging in 1341 naar Regensburg waar hij domheer werd en waarschijnlijk tot zijn dood bleef wonen.

6. *Herbarius zu Teutsch*

Tussen 1483 en 1485 verscheen een *Herbarius*, ook *Herbarius Mogentinus* genoemd (omdat het in Mainz, in het Latijn *Mogentia*) gedrukt werd. Het had een verbazend succes omdat het de verzamelde gegevens over geneeskruiden en hun toepassingen bekend maakte. In de 15e en 16e eeuw verschenen meer dan 30 edities, deels in het Latijn, deels in andere talen. Het boek was met ongeveer 150 lompe houtsneden geïllustreerd. Bijna 200 plantesoorten zouden herkenbaar zijn (Louis 1977, p. 395-401).

Tallose latere (*Horti sanitatis*) verschenen, gecombineerd met de Mainzer *Herbarius*, op allerlei manieren uitgegeven en in verschillende talen onder verschillende titels. De Duitse editie van 1485 zou Johann Wonnecke von Caub (alias Johannes von Cuba), uit Kaub aan de Rijn afkomstig en van 1484-1503 stadsgeneesheer van Frankfurt, samengesteld hebben.

Louis, die een gedetailleerd overzicht gaf van laat-15e-eeuwse geneeskruidboeken (1977, p. 391-414) vermoedt dat Von Caub ten onrechte als auteur beschouwd werd. Omdat deze groep publikaties nauwelijks invloed op het biologische denken heeft uitgeoefend is voor ons doel de kwestie niet van belang. De *Herbarius* had ongenoemd kunnen blijven. Arber citeerde echter (in vertaling) het voorbericht van de *Herbarius zu Teutsch* vrijwel volledig; het is een treffend getuigschrift over de visie van een laat-15e-eeuwse medicus-bioloog. Ik lichtte hier enige fragmenten uit, die aantonen dat zijn uitgangspunten eigenlijk dezelfde zijn als die tweeduizend jaar geleden gegolden hadden, een herhaling maar nu met bijbels-christelijke accenten.

“Dikwijls en herhaaldelijk heb ik bij mijzelf de wonderbaarlijke werken van de Schepper van alle natuur overwogen. Hoe Hij in den beginne de hemelen vormde en die met de goedgunstige stralende sterren tooide, welke Hij vermogen en macht verschafte om alles op dit ondermaanse te beïnvloeden. Ook hoe Hij vervolgens de vier elementen schiep: vuur, heet en droog; lucht, heet en vochtig; water, koud en vochtig; aarde, koud en droog, en aan ieder de eigen aard verleende.

En hoe nadien de Opperheer der Natuur de kruiden van velerlei soort en dieren van alle soort maakte en vormde, en ten allerleste de Mens, het edelste van al het geschapene.”

Johannes deelde mee dat het ondermaanse van die sterren het nodige ontvangt (Platoon) en dat, levend of dood, alles uit vier elementen (Empedokles) opgebouwd is. Voor de mens zijn een goede menging en goede verhoudingen van de elementen noodzakelijk voor zijn welzijn (Hippokrates).

Elke ontregeling van het bestel der elementen maakt de mens ziek. Gelukkig geeft de Schepper ons ook medicijnen die de harmonie van de elementen weer kunnen herstellen. Daarom besloot hij – Johannes – een boek te maken over geneeskruiden en medicijnen, waarin hun nut en werking zou worden beschreven, samen met hun ware kleur en gedaante.

“Dientengevolge liet ik dit prijzenswaardige werk beginnen door een geleerde Magister in de heelkunde, die op mijn wens in een boek de werking en aard van vele geneeskruiden bijeenbracht uit de erkende geleerden der heelkunde, Galenos, Avicenna, Serapio, Dioskorides, Pandectarius, Platearius en anderen.”

Als bronnen bij de voorbereiding van de *Herbarius* door de geleerde Magister staan hier de werken van zes erkende heelmeesters vermeld; vier er van heb ik besproken. De twee andere zijn Serapio(n) en Pandectarius.

Twee Serapions schreven medisch-farmaceutische overzichten, de ene een Syrische dokter uit de 10e eeuw, die o.m. *Pandectae* publiceerde, de andere waarschijnlijk een Griekse apotheker die aan het slot van de 11e eeuw een *Liber Aggregatus de Medicamentis Simplicibus* maakte. Wie de Magister bedoelde is onzeker. Met Pandectarius bedoelde hij Mattheus Sylvaticus, de lijfarts van Robert van Sicilië, een 14e-eeuwse Italiaanse heelmeester, wiens *Opus Pandectarum Medicinalium* in 1474 te Bologna in druk verscheen en dat toentertijd recente literatuur was.

Johannes had bemerkt dat vele waardevolle geneeskruiden niet in de Duitse landen groeien, “zodat ik hen niet in hun ware kleuren en gedaante kon tekenen, behalve volgens horen zeggen”. Daarom besloot hij de pen neer te leggen en een reis naar de Balkan, de Middellandse Zee, het Midden-Oosten en Noord-Afrika te maken om daar de planten te zien, die hij wilde bespreken.

“En nadat ik, door Gods genade, naar Duitsland en mijn woning teruggekeerd was, dreef de liefde die ik dit werk toedroeg mij er toe het te voltooiën en nu, met Gods hulp, kwam het gereed. En dit boek werd in het latijn *Ortus Sanitatus* genoemd, en in het Duits Gart d’Gesuntheit. In deze tuin treft men de kracht en de werking aan van 435 planten en andere geschapen dingen, die voor de gezondheid der mensen dienen en overal in de artsenswinkels van de apothekers gebruikt worden. Hiervan verschijnen er 350 hier zoals ze zijn, in hun ware kleuren en gedaante. En opdat het van nut zou zijn voor alle mensen, geleerd en ongeletterd, liet ik het in de Duitse taal samenstellen.”

De volkstaal, d.w.z. het humanistische nieuwe standpunt, had erkenning gevonden.

Het *Herbarium Pseudo-Apuleii* (II.18) verscheen gelijktijdig in druk (1484) met de *Herbarius* zu Teutsch. De illustraties van het *Herbarium* zijn het krachtloze, afgetakelde, vervormde, eigenlijk onbruikbare restant na eeuwen kopiëren; een slotfase. De *Herbarius* bevat verrassend frisse, jonge, rake plantportretten; het is een inspirerende, nieuwe aanpak. Decoratief, gestileerd afbeelden, het aftrekkel van een eeuwenoude traditie (zie IV.5, Konrad von Megenberg), moet wijken voor een naturalistische weergave.

Wel zijn deze laat-15e-eeuwse publikaties voor de voortgang van de biologie van weinig belang maar toch, als historische documenten zijn zij gewichtig. De houtsneden in de *Herbarius zu Teutsch* bieden voor 't eerst in de geschiedenis botanisch en zoologisch deugdelijke informatie aan. Zij gaan, wetenschappelijk, alle vroegere afbeeldingen verre te boven en vijftig jaar lang zullen deze tekeningen, in hout gesneden steeds opnieuw in natuurhistorische boeken verschijnen.

Vijftig jaar na de *Herbarius zu Teutsch* zetten de Duitse Vaders der Plantkunde de volgende stap: de kruidboeken ondergaan een gedaanteverwisseling, allereerst door de verbazend veel betere afbeeldingen bij Brunfels.

7. *Brunfels laat planten natuurgetrouw tekenen*

Otho Brunfels (?1464, Braunfels bij Mainz – 1534, Bern) publiceerde een driedelig boek, *Herbarum vivae Eicones*, waarvan het eerste deel in 1530 (herdruk in 1532), het tweede in 1531 (herdruk in 1536) en deel drie in 1536, twee jaar na zijn dood verscheen. De drie delen verschenen in één band nogmaals in 1537 en in 1539. De Duitse uitgave kreeg de titel *Contrafayt Kreuterbuch* (deel I in 1532 en deel II in 1546).

Brunfels, een karthuizer monnik, werd protestant (luthers) en ontvluchtte het klooster om bovenmeester in Straatsburg te worden. Tevoren was hij een zwervende lutherse predikant en in Straatsburg zette hij zijn theologische studies voort doch verwisselde na enige jaren de theologie voor de medicijnen, promoveerde in Bazel (1530) en stierf als stadsarts van Bern.

Zijn platenboek maakt hem onsterfelijk. Hij is de eerste bioloog die volstrekt natuurgetrouwe afbeeldingen van planten publiceert, houtsneden hoogstwaarschijnlijk door Johannes Weyditz (Weydig) vervaardigd, die zich een waardig leerling van Dürer toonde. Brunfels stamt uit de streek waar de *Herbarius zu Teutsch* de botanische renaissance had aangekondigd door de nieuwe stijl van illustreren. Kan dit Brunfels geïnspireerd hebben?

Evenwel bleef Brunfels' toelichting bij de afbeeldingen beneden de maat. Zijn povere tekst ontleende hij aan Zuideuropese auteurs en omdat hij Dioskorides slordig napraat, beweert hij dat planten die nabij de Middellandse Zee inheems zijn, ook langs de Rijn ter hoogte van Straatsburg groeien. Elk begrip van plantengeografie was hem vreemd en dit verleidde hem tot foute identificaties.

Hij heeft in de natuur naar planten gezocht, trachtte soorten te vinden die Dioskorides vermeldde samen met hun toepassing. Het pleit voor hem, dat hij in weerwil van foute beslissingen soms inzag dat hij andere niet vermelde gewassen gevonden had. Dat betekende dat zij geen waarde hadden als geneeskruid (want het bruikbare moest uit Dioskorides mededelingen volgen) en daarom noemde Brunfels zulke planten *herbae nudaе*, van alle nut gespeende kruiden.

De nieuwe tijd veroorzaakt dat hij die *herbae nudaе* toch in zijn boek opneemt. Belangstelling mag het nut verwaarlozen: de renaissancist wil alle schatten der wereld, der natuur, kennen. Hij beschreef ca. 100 genera en liet ruim 200 soorten afbeelden.



Fig. 14. Tekening van het verzamelen van geneeskruiden, gemaakt volgens een plaat in een 15e-eeuws manuscript dat nu verdwenen is. De berghelling is begroeid met verschillende planten. Eén kruidenzoeker graaft wortels op (*rhizotomos*) en een andere klimt in een eikeboom om een maretak te bemachtigen. (Plaat XXII in de Atlas behorend bij Piero Giacosa's *Magistri Salernitani*, Turijn, 1901.)



Fig. 15. In Brunfels, *Herbarium vivae Eicones* (1530) wordt *Primula veris* (met knikkende bloemen) *Herba paralysis* genoemd (verlamningskruid). Als voorbeeld van 'signatuur' zijn de wortels horizontaal getekend, de houding van een liggende. (Ontleend aan Anderson, *An Illustrated History of the Herbals*, 1977.)

8. *Bock onderzoekt Gods natuur ter plaatse*

Brunfels wist zijn vriend en medeprotestant Jeroen Bock (Hieronymus Tragus in het Latijn en voor de geleerde wereld) over te halen zijn botanische studies in druk te laten verschijnen. Bock (1498, Heidersbach, ten N. van Heidelberg – 1554, Hornbach) slaagde als kloosterling evenmin als zijn vriend. Hij werd schoolmeester in Zweibrücken en hortulanus bij de Paltsgraaf. Na diens dood (1532) ging hij naar Hornbach, als arts, prediker en botanicus maar raakte door zijn protestantse overtuiging in moeilijkheden waar graaf Philips van Nassau hem uit redde uit dank voor zijn medische hulp tijdens een ernstige ziekte. Hij keerde – na een verblijf in het grafelijke kasteel in Zweibrücken, waar bij veilig was – als predikant naar Hornbach terug, waar hij stierf.

Voor Jeroen Bock is God de almachtige, die de planten schiep, de eerste tuinman, planter en teler van alle *simplicia* (II.4) “Want”, zo zegt Bock, “voor en alear de mens geschapen werd, zijn immers alle gewassen met hun aanminningheid, kunstige tooi, kracht en werking uit de lieve aarde gekropen, door God toegerust met voorzieningen tegen alle rampspoed”.

Dat had Bock in de bijbel gelezen (Genesis 1 : 11-13) en hij vond meer botanische informatie in Genesis 2 : 19: Adam is de tweede botanicus want “die gaf alle planten hun ware naam.” Kaïn en Noach noemt hij daarna als plantkundigen en vervolgens komen de Chaldeeërs en de Egyptenaren, daarna de Grieken, waarbij hij 1 Kon. 4 : 33 over het hoofd zag, waar Salomo als botanicus aan het woord is.

Ik citeer deze uitlatingen, omdat zij laten zien dat Bock (protestant) de bijbel als uitgangspunt voor wetenschappelijk denken verkiest boven de kerkvaders, terwijl hij tegelijkertijd als een grondlegger de plantkunde in Duitsland vernieuwt.

In 1539 verscheen zijn ongeïllustreerde *New Kreutterbuch*, dat als tweede editie in 1546 met bijna 600 kleine houtsneden verlucht werd, die lang niet alle origineel waren, maar deels overgenomen uit het werk van Fuchs (IV.9). David Kandel maakte bovendien veel nieuwe houtsneden en voegde aan de plantplaatjes mensen en dieren toe, maar bleef gevoelig bij Weyditz (IV.7) ten achter.

Bock beschreef ca. 800 taxa, die hij in drie groepen rangschikte: wilde planten met geurige bloemen; klavers, grassen, eetbare en slingerplanten; bomen en struiken. In 1630 werd *New Kreutterbuch* voor het laatst opnieuw uitgegeven (meer dan 10 edities in totaal) en intussen had de arts David Kyber (1525-1553), die 28 jaar oud aan de pest stierf, een Latijnse vertaling gemaakt: *Hieronymi Tragi de Stirpium* (1552).

Bock was een bekwaam fytograaf. Bij zijn plantbeschrijvingen, die beter zijn dan alle vroegere, voegde hij details over de verspreiding en de groeiplaats. Hij beschreef slechts planten die hij gezien had, en van bijzondere betekenis is het dat hij “so vil der selben im Teutschen land ihm zu handen gestossen” in beschouwing nam.

Het *New Kreutterbuch* verscheen in het Duits, het Duits van die dagen. Een vertaling in het Latijn, noodzakelijk voor de entree in de geleerde wereld, was noodzakelijk en werd vervaardigd, precies de omgekeerde gang van zaken als bij Brunfels' boek het geval geweest was. De zestiende eeuw eiste gelijkwaardigheid, zowel Latijn als de volkstaal.

Bock aanvaardt geen keuze begrens door het nut van de plant (geneeskruid, voedsel); hij behandelt elk taxon dat hij aantreft met dezelfde warme belangstelling. Mede daarom krijgt zijn werk wetenschappelijke kwaliteit. Bovendien kijkt hij niet slechts onderzoekend rond in de natuur: hij kweekt ook planten ter nadere bestudering.

Met St. Jan draagt de koningsvaren (*Osmunda*) zaad, zegt men. Bock moet er het fijne van weten en brengt vier nachten in het bos door, waarbij hij aantekent tijdens dat avontuur bepaald geen tovermiddel, magie of bezwering te hebben toegepast. Aan die onzin hecht hij niet. Wel vindt hij in het bos “kleine zwarte korrels, die op papaverzaad leken”. Wat die waren laat zich slechts raden en terwijl blijkt dat Bock niet met lege handen huiswaarts wilde gaan, staat ook vast dat hij initiatief toonde en onderzoeken wilde, zelf wilde constateren. Met zijn bosbezoek was hij niet tevreden: hij legde varenbladeren op doeken. En kon daarna bekend maken dat varens zich wel degelijk door zaad voortplanten.

Hij besloot tot ‘verwantschap’ tussen paddestoelen en vogellijm: hij plaatste hen in zijn boek bijeen want zij groeien beide op bomen. Maar hij zag toch ook onderscheid. Bock kende 12 verschillende paddestoelen en merkte op dat het geen planten zijn, want zij bezitten geen wortels, noch bloemen of zaden. Het zijn “overtollige vochten uit de aarde, hetzij uit rottende bomen of uit andere rottende dingen. Zij komen daarom vooral na regen en onweer te voorschijn”. Omdat zij zonder bevruchting ter wereld komen bracht Bock een uitlating van Porphyrius in herinnering die om die reden de *fungi* en *tubera* de ‘kinderen der goden’ genoemd had. Toen Bock het wenselijk oordeelde om dit punt te citeren moet hij toch zeker aan de bijbelse analogie gedacht hebben maar hij laat een verwijzing daarnaar wijselijk achterwege.

9. *Fuchs' kruidboek wordt het standaardwerk*

Brunfels, Bock en Gesner (IV.13) hielpen daadwerkelijk en door hun publikaties bij de totstandkoming van *De Historia Stirpium* door Leonhardt Fuchs (1501, Wemdingen in Beieren – 1566, Tübingen). Het verscheen in 1542 te Bazel bij de drukker-uitgever Isingrin. Het was een doorslaand succes: reeds in 1543 kwam een Duitse vertaling van de pers met de titel *New Kreüterbuch* en in hetzelfde jaar een Nederlandse getiteld *Den Nieuwen Herbarius*. In 1549 drie Franse uitgaven, een editie met commentaar in het Frans in 1558, en er zijn meer edities in meer talen.

Meer dan 500 taxa (400 wild in Duitsland en 100 gekweekt of exoten) behandelde hij, maar hem ontbraken Bocks zelfstandig denken en schrijftalent. Voornamelijk de meningen der voorgangers – die hij niet selecteerde maar sommeerde waardoor veel onnodig herhaald werd – telden voor hem.

Ieder aan een plant gewijd hoofdstukje wordt zorgvuldig ingedeeld: in volgorde een paragraaf over de naam (in allerlei talen, met toelichting), het uiterlijk van de plant, van de bloem, vrucht enz., de groeiplaats, de levenscyclus en tenslotte de opsomming van zijn (medische) eigenschappen.

De afbeeldingen zijn bijzonder fraai (ofschoon ten dele niet origineel) en de tekenaars Heinrich Fülmauer en Albert Meyer, samen met houtsnijder Veit Rudolf Speckle, behoren hier met lof vermeld te worden. Zij werden overigens ook toen gewaardeerd, want evenals de auteur staan zij geportretteerd bij hun werk. Kenmerkend voor de nieuwe opvattingen, die al bleken uit de gelijkwaardigheid van de taal der geleerden en die van het volk bij de uitgaven van Brunfels en Bocks boeken is dat zowel de schrijver als de tekenaars als deelgenoten bij het vervaardigen van het boek staan afgebeeld.

Fuchs was luthers, classicus en arts; hij werd hoogleraar in Ingolstadt, later in München. Hij schreef in lutheraanse stijl:



Fig. 16. Fuchs op 42-jarige leeftijd. Hij was de eerste die zich met nadruk als veldbioloog aandiende (1543) en droeg als veldwerker dan ook een warme mantel. In zijn hand, naar de mening van mevr. drs. C. S. Oldenburger, waarschijnlijk Weisz Veiel, dat Fuchs aanprijst om de scherpthe van de blik te vergroten. (Uit Fuchs' Neue Kreüterbuch . . .; ontleend aan facsimile-uitgave van Kochler, Leipzig, 1938; Biohistorisch Instituut, Utrecht.)



Fig. 17. Weisz Veiel, *Hesperis matronalis* (damastbloem), in Fuchs' Neue Kreüterbuch afgebeeld (tab. CCLVII). Tijdens het tekenen verlepte de plant. (Biohistorisch Instituut, Utrecht.)

“Maar, bij de onsterfelijke God, moet men zich er over verbazen, dat koningen en prinses niet de minste belangstelling tonen voor het beoefenen van de studie der planten, als zelfs de artsen dit zozeer nalaten, dat het ternauwernood mogelijk is, er één op de honderd te vinden, die een degelijke kennis bezit van ook maar weinig soorten?” . . . “Maar niets belet mij om niet veel uitvoeriger te spreken over het genoeg en het welbehagen dat verwerven van kennis der planten meebrengt, omdat niemand kan beweren dat iets plezieriger is in het leven en genoegelijker, dan door bossen, over bergen en in dalen te zwerven, bekranst en versierd met bloempjes en planten van allerlei aard, die daarenboven allersierlijkst zijn, en hen ook met grote aandacht te bekijken. En het verhoogt nog het genoeg en welbehagen in sterke mate, als daar nog de kennis van deugden en krachten dierzelfder planten aan toegevoegd wordt.”

Hij beeldde, 50 jaar na het eerste bezoek van Europeanen aan Amerika, de eerste Amerikaanse planten af, zoals *Zea mays* en *Cucurbita maxima* (de pompoen).

Fuchs' *De Historia Stirpium* is het meest aantrekkelijke kruidenboek van de 16e eeuw. Vele tekeningen in folio geven de habitus uitstekend weer, maar de bloem krijgt geen bijzondere nadruk. Fuchs doet geen poging om tot een classificatie te komen. Toch verwerpt hij, evenals Bock, een alfabetische rangschikking, omdat die 'onnatuurlijk' is. 'Verwante' planten behoren bij elkaar te staan meent Fuchs en dan bedoelt hij met 'verwant' iets heel anders dan de huidige taxonoom (X). En Fuchs streeft welbewust naar een terminologie die met de morfologie verband houdt.

De borstels (of het vliegorgaan) op de vrucht van de composieten heten sinds Fuchs *pappus*, en *stamina* (meeldraden) zijn “de spitsjes die uit het midden van het bloembekertje omhoogsteken en ze worden zo genoemd, omdat ze zich uitstrekken als draadjes [*stamen* is Grieks voor 'draad'] uit het hart der bloem”.

Fuchs publiceerde nog een Dioskorides (II.16) in 1547 en in 1555 een apothekersreceptenboek. In 1551 kwam hij Vesalius (V.11), die het zwaar te verduren had, te hulp met een *Epitome* (d.w.z. Samenvatting). Kort voor een herziene en vermeerderde uitgave van zijn *Historia* het licht zou zien, stierf hij.

De zorg waarmee de tekenaars de planten tekenden ging zo ver, dat insectenvraat (gaatjes) in de bladeren keurig weergegeven werden. Als de plant verwelkte tijdens het tekenen dan ziet men op de plaat de bladeren slap hangen.

De illustraties in *Historia Stirpium* werden vele malen opnieuw gebruikt, bijvoorbeeld door Dodoens, Turner, Bauhin, D'Aléchamps en anderen. Dat lag voor de hand. De houtsneden waren verreweg de mooiste ooit gemaakt en is er geen reden te bedenken waarom uitgeverij die boeken publiceren waar (steeds maar weer) dezelfde planten besproken worden de beschikbare blokken niet zouden gebruiken. Zelfs verschenen de platen meermalen te zamen als plaatjesboeken die in de 16e eeuw goed verkocht werden.

10. *Cordus'* voorbeeld en nalatenschap

Bocks initiatief werd overtroffen door Valerius Cordus (ook Cordes gespeld; 1515, Siemertshausen, bij Marburg – 1544, Rome), die na op 16-jarige leeftijd aan de universiteit van Marburg afgestudeerd te zijn, lange reizen maakte om de planten waar de klassieke auteurs over geschreven hadden op hun natuurlijke groeiplaats te vinden en zo

met groter waarschijnlijkheid hun identiteit vast te stellen. Cordus had bemerkt dat de artsen geneeskruiden voorschreven zonder precies te weten om welke plantesoort het nu ging en dat zij daardoor fouten maakten. Bij het onderzoek naar de identiteit van de geneeskruiden was het hem vooral om Dioskorides begonnen. *Adnotationes ad Dioscoridem* werd het resultaat en het onderwerp van zijn voordrachten aan de universiteit van Wittenberg. Uit het collegedictaat van een van zijn studenten werden de *Adnotationes* bijeengebracht en vijf jaar na zijn dood gedrukt (1549).

Valerius' vader was arts. Hij leefde van 1486-1535 (geb. te Siemertshausen (Marburg) en te Bremen gestorven). Euricius Cordus schreef een *Botanologicon* dat in 1533 verscheen. Het verbaast ons niet dat hij een felle lutheraan was; zijn zoon heeft zonder twijfel in zijn jeugd de stimulans gevoeld de plantkunde te beoefenen.

Valerius trok in de zomerhitte door Midden-Italië, in de 16e eeuw een uiterst zware tocht die hij ondernomen had op zoek naar planten. Een paard trapte en verwondde hem en hij stierf te Rome, waar hij rust en genezing gezocht had.

Historia Stirpium Libri III Posthumi is een beschrijving van ca. 400 plantesoorten, de meeste uit Duitsland, die hij daar had bestudeerd. Het was reeds in 1540 voltooid, maar het verscheen te zamen met de tweede druk van *Adnotationes* (1561). Möbius (1937, p. 29) vermeldde een merkwaardige, herhaalde drukfout. Men leest 'Odi' als er 'Cordi' moet staan. De oorzaak is dat in het te drukken handschrift de naam 'Cordus' of 'Cordi' gespeld werd door een hartfiguurtje voor 'Cor' (= hart). De zetter maakte daar steeds een O van.

Cordus' beschrijvingen zijn levendig, raak, en de beste die tot dusverre gemaakt werden. Bodenheimer (1958, p. 224/5) citeerde uitvoerig; ik koos daaruit een fytografisch gedeelte, dat de vernieuwing duidelijk aantoonde. Over *Vitex agnus-castus*:

"De bladstelen ontspringen uit een knoop, aan weerszijden, de ene tegenover de andere, veel korter dan een palm, glad en dun, en op de top daarvan verschijnen vijf of zeven of soms meer bladeren, alle uit een gemeenschappelijke oorsprong zoals een mensenhand of zoals de bladeren van hennep, lang, smal en puntig, met een rechte, gerichelde lengtenerf zolang als het blad is, en zoals bij een olijfblad, maar zij zijn veel langer en veel slapper, groenachtig van boven en grijsachtig en ietwat stoffig van onderen. De bladeren vallen in de winter af. Het grootste en langste blad is het eindblad, de anderen zijn wat korter, aan weerszijden, en dit des te meer naarmate zij verder van het eindblad verwijderd zijn. De laatste twee, of soms één, is erg klein.

De bloei valt in juni en juli, op de gevorkte top van de lange, rechte twijgen. De bloem is klein, langwerpig, hol, met een langere zoom (*labrum*) en vijf maal ingesneden, waaruit kleine en middelgrote meeldraden (*stamina*). Deze gehecht aan een klein, groen of grijsachtig kommetje (*caliculus*) zoals de bloemen van lavendel of roosmarijn, en onderling even groot, naar alle kanten gekeerd en in enige kransen geplaatst rondom de twijgjes, zodat zij een onderbroken lange aar (*spica*) vormen. Van binnen zijn de kleine bloemen blauwpurper, van buiten witachtig blauw, in de holte van elk kommetje één."

Cordus weet te berichten dat varens géén bloemen of zaden voortbrengen, maar zij produceren een poeder (*hirsuto flavoque pulvere*), dat op de rugzijde van het blad kleeft. Door middel daarvan plant de varen zich voort. En dat geldt voor alle varens, zegt Cordus (*Hist. Stirp. III, cap. 177, De Trichomane*). Hij ontdekte de wortelknolletjes van de vlinderbloemigen; en de bladeren van de zoethoutboom vertonen een

‘slaapbeweging’.

Al zijn werk verscheen na zijn dood. Eerst het Neurenberger *Dispensatorium*, een receptenboek, de eerste farmacopee die van overheidswege benoorden de Alpen uitgegeven werd (1546). Cordus had het al omstreeks 1535 geschreven; het kan de aanleiding geweest zijn voor zijn latere botanische studies.

In Italië bestond al sedert de 12e eeuw een traditie, waarbij de titels *Dispensatorium* en *Antidotarius* voor geneeskruidenverhandelingen gebruikt werden. Cordus' handleiding verscheen in 1592 in het Nederlands (*Dispensatorium*, dat is de Maniere van de Medicijnen te Bereiden door M. Everaert) en het werd ook door De l'Obel bewerkt uitgegeven (IV.17).

Gesner verzorgde in 1561 de publikatie van vier boeken *Historia Stirpium* en nam daarbij o.m. een aantal illustraties uit Fuchs (IV.9) over. In 1563 kwam door toedoen van Gesner nog een vijfde boek van de *Historia* van de pers. Dit bevat fraaie studies over de planten die Cordus op zijn laatste reis in Italië vond.

11. Kruidboekenindustrie in de 16e eeuw

Als 16e-eeuwse plantkundige in het Duitse land verdient Joachim Cammermeister alias Camerarius ook enige aandacht. Hij was protestant en na een studie te Wittenberg doctorerde hij in Bologna (1562). In Neurenberg maakte hij een botanische tuin en schreef hij *Hortus Medicus et Philosophicus* dat in 1588 verscheen. Grotendeels zijn de goede illustraties Gesners (IV.13) werk. Er zijn bloemdetails, vergroot, en afbeeldingen van kiemplanten. Zijn boek is daarom weer een stap vooruit, al blijft onzeker hoe groot Gesners bijdrage is.

Over andere in Duitsland verschenen kruidboeken kan ik kort zijn: zij bereikten het peil van de overige in dit hoofdstuk genoemde niet. Zo is bijvoorbeeld Eucharius Röszlins (op zijn Grieks *Rhodium*) Kreutterbuch von allem Erdtgewächs (1533) een verrijkte en herziene uitgave van Herbarius zu Teutsch (IV.6), intussen ook ‘verrijkt’ met vele fouten. De Frankfurter boekverkoper Chr. Egenolff (IV.23) voegde afbeeldingen toe. Het Kreutterbuch werd later door zijn schoonzoon Adam Lonitzer (1528, Marburg – 1586, Frankfurt), stadsgeneesheer in Frankfurt, bewerkt en verscheen in 1551 en nogmaals in 1565, zonder dat het er veel beter op werd, onder de titel *Naturalis Historia Opus Novum*. Lonitzer (Lonicerus) voegde er een zoölogisch supplement bij, en dat verdient geen beter oordeel. Egenolff had evenwel vroeger voor nog een heruitgave van Kreutterbuch gezorgd (1540), geholpen door Theoderich Dorstenius.

Het beste wat over deze boeken gezegd kan worden is, dat zij zeer goed verkocht werden en veel bijval vonden. Iets nieuws op natuurhistorisch terrein, laat staan van biologische betekenis, bevatten zij niet.

12. *Tabernaemontanus: de eerste excursieflora*

Een leerling van Brunfels en Bock, Jacob Theodor Müller (1520, Bergzabern, Pfalz – 1590, Heidelberg), voor zijn geleerde vakgenoten Tabernaemontanus (de gelatiniseerde naam van zijn geboorteplaats), beëindigde de gepubliceerde botanie in Duitsland in de 16e eeuw op waardige wijze. Hij maakte een fraai driedelig New Kreutterbuch mit

Schönen, Künstlichen und Leblichen Figuren und Konterfeyten aller Gewächs der Kräuter, dat weliswaar uit voor het merendeel vroeger gepubliceerde illustraties en een weinig betekenende tekst is samengesteld. Deel één verscheen in 1588 en deel twee en drie kort na Tabernaemontanus' dood in 1590, krachtdadig door Kaspar Bauhin (X) gesteund. Het Kreutterbuch werd zeer populair en beleefde heruitgaven.

Een vergelijking tussen Cordus en Tabernaemontanus leert hoe een verschillende benadering van de botanie verschillende resultaten oplevert terwijl hetzelfde onderwerp met dezelfde doelstelling bewerkt wordt.

Beiden waren zij in geneeskruiden geïnteresseerd maar ook in de wilde en gekweekte flora in het algemeen. Cordus als geleerde die de gegevens van Dioskorides als uitgangspunt kiest, de misvattingen daarover in de praktijk constateert en nu onderzoeksreizen maakt, die hem in staan kunnen stellen de fouten op te sporen en te corrigeren. Daartoe is vooraf een inventaris van de stand van zaken vereist (*Dispensatorium*) en vervolgens een toetsing aan Dioskorides (*Adnotationes*). Dan veldonderzoek en daarop gebaseerd plantbeschrijvingen van zo grote nauwkeurigheid dat nieuwe vergissingen vermeden en oude hersteld worden.

Tabernaemontanus is een praktizerend arts. Zijn geneesmiddelen schieten te kort en hij stelt zich dezelfde vragen als Cordus, maar nu niet teruggrijpend op de standaardliteratuur maar op de praktijk. Laat ons de *composita*, de geneesmiddelen die uit ingrediënten van allerlei herkomst en kwaliteit zijn samengesteld vervangen door *simplicia*, door geneeskruiden die wij kennen en kunnen controleren.

Gebruik ik nu werkelijk, moet Tabernaemontanus zichzelf hebben afgevraagd, de planten die de apothekers aanbieden, die in de literatuur bedoeld worden, of vergist men zich in hun identiteit? Zij schieten meermalen te kort.

Hij verzamelde planten, meer dan dertig jaren lang waar hij kon, en maakte een herbarium. Dat was een gewichtige verbetering. De geconserveerde planten maakten niet alleen een zorgvuldige beschrijving mogelijk maar lieten ook controle in later jaren toe.

Voor verre reizen heeft dokter Tabernaemontanus de middelen en de tijd niet. Hij kan de flora van Midden-Duitsland echter bestuderen. Tijdens zijn veldwerk doet zich de behoefte aan een hanteerbare, ter plaatse bruikbare plantengids voelen. Hij maakte een atlas met meer dan 2200 afbeeldingen en probeerde tegelijkertijd een rangschikking te vinden die het gemakkelijk zou maken gevonden gewassen te herkennen en op naam te brengen. De plantenatlas *Eicones Plantarum* . . . heeft op de Midden- en Noordepere flora betrekking maar handelt ook over enige planten uit warmere klimaten. Met een aanbeveling van Bock (die zo'n uitgave uit het hart gegrepen geweest moet zijn, vgl. IV.8) verscheen deze handleiding en raadgever te velde in 1590, in breder dan hoog formaat, zodat het een 'zakboek' werd. Roth zag er (1879) een voorloper van het Linneaanse systeem in.

Hoe dan ook, Tabernaemontanus miste de scholing en eruditie van Cordus. Deze beschrijft uitmuntend, illustreert niet noemenswaard. Het woord krijgt de leiding. Tabernaemontanus beschrijft zo goed hij kan, niet erg goed. Het beeld krijgt de leiding. Beide onderzoekers dragen bij aan het gestelde doel op eigen wijze.

Al slaagde Tabernaemontanus er niet in de verbeteringen in methode die hij bedacht tot volle ontwikkeling te brengen toch komt hem een plaats toe in de reeks plantkundigen die de plantkunde van de Renaissance snel deden ontplooiën.

13. Konrad Gesner; 16e-eeuwse biologie in Zwitserland

In het Duitse taalgebied voerde in de 16e eeuw de plantkunde de boventoon. Eén bioloog hielp de dierkunde vooruit: Konrad Ges(s)ner. Hoewel hij door zijn zoölogische werk op de ontwikkeling van de biologie grote invloed had, behoort zijn botanische werk, dat grotendeels lang op publikatie wachten moest, eveneens tot het belangrijkste dat in de 16e eeuw tot stand kwam.

Theoretische overwegingen te zamen met de vloed van nieuw-ontdekte planten en dieren leidden tot pogingen om natuurlijke groepen te ontwerpen (X) waarbij De l'Obels en Cesalpino's systematieken vooraan kwamen te staan.

Intussen ontwikkelde zich wel een tak van zoölogisch onderzoek: inwendige morfologie. De plantkunde die zich op de uitwendige bouw richt, kon nog nauwelijks aandacht daarvoor hebben, want de planten-anatomie werd pas mogelijk toen het microscoop uitgevonden was. De oudste vorm van dierkundig onderzoek, de anatomie, herleefde in de 16e eeuw en ontplooidde zich krachtig (V). Gesner nam echter nauwelijks deel daaraan.

Konrad Gesner (1516, Zürich – 1565, Bazel), hoogleraar te Lausanne (Hebreeuws en Grieks, 1537-1540), stadsgeneesheer en protestants hoogleraar te Zürich (sinds 1555, natuurwetenschappen), was een karakteristieke 16e-eeuwer, veelzijdig (linguïst, bibliograaf, filosoof en natuurkenner), onvermoeibaar inventariserend en nu en dan in zijn encyclopedische werken proberend tot een eigen ontwerp of samenvatting te komen. Dit laatste, het zij erkend, met weinig diepgang en met weinig succes. Voor synthese had hij geen bijzonder talent.

In 1531 sneuvelde Konrads vader, een bontwerker. In zijn jeugd zou zijn belangstelling voor bijzondere dieren wel gewekt kunnen zijn door zijn vaders beroep. Deze was een volgeling van Zwingli en werd tijdens een schermutseling met katholieken gedood, zodat zijn 16-jarige zoon slechts met behulp van zijn familie en landgenoten kon gaan studeren. Zijn toelagen waren zo schraal, dat hij met les leven zich op de been moest houden.

In Parijs studeerde Gesner korte tijd taal- en letterkunde. Maar daarna ging hij naar Montpellier om de colleges van Rondelet (IV.22, V.15) te volgen. Hij ontmoette daar Belon (IV.22, V.14). Dat verblijf betekende een vooropleiding die hem later in Venetië goed van pas kwam, toen hij de vissen van de Adriatische Zee bestudeerde (1545).

Gesner heeft verbazend hard gewerkt. Indien men bedenkt dat hij jarenlang op reis was (Frankrijk, Duitsland, Italië) dan is de hoeveelheid publikaties onbegrijpelijk groot. Vóór hij 30 was, compileerde hij al een monumentale *Bibliotheca Universalis* (vier delen, 1545-1555), waarin hij alle wetenschap bijeen wilde brengen. Tijdens de pestepidemie van 1564/5 verzorgde hij als arts zieken in Zürich en in Bazel, waar hij zelf aan de ziekte bezweek, 49 jaar oud.

Hij gaf zijn hulp aan biologisch werk waar hem dit mogelijk was. Hij nam deel aan de voltooiing en uitgave van Fuchs' boek (IV.9), hielp Bock (IV.8) – in diens boek voegde hij een geschiedenis van de botanische literatuur toe – en Cordus (IV.10), die als extra een studie over gekweekte planten meekreeg: *De Hortis Germaniae* (1561). Camerarius (IV.11) koos uit de botanische nalatenschap van Gesner wat hem aanstond en gebruikte diens tekeningen voor eigen werk.

Een tegenprestatie van degenen die hij hielp voor wat zijn eigen werk betreft, bleef uit. Toen Gesner stierf, kwamen zijn bibliotheek en manuscripten in het bezit van zijn leerling Kasper Wolf, die er niet meer mee deed dan hen anderen toevertrouwen. Zo

kwamen de insektenstudies in handen van een zekere Thomas Penn, die 15 jaar later overleed zonder ze in orde te hebben gebracht. Daarop kreeg Thomas Moufet (of Muf-fet), een Schot van nobele herkomst, die in Zwitserland 'gestudeerd' had en nog andere landen bereisde, de literaire nalatenschap. Kort voor zijn dood schreef Moufet een ge-dicht over de zijderups (1599) en daarmee leverde hij zijn voornaamste bijdrage aan de entomologie. Na zijn overlijden bleek dat hij een manuscript onder handen had, waarin het werk van Gesner met dat van enige anderen gebundeld was. Door de tussenkomst van tijdgenoten werd dit in 1634 gepubliceerd; men kan er in berusten dat Gesner het niet heeft gezien. Een editie van 1658 getiteld *Theater of Insects* is sedert 1967 in her-druk beschikbaar.

Konrad Gesner was een fanatieke verzamelaar van gegevens in de literatuur. Hem mag verweten worden dat hij de wonderdieren en mirakelverhalen wat al te ijverig her-haalde, maar ofschoon hij de verleiding niet weerstaan kon zijn boeken met fabels aan te vullen, toch spreekt hij zijn twijfel meermalen, behoedzaam, uit.

De methode om door middel van kaarten met gegevens alle feiten gerangschikt bijeen te brengen en daarna samenvattingen te schrijven, bracht hij in praktijk; misschien wel de eerste bioloog die dit werkzame middel toepaste.

Historia Animalium werd Gesners hoofdwerk en het voornaamste zoölogische stan-daardwerk van de 16e eeuw. Het verscheen in vijf foliodelen (1551-1587). Vrijwel alles wat ter wereld ooit over een diertaxon geschreven werd is er in te vinden. Aan het paard wijdde hij 176 foliopagina's, 40 aan het schaap en 30 aan de olifant. Uit alle windstre-ken stuurde men hem huiden, botten, schelpen, geweien, fossielen. Thévet (IV.27) bracht o.m. een toekansnavel voor hem mee uit Zuid-Amerika.

Rádl (1913, p. 145) oordeelde dat Gesners 'mammoetachtige' verhandelingen door een mengelmoes van Aristotelische, Galenische en humanistische meningen een 'logge geleerdheid' verkregen. Dat kan men zeggen, maar ook dat de lezing een lezer met smaak voor historie en capriolen van de menselijke geest zeer goed kan amuseren.

Ik voeg een deel van Rádl's analyse van Gesners bereberbericht bij (in vertaling):

"Talrijke beren komen in koude streken ter wereld, en wel grijze en zwarte waar twee genera van zijn, grote en kleine . . . het kleine slag beren noemen wij Zwit-sers 'rotsberen' . . . de grote worden in bepaalde streken van Duitsland 'grote beren' genoemd . . . Er is een gewone beer en een andere die in het water leeft, wit gekleurd, die onder water vissen vangt zoals de visotter, en de bever, Albert. Er zijn zekere beren, honden en wolven en ook nog wel andere dieren, die amfi-bisch, zowel in het water als op het land leven, dezelfde [Albert] . . . De beer is een vochtig (= vetachtig) en vormloos dier, Albert. Vergilius noemt beren vorm-loos, Ovidius . . ."

Uit het korte citaat blijken Gesners opzamelende bezigheid, ijver, enige taxonomi-sche belangstelling, aandacht voor vroegere auteurs en de Oudheid (Albertus Magnus e.a.). Het bezwaar van Rádl is in zoverre onverdiend, dat Gesner aan het overwegen van 'Aristotelische, Galenische en humanistische meningen' in relatie tot de biologie niet toekwam. Hij had daar, kan men vermoeden, evenmin als Plinius (II.15) bij het schrijven van zijn encyclopedie, tijd voor.

Gesners dierenboek is, zoals de meeste contemporaine kruidboeken, vooral wegens de platen belangrijk; Dürer tekende de rinoceros; Lukas Schrön vogels; Hans Asper en Johann Thomas worden als tekenaars genoemd en illustraties uit Belon, Clusius en Rondelet zijn ook overgenomen. Hij schreef mooi Latijn; zijn boek bestemde hij voor

artsen, jagers en koks.

Een passende beschrijving van het uiterlijk der dieren streefde hij niet na en maakte hij dan ook niet. Zouden de goede platen van planten en dieren die iedere nieuwsgierige tevreden konden stellen, veel 16e-eeuwse auteurs hebben verleid te denken, dat een penportret eigenlijk onnodig werd?

In het voetspoor van Aristoteles en Albertus Magnus wilde Gesner vooreerst het dierenrijk in zijn algemeenheid benaderen en dit in relatie met de mens. Hij compileerde zodat men als het ware in één boek een hele bibliotheek bijeen heeft. Gesner slaagde daar goed in. Zijn overzicht werd een onmisbaar naslagwerk bij de opbouw van de nieuwe zoölogie. Elk artikel aan een dier gewijd, verdeelde hij in acht paragrafen namelijk een lijst van de namen in vele talen, daarna woongebied en uiterlijk, dan het gedrag in samenhang met het milieu en ziekten, daarna instincten en geaardheid, dan het nut (jacht, verzorging), vervolgens het voedsel en ten zevende de geneesmiddelen die het dier oplevert. Het achtste, slotgedeelte, houdt zich met de filosofie, poëzie, naamtoepassingen e.d. bezig; er is een duidelijke parallel in Fuchs' *Historia Stirpium* (IV.9).

Al brengt Gesner dus wel structuur aan in zijn artikels, en al heeft hij een open oog voor diversiteit toch heeft hij van taxonomie eigenlijk geen besef. Indien hij al eens van zijn alfabetische opsomming afwijkt en groepeerd, kiest hij in wetenschappelijke zin betekenisloze criteria.

De zoogdieren rangschikt hij als tamme en wilde. De tamme verdeelt hij in kuddedieren met en zonder horens (paarden, varkens, honden en zelfs katten). De wilde zoogdieren evenzo in gehorende (buffel, en van oudsher de olifant, vgl. Aelianus, II.18) ongehorende en die weer in grote, kleine en een groep daar tussen in.

Platenboeken (met tekst) over zoogdieren (1533), vogels (1555), waterdieren (1560) verschenen. Heruitgaven van klassieke auteurs, met commentaren, soms in samenwerking met anderen, verzorgde hij (bijvoorbeeld van Aelianus).

Zijn *Opera Botanica* verschenen ten dele, tussen 1751 en 1771, voorafgegaan door een paar kleine boekjes. Voor de plantkunde wilde Konrad Gesner een encyclopedie schrijven die de evenknie van zijn dierenboek zou zijn. Jarenlang verzamelde hij gegevens, botaniseerde in de Alpen (hij mag als een pionier van de Alpenbiologie gelden en hij schreef over zijn bergtochten op een wijze die wel heel sterk aan Fuchs (IV.9) herinnert), hij tekende planten en liet afbeeldingen maken. Toen hij stierf waren meer dan 1500 platen en plaatjes gereed, vele verbazend goed. Nog in zijn testament probeerde Gesner de publikatie mogelijk te maken, maar de kosten waren te hoog. Vele van zijn afbeeldingen sierden later het kruidboek van Matthioli (IV.18). Een fraaie facsimile-uitgave begon in 1975 te verschijnen. Gesners bloem- en vruchtdetails tonen aan dat hij nauwkeurig keek en botanisch beter tekende dan zijn voorgangers of tijdgenoten.

Er is een boeiende analogie tussen de geleiding in elk dierartikel en de volgende uitspraak (*Gesneri Epist. Medic.*, fol. 942):

“Bedacht moet echter worden, dat er geen kruiden bestaan die op zich zelf beschouwd, geen eigen groep zouden vormen, een groep die niet in twee of meer vormen ingedeeld moet worden. De vroege auteurs hebben één gentiaan beschreven, maar mij zijn er tien of meer bekend.”

Gesner merkte klaarblijkelijk de variaties van eenzelfde kenmerkenpatroon op. Ofschoon hij enige gefossiliseerde dierresten noemt, schuwde hij een natuurlijke verklaring. Het kunnen, meende hij, versteende dieren zijn, maar het is ook mogelijk dat de natuur zulke vormsels heeft laten ontstaan (zie Steno V.30 en XI). Fossiele haaietan-



Fig. 18. De 'soe-orm' of zeeslang. Olof Mansson (Olaus Magnus) maakte een zeekaart van noordelijk Europa waarop hij o.m. twee zeeslangen afbeeldde. In 1555 kon hij meedelen (*Historia de Gentibus Septentrionalibus*) dat het dier ongeveer 60 meter lang en 6 meter dik was, een agressieve menseneter.

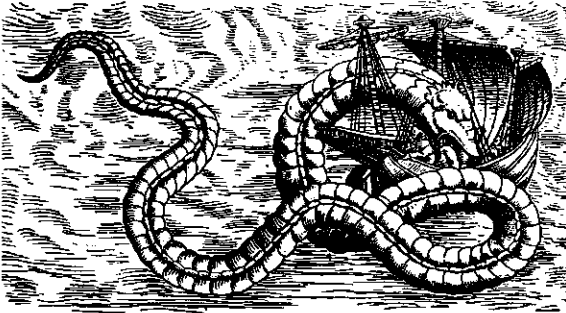


Fig. 19. In 1560 beeldde Gesner de schepelingen etende zeeslang volgens Magnus af (*Nomenclator Aquatilium Animalium*). De tekening laat dezelfde zeeslang zien maar hij is (in verhouding tot het aangevallen schip) aanmerkelijk groter geworden. Heuvelmans (1965) vermoedde dat de afbeeldingen en gegevens deels betrekking hebben op de 'haringkoning' (*Regalecus glesne*), een zeldzame riemvormige vis die in noordelijke zeeën soms wordt gevangen. De spitse snuit herinnert aan *Isurus cornubicus*, de Atlantische haringhaai of neushaai, maar kan ook op een *Carcharias*-soort (zandhaai) doelen.

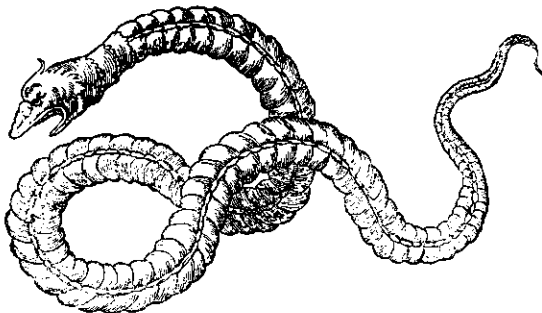


Fig. 20. De Noorse zeeslang in Aldrovandi's *De Piscibus et Cetis* (1613). Het schip is nu weggelaten. De priemvormige uitwas op de kop is beter te zien en doet aan *Chimaera monstrosa*, de draakvis, denken. Het mengsel van feiten en onzin door Olaus Magnus, Gesner en Aldrovandi aangeboden, heeft betrekking op enige zeer verschillende dieren. Zie in verband hiermee Steno's afbeelding (fig. 42).

den lijken op haaietanden maar ook op vogeltongen. "Wie zal uitmaken of het tanden, tongen zijn of misschien geen van beide?"

14. Terugblik op de 16e-eeuwse biologie in het Duitse taalgebied

In de voorafgaande acht paragrafen kwam de biologie, beter gezegd de natuurlijke historie in het Duitse taalgebied gedurende de 16e eeuw aan de orde. Het traditionele, sedert de Oudheid verstarde kruidboek wijzigde zich in de Renaissance ingrijpend, zowel de inhoud als de technische uitvoering. De kruidboeken werden wetenschappelijke literatuur.

De beeldende kunsten wijzigden zich gelijktijdig en op overeenkomstige manier. De botanische illustratie volgde getrouw het spoor. Allereerst in de *Herbarius zu Teutsch*, daarna in het kruidboek van Brunfels, die bescheiden en terecht zijn boek *Platen van Levende Planten* noemde. De auteurs van de *Herbarius* en de *Eicones* waren de nieuwe schrijfrant nog niet meester. Bock beschreef de herboren wereld der planten. Fuchs bracht woord en beeld in een evenwicht, op hoger niveau dan tevoren. Cordus maakte de vroegste plantenbeschrijvingen die slechts door latere auteurs in volgende eeuwen gepolijst behoeven te worden. Datzelfde geldt voor Gesners botanische aantekeningen.

Camerarius en vooral Tabernaemontanus verbeterden veldtechnieken en de laatste vooral benaderde de taxonomie, die als wetenschappelijke discipline in de 16e eeuw begint (IV.12).

De contemporaine anatomie bleef nog onbesproken (V).

De renaissance van de beeldende kunsten had dus een vernieuwde beeldende begeleiding van biologische teksten ten gevolge: zeer veel betere illustraties, niet alleen in grafisch opzicht maar ook omdat zij de radicaal gewijzigde natuurwaarneming ondersteunen (vgl. IV.29).

In twee opzichten. De plant is individu geworden, een werkelijkheid, een eerste structuur in de waargenomen omgeving. Daarom beeldt men nu een plant af zoals hij zich voordoet, bijvoorbeeld met hangende knoppen omdat hij tijdens het tekenen verlepte, of met gaatjes in de bladeren door insectenvraat. Niet het taxon, niet de realiteit volgens Platonische-Aristotelische-scholastische overlevering, maar allereerst de individualistische manifestatie van de ware werkelijkheid volgens Ockham (IV.3), en volgens de Renaissance.

Ten tweede omdat de bioloog in de loop van de 16e eeuw voor het eerst in de cultuurhistorie analyserend gaat zien (Febvre, 1942). Hij ontleedt met zijn blikken de voorwerpen die hij ziet; elk detail verdient aandacht. Hij doet verslag van de vorm, de plaats, het aantal. Gesners botanische tekeningen zijn hier het doorslaggevende bewijs van. Let wel: de 16e-eeuwer kan met deze waarnemingen heel weinig uitrichten maar dat neemt niet weg dat hij registreert, zowel kwalitatief als kwantitatief.

Ik noteer voorts dat vrijwel alle belangrijke biologen van de 16e eeuw protestant waren, een zo frequent begeleidend feit dat dit nauwelijks toeval kan zijn. De gedachte dient zich aan dat de Middeleeuwse christen, die de handen samengevouwen en de ogen gesloten hield, wars van eigen onderzoekend toezien, geconfronteerd met de levende natuur nu door protestanten wordt opgevolgd, die de ogen open en met de handen uit de mouwen recht van eigen denken opeisen. Evenzeer als degenen die de Renaissance zó in hun geloof raakte, dat zij zelf in direkt contact met God wilden komen, wilden de

hervormden zelfstandig Zijn schepping naderen en leren kennen. Ook daardoor herleefde het natuurhistorisch onderzoek en herrees de biologie. Renaissance en het protestantisme zijn met de herlevende biologie verbonden gebeurtenissen.

Dit valt niet te ontkennen, maar de gegeven verklaring is onvolledig, te ondiep en te beperkt. Bijvoorbeeld de volgende tegenspraak.

Luther (1483-1546) maakte zich los van de Middeleeuwen, los van de Oudheid, en verbond zich onvoorwaardelijk aan de bijbeltekst, aan de evangeliën. En naderde opvattingen van Augustinus met zijn oordeel: rede, logisch verstand zijn 'duivelshoeren'. "Als ik het Woord Gods ken, vraag ik mij niet af of het waar is. Het Woord Gods alleen is voldoende, of het nu op de rede, op mijn rede, past of niet" (vgl. *Credo ut Intelligam*, II.22).

In een schrijven aan de Duitse universiteiten, "waar men zo weinig aandacht aan bijbel en christelijk geloof geeft, en de blinde heiden Aristoteles meester is," gaf Luther de raad met de boeken van Aristoteles geheel af te rekenen. "Die verdoemde, hoogmoedige en doortrapte heiden heeft al zovele voortreffelijke christenen bedrogen." De ravage overziende, die Aristoteles teweegbracht, kon Luther niet anders denken of de duivel zelf heeft het studeren in de wereld gebracht.

En niettemin behoren juist Luthers volgelingen tot de meest vooraanstaande biologen van de 16e eeuw; zij vormen de overhand. Een tegenstrijdigheid, die meer aandacht behoeft en verdient dan ik kan geven. Een tegenstrijdigheid die herinnert aan het curieuze conflict in de Middeleeuwen: een haarfijn uitspinnen van ieder woord, van elke formule, het leven en de lust der scholastici. En tegelijkertijd het onnauwkeurige en selectieve lezen van oude en nieuwe teksten, het slordige en oneerbiedige kopiëren daarvan. Beide tegenstrijdigheden beantwoorden aan de niets-verklarende leuze: 'theorie en praktijk'. En al breng ik hier het aloude beeld in het geding van de rivier, de tijdstroom, die zijn loop vervolgt en niet afwijkt al jaagt de wind een ogenblik golven op, die wij onder ogen krijgen, dan is dit wel dichterlijk en zelfs feitelijk 'waar', maar al evenmin leidt het tot inzicht over een 'causa'.

15. *Botanie in de Lage Landen (16e eeuw); Dodoens*

In de lage Landen werkten drie 16e-eeuwers van grote verdiensten: Dodoens; De l'Ecluse en De l'Obel. Zij publiceerden met de steun van Chr. Plantijn, afkomstig uit Touraine, die zich in Antwerpen vestigde, daar de wetenschappen bevorderde en op even onbaatzuchtige als vakkundige wijze een in kwaliteit nimmer overtroffen uitgeverij opbouwde.

Plantijn symboliseert een generatie van uitgevers, die zich blijvende waardering verwierven door hun geestdrift, vakmanschap en inzet voor de wetenschap. Voor de biologie waren dit vooral Plantijns schoonzoon Van Ravelingen te Leiden, in Straatsburg Schotten en Rihel, en in Bazel Michael Isingrin en Froben, in Antwerpen Jan van der Loe, in Frankfurt Egenolff.

Rembert Dodoens (alias Dodonaeus; 1517-1585) werd uit Friese ouders in Mechelen geboren en ging in 1530 in Leuven medicijnen studeren, aan dezelfde universiteit als zijn vader en in dezelfde stad waar zijn vader stadsgeneesheer was. In Leuven volgde hij de colleges van Vesalius en misschien hebben deze bijgedragen tot zijn verhandelingen over medische onderwerpen, waarvan in het bijzonder zijn anatomische plaatwerken

geprofiteerd kunnen hebben (*Physiologices Medicinæ* . . ., 1550 en 1580), die als leerboeken gebruikt zijn, vermoedelijk. Voor de biologie hebben overigens zijn medische boeken noch zijn andere publikaties betekenis.

Dodoens werd stadsgeneesheer van Mechelen (1548-1574); toen hij door Spaanse soldaten in 1572 van al zijn goederen beroofd werd is misschien de gedachte ontstaan weg te gaan uit de stad waar hij zich thuis voelde want tevoren had hij eervolle aanbiedingen (uit Leuven, uit Madrid) afgeslagen.

In 1574 vertrok Dodoens naar Wenen waar hij als lijfarts van keizer Maximiliaan aangesteld was. Hij verzorgde diens opvolger eveneens, keizer Rudolf. Hij vroeg ontslag in 1577 en vestigde zich in Keulen maar ging vandaar naar Mechelen en tenslotte naar Antwerpen. Daar bewerkte hij zijn materiaal voor *Stirpium Historiae Pemptades Sex*, een lijvig boek waarin bijna 2000 plantentaxa beschreven werden vergezeld van ruim 1300 afbeeldingen.

In 1582 werd hij tot hoogleraar in de medicijnen benoemd aan de universiteit van Leiden, waar hij in 1585 overleed.

De illustraties in *Stirpium Historiae* van 1583 waren deels dezelfde als die in het werk van De l'Ecluse en De l'Obel staan (Plantijn had voor de drie, nauw samenwerkende auteurs gemeenschappelijke houtsneden) en ook nog enige die aan de *Codex Aniciae* (II.4) ontleend waren. Echter kwamen een aantal originelen het illustratieve materiaal aanvullen.

Stirpium Historiae was het resultaat van het bundelen van kleinere publikaties sinds 1565, waar Cruydeboek aan werd toegevoegd.

Duurzaam populair werd Dodoens vooral door zijn Cruydeboek van 1554. Dit Vlaamse overzicht van het plantenrijk behandelt meer dan 1000 plantesoorten. Ongeveer 700 houtsneden (de meeste uit Fuchs' *Stirpium Historiae* overgenomen) gaven de lezers een beter begrip van het gelezene.

Het Cruydeboek kwam in Franse vertaling op de markt door De l'Ecluse's toedoen. Een Engelse vertaling verzorgd door H. Lyte verscheen in 1578. De tekst was uitgebreid en illustraties waren toegevoegd. De titel werd A Nieuwe Herball or Historie of Plantes. Plantijn liet nieuwe houtsneden maken van tekeningen die Dodoens vervaardigd had en het herziene werk in het Latijn vertalen. Dat werd het sluitstuk van de bundel *Stirpium Historiae*. Dit standaardwerk bevat behalve veel andere informatie over het uiterlijk, gedrag en nut van Europese planten, de eerste poging benoorden de Alpen om een systeem van het plantenrijk op te stellen. Dit komt later ter sprake (X).

Dodoens' boek werd vele malen heruitgegeven; het omvatte bij de eerste druk (1554) al 818 bladzijden en behandelde alle bekende planten. Het vertegenwoordigt de hoogste ontwikkeling van het genre (II.3). Dodoens beschreef zijn planten naar het levend model, nauwkeurig, liefdevol en beeldend; hij overtrof al zijn voorgangers, die hij in zijn commentaren niet veronachtzaamde – hij vermeldde er meer dan 200 – en evenaarde zijn Duitse tijdgenoten.

Hij rangschikte de taxa deels volgens onze huidige wetenschappelijke normen, deels volgens hun medicinale waarde en per slot van rekening speelt hun economische betekenis een rol. Daarom staan de peulvruchten tussen de graansoorten en de grassen, en komt de boekweit als laatste in de reeks der voedselgewassen.

“Dioskorides”, zegt Dodoens “groepeerde de planten volgens overeenkomst in geneeskraft, maar dat is niet meer toereikend. Men moet ook de vorm en het uiterlijk betrekken bij een rangschikking.” Mooi gezegd maar slechts ten halve nageleefd.

Arber (1912, p. 127) citeerde zijn omschrijving van 'bloem' en toonde daarmee aan, hoe onbeholpen zelfs de meest vooraanstaande plantkundigen toen nog te werk gingen, alle toch indrukwekkende ontwikkelingen ten spijt.

"De bloem [*anthos*] noemen zij de vreugd' van bomen en planten. Het is de verwachting van vruchten die komen zullen, want alles dat groeit, naar zijn aard, brengt nageslacht en vruchten na de bloem, maar bloemen hebben hun eigen organen."

16. *Clusius, een voorbeeldige 16e-eeuwse bioloog*

Drie botanici beoefenden in de 16e eeuw de biologie in de Lage Landen op overeenkomstige wijze en op gelijk niveau als de biologen in het Duitse taalgebied. Dodoens schreef voor allen. Clusius schreef voor de geleerde wereld; zijn onderzoek richtte hij niet naar toepasbaarheid in de eerste plaats. Zijn werk heeft daardoor een grotere en meer blijvende invloed uitgeoefend dan dat van Dodoens en van de derde collega, De l'Obel, medicus met farmaceutische belangstelling en warm geïnteresseerd in plantensystematiek. Een onverzadigbare nieuwsgierigheid naar meer kennis van meer planten leidde al dadelijk tot de invoer van nuttige planten en siergewassen zodat tastbaar onderdeel van Clusius' werk nimmer ontbrak.

Charles de l'Ecluse (1526, Atrecht – 1609, Leiden) is een voorbeeld van een veelzijdige 16e-eeuwse geleerde, uitstekend talenkenner, capabel als historicus, mineraloog, geograaf en zoöloog en als mens tolerant, mild in zijn oordeel over anderen, onvermoeid werkzaam. Zijn leven en werken overziende bekruipt mij de neiging hem als bioloog, door de plaats die hij innam in de wereld der natuurwetenschappen met Erasmus te vergelijken. Zijn gedrag en publikaties vertonen binnen de beperking van de biologie een treffende overeenkomst met die van Erasmus.

Het is onmogelijk het aandeel van de drie in vriendschap nauw samenwerkende botanici te bepalen nadat hun boeken gekoesterd door Plantijns warme belangstelling ter wereld waren gekomen. Wel staat onomstotelijk vast dat de werken van Clusius de meest veelzijdige, de meest moderne waren.

Na een studie in Leuven waar hij geschoold werd in rechten, Grieks en Latijn ging hij naar Marburg en Wittenberg (de universiteit van Luther en Melancton) en werd het protestantisme zeer wel gezind. Waarschijnlijk gold hij nooit officieel als protestant en zijn vriendelijke welwillende houding waar hij godsdienstige conflicten aantrof, maakte dat hij voor alle partijen aanvaardbaar bleef.

Na een zwerftocht door Duitsland en Zuid-Frankrijk ging hij in Montpellier studeren (1551-1554) waar hij bij Rondelet zijn intrek nam. Clusius verzamelde planten in de wijde omtrek en terwijl hij medicijnen studeerde vertaalde hij Rondelets meesterwerk (V.15) in het Latijn.

Via Leuven vestigde hij zich in Antwerpen en vertaalde het eerste Cruydeboek van Dodoens in het Frans en maakte meer vertaalwerk. Van 1560 tot 1565 werkte hij in Parijs en Engeland, en reisde hij bijna anderhalf jaar in Spanje en Portugal. Zijn collecties zijn de eerste ooit op het Iberisch Schiereiland bijeengebracht. Veel later vormen zij de basis voor *Rariorum Aliquot Stirpium per Hispaniam . . .* (1576). Plantijn liet ruim 200, deels zeer fraaie houtsneden maken. Een overeenkomstig boek over de flora van Oostenrijk en Hongarije verscheen in 1583 (*Rariorum Aliquot Stirpium per Pannoni-*

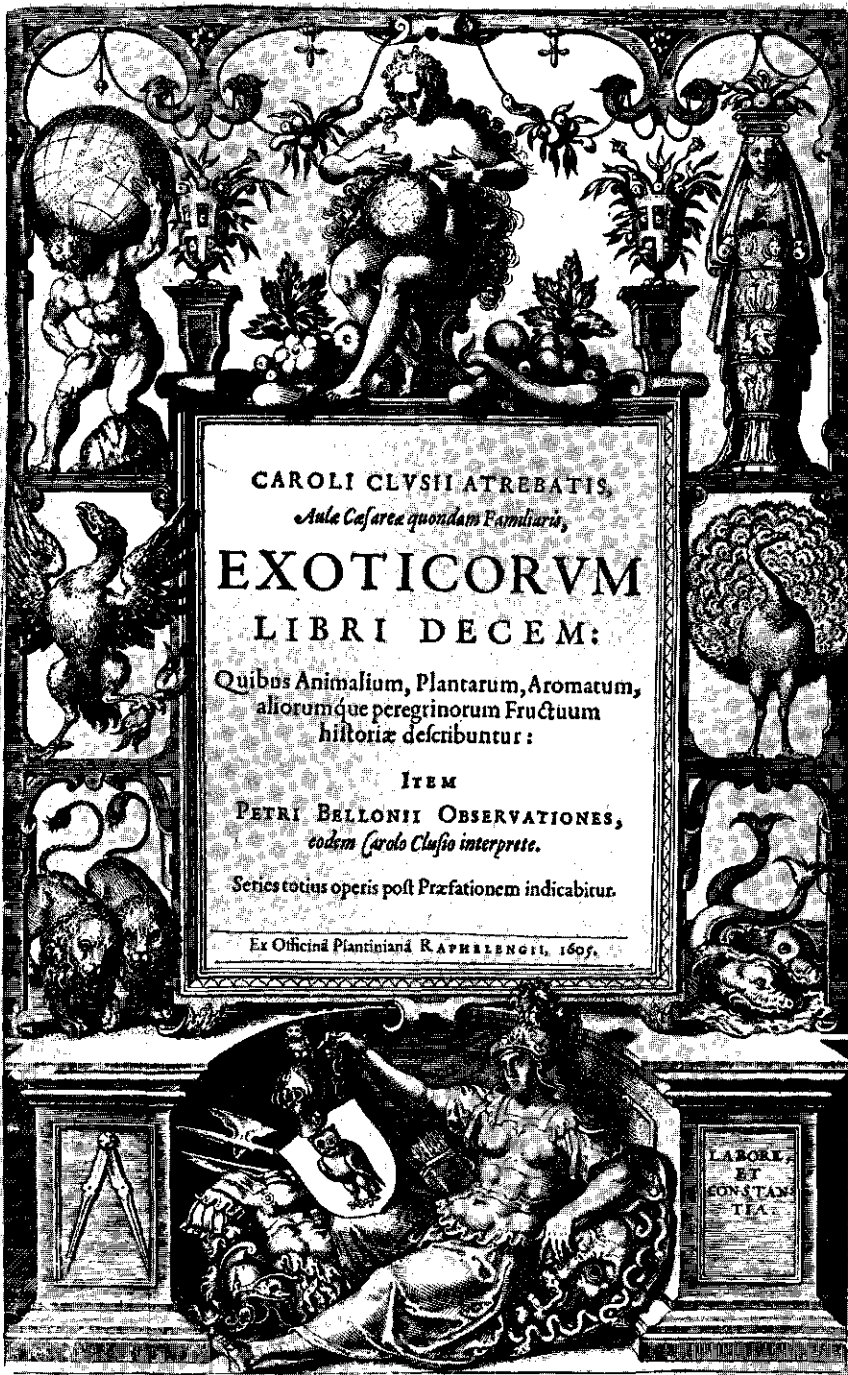


Fig. 21. Titelpagina van Clusius' boek over uitheemse planten en dieren (1605), naar methode en inhoud een duidelijke verbetering van wat vroeger verschenen was. Hij voegde er een Latijnse vertaling bij van P. Belon, *Les Observations de Plusieurs Singularitez . . .* (1553). (Rijksherbarium, Leiden.)

am . . .). Beide te zamen opnieuw uitgegeven leverden *Rariorum Plantarum Historia* in 1601.

Misschien was het bezoek aan Portugal wel oorzaak voor *Aromatum Historia* (1567), een Latijnse bewerking van Garcia del Huerto's *Coloquios*.

Na jaren van korte verblijven her en der en vele vertalingen, allerlei cartografisch werk, een zeer grote correspondentie met vakbroeders werd Clusius prefect van de keizerlijke tuinen in Wenen waar hij opnieuw vele publikaties gereed maakte. Talrijke planten uit Oost- en West-Indië beschreef hij voor de eerste maal. Begin 1588 kwam Clusius in het bezit van aardappelknollen die uit Amerika als 'taratoufli' door missionarissen gezonden waren. Clusius slaagde er in hen te kweken.

Na vijf jaar onderzoek, bewerken van eigen materiaal en vertalen van het werk van anderen te Frankfurt (1588-1593) kwam Clusius naar Leiden met de opdracht een kruidentuin in te richten. Hij wijdde zich daar tot zijn dood aan de studie van de planten, doceerde niet maar maakte zijn boeken gereed voor publikatie, meermalen heruitgaven van vroeger werk, meermalen nieuw. Het eerste deel van zijn *Opera Omnia* (1601) bevat een studie over paddestoelen in de vorm van een verhandeling getiteld *Fungorum . . . Brevis Historia*, de eerste goede studie over de fungi waarin Clusius meer dan 100 soorten paddestoelen onderscheidde en waardoor hij een grondlegger van de mycologie is geworden.

In *Clusii Exoticorum Libri X* van 1605 worden o.m. ook enige dieren behandeld en na zijn dood verschijnt *Curae Posteriores* (1611), een bundel nagelaten geschriften en biografische gegevens.

Clusius was een superbe waarnemer. Zeker 600 taxa, nieuw voor de wetenschap, omschreef hij met een accuratesse die hen gewoonlijk goed herkenbaar maakt. Planten die geen bloemen dragen [cryptogamen] krijgen volop aandacht. Enige, tegenwoordig in Europa alomtegenwoordige planten, bracht hij in omloop (tulp, aardappel, paardekastanje, jasmijn, schorseneer en snijboon).

Ongebruikelijk was zijn houding t.a.v. de bestaande literatuur: hij waardeerde die kritisch en zijn uitgangspunt was niet dat de klassieken vrijwel onfeilbaar waren. Hij was als taxonoom meer begaafd dan Dodoens en De l'Obel, maar maakte geen ontwerp voor een systeem.

17. *Lobelius, arts met botanische belangstelling*

Matthias de l'Obel (1538, Rijssel (Lille) – 1616, Highgate), studeerde eveneens in Montpellier bij Rondelet, die hem zijn plantkundige geschriften naliet. Hij werd arts, en zelfs lijfarts van Willem de Zwijger (1574-1584). Na de moord op de stadhouder ging hij na jaren van artspraktijk in België naar Engeland, waar hij *Botanicus* aan het hof van James I werd (1592-1616) en tenslotte in Highgate stierf. Samen met Pierre Pena, die hij in Montpellier had leren kennen en die middelmatige tekeningen maakte, publiceerde hij in 1571 *Stirpium Adversaria Nova*.

Lobelius probeerde een systeem voor het plantenrijk te ontwerpen en gaat uit van bladkenmerken, hetgeen tot een gedeeltelijke scheiding tussen de één- en tweezaadlobbigen leidt (X). Hij had meer dan zijn tijdgenoten aandacht voor grassen.

In 1576 verscheen een vermeerderde uitgave van De l'Obels werk onder de titel *Plantarum seu Stirpium Historia*, in het Nederlands vertaald als *Kruydtboeck* (1581) en

o.m. opgedragen aan Willem van Oranje. Plantijn (IV.15) zorgde voor de uitgave en de illustraties; het definitieve boek is veel beter dan zijn voorloper.

18. Italiaanse biologische bedrijvigheid in de 16e eeuw

De biologie in de 16e eeuw in Zuid-Europa werd vrijwel uitsluitend in Italië bedreven. De Italiaanse centra van onderzoek staan in de voorafgaande hoofdstukken vermeld terwijl een overzicht de redenen schetste en de wegen aanduidde die leidden tot een concentratie in Italië.

Aloysius (ook wel Luigi) Anguillara werd omstreeks 1512 in Anguillara (ten zuiden van Padua) geboren en stierf, waarschijnlijk aan de pest, in 1570 te Ferrara. Hij bereisde Italië van noord tot zuid, en Sicilië, Sardinië en Corsica, Griekenland (met inbegrip van vele eilanden), de Balkan en Centraal Europa. Als hoogleraar te Padua was hij tevens directeur van de botanische tuin.

Evenals zijn tijdgenoot Valerius Cordus (IV.10) die hij ontmoet zou kunnen hebben, zocht hij ter plaatse naar de planten die de klassieke auteurs genoemd hadden, voornamelijk met farmaceutische oogmerken. Hij was een uitstekend en veelzijdig geleerde die zijn werk niet gaarne (uit bescheidenheid?) liet drukken. Toch verscheen in 1561 *Semplici dell' Eccellente M. Luigi Anguillara . . .* (Geneeskruidenboek van . . .) in het Italiaans, de volkstaal, die Brunfels, Bock en Fuchs ook voor hun kruidboeken verkozen hadden.

Ongeveer driehonderd soorten kregen Anguillara's aandacht – waarbij nieuwe ontdekkingen – terwijl zijn werkwijze overeenstemt met die van de andere 16e-eeuwse kruidboekschrijvers (oecologische gegevens, synonymie, fytografische aantekeningen). Ofschoon hij geraadpleegd werd in de volgende eeuwen (Latijnse editie in 1593) had het werk door zijn brede strekking en zijn kwaliteit meer aandacht verdiend dan het ontving.

Pierandrea Mattioli (alias Matthiolus; 1501, Sienna – 1577, Trente, Tirol) studeerde medicijnen aan verschillende Italiaanse universiteiten, zeker met succes want als twintigjarige werd hij lijfarts van paus Leo X. Hij verliet Rome echter in 1527, bleef beroemd als geneesheer, zozeer zelfs dat keizer Ferdinand hem in 1562 in de adelstand verhief en naar Praag riep. Hij werd daarna nog lijfarts van keizer Maximiliaan II, verliet de keizerlijke dienst in 1576, keerde terug naar zijn geliefde Trente (waar hij 14 jaar praktijk had gedaan) en stierf daar een jaar later aan de pest.

Mattioli dankte zijn reputatie zeker ook in niet geringe mate aan zijn *Commentarii in Sex Libros Pedacii Dioscoridis* dat in 1544 verscheen. Het werd een best-seller, in het Duits, Latijn, Italiaans, Nederlands, Frans, en elke heruitgave kreeg meer illustraties mee, de laatste meer dan 1000.

Het grote internationale succes was zeker te danken aan de titel, die op Dioskorides wees, de onvergelijkelijke geneeskruidenautoriteit tot de 18e eeuw.

Het boek is echter een compilatie van allerlei plantkunde, naar 16e-eeuwse trant. Latere edities bevatten de fraaie illustraties en teksten over nieuwe planten, die anderen hem verschaften (zowel uit Europa als uit Klein-Azië). Het toenemende aantal gegevens en afbeeldingen ging samen met een toenemend aantal fouten. Kwade tongen beweren dat Mattioli tekeningen liet veranderen om zodoende de afgebeelde plant beter in overeenstemming met Dioskorides te brengen. Of het waar is of niet, belangrijker is het, dit

(mogelijke) gedrag in de tijd te zien: de vloed van nieuwe planten (en dieren) liet zich steeds minder in overeenstemming brengen met de geschriften uit de Oudheid (zie Cesalpino, IV.20).

Het zou een interessant onderzoek vereisen, in Mattioli's publikaties vergelijkend na te gaan wat werkelijk plaats had, en daarbij tevens de plantentaxa op te sporen die hij voor de eerste maal onderscheidde en bekend maakte. En of hij werkelijk gedroogde planten (herbarium) bij zijn werk benut heeft.

Vrijwel vergeten werd het werk van Bartolomeo Maranta, die een tijdgenoot van Mattioli was (1500, Venusa (Napels) – 1570). Van zijn leven en loopbaan is nauwelijks iets bekend, al kan vermeld worden dat hij een leerling was van Luca Ghini, één der eerste biologen die een herbarium naar de huidige opvattingen bijeenbracht. Maranta hield zich met dezelfde tak van botanisch onderzoek bezig als Mattioli. Hij schreef over Dioskorides en diens planten *Bartholomei Marantae . . . Simplicium Libri Tres*, dat naar verluidt aanzienlijk meer kwaliteit had. Een degelijke studie hiervan bleef tot dusverre uit maar zou wellicht aantonen dat Maranta's werk ten onrechte in het vergeetboek raakte, zeker wanneer het met het graag gelezen en wijd en zijd gewaardeerde boek van Durante vergeleken wordt.

Castor Durante (1529, Gualdo bij Spoleto – 1590, Viterbo), lijfarts van paus Sixtus V, maakte samenraapsels die veel aftrek vonden vanwege de vele fabeltjes en versjes die hij er in deed. Het best bekend werd *Herbario Nuovo . . .*, in 1585 verschenen. Het haalt zelfs het niveau van een Middeleeuws kruidenboek ternauwernood en Durante's werk bleef dan ook zonder invloed op de ontwikkeling van de biologie.

Rond de Middellandse Zee hadden alle auteurs van de Oudheid gewerkt en de 16e eeuwers in Italië bevonden zich op hetzelfde werkterrein, een inspirerend voordeel vergeleken bij de situatie van de onderzoekers benoorden de Alpen; Arber wees daar terecht op (1912, p. 79). Nog een voorsprong kregen, meen ik, de Italiaanse biologen, door het begin der Renaissance in Italië, die hen eerder en directer raakte dan degenen die ten noorden van de Alpen woonden en werkten.

Vier biologen in Italië publiceerden tegen het einde van de 16e eeuw belangrijk werk: Columna, Caesalpinus, Aldrovandi en Salviani. Omdat Columna naar de geest het meest bij de transalpine tijdgenoten aansluit, volgt een resumé van zijn onderzoek hier eerst.

19. Colonna drijft de planten in het nauw

Fabio Col(l)onna (alias Fabius Columna; 1567, Napels – 1640, Napels) leed aan toevalen en kon geen soelaas vinden met behulp van medicijnen die hem verstrekt werden. Hij was rechtsgeleerde en tevens goed op de hoogte van de wiskunde, optica, muziek en vreemde talen. Fabio duikt in de botanische literatuur om zelf te ontdekken wat de klassieke auteurs tegen epilepsie voorschreven. Hij bemerkt hoe verward en onzeker de traditionele teksten zijn en hij kan tenslotte valeriaan identificeren als het geneeskruid dat Dioskorides, de grootmeester, terecht aanried.

Hij wil nu een boek schrijven waar al die ingeslopen vergissingen en lacunes in hersteld worden en publiceert in 1592 *Fytobasanos*, een Griekse titel, die suggereert dat de planten na pijniging hun geheimen prijs moesten geven. De plantenkwelling had maar een beperkt succes: er bleven toch vele fouten en onzekerheden over. Dit neemt niet

weg dat *Fytobasanos* de eerste volgehouden poging (IV.10) is om in de plantkunde tot een verantwoorde synonymie en kritische identificaties te geraken.

In 1606 oordeelde Colonna dat bladeren nauwelijks enige betekenis hebben bij het onderscheiden van 'genera', maar dat bloem, vrucht en zaad allereerst de aandacht verdienen. Colonna wil de gekleurde bloemkroonblaadjes petalen noemen.

Technisch bleek het gebruik van etsen-in-koper als botanische illustraties, die in Colonna's dagen steeds beter beschikbaar kwamen, een doelmatige vernieuwing, die detailtekeningen van bloem en vrucht veel beter mogelijk maakten (V.23,24).

20. *Cesalpino: anatomie, morfologie, fysiologie en systematiek*

Het werk van Cesalpino (Caesalpinus) is een nieuwe fase in de groei van de biologie. Hij gaf enige disciplines van de herboren wetenschap der levende wezens vorm en beantwoordde de eisen die analyserende waarneming en een snel toenemende feitenvoorraad stellen met ordening. In de taal der biologie gebruikt men daar het woord 'systematiek' of zo men wil, 'taxonomie' voor. Cesalpino's taxonomisch beleid wordt hierna voorlopig geschetst en later nader beschouwd (X).

Een rangschikking, ordening, zal slechts mogelijk zijn met inachtneming van de vorm en plaatsing der organen. Dat betekent morfologie. Zowel taxonomie als morfologie behoeven een terminologie.

Indien men de resultaten van de levensprocessen bestudeert, doet zich de vraag voor hoe deze tot stand kwamen. Cesalpino verdiepte zich dus in fysiologische vraagstukken. De technische mogelijkheden van zijn tijd dwongen tot een anatomische benadering. Een eerste verwijzing volgt hier; later bezien wij zijn anatomisch-fysiologische werk wat meer in detail (VI.9).

De biologie van de Oudheid vonden wij in de Middeleeuwen terug, vervormd, verwaterd en verminderd, maar begeleid door een naïeve natuurlijke historie. De Renaissance confronteerde de bioloog met een nieuwe wereld. Deze reageerde aanvankelijk met een vernieuwd historisch besef maar had tijd nodig om de gevolgen van de omwenteling te beantwoorden.

Na inleidende gebeurtenissen van verschillende aard en omvang en reikwijdte (zie bijvoorbeeld pre-Renaissance (III.15,18,19), Mundinus (V.6), Bauhin (X)) bood Cesalpino's werk vertrekpunten aan. Hij verenigde nog wel enige specialismen, maar hij maakte onmiskenbaar duidelijk dat de tijd voor autonome biologische disciplines aangebroken was.

Cesalpino bracht de omgrenzing en de eerste fase van de taxonomie, morfologie, terminologie en (minder nadrukkelijk) fysiologie in de Westerse biologie tot stand.

Andrea Cesalpino (ook Cesalpini; 1509, Arezzo ten zuidoosten van Florence – 1603, Napels) studeerde in Padua bij Realdo Colombo en Luca Ghini, en was van 1551-1592 hoogleraar te Pisa. In 1592 benoemde Clemens VIII hem tot lijfarts en hij bleef in Rome werkzaam tot zijn dood.

In 1583 publiceerde hij *De Plantis Libri XVI* waar hij in te kennen gaf de opvattingen van Aristoteles en Theophrastos te huldigen (I.15,16), maar na aanvulling met de commentaren van Albertus Magnus (III.19). De prioriteit aanvaardend die Aristoteles aan 'functie' gaf, – de vorm van het orgaan volgt daaruit – koos hij de vrucht als de bron van informatie over verwantschappen in het plantenrijk. De vrucht immers is de voor-

naamste schakel bij voortbestaan, speelt de hoofdrol.

Voor de plantenmorfologie gebruikte Cesalpino de term 'cor' (hart), dat is van een kiemplant het gedeelte tussen de wortel en de aanhechting van de zaadlobben. Het is de plek waar aan de beweging (groei) 'richting' wordt opgelegd: omhoog (stengel) of omhoog (wortel), vergelijkbaar met de hartfunctie in het lichaam.

Daarop aansluitend baseerde Cesalpino zijn classificatie op aantal (*numerus*), plaats (*situs*) en uiterlijk (*figura*). Hij ontdekte dat in zaden de kiem zo ligt, dat het 'hart' òf met de buiten- òf binnenzijde van de vrucht verbonden is. Hij is dan ook de eerste in de geschiedenis die begrip toonde voor het belang van de positie van het zaadbeginsel, al had Theophrastos er lang, lang geleden met aandacht naar gekeken (I.16).

Zijn gebrekkige hulpmiddelen beletten hem voldoende waarnemingen te doen en zijn systeem schoot op vele punten tekort, maar zijn argumenten en methode bevatten elementen die sindsdien vruchtbaar en verantwoord bleken.

Fouten kwamen o.m. voort uit zijn onvermogen scherp tussen zaad en vrucht te onderscheiden: kleine éénzadige vruchtjes hield hij voor zaden en zo worden *Ficus* en *Opuntia* vanwege de schijnovereenkomst tussen een vijg en een cactusvrucht nauwe verwanten (Linnaeus noemt *Opuntia* nog Indische Vijg).

Cesalpino onderscheidt 32 groepen en een redelijk aantal daarvan erkent men heden ten dage nog als natuurlijke taxa. Bremekamp (1953) wijdde een uitvoerige studie aan zijn systeem (X).

Overigens werkte Cesalpino ook anatomisch-fysiologisch; hij heeft vooral uit theoretische overwegingen een begrip van de grote bloedsomloop gehad (VI).

21. *Aldrovandi en Salviani bevorderen de dierkunde*

Ulysse Aldrovandi (1522, Bologna – 1605, *ibid.*) schreef als hoogleraar-directeur van de botanische tuin te Bologna, die hij zelf ingericht had (1567), een *Dendrologia Naturalis*. Hij liet een (nog bestaand) herbarium na van meer dan 4000 exemplaren. Maar de 'Pontifex maximus naturalis historiae', paus van de natuurlijke historie, zoals zijn verdeders hem noemden, was allereerst zoöloog.

Als ketter verdacht, werd hij gearresteerd en als gevangene van Bologna naar Rome overgebracht (1549). Aanvankelijk koopman was hij een mislukking gebleken. Hij had zich daarna aan de studie van de filosofie, rechten en medicijnen gezet – de traditionele drie faculteiten – maar bleek opnieuw geen gedragslijn te volgen die algemene instemming verwierf. In Rome bleef hij onder toezicht en kreeg opdracht zich aan de beschrijving van de antieke beelden te wijden. Dat verhinderde niet dat hij met Rondelet in nauw contact kwam; ook assisteerde hij Mattioli (IV.18). Het schijnt wel dat Rondelet een bijzondere leermeester geweest is. Telkens ontmoeten wij zijn (vooraanstaande) leerlingen.

Van Aldrovandi's talrijke dierkundige werken noem ik *Ornithologia* (3 delen; 1599-1603). Na zijn dood verschenen boeken over o.m. insecten, wervellozen, in totaal ca. 7000 foliopagina's, over 11 banden verdeeld.

Hij bouwde zijn teksten volgens Gesners model, maar was nog minder kritisch bij het beoordelen en nog gretiger in het opstapelen van zijn literatuurgegevens. Petit (1962, p. 263) karakteriseerde zijn dierartikels als "étalage d'érudition". Het paard beslaat 274 bladzijden. Aldrovandi kon over veel meer Indische, Amerikaanse en Aziatische dieren

iets meedelen dan Gesner, al bleef die soort informatie toch schraal.

Terwijl Wotton wist (zie hierna) dat de vleermuis een zoogdier is, plaatste Aldrovandi de struisvogel en de vleermuis als vogels bijeen, net als Aristoteles. De olifant behoort tot de éénhoevigen. Tweehoevigen zijn òf land- òf waterdieren; de laatste groep wordt slechts door het nijlpaard vertegenwoordigd, oordeelde Aldrovandi, die de meest omvangrijke monstrologie ter wereld schreef. Het eerste hoofdstuk, *De Homine Aequivoca*, omvat 748 pagina's. Een heruitgave in onze tijd (en taal) zou fascinerende lectuur zijn en een bekwame pen vereisen om een passende toelichting er aan toe te voegen.

Aldrovandi liet zijn boeken fraai illustreren en betaalde uit eigen zak aanzienlijke bedragen. Hij kan niet anders dan een levendige, toegewijde, hartstochtelijke en verwoed werkende bioloog geweest zijn. Zijn probeersels in de systematiek slaagden niet maar hij bereidde, evenals zijn tijdgenoten, de komende taxonomische ontwikkelingen voor (X). Cesalpino, zijn collega, was in Pisa en Rome werkzaam en had contacten met Padua maar schijnbaar niet met Bologna.

Nog een aantekening over Ippolyto Salviani tot slot, die al even grote voorkeur aan de dag legde voor de mediterrane waterfauna als zijn voorgangers tot Aristoteles toe. Hij liet 1555 te Rome een vissenboek verschijnen *De Piscibus* nadat een jaar tevoren zijn *Aquatilium Animalium Historiae Liber* gereed gekomen was. Elke vis die Salviani besprak, kreeg opmerkingen over de smaak, de voedingswaarde en de bereidingswijze mee. Dat ging niettemin zeer goed samen met zijn wens om een mooi en goed boek te maken: hij betaalde uit eigen zak twee jaar lang een aantal jonge kunstenaars om de vissen te tekenen en in koper te graveren met als resultaat zo fraaie afbeeldingen dat Rondelet (V.15) en Gesner (IV.13) een aantal van de 99 figuren in hun werk overnamen. Salviani leefde van 1514-1572, geneesheer in Rome.

22. Franse dierkundigen in de 16e eeuw

Pierre Belon (1517 – 1564, Parijs) moet hier genoemd worden als een der schaarse 16e-eeuwse zoölogen in Frankrijk. Zijn werk als anatoom (V.14) en als taxonoom zal later (X) onze aandacht krijgen.

Belon leidde een zwerfend leven, vol avontuur, maar met de steun van vele vorstelijke begunstigers der wetenschappen en hooggeplaatste prelaten. Hij was vurig katholiek en nam zelfs actief aan de godsdienstoorlogen tegen de hugenoten deel.

Hij studeerde medicijnen te Wittenberg maar het protestantisme, dat vele van zijn medebiologicalen daar beïnvloed had, liet hem koud. Hij zette zijn studie voort in Parijs en Montpellier waar hij bij Rondelet werkte (1550-1560) en daarna maakte hij enige reizen met diplomatieke opdrachten. Samen met Pierre Gilles (zie verder) bereisde hij Italië, Turkije, Griekenland, Egypte en het Midden-Oosten. Hij bracht een bezoek aan Engeland. Zijn reisverslag werd klassiek; levendig, vol nieuwe en goede waarnemingen over mensen, zeden en gewoonten. Meermalen vermeldt hij feiten van natuurhistorische waarde. In 1551/2 publiceerde hij *Histoire Naturelle des Étranges Poissons marins*; in 1553 het boek over zijn reizen en een verhandeling over groenblijvende bomen, *De Arboribus Coniferis* . . .

In 1555 werd hij door de Spanjaarden, die Thionville bezetten, gevangen genomen, maar was weldra weer op vrije voeten zodat hij nog in hetzelfde jaar zijn *Histoire de la Nature des Oyseaux* . . . (7 'boeken') kon laten verschijnen. In 1564 werd hij, botanise-

rend in het Bois de Boulogne bij Parijs, vermoord. Sommigen menen door rovers, anderen verdenken hugenoten.

Belons werk toont Renaissancistische invloeden; een overtuigend detail is de in historische overzichten steeds gereproduceerde tekening van het menselijk skelet naast het vogelskelet. De tekening laat zorgvuldig van beide skeletten zien, dat zij hangen aan een ijzeren ring door de schedel (vgl. IV.29): de tekening is natuurgetrouw (vgl. Fuchs; IV.9, IV.14 en de verlepte planten).

Hij schreef zo fraai Frans, dat hij als een grondlegger van wetenschappelijk Frans proza beschouwd wordt. De taal der geleerden, het Latijn, had hij, het humanistisch pleidooi gehoor gevend, niet gebruikt. Maar zijn boeken werden, niettemin, weldra in het Latijn vertaald. Vermeldenswaard zijn Belons oecologische opmerkingen, hier en daar in zijn boeken te vinden. Zij zijn vooral van belang omdat zij tot de eerste behoren in dat veld van onderzoek.

Naar en door het Midden-Oosten reisde Belon samen met Pierre Gilles (1489, Albi – 1555, Rome), die ook, nu en dan, in staatsdienst was. De zwerftochten van Gilles elders leverden o.m. een anatomie van een olifant op, die hij ontleed had. Hij was met het dier op weg naar Henri II, een omvangrijke hommage, maar het stierf voor dat het einddoel bereikt was en Gilles maakte van de dood een deugd. Wij laten zijn overige, spectaculaire zoölogische ondernemingen onbesproken, maar noemen zijn heruitgave van Aelianus (II.18), die in 1539 verscheen (*Aeliani Historia*), een Latijnse vertaling in 16 'boeken', vermeerderd met veel andere gegevens uit de Oudheid (gecompleteerde uitgaven in 1562, samen met aantekeningen door Gesner in 1611, door Gronovius in 1832).

Gilles verdient enige erkenning, omdat hij Aelianus las, wilde weten om welke zeedieren het nu precies ging, en daartoe zelf de kusten van Spanje, Frankrijk en Italië bezocht. Na zijn dood verscheen zijn 'Aelianus' nog eens (1561), wat aangevuld, en vergezeld van enig antiek kleingoed (*Petri Gyllii, De Bospore Thracio . . .*).

Het is begrijpelijk dat de studie van het kleurige leven van Gilles en van zijn enthousiasme, een waardering oproept, maar om hem als 'Vader van de Franse zoölogie' te betitelen, zoals Hamy (1900) deed, gaat veel te ver.

Wij zullen Belon en Guillaume Rondelet, Belons leermeester, opnieuw ontmoeten bij de bespreking van de ontwikkeling der anatomie (V) omdat van beiden het anatomisch werk het meest de biologie bevorderde. Hier een kort overzicht van Rondelets leven en werken.

In 1507 te Montpellier geboren, ging Rondelet als jonge man naar Parijs, waar hij korte tijd medicijnen en anatomie bij Andernach (V.10) studeerde. In 1529 was hij weer terug in zijn geboortestad en verplicht te proberen met dokters en lesgeven aan de kost te komen. Hij ging na enige tijd naar Florence waar hij vier jaar bleef. Weer naar Montpellier teruggekeerd, maakte hij snel carrière: lijfarts van kardinaal De Tournon en professor aan de Medische School.

Met De Tournon reisde hij veel (Antwerpen, Italië); Clusius (IV.16) was enige tijd zijn secretaris. Waar hij maar mogelijkheden zag, zocht hij dieren en dierresten langs de zee. Hij vestigde zich 1537 weer in Montpellier. In 1545 volgde zijn benoeming als kroondocent ('professeur royal') en in 1556 als kanselier van de universiteit. Hij overleed 1566 te Réalmont (Albigeois) aan dysenterie.

Rondelets werken zijn standaardliteratuur geworden: *Libri de Piscibus Marinis* (1553) en *Universae Aquatiliū Historiæ* (1555, 18 'boeken').

Rondelet beschouwde alles wat in water leeft als 'piscēs', als 'vis'. Daar volgt uit dat

walvissen 'vissen' zijn en schaal- en schelpdieren evenzo. Zijn systematiek komt later aan de orde (X).

De uitstekende illustraties van ca. 300 soorten waterdieren, te zamen met zorgvuldige aantekeningen, beschrijvende gegevens en inwendige bouw, verlenen aan Rondelets werken blijvende betekenis.

23. Franse plantkundigen in de 16e eeuw

In de 16e eeuw blijft Frankrijk achter in de ontplooiing van de botanie; ik heb er geen overtuigende reden voor kunnen vinden. Weliswaar kreeg het protestantisme in Frankrijk niet de vrijheid die in Duitsland, de Lage Landen en Engeland bestond, en die vergezeld ging van een ontwikkeling van de plantkunde, maar deze verklaring schijnt al te eenvoudig. De zoölogie weerde zich wat beter. Toch werd wel enig botanisch werk verricht.

Een ongeïllustreerde vertaling van Dioskorides, met commentaren en algemene beschouwingen schreef Jean de la Ruelle (Ruellius), omstreeks 1474 te Soissons geboren en te Parijs, als kanunnik van Notre-Dame overleden in 1537. Hij was medicus (deken van de medische faculteit van 1508-1510) met veterinaire belangstelling (publiceerde (1530) een overzicht van paardeverzorging en -ziekten volgens de klassieken) en verrichtte ook goed botanisch werk.

De Dioskorides-bewerking (*Pedacii Dioscoridis Anazarbei . . . Libri Quinque*) bevatte behalve botanie veel informatie over artsenijen en vestigde zijn reputatie. Hij wees echter maatschappelijk verleidelijke aanbiedingen af om zich in de rust van het klooster aan zijn studies te kunnen wijden.

In 1536 verscheen zijn *De Natura Stirpium Libri III*, dat echter weer veel meer omvat dan zijn toegelichte vertaling van Dioskorides. Het is een plantkundige studie bedoeld om Theophrastos (I.16) te moderniseren en aan te vullen. Tegelijkertijd (oordeelde Möbius, 1937, p. 21) was het "de eerste, vrij uitvoerige Flora van Frankrijk".

Ruellius nam de plantbeschrijvingen van klassieke auteurs over of maakte, als hij de plant zelf had kunnen bezien, nieuwe. En, zoals gebruikelijk, besloot hij elk plantartikel met aantekeningen over nut en kweek.

Zijn boek wachtte een merkwaardig lot. De Frankfurter boekhandelaar-uitgever Chr. Egenolff (1502-1555), die o.m. een bewerkte heruitgave van Herbarius zu Teutsch geïllustreerd had gepubliceerd (IV.11), liet Ruellius' boek eveneens bewerken. Dit werd ter hand genomen door een heelmester, een zekere Walther Hermann Ryff (Rivius), die een 'nieuw groot distilleerboek' gemaakt had. De nieuwe Ruellius verscheen in 1543, nu voorzien van 595 afbeeldingen. Vele waren uit Fuchs' *Historia* (IV.9) afkomstig, waarmee men vrede kan hebben, maar te vele kregen een plantbeschrijving toegevoegd, die er niet bij hoorde. Egenolff en de zijnen lieten zich niet uit het veld slaan en in 1549 verscheen Ruellius opnieuw, nu voorzien van 786 afbeeldingen en nog meer fouten (zie ook Roth, 1902). De edities van 1537, 1543, 1575 (Bazel) en van 1538 (Venetië) maakten Ruellius tot een veel geraadpleegd handboek.

Ruellius' *De Natura Stirpium* onderscheidt zich niet wezenlijk van de 15e-eeuwse en vroegere voorgangers, maar laat toch een groeiende mate van eigen waarnemingen en vrijere overdenking zien.

Een zeer ambitieus werk was *Historia Generalis Plantarum* door Jacques d'Alé-

champs (1513, Caën – 1588, Lyon), dat in 1586 verscheen. D'Aléchamps leefde en werkte sinds 1552 in Lyon, na in Montpellier medicijnen gestudeerd te hebben (bij Rondelet). Het boek is de traditionele encyclopedische opstapeling van al wat gedrukt werd. Circa 2700 afbeeldingen, van zeer bescheiden waarde, vergezellen de tekst, die vooral over Europese planten handelt, maar D'Aléchamps heeft gegevens over de tropen van vroegere auteurs overgenomen als hij ze bemachtigen kon.

Hij deed toen hij de massa materiaal voor zijn boek moest ordenen een poging om een plantensystematiek te ontwerpen maar het bleef bij een kinderlijke, onkritische en krachtloze poging, die later nog ter sprake zal komen (X). Voor D'Aléchamps, tijdgenoot van Rabelais, Rondelet en Cesalpino was de Renaissance nog niet begonnen.

Bleef de plantkunde in Frankrijk ten achter, met de dierkunde was het in zoverre beter gesteld dat de zoölogische anatomie zich snel ontwikkelde (V).

24. Engelse biologen in de 16e eeuw: Wotton en Turner

Als eerste 16e-eeuwse auteur in Engeland over systematische zoölogie geldt Edward Wotton (1492-1555). Hij liet in 1552 te Parijs *De Differentiis Animalium* (in 10 'boeken') verschijnen. Eerst besprak hij de 'bloeddieren': de mens boven aan de lijst.

De levendbarende viervoeters verdeelt hij in veelvingerigen, twee- en éénhoevigen. Daarop volgen de eierleggende viervoeters en slangen. De vogels verdeelt hij in spijlvoetigen, roofvogels, vliegende en fladderende watervogels (de struisvogel als toegift daarbij). Een volgend boek (VIII) behandelt de bloeddieren die in het water leven, met name de groep der vissen en die der walvissen.

De bloedloze dieren zijn voornamelijk insecten, met inbegrip van de spinnen. Tenslotte de lagere dieren, in vier groepen: (1) weekdieren, (2) schaaldieren, (3) schelpdieren (met de zeeëgels, slakken, mossels) en (4) de zoöfyten. Daar horen de zeekomkommers, zeesterren en o.m. de paddestoelen bij.

Wotton is Aristoteliaan, maar in zijn werk zijn toch sporen te vinden van een aanloop naar een natuurlijk systeem; dit komt later ter sprake (X).

In Engeland werkte een sterke persoonlijkheid die aan de biologie duidelijk bijdroeg, William Turner (1510/15, Morpeth, ten N. van Newcastle – 1568, Londen). Hij was geestelijke en bleek, bij machtswisselingen in Engeland van clerus en koningshuis meermalen niet zuiver in de leer, waardoor hij alle tegenspoed ondervond die zoiets met zich meebrengt. Geneesheer was hij tevens en hij werd, kenmerk van zijn biologische belangstelling, protestant. Erkend moet worden dat zijn strijd lust en sarcasme hem meer vijanden verschafte dan noodzakelijk schijnt.

Hij studeerde in Noord-Italië en bereisde Italië, Zwitserland, Holland en Duitsland. Met Luca Ghini (Bologna, zie X), Gesner (Zürich) en Fuchs (Frankfurt) had hij langjarige contacten, begonnen tijdens zijn verbanning naar het continent, na met de gevangenis van de bisschop kennis te hebben gemaakt.

Zijn voornaamste werk is *A New Herball* . . ., dat in afleveringen verscheen tussen 1551 en 1568. Ook hij is overtuigd van de noodzaak zelf te onderzoeken en waar te nemen, een leer die zijn tijdgenoten volmondig belijden maar niet zelden zuinig naleven. Hij schreef:

“Degenen die het eerste stuk van mijn Herball [*Historia de Naturis Herbarum*, 1544] gelezen hebben en mijn geschriften over planten met wat Matthiolus, Fuch-

sius, Tragus en Dodonaeus schreven in de eerste edities van hun Herballen vergeleken, zullen dadelijk zien dat ik de waarheid omtrent een aantal planten aan het licht heb gebracht, die de bovengenoemde schrijvers of in het geheel niet kenden of die anderszins grotelijks op een dwaalspoor waren . . . zodat ik wel iets van hen geleerd heb en zij, van de weeromstuit, iets van mij konden leren of leerden, zoals de tweede editie van hun boeken kan uitwijzen. En omdat ik niet wilde zijn zoals een omroeper die een verloren paard op de markt bekend maakt en al de eigenschappen en merktekens die het heeft meedeelt, en toch het paard nooit gezien heeft, ging ik naar Italië en naar verschillende streken in Duitsland, om de gewassen te leren kennen en zelf te zien.”

Ofschoon Turners aanpassing bij een tekst van Galenus (het verloren paard, vgl. II.5) een detail mag heten, verklaart dit detail toch dat hij tijdgenoten graag berispt als het geldt de vereerde klassieke voorgangers tegen kritiek te verdedigen. Arber (1912, p. 104) vermeldt hoe Turner met gusto Mattioli (IV.18) aanvalt, die beweerd had dat de bremraap (*Orobanche*) alleen al door zijn schadelijke tegenwoordigheid en zonder enig daadwerkelijk contact andere planten kan doden. Theophrastos en Dioskorides wisten wel beter, zegt Turner, en hij noteerde dat Mattioli's bewering tegen de logica, tegen het gezag van voorgangers, en tegen de ervaring indruist. Mattioli's afbeelding schiet eveneens tekort, want de wortels, die de eigenlijke verwoestende werking hebben, zijn er niet op te zien. Turner berispte:

”En wat ervaring betreft, ik weet dat bij levende en jonge *Orobanche* uit de hoofdwortel vele kleine draadjes komen, waarmee hij de wortels van de planten die nabij hem groeien, grijpt. Daarom had Matthiolus niet zo lichtvaardig het gezag van Theophrastos moeten besmeuren, een zo oude en vertrouwenswaardige auteur.”

Arber (1912) wees op Turners onafhankelijke oordeel en eigen onderzoek, die onbelemmerd samengaan met zijn grote respect voor de klassieken.

Turner schreef eveneens over vogels (*Avium Historia*) en zond Gesner (IV.13) informatie over Engelse vissen. Evenzeer als vele van zijn protestante tijdgenoten was hij er op uit bijgeloof en (plant)legendes te ontzenuwen.

Lyte's Engelse editie van Dodoens' kruidboek in 1578 gebaseerd op Clusius' Franse vertaling werd reeds vermeld (IV.15); het verdrong Turners Herball, onverdiend en onnodig.

25. Een Engelse beunhaas: Gerard

Tenslotte nog, ter afsluiting van de 16e-eeuwse plantkunde in Engeland: The Herball or General Historie of Plantes, door John Gerard(e) (1545, Nantwich, Cheshire – 1607, Londen), dat in 1597 verscheen. Hij was barbier-chirurgijn, die in Denemarken en Rusland reisde, en, terug in Londen, een botanische tuin aanlegde en in stand hield.

Een Engelse vertaling van Dodoens' *Pemptades* was nog niet voltooid toen de vertaler stierf. Gerard kreeg de vertaling in handen, voltooide hem, en wijzigde de indeling van het boek zodat die met De l'Obels boek (IV.17) overeenstemde. Daarna publiceerde Gerard het geheel als zijn eigen werk en begon met een verbazingwekkende mededeling: “Doctor Priest, die aan ons London College verbonden was, heeft (naar ik vernam) het laatste werk van Dodonaeus vertaald en was voornemens dit te publiceren.

Maar de dood belette hem dit en zijn vertaling ging evenzo te gronde.”

Intussen staat in de brieven die als bestanddeel van het uitvoerige voorwerk zijn opgenomen, te lezen: “Doctor Priest heeft, door zijn vertaling van de grote Dodonaeus, hierdoor een monument op zijn vererenswaarde graf geplaatst. Magister Gerard, het laatst gekomen, maar de minste niet, heeft het hele werk voor onze Engelse natie op veel manieren geschikt gemaakt.”

Gerards ‘Herball’ is met ca. 1800 houtsneden verlucht, verreweg de meeste ontleend aan Tabernaemontanus. Maar omdat Gerard niet genoeg van plantkunde wist om bij de afbeeldingen van Tabernaemontanus (IV.12) de passende beschrijvingen te voegen, ontving De l’Obel – die in Engeland werkzaam was (IV.17) – verzoeken van de drukker om de fouten te herstellen. Maar Gerard kreeg hier na enige tijd genoeg van en verhinderde verdere correcties omdat, naar hij zei De l’Obel “geen Engels begreep” (hij was in Rijssel geboren).

Gerard herhaalde de oeroude fabel van de eendemossels onverdroten. Dat is erg genoeg maar hij deed een omstandig verhaal waarin hij in detail meedeelde hoe de brandganzen uit de schelpen te voorschijn komen, bijzonderheden die hij met eigen ogen zag. “Overigens vindt deze hardnekkige fabel nog in de 17e eeuw aanhang al wist Colonna (IV.19) in 1592 al beter”, merkte Arber (1912) op, aan wie ik veel van bovenstaande gegevens dank. Ik herinner er aan dat Albertus Magnus en Frederik II in de 13e eeuw eveneens de eendemosselsage weerlegd hadden. Dat hun standpunt over een zo populair verhaal dat onverflauwd aandacht kreeg, volkomen onopgemerkt bleef, verdient een aantekening.

Maar Gerards werk werd snel vergeten, evenals de lijst van planten die hij kweekte (*Catalogus . . . in Horto Gerardi*; 1596).

26. *Verre landen*

Naarmate in de loop van de 16e eeuw de wereld toegankelijker werd door ontdekkings-, missie- en handelsreizen, komen meer gegevens over dieren en planten uit verre streken beschikbaar. Reizigers brengen materiaal mee of vertellen wat zij zagen. Biologen in Europa herhalen het gehoorde of bewerken het meegebrachte. Clusius (IV.16), Turner (IV.24) en Durante (IV.18) zijn voorbeelden; hier volgen nog enige gegevens. Ik wees al op Clusius’ *Exoticorum Libri Decem* (1605). Het laatste stuk daarvan is Clusius’ Latijnse vertaling van Pierre Belons ‘Observations’, zijn reisboek (IV.22).

De vijfde editie van Dodonaeus’ ‘Cruydeboek’ (IV.15), bevat een appendix met alleen al uit Oost-Indië meer dan 200 plantentaxa (1608).

Leonhard Rauwolf (ca. 1540-1596, Hatvan, noordoost van Boedapest) bereisde als geneesheer het Midden-Oosten, bracht een nog te Leiden bewaard, omvangrijk herbarium (350 soorten) bijeen en vertelde iets over 42 bijzondere plantesoorten “in Kurtze und einfeltige Erzehlung der Kreuter welche ich . . . zu Halepa . . . erlanget und aufs Papier geleymt hab” (in hoofdstuk 9 van deel I van zijn driedelig reisverhaal, 1581-1583).

Johan Leo Africanus (Alhasan ibn Mohammed Alwazzan Alfâsi, een in Spanje geboren (Elvira bij Granada) Noordafrikaan, zo geheten vóór hij christen werd) schreef over enige planten en dieren waargenomen op zijn reizen in Noord-Afrika (1550; in Ramusio, *Navigazioni et viaggi*). Hij ontving de naam Leo van paus Leo X, die hem liet

dopen, nadat hij hem kado gekregen had. Leo was tevoren door piraten als slaaf verkocht.

Garcia ab Horto, lijfarts van de Portugese onderkoning in Goa, maakte samenspraken, *Coloquios dos simples*, over geneeskruiden (1563). Clusius vertaalde en verbeterde Garcia's boek dat geïllustreerd verscheen (IV.16); het werd vele malen herdrukt, in allerlei talen.

Opmerkenswaard is Prospero Alpino's (1553, Marostica bij Vicenza – 1616/7, Padua) *De Plantis Aegypti* (1592), een geïllustreerde bundel samenspraken over Egyptische planten, die hij ter plaatse zag. Hij ging als lijfarts met de Italiaanse gezant mee naar Caïro. De eerste zelf geziene gegevens over de koffiestruik stammen van Prospero, die de sexualiteit van de dadelpalmen ook te velde bestudeerde. Hij werd hoogleraar in de botanie en directeur van de botanische tuin te Padua (1594), waar hij stierf. In 1640 verscheen een herdruk met een supplement.

27. Natuuronderzoek in de tropen (16e eeuw)

Tengevolge van handelsbelangen komen informaties naar Europa; zo maakte Duarte Barbosa gedurende zijn bezoeken aan Portugees India beschrijvingen van de nootmuskaat en de kruidnagel (1554) waarna zijn reisgenoot Antonio Pigafetta (beiden gingen mee met Magelhaes op zijn reis rond de wereld) zijn werk nog aanmerkelijk verbeterde. Deze pioniers waren geen biologen evenmin als Jan Huyghen van Linschoten (1563, Haarlem – 1611, Enkhuizen), die niettemin een avontuurlijk koopmanschap liet samengaan met natuuronderzoek. Misschien hadden de opgezette tropische dieren, die de Verenigde Oostindische Compagnie sinds ca. 1559 in Enkhuizen in de Chirurgijnskamer liet bewaren, zijn belangstelling opgewekt. Twintig jaar oud kwam hij in Goa (1583), daarna bezocht hij Cochin, en hij verbleef in de Azoren (1589-1591). Terug in Enkhuizen kreeg Berent ten Broecke (Bernardus Paludanus) al zijn materiaal, planten en aantekeningen, en deze gaf Linschotens *Itinerario* uit (2 delen, 1595-1596). Botanische tekeningen vergezellen mooie en gedetailleerde beschrijvingen van o.m. ananas (*Ananas comosus*), nangka (*Artocarpus integra*), manga (*Mangifera indica*), kasjoe-noot (*Anacardium occidentale*), djamboes (*Eugenia* spp.), lobi lobi (*Flacourtia inermis*), gandaria (*Bouea gandaria*) en citrus (*Citrus* spp.). Handelsgewassen zoals peper, kaneel, gember, kardamoom, sandelhout en kamfer krijgen veel aandacht. Er zijn aantekeningen over de tweeslachtigheid van de papaya (*Carica papaya*), goede informatie over bananen en doerian (*Durio*).

Sommige historici zijn zover gegaan dat zij Jan Huyghen als de eerste beschrijver van geslachtelijkheid in het plantenrijk na Plinius beschouwd hebben. Plinius schreef over de dadelpalm (II.15), en Jan Huyghen over *Carica papaya*. Het schijnt mij beter zijn verdienste vooral te zoeken in de degelijke aantekeningen, die hij Berent ten Broecke verschaftte, want diens tekst is kennelijk op Plinius geïnspireerd en Jan Huyghen, die het Latijn niet machtig was, had Plinius, mag men veronderstellen, niet gelezen.

“Er is ook een vrucht die uit de Spaanse Indiën is gekomen, van de Filippijnen naar Malakka gebracht werd en van daar naar India, en deze wordt Papaïos genoemd, en lijkt veel op een Meloen, zo groot als een mansvuist, en groeit slechts in paren, een die mannelijk en een die vrouwelijk is. De mannelijke boom draagt nimmer enige vrucht, slechts de vrouwelijke, en als zij gescheiden zijn,

van elkaar verwijderd, de een van de ander, dan geven zij in het geheel geen vrucht.”

Jan Huyghen noteerde verdienstelijk en nauwkeurig wat men hem vertelde en wat hij waarnam, meer niet. Op de ontwikkeling van de kennis over sexualiteit bij planten komen we terug (Camerarius, VI.20 en IX).

Als voorbeeld van natuurhistorische stroomtochten in de Nieuwe Wereld kies ik André Thévet (1502/3, Angoulême – 1592, Parijs), franciscaan, die zijn sporen in het Midden-Oosten verdiend had.

Hij ontmoette Belon bij de Bosporus, die o.m. belast was met het inzamelen van medicinale planten en produkten “op hun geboortegrond”, zoals zijn opdracht luidde. Thévet bereisde o.m. Algerije en Egypte om manuscripten uit de Oudheid in te zamelen en deze te redden door hen naar Frankrijk te brengen. Hij stelde dierenlijsten samen, van ‘Arabië’ en de Perzische Golf, in zijn sensationele reisverslag. Een expeditie naar Brazilië, waar hij aan deelnam (1555), gaf hem opnieuw gelegenheid zijn verzamellust te botvieren. Hij bracht veel materiaal naar Europa al bleef hij maar 2 maanden in Zuid-Amerika en zond specimina o.m. naar Gesner (IV.13) en Melanchton.

Dit is een fragment uit Backers pakkende overzicht van zijn leven en werk (1936, p. 581):

Thévet werd “als geestelijke toegevoegd aan een aantal Franse landverhuizers, die in 1555 van Le Havre vertrokken om in Brazilië een kolonie te gaan stichten. Datzelfde jaar bereikten de kolonisten de baai van Rio de Janeiro waar zij zich vestigden op het eilandje Ganabra. Van daar uit maakte Thévet vele verkenningstochten; hij verzamelde een groot aantal merkwaardigheden van allerlei aard en maakte vele tekeningen van natuurhistorische voorwerpen. Toen onder de kolonisten heftige twisten uitbraken, vroeg en verkreeg Thévet, die zich vele vijanden gemaakt had en ziek geworden was, zijn ontslag en keerde hij terug naar Frankrijk waar hij in 1556 aankwam. In 1558 gaf hij over de nieuwe kolonie een geïllustreerd werk (*Les Singularitez de la France Antarctique*) uit, dat blijken geeft van grote betrouwbaarheid, voor zover het zijn eigen waarnemingen betreft, doch van nog grotere lichtgelovigheid ten opzichte van hem door anderen gedane, fantastische mededelingen. Aanvankelijk maakte het werk grote opgang; weldra echter werd de schrijver heftig aangevallen, vooral omdat hij afgeweken was van toen heersende meningen en had durven beweren, dat de hete gewesten bewoonbaar waren voor Europeanen, en dat de inboorlingen niet over hun gehele lichaam dicht langharig waren. Thévet werd voor een bedrieger uitgekreten en behield die reputatie tot diep in de 19e eeuw.”

Cosmographie Universelle (1575), een grote compilatie stond inderdaad vol met de laatste verhalen en was slecht geïllustreerd. Thévet bracht de tabak naar Frankrijk (‘herbe Xaintongeoise’ of ‘petun’; later heette het dat Jean Nicot de importeur was) en kweekte zijn petun als sierplant.

Veel van Thévets materiaal kwam terecht in het Cabinet des Konings, dat Henri II ca. 1550 liet inrichten, en waar Thévet de eerste conservator van werd. Hij stimuleerde de belangstelling in de levende natuur, bracht belangrijk materiaal en interessante gegevens naar Europa maar droeg door eigen onderzoek niets bij tot de ontwikkeling van de biologie.

28. *Spanjaarden en Portugezen in de Nieuwe Wereld*

Van Linschoten en Thévet maakten zich nuttig door de natuurlijke historie van de tropen te bevorderen op dezelfde manier als Hernandez d'Oviedo y Baldy (1478, Madrid – ?), die over planten en dieren van West-Indië schreef, waarnemingen die hij tijdens zijn directoraat van de goud- en zilvermijnen op Santo Domingo deed. Veel méér behandelde het werk van Francisco Hernandez (= Fernandez) (1517, Toledo – 1587), die door Philips II naar Mexico gezonden werd om volgens zijn taakomschrijving de “drie rijken der Natuur af te beelden en te beschrijven”. Hij verzamelde en tekende daar van 1571-1577 en bracht ware schatten aan informatie bijeen. Hij maakte meer dan 1200 tekeningen.

Publikatie bleek moeilijk en in 1671 verbrandde een groot deel van de manuscripten tijdens de brand in het Escorial. Het werk van beide natuuronderzoekers was intussen ten dele gepubliceerd: in 1535 twintig delen van *La Historia general y natural* . . . De overige delen (dertig) verschenen met lange tussenpozen, verzorgd door Recchi, Ximenez en anderen, met hulp van de Accademia dei Lincei, totdat in 1783 wat na ruim twee eeuwen overschoot, na veel geharrewar gedrukt was. De boeken zijn de oudste bron van informatie over de Centraalamerikaanse natuur, Aztekennamen, enzovoorts.

Men treft bij D'Aléchamps (IV.23) enige fragmenten aan van Hernandez. Van Linschoten, Thévet en de twee Spanjaarden zijn tekenende voorbeelden van de situatie omstreeks het einde van de 16e eeuw, toen geconserveerde planten en dieren en allerlei documentatie Europese geleerden bereikten, die vol ijver en verwondering over de natuurlijke schatten der wereld, beschreven wat hen in handen kwam. Nog drie namen mogen dit globale overzicht van de 16e-eeuwse bezigheden der tropische planten en dieren beschrijvende Spanjaarden en Portugezen voltooiën: Monardes, Acosta en Martyr.

Nicolo Monardes (1493, Sevilla – 1588, *ibid.*) stichtte in 1554 een Koloniaal Museum in zijn vaderstad Sevilla en beschreef allerlei natuurproducten uit beide Indiën. Aardig is zijn beschrijving van de platte, cirkelronde, gevleugelde peul van *Pterocarpus indicus*. Hij ziet een draak afgebeeld door de adering op het centrum van de peul, want hij heeft gehoord dat de boom een rood sap geeft, dat op drakebloed gelijk.

Monardes was, als arts, vooral in geneesmiddelen geïnteresseerd (*De las cosas . . . las Indias Occidentales* . . . 1565/74) en hij schreef bijvoorbeeld met smaak over het plezierige effect van tabak-roken, dat de Indianen plegen te doen maar van hun meesters niet mogen. Clusius verzorgde een Latijnse editie, die ook deel uitmaakt van zijn *Exoticorum Libri Decem* (1605).

Christophorus Acosta, Portugees geneesheer ter kust van Malabar en Cochin (Zuid-India) schreef eveneens over artsenijen, *Tractado de las Drogas* . . . in 1578, dat door Clusius bewerkt in 1593 opnieuw verscheen. Hij werd in ca. 1500 in Mozambique geboren, bereisde tropisch Oost-Azië, ontmoette Garcia (IV.26) en vestigde zich in Burgos als dokter waar hij, monnik geworden, in 1580 stierf.

De Amerikaanse tropen krijgen aandacht in Pedro Martyr de Angleria's *De Orbo Novo Decades VIII* (1587), maar er is weinig biologie in te vinden. Martyr was een Spanjaard (in Arona aan het Lago Maggiore geboren), die raadsheer van Ferdinand de Katholiek en van Karel V werd over Indische zaken (1525?). Hij was de eerste die enige gegevens over de ananas in Europa bekend maakte.

29. *Dier- en plantillustraties in de 16e eeuw*

In de 16e eeuw ontwikkelde de beschrijvende plantkunde zich krachtig; dat bevorderde het streven naar nauwkeurig afbeelden met tekeningen, gravures in hout en in koper. Hoe techniek het afbeelden beïnvloedt, laten de houtsnedden zien die een plant niet zelden met vreemd gekromde en gerichte stengels tonen, omdat de tekenaar het drukkersblok zo volledig mogelijk wilde vullen. De 16e-eeuwse kopergravure verdrong de houtsnede want hij laat niet alleen meer detaillering toe, maar doordat figuren verkleind goed herkenbaar blijven ontstaat er gelegenheid voor allerlei extraatjes, landschappen, achtergronden, ornaminten, ter verkwikking van de renaissancistische beschouwer. Vesalius is het schoonste voorbeeld hiervan (V.11).

De illustraties in Bocks en Fuchs' kruidboeken – om twee voorbeelden te noemen – laten zien hoe de kunstenaar de wetenschap dient met tekeningen die kunstwerken zijn, vergelijkbaar met Dürers of Da Vinci's werk. Zij tonen eveneens hoe wortel en blad van veel grotere betekenis geoordeeld worden dan de bloem (en de vrucht). Geleerde en kunstenaar ontmoeten elkaar in de kruidboeken; die zijn zowel voor de vakman als voor de leek bestemd (vgl. ook IV.13).

Gesners dierillustraties zijn terecht beroemd. Het stemt tot nadenken dat fabeldieren met even vaste hand en even grote zekerheid getekend worden als werkelijk bestaande. De botanische tekeningen die Gesner vervaardigde, konden pas in de 20e eeuw in kleur gereproduceerd worden. Zij zijn zo fraai dat zij uitstekend in de boeken van onze tijd zouden passen, zij het dat morfologische details vaak ontbreken en thans zouden moeten worden toegevoegd.

30. *De Mystici; Paracelsus en Porta*

Meyer (1857) sprak van mystieke botanici om een groep 16e-eeuwse geleerden aan te duiden die de biologie op een heel bijzondere manier beoefenden en hij noemde vier namen: Paracelsus, Carrichter (IV.31), Thurneisser (IV.31) en Porta. Zij waren 'mystici', die in hun denken en geschriften van biologische aard allerlei Platonische en Pythagorische veronderstellingen invlochten en op het biologische denken invloed hebben gehad.

In de literatuur treffen we Paracelsus onder vele namen aan; de mooiste is Aureolus Philippus Theophrastus Bombastus von Hohenheim Paracelsus, waarmee zijn uitgever in 1603 zijn complete werken decoreerde.

Hij zou in 1493 in Einsiedeln geboren en in 1541 te Salzburg gestorven zijn, maar vrijwel alles wat deze fantast raakt, is onzeker, of het nu zijn levensloop of zijn werken betreft. Rusteloos, onverdraagzaam, grof in taal en gedrag, en in hoge mate inconsequent in zijn redeneringen, vaag en onbekookt in zijn geschriften maar tegelijkertijd een gedrevene, een bezetene, zo men wil.

In de wetenschappelijk zo enthousiast en vurig levende 16e eeuw vormen de vrijdenkers (Averroïsten), de 'Grieken' en humanisten (Montaigne), de Arabisten en de Aristotelianen een fascinerende samenleving. En de uitwas, het extremisme, het anarchisme vond in de biologische wetenschappen zijn kampioen: Paracelsus. "Weg met elke autoritaire overlevering, hoe dan ook, terug naar de bron!"

Niemand vond genade: Avicenna's en Galenus' boeken verbrandde hij ter gelegen-

heid van zijn eerste college (1527) als hoogleraar in de medicijnen te Bazel (V.9), een professoraat dat van heel korte duur was. Hij werd in Bazel benoemd omdat hij de beroemde uitgever Johannes Froben van een ernstige ziekte had weten te genezen.

Aristoteles en alle vakgenoten in de historie hebben voor hem afgedaan. Boeken lezen vermijdt hij; dat vermeldt hij met trots. Hij vlucht nadat hij veroordeeld is wegens smaad jegens de overheid en zwerft daarna, gewoonlijk doodarm, nu eens protestant, dan weer buitenkerkelijk, door zuidelijk Duitsland.

Paracelsus, in weerwil van zijn ongeremde snoeverijen – het woord ‘bombast’ is waarschijnlijk aan zijn naam ontleend – zijn geloof in amuletten en toverkunsten, zijn twijfelingen over de steen der wijzen en de goudmakerij, opent toch nieuwe wegen voor de heelkunde (die “vorstin der wetenschappen”), de biochemie, de homeopathie en de ‘natuurfilosofie’. Maar ongerechtvaardigd zou het zijn hem te waarderen als de eerste die de Galenische biologie verwerpt want hij wijst Galenus af zoals hij iedereen en alles afwijst, onberedeneerd, instinctief en zonder bewijs of doordachte argumenten en zeker niet tengevolge van natuurwetenschappelijke kennis.

Zijn uiterlijk en innerlijk gedrag is een tumult, een chaos, maar intussen komt toch zijn betekenis naar voren als een pionier in de onomgrensde gebieden die de logica en de menselijke maat ontsnappen. Deze laatste karaktertrek maakt hem tot middeleeuwer weliswaar en roept ook, het zij erkend, gedachten op aan Cusanus (VI.8), maar zijn visionaire onrust stelt hem toch buiten die tijd.

Standpunten en veronderstellingen van Paracelsus leven heden ten dage niet minder sterk dan 450 jaar geleden of zelfs nog lang daarvoor. Vele van zijn beweringen laten zich met klassiek-Griekse in verband brengen (Platoon). De mens is voor Paracelsus middelpunt van de kosmos; de levende stof staat hem ten dienste maar het wezen der organismen en levensverschijnselen blijft hem verborgen, al kan hij door hun uiterlijk, met zijn waarnemingen wel iets aan de weet komen.

Jessen (1864, p. 199) citeert:

“De natuur tekent elk gewas met uiterlijkheden, om te tonen waar het toe dient: daarom moet wie leren wil wat de natuur aangeduid heeft, aan de merktekens aflezen welke goede eigenschappen er in schuilen . . . Wie niet de deugd der kruiden beschrijft volgens de signatuur, die weet niet waarover hij schrijft. Hij schrijft zoals een blinde, zo iemand begrijpt niet wat hij schrijft.

En verder is het nodig dat jullie de samenstelling op zo’n manier van de kruiden en alle gewassen kent, dat jullie dan de overeenkomstige samenstelling van de ziekte daarmee samen laten gaan; deze gelijkheid van aard verschaft begrip van de therapie, die jullie moet beoefenen, handhaven en uitvoeren . . . Want hoe zou de kikker niet zo gemaakt zijn, dan dat hij een geneesmiddel tegen de pest zou zijn? Voor dat doel heeft hij zijn signatuur. Want hoe afschuwelijk immers is de pest, en ziedaar, even afschuwelijk is een kikker. De signatuur van de waterpeper, zoals ik *Sapena riparis* of *Persicaria* noem, dient voor verse wonden: dat bewijzen de vorm van het blad en de rode bloeddruppels midden op het blad.”

Naast zoveel Platonische biologica vond Paracelsus’ kijk op transmigratie ongedwongen een plaats. Hij raadde een experiment aan. Planten verbrandt men en uit de as ontstaan nieuwe planten, althans als men de as te zamen met enige kunstgrepen met paardemest vermengt. Probeer het en het lukt [meestal bevat paardemest een paar kiemkrachtige zaden].

Het paard blijkt trouwens nog voor een ander experiment belangrijk. Paracelsus

deelde mee dat als men een mens wil kweken mannelijk zaad in een kolf moet rotten zodat het na een dag of veertig gaat bewegen. De substantie lijkt dan al min of meer op een menselijk wezen. Nu dagelijks voeden met een geheim bloedpreparaat en veertig weken bij gelijkblijvende warmte bewaren in broeiende paardemest. Daarna is de inhoud van de kolf een levend kind geworden, wel wat kleiner dan een normale baby bij de geboorte.

De complete Paracelsus werd in 10 delen gedrukt (1589-1591) en verschijnt, heruitgegeven in modern gewaad sinds 1955 (zie ook VI.11).

Tot op de huidige dag steunen gelovigen de leerstellingen van Paracelsus. Zij kiezen uit zijn geschriften datgene wat hen past en bekommeren zich niet om kritiek van de zijde der 'officiële' biologie. In het algemeen hebben biologen met erkenning van (toeval- lig) waardevolle bestanddelen in de betogen het biologisch wereldbeeld van Paracelsus afgewezen.

Dodoens merkte op (1583) dat geen auteur in de gehele geschiedenis die ook maar enig aanzien genoot, de signatuurleer der planten gesteund had (daar vergiste Dodoens zich in), en dat bovendien de signatuurleer zo veranderlijk en onbepaald is, dat wat wetenschap of kunde betreft, hij volkomen waardeloos en onaanvaardbaar is.

Het zou kunnen zijn dat Guy de la Brosse (? , Rouaan – 1641) het goede spoor volgt als hij zegt, dat het evenzo heel gemakkelijk is om een gelijkheid of binding tussen een plant en een dier te ontdekken als men daar behoefte aan heeft: "Het is evenzo met wolken, die men gelijkenis aanmeet met wat zich maar aandient, een kraanvogel, een kikker, een mens, een leger en allerlei dergelijke fantasieën." De la Brosse schreef in de eerste helft van de 17e eeuw een aantal werken over medicinale en nuttige planten (hij was lijfarts van Lodewijk XII) en ontwierp de Jardin des Plantes, waar hij in 1626 de eerste intendant van werd.

Maar evenmin als de mensen ooit zullen nalaten met de wolken verbeeldingsspelletjes te doen, zal ooit de signatuurleer verdwijnen; ze zal blijven voortbestaan in allerlei vormen en in allerlei menselijke situaties.

Een geestverwant, Giambattista della Porta (1539, Napels – 1615, Napels) pakte Paracelsus' ideeën op en deed een poging deze een schijn van wetenschap (in Westerse, moderne zin) te geven in *Phytognomonica* (1588).

Men kan de signatuurleer met enige behendigheid grenzeloos voortzetten. Planten die lang leven, zullen de leeftijd verlengen, kort levende zullen die bekorten. Kruiden met geel sap genezen geelzucht, ruigbladige planten genezen eczeem.

Planten die op vlinders lijken, genezen insektebeten, die met kromme, gelede vruchten genezen de steek van een schorpioen. Als een bloem of vrucht lijkt op een orgaan van een dier moet men de functie van het dierorgaan onderzoeken om te ontdekken tegen welke ziekte de plant dienen kan. De illustraties in Porta's boeken (hij schreef ook *Magia naturalis*) zijn niet anders dan een technisch wat verbeterde uitvoering van de plaatjes in de *Bestiarii*.

In volgende eeuwen, en zelfs in onze dagen nog, duiken de veronderstellingen en gevoelens van Paracelsus, Porta (en 17e-eeuwse epigonen zoals R. Turner) op. Ze worden ter zijde geschoven als curiosa, onzin, onvatbaar en onwaardig voor wetenschappelijke aandacht en blijven niettemin onuitroeibaar voortbestaan onder mensen die onbevangen gevoelig voor de loop der dingen in de wereld der levenden zijn. Men moet vermoeden dat dit meer historisch-psychologisch dan biologisch van belang is. Een eindoordeel over deze kwesties wordt meermalen onbereikbaar omdat het uitgangspunt bij de

overweging en de bestudering – causaliteit in Westerse natuurwetenschappelijke zin – gewoonlijk niet op de vraagstelling past.

31. *De mystiek der sterren: bioastrologie*

Het geheimzinnige mengsel van astrologie en biologie kan met evenveel voorkeur astrobiologie als bioastrologie genoemd worden. Arber geeft (1912, p. 214-220) een fraaie samenvatting van deze pseudowetenschap, die zij 'astrologische botanie' noemt. Ik putte daaruit voor het navolgende.

Zij meent dat deze legendenleer vooral haar ontstaan in het oude Babylon heeft gevonden. Deze leer veronderstelt dat zeven hemellichamen, te weten Jupiter, Venus, Saturnus, Mars, Mercurius en de Zon en de Maan door hun stand en bewegingen aan het firmament het lot der volkeren regelen, als gevolg van de wil der zeven goden, die zij vertegenwoordigen; Zon en Maan hebben daarbij de leiding.

Deze Babylonische leer bereikte het Westen, nadat Egypte aan de ontwikkeling van deze ideeën had bijgedragen, omstreeks de 6e eeuw voor Christus, via Klein-Azië, en vermolt met de Griekse traditionele godenleer. Maar daarna werden in Griekenland de mens en zijn denken soeverein. Hij wordt daardoor beter dan ooit te voren toegerust met het inzicht om uit de loop der planeten niet slechts het lot der naties, maar ook het lot van degenen die de natie leiden af te lezen. Eén stap verder en het ligt voor de hand te geloven dat de dieren, planten en mineralen op aarde al evenzeer lotsverbonden met de constellatie van de hemellichamen zijn als de mens, en niet alleen met de planeten, maar ook met de tekenen van de 'dierenriem'. Linnaeus duidde (om een bekend voorbeeld te geven) met enige astrologische symbolen kenmerken van de levenscyclus van planten aan.

Platoon en Pythagoras waren, voor zover het de biologie betreft, door die Babylonische leer geïnspireerd en de elementenleer der Oudheid en Middeleeuwen stond weer in direct verband hiermee.

Het bleek verleidelijk de elementenleer te benutten bij een poging de astrologische biologie te benaderen en te ontraadselen door concretisering; tastbare stoffen worden zowel symbolen als dragers van de sterkrachten.

Naar mijn mening wijst echter bijvoorbeeld het voorschrift bij de druïden om maretakken voor medisch gebruik in te zamelen als de maan zes dagen oud is, er op dat deze intuïtieve vermoedens niet alleen de Babyloniërs, maar de mens in het algemeen en overal van nature eigen zijn. Astrologische biologie is mens-eigen; Arber schetst de best overgeleverde vormgevingen.

Arber citeerde uit een boek, verschenen rond 1560, dat de marigold (goudsbloem) verzameld als de zon in het teken Leeuw staat (in augustus), daarna in het blad van een laurier gewikkeld, terwijl een wolvetand er bijgevoegd werd, de drager beschermt tegen alle laster, zodat hij slechts welwillend besproken zal worden. Ik teken aan dat de gekromde ruwe vruchtjes van de goudsbloem op de leeuweklauwnagel en zijn ruwe tong lijken, en een kromme tong is toch ook het ware instrument voor lasterpraat.

Typerend is ook een tweede referentie, die mededeelt dat de wortel van de weegbree uitstekend tegen hoofdpijn is, omdat het teken Steenbok tot het huis van de planeet Mars behoort, en deze is 'het hoofd' van de hele wereld. Let ook op de hoofdjes van de bloeiende weegbree. Hier gingen dus astrologie en signatuur samen.

De Babylonische mythologie, de Platonisch-Pythagorische ideeënleer, de elementenleer grotendeels, de bioastrologie, de signatuurleer en de biodynamische cultuurvisie van onze dagen staan onderling in nauw verband, gevolgen van emoties eigen aan het menselijk gemoed; elk volk heeft in zijn overlevering, folklore, of traditie op eigen wijze deel aan dit overoude en onsterfelijke weefsel van feiten en verbeelding.

Bartholomeus Carrichter (? , Recklingen – 1575, ?) was er zeker van dat God elk land van zoveel geneeskruiden voorzien had als benodigd zijn. Bartholomeus wilde zich echter tot de Duitse beperken. Alle kruiden staan in verbinding met de sterren. Dit wist iedereen al sedert Platoon maar hoe Carrichter nu ontdekt had op welke wijze deze relaties geregeld zijn vertelde hij niet.

Als lijfarts van keizer Maximiliaan (in Wenen) en van keizer Ferdinand kan het niet anders of Carrichter moet een grote reputatie gehad hebben. Door de schilderachtige titels van zijn twee hoofdwerken te citeren ontstaat een samenvatting van Carrichters geloofsbelijdenis: “Kräuterbuch des Edlen und Hochgelehrten Herren Doctoris Bartholomei Carrichter von Recklingen, darinnen begriffen unter welchem Zeichen Zodiaci, auch in welchem Gradu ein jedes Kraut stehe, wie sie in Leib und zu allen Schaden zubereiten und zu welcher Zeit sie zu colligieren seien”. En vervolgens: “Horn des Heyls menschlicher Blödigkeit oder Gross Kräuterbuch, darinn die Kräuter des Teutschenlands auss dem Liecht der Natur nach rechter Art der himmelischen Einflussungen beschrieben”.

Tot in de 18e eeuw verschenen heruitgaven van deze toverboeken; zij hebben een grote rol gespeeld. Het waren handleidingen voor de volksgeneeskunst en voor de kruidenverzamelaar. Vooral het uur van de nacht en de maanstand zijn van het grootste gewicht om het moment te bepalen waarop de ware medicijn uitgegraven of geplukt moet worden.

Natuurlijk ontstond behoefte aan een almanak waar die goede verzamelmomenten in te vinden zijn. N. Wincklers *Chronica Herbarium* verscheen (1571).

Evenals Carrichter was Leonhardt Thurneisser zum Thurn (1530, Bazel – 1596, Keulen) een devoot volgeling van Paracelsus. Hij verkocht kruiden, maar ook verguld lood als goud en moest vluchten. In 1553 werd hij als krijgsgevangene te werk gesteld als smid en mijnwerker. Hij bracht het tot mijndeskundige en maakte in staatsdienst verre reizen om zijn kennis van zaken te vergroten (1560-1565). Hij schreef over alchemie en ging in 1571 naar Berlijn als lijfarts van de keurvorst van Brandenburg. Daar verdiende hij veel geld met de verkoop van amuletten, geneesmiddelen, horoscopen en door woeker. Hij had circa 200 man in dienst die zijn scheikundige laboratorium en zijn uitgeverij bemanden, tekenaars, houtsnijders, schrijvers, laboranten en meer vaklieden, zodat hij zijn publikaties geheel in eigen beheer kon uitgeven. Omdat de grond hem te heet onder de voeten werd en beschuldigingen van hekserij tegen hem uitgebracht werden, nam hij de vlucht naar Italië. Het laatste gegeven over Thurneissers leven is dat van zijn dood als katholiek in een klooster in Keulen.

Thurneisser was belesen in tegenstelling tot zijn voorbeeld maar had wel evenveel pretenties als Bombastus Paracelsus en was een veel betere botanicus. Hij was van plan een tiendelig boek over astrologische botanie te schrijven maar het bleef bij het eerste deel *Historia sive Descriptio Plantarum Omnium* . . . dat in 1587 verscheen (Duitse editie in hetzelfde jaar).

Het boek ontwerpt een systeem voor de Umbelliferae, die exponenten van de Zon en Mars zijn; in totaal onderscheidde Thurneisser 36 taxa. Deze worden in groepjes van

drie gerangschikt, telkens een 'mannelijke', een 'vrouwelijke' en een deelnemer van onvolwassen aard die in een kind-toestand verkeert waarin alle karaktertrekken en eigenschappen nog maar zwak aanwezig zijn, de zgn. sobolis.

De inheemse planten zowel als vormen die Thurneisser in verre landen zag ('Ethiopië', d.w.z. Noord-Afrika) beschreef hij nauwkeurig en niet zonder talent; hij vermeldde ook andere namen voor dezelfde plant en besprak de toepassingen. De mannelijke vorm is de beste, de vrouwelijke vorm heeft minder resultaat en de sobolis nauwelijks.

Hoe dan ook, het boek is een der oudste studies over Umbelliferae. Thurneisser besprak het planten en oogsten:

"Het is volstrekt noodzakelijk dat deze handelingen plaats zullen hebben in overeenstemming met de stand en de posities van de planeten en de hemellichamen, waar ziekten nu eenmaal aan onderworpen zijn."

Over astrobiologische en verwante opvattingen over de kosmos en de wereld der levende wezens en hun relaties met de samenleving en de wetenschappen bestaat een oeverloze literatuur; uitstekende overzichten maakten bijvoorbeeld H. A. Naber (1908) en P. Delaunay (1962).

Aan onze Westerse biologie kan ik geen motief ontleen om aan deze stromingen in belangrijke mate wetenschappelijke inhoud toe te kennen, maar zij zijn enerzijds toch deel van de geschiedenis der biologie en anderzijds hebben een aantal van deze theorieën in onze tijd weer daadwerkelijk invloed zowel in de praktijk van land- en tuinbouw en als aanleiding tot proefnemingen en publikaties.

32. *Dieren- en plantentuinen*

Dierentuinen, beplante terreinen met gekooide wilde dieren, zijn er ten genoeg van de groten en kleinen der aarde van de oudste tijden af geweest. Openbare collecties dateren van de tweede helft van de 18e eeuw. Dikwijls werden in plantentuinen ook gevangen wilde dieren gehouden.

Botanische tuinen – tuinen die een levende have herbergen van zo groot mogelijke diversiteit als middel tot voortdurende waarneming en als bron van studiemateriaal – werden in de 16e eeuw gesticht. De geneeskruidentuinen bleven in de regel kloosterbezit; wel waren zij voorlopers van de tuinen in werelds beheer. Een accentverschuiving voltrok zich omdat het doel: direct nut van de gekweekte planten, allengs wat ruimte liet voor biologische studies. Zo ontstonden in de 13e eeuw tuinen met geneeskruiden, die als medicijn gediend hebben maar ook voor enige biologische studie benut werden.

Matthaeus Sylvaticus, lijfarts van Robert van Sicilië, liet zulke tuinen in Castelnuovo (het buiten van de Paus) en in Salerno (III.18) aanleggen in de 13e eeuw. Gualterus, arts in Venetië, maakte een artsenijtuin in 1333, en in 1350 werd de Praagse apothekerstuin aangelegd, direct na de opening van de Duitse universiteit aldaar. Keulen volgde in 1389; allengs werden de geneeskruidentuinen verzamelingen van zoveel mogelijk soorten zonder dat uitsluitend profijt de keuze bepaalde. In 1540 kreeg Hamburg, in 1545 Padua, in 1547 Pisa, in 1567 Kassel en in 1580 Leipzig een botanische tuin, en om nog een paar voorbeelden te noemen in 1587 Leiden en Breslau, in 1593 Heidelberg en Montpellier.

De parallel van de botanische tuin, waar een zo groot mogelijk aantal taxa in verschillende fase van hun levenscyclus en van zoveel mogelijke verschillende groeiplaat-

sen afkomstig bewaard worden, maar nu gedroogd, geconserveerd en dus stabiel, is het herbarium. Gedroogde plantenverzamelingen zijn bekend sinds 1540. Luca Ghini maakte toen, naar men zegt, in Bologna een voor wetenschappelijke doeleinden bestemde collectie gedroogde geneeskruiden. Schweinfurth vond in de Bibliotheca angelica te Rome een herbarium uit 1532 van een zekere Gherardo Ciba. Rauwolfs collectie (IV.26) dateert van 1573.

33. *Slotaantekeningen*

In de 12e-14e eeuw verschenen de eerste symptomen van een renaissance der biologie, die talrijker en krachtiger werden in de 15e. In de 16e volgt een stroom van onderzoek. Inventarisatie en de beschrijving van morfologische waarnemingen – externe en interne – worden enthousiast ter hand genomen; de fysiologie krijgt sporadisch, nu en dan, wat aandacht; de onontbeerlijke zusterwetenschappen (chemie, fysica) ontbreken nog. De botanie houdt zich met het uitwendige van de plant bezig, de zoölogie met de mens en de dieren (van laatstgenoemden vooral de inwendige bouw (V)).

Deductief denken, biologie beoefenen samen met en uitgaande van theologie en filosofie verloren gaandeweg de hegemonie. Waarnemen, de wil zoveel mogelijk onbevooroordeeld toe te zien, leiden auteurs en tekenaars in groeiende mate, en hier en daar gaat een inductieve ordening van ontdekte gegevens, min of meer onopzettelijk, biologisch onderzoek richten.

De technische mogelijkheden voor de spreiding van biologische kennis worden op weergaloze wijze vergroot door het drukken van boeken sinds de tweede helft van de 15e eeuw. Verworven kennis krijgt daardoor tegelijkertijd meer stabiliteit en beklijft onbedorven omdat het drukken talrijke identieke exemplaren voortbrengt; slaperige, eigenwijze of onnauwkeurige kopiïsten kunnen de originelen niet meer aantasten.

Vernietiging en onteigening van handschriften, vroeger meermalen toegepaste praktijken, kunnen steeds minder onderdrukken, remmen of sturen: eenmaal gedrukt is het aantal exemplaren te groot, te snel verspreid en buiten bereik van de censor (misschien is het overleven van Servetus' werk (V.13) het fraaiste voorbeeld).

De spreiding van de verworven kennis, van ontworpen meningen, van conclusies, signalering en bekendmaking van ontdekte en verbeterde fouten, verlopen dus zeer veel sneller en doeltreffender dan vóór de boekdrukkerij. De reproductietechniek toont steeds pijnlijker de tekorten van de moeilijk te hanteren houtsnede voor wetenschappelijke biologische illustraties nu de waarnemingen precieser worden; de ets blijkt daartoe verre superieur want hij laat de nodige detaillering en modellering toe. Het kostbare perkament wordt door veel goedkoper en sneller te vervaardigen papier vervangen.

Te zamen maken deze technieken publikaties, boeken, betaalbaar, verkrijgbaar, bereikbaar voor een wijde kring belangstellenden, voor collegae, leerlingen, liefhebbers, profijtzoekers. Het gedrukte biedt informatie aan, licht voor, lokt discussie uit, prikkelt tot eigen initiatief, tot verzet, tot steun, kortom, tot verder onderzoek en nader overdenken.

De schets in de voorafgaande paragrafen gegeven van de staat der biologie in de 16e eeuw, is niet meer dan een vrij summier overzicht. Er zijn publikaties over het hoofd gezien of willens en wetens weggelaten. De anatomie kwam nog niet ter sprake (V).

Nu en dan poogde ik de gang der gebeurtenissen te 'verklaren'. Vele vragen bleven

echter onbeantwoord. Wat belemmerde nu eigenlijk de plant- en de dierkunde in Frankrijk zozeer dat een achterstand in ontwikkeling vergeleken bij Duitsland, Zwitserland, de Lage Landen en Italië niet ontkend kan worden? Het protestantisme, dat in Frankrijk niet geaccepteerd werd, was een oorzaak maar de afwezigheid daarvan kan niet alles verklaren want in Italië waren protestanten al evenzeer zeldzaamheden. En waarom ontwikkelde de anatomie zich in Frankrijk terzelfdertijd wèl snel en voorspoedig, veel meer dan elders?

Cesalpino en Aldrovandi ontwierpen als eersten systematieken van het planten- en van het dierenrijk die als een werkelijke vooruitgang gewaardeerd kunnen worden (X). Daarmee brachten zij een tak van de 16e-eeuwse biologie in een nieuwe ontwikkelingsfase: de moderne taxonomie begon. Enige oorzaken, genoemd aan het slot van IV.14 zijn wellicht voldoende om dit resultaat begrijpelijk te maken. Maar dan stellen diezelfde oorzaken ons voor de vraag waarom dan toch, in dezelfde eeuw en onder dezelfde omstandigheden, Griekenland, het oostelijk Middellandse-Zeegebied, en Noord-Afrika niets, en Spanje vrijwel niets, bijdroegen. Vragen van deze aard, en zeker ook anders gerichte, blijven uitnodigen tot veel nader onderzoek en nadere overdenking van de 16e-eeuwse biologie. Een metabletisch onderzoek met grote reikwijdte uitgevoerd door een groep specialisten is voor een beter inzicht onontbeerlijk.

V. Anatomie tot de 18e eeuw

1. *Overzicht van de anatomie tot einde 16e eeuw*

Met de term anatomie bedoel ik: de leer van de inwendige bouw der organismen, d.w.z. het opsporen, omschrijven en situeren van de inwendige structuur van mensen, dieren en planten, met het doel daarover informatie of inzicht te krijgen. In die zin is een arts belast met de verzorging van gewonde zwaardvechters ongetwijfeld vol belangstelling voor de anatomie, maar daarom nog geen anatoom. Hij werkt als heelmeeester; zijn doel is genezing, herstel van letsel. Kennis van anatomie is daarbij vereist, in elk geval een begerenswaardig hulpmiddel, maar niet het doel van zijn handelen. Niet steeds vinden wij een duidelijke begrenzing.

Galenus (II.17) onderscheidde zich van vele collega's omdat hij zowel arts als anatoom was. Zijn levensloop, zijn bezigheden en zijn geschriften wijzen dat uit.

De bioloog-anatoom der Oudheid en Middeleeuwen, die terwille van zijn zoeken naar feiten en weten van wat niet zo maar zichtbaar is, levende of dode organismen opent en in het inwendige doordringt, heeft daarmee ook een eerste stap gezet in de richting van het experiment-in-moderne-zin. Hij verstoorde immers in het belang van zijn onderzoek, de gang der levensverschijnselen (vivisectie) of ontworpen structuren die deze verschijnselen mogelijk maakten (sectie van kadavers). Hij wachtte niet af, hij greep in, daar waar zijn voorkeur lag.

Tot het optreden van Mundinus (eind 13e eeuw) kan een voorafgaande periode van 1000 jaar anatomische bedrijvigheid als 'experimentum' in de oude zin van het woord gekarakteriseerd worden (IV.1,2). Maar met Mundinus zette de bioloog zich aan de studie van hetgeen aan de buitenkant onzichtbaar was doch zijn aanwezigheid verried door een activiteit of een vormgeving van binnen uit. Nu verschafte hij zich toegang, drong hij door, tot waar hij de oorsprong der levensverschijnselen wilde opsporen, begrijpelijker kon maken door het aanwijzen van het veroorzakende orgaan; hij werd experimentator in meer moderne zin. Zonder zich hier rekenschap van te geven, begonnen de biologen die anatomisch werk zo uitvoerden sinds het einde van de 13e eeuw de aanloop naar modern, proefondervindelijk biologisch onderzoek.

Sinds de vroegste stadia in de ontwikkeling van de Westerse biologie tot op de huidige dag onderhielden de anatomie en vele andere biologische disciplines nauwe relaties. De bouw (anatomie), vorm (morfologie), en functie (fysiologie) vormden hoofdthema's bij talloze aspecten van biologisch onderzoek en denken, elk voor zich en tevens in onderling verband. Gewoonlijk in twee dimensies, in het platte vlak tot de 13e eeuw. In twee en drie in de loop van de 13e eeuw (de anatomie wordt allengs beschrijvend en ruimtelijk) en sinds de tweede helft der 19e eeuw denkt de anatoom in twee, drie en vier dimensies (de tijdfactor toegevoegd in de vergelijkende anatomie bij fylogenetisch of

ontogenetisch onderzoek).

Wij hebben vastgesteld dat in de eerste fase van de ontwikkeling der Westerse cultuur (kunst, letteren en natuurwetenschappen), de biologie en de filosofie zich gelijktijdig en te zamen ontplooiden. Overeenkomstigheden in de wetenschappen en het denken in het voor-Griekse Babylonië, Egypte, India (het Verre Oosten) kunnen incidenteel enige invloed gehad hebben.

Aanvankelijk overheersten gedachten over de macrokosmos, het 'geheel', het veranderlijk bestaan en samengaan van alle dingen, aarde en sterren, zee en bergen, de seizoenen en de mens, de dieren en de planten. Dit 'bewegen' leidde tot overdenking, tot syntheses die zowel op wijsbegeerte als op biologie betrekking hebben.

Maar al in de 4e eeuw v. Chr. erkende men een onderscheid, een grens: binnen de macrokosmos zijn levende wezens die elk, in klein bestek, de macrokosmos weerspiegelen door een zichzelf-genoeg-zijn. Elk organisme is een door ruimte en tijd begrensd geheel, een samenspel van organen, afhankelijk weliswaar en deel van de macrokosmos maar tegelijkertijd autarkisch.

De ontleding, de anatomie van die microkosmos bleef aan de orde tot in de 2e eeuw na Chr. maar daarna maakte die vorm van biologie, 12 eeuwen lang, nauwelijks meer vorderingen.

Mundinus stapte, aan het begin van de 14e eeuw, opnieuw over de grens van het schoonste voorbeeld van de microkosmos die zovele eeuwen vrijwel gesloten bleef, en ging die kleine maar toch eindeloze en raadselachtige wereld weer verkennen.

Om de voortgang van de biologie tot het einde der 16e eeuw in het algemeen te kunnen schetsen, was het onvermijdelijk in de vorige hoofdstukken meermalen de anatomie en passant in beschouwing te nemen.

2. Tot Aristoteles

Alkmaïon (ca. 500 v. Chr.) vond de gezichtszenew en de 'buis van Eustachius' (bij de geit) en hij deed enig embryologisch onderzoek.

Anaxagoras ontdeedde een ramskop om de ware inhoud te ontdekken (hij vermoedde en vond een afwijking). Empedokles zag het 'slakkehuis' in het menselijk gehoororgaan (maar wist daar natuurlijk niets mee aan te vangen). Plinius deelde mee dat Demokritos een nauwkeurige anatomie van het kameleon zou hebben gemaakt.

In het *Corpus Hippocraticum* is een opstel over de hartbouw van mens en dier, voorzien van enige details over de hartkleppen. De functie van het hart kreeg daar een omschrijving, die 2000 jaar voldeed; in de linkerkamer verandert het bloed in 'geest'. Ook schijnt door de Hippokratische school een poging te zijn gedaan het menselijk skelet met een dierskelet te vergelijken, maar de geschriftresten zijn al te fragmentarisch.

3. Aristoteles: het geheel en de delen

In de voor-christelijke biologie was Aristoteles de grootste anatoom. Zijn visie blijkt uit de volgende citaten (waarbij ik veel steun vond in P. Louis' vertaling, 1956).

De Part. Anim. 645 a 23-35: "In de werken der natuur heerst het toeval niet, maar een strikte doelgerichtheid [teleologie]. Welnu, het doel waartoe een levend

wezen gebouwd en voortgebracht werd, doet zich voor als iets schoons. Indien daarom iemand de studie van andere dieren minacht, dan behoort hij die verachting op zichzelf te betrekken. Niet zonder grote afkeer immers beziet men datgene waarmee het ras der mensen opgebouwd is, bijvoorbeeld bloed, vlees, beenderen, aderen enzovoorts.

Tevens moet, bij de studie van een orgaan of enig ander voorwerp in alle gevallen de regel gelden dat een bespreking van de grondstof onnodig is en deze geen doel van het onderzoek mag zijn, maar dat men zich richt op het gehele organisme. Bijvoorbeeld als het een huis betreft, verdient dit de aandacht en de bouwstenen, de mortel en de stukken hout niet. Evenzo, als het de natuur betreft, moet men zich bezighouden met de samenhang en met het levende wezen in zijn geheel en niet met de samenstellende delen, die nooit zullen ontstaan gescheiden van het organisme waar zij toe behoren."

Aristoteles beschrijft hier het 'holisme' en hij blijkt hier verklaard tegenstander van Empedokles (I.10). De anatomie van de levende organismen wil Aristoteles als volgt onderverdelen:

De Part. Anim. 656 a: "Omdat de aard van de planten roerloosheid is, tonen deze organismen geen grote verschillen in hun organen. Voor een gering aantal functies, immers, zijn ook weinig organen nodig. Deswege ligt het voor de hand de morfologie van de planten op zichzelf in ogenschouw te nemen. Daarentegen hebben de organismen die niet alleen leven maar bovendien nog reageren op prikkels, een veel gevarieerder bouw. En sommige zijn complexer gebouwd dan andere. En het meest gedifferentieerd is de bouw van hen die niet alleen deel hebben aan leven, maar bovendien aan welzijn. Dat is het ras der mensen. Van de dieren die we leerden kennen en sterker nog van alle dieren, is hij alleen deelgenoot in het goddelijke. Daarom, en tevens omdat de kennis van de uitwendige vorm van zijn lichaamsgedeelten ons het meest vertrouwd is, bespreken wij hem als eerste."

Aristoteles stelde een toenemende mate van structuur vast in de 'ziel' van planten, dieren en mensen. Daarmee in overeenstemming een toenemende mate van differentiatie in de organen en de weefsels. Planten "leven", zegt Aristoteles met nadruk.

Het differentiatieverschil tussen planten en dieren maakt een afzonderlijke studie van de bouw der planten noodzakelijk. Aristoteles' studie is verdwenen. Misschien is het bij aantekeningen gebleven en misschien heeft Theophrastos deze uitgewerkt of verwerkt in eigen onderzoek (I.16). Een verhandeling uit later eeuwen gold als Aristoteles' plantenboek (III.19).

Dieren en mensen zijn niet verschillend behalve dan in eigenschappen van de ziel en enige daaruit voortvloeiende morfologische eigenschappen, oordeelt Aristoteles. De afstand tussen mensen en dieren is daarom veel minder groot dan tussen dieren en planten: een aparte anatomische studie van de mens is niet gewettigd.

Terwijl Aristoteles talloze malen verwees naar 'de mens en andere dieren' kende hij de mens toch een unieke en weergaloze plaats toe in het rijk der levende wezens. Hij alleen heeft deel aan 'het goddelijke'.

Al zal de bioloog in het voorbijgaan niet over het hoofd zien, dat ten gevolge van dit standpunt Platoons leer over de zielsverhuizing onmogelijk wordt, en dat tussen dieren en planten, zoölogie en botanie, een strenge scheiding ontstaat, toch zijn aan Aristoteles' visie nog heel andere biologische ontwikkelingen gebonden.

In zijn anatomie – die steeds een vergelijkende geweest is – fungeert de bouw van

de mens als vergelijkingsobject met de dieranatomie: de situatie bij de mens komt in breder verband ter sprake. In *De Partibus Animalium* gaf Aristoteles zijn voornemen te kennen de mens vanwege het goddelijk element in zijn ziel te zamen met de op de greep liggende kennis van zijn bouw, als eerste te bespreken. Daar kwam niets van terecht: de mens kreeg alle aandacht maar steeds tegelijk in relatie met de 'andere dieren'.

Hoe en in hoeverre verschilt de mens van de andere dieren? Alle dieren zijn in het bezit van de vegetatieve (groei), nutritieve (voeding) en sensitieve (prikkelreactie) 'ziel'. Van nature herbergt het embryo de drievoudige animale ziel en het dier behoudt die ziel levenslang. De mens ontvangt evenwel *Noes*, een goddelijke bevlogenheid, die uit de kosmos komend, van buiten af, aan de animale ziel wordt toegevoegd. Het stelt de mens in staat buitenmenselijke begrippen te actualiseren, een geestesbezigheid die van alle lichamelijke onafhankelijk is (*De Part. Anim.* 656, 5-8; *Nicom.Eth.* X, 7). Dit opent uitzicht op de *causa's*: het hart van alle wetenschappelijke kennis is de kennis van het 'waarom' (*Anal. post.* I, 14, 79).

Uit de aanhef van het voorlaatste citaat blijkt dat een strikte doelgerichtheid als *causa* opgespoord moet worden. En zo komt Cicero (*De Finibus* II, 13, 40) met behulp van Aristoteles' *Protrepticus* (Fr. 10c) tot de briljante formule: "juist zoals de natuur het paard maakte om te rennen, de os om te ploegen en de hond om te jagen, zo maakte zij volgens Aristoteles de mens voor twee doeleinden, om te denken en om te doen, zoals een sterfelijke god (*quasi mortalem deum*)".

Welke morfologische gevolgen heeft dit zielsverschil? Omdat de mens *logos* bezit, is hij een *animal rationale* en het bezit van dit onstoffelijke denkorgaan, die 'rede', komt tot uitdrukking door zijn gearticuleerde taal. Ook loopt de mens rechtop; geen ander dier heeft deze houding en de mens gaat rechtop in overstemming met zijn aard. De top van de mens is naar de top van het heelal gericht (*De Part. Anim.* 656 a 10). Deze metafysische verklaring wordt door de fysica gesteund: de hartstreek is de warmtebron en warmte stijgt omhoog. Daarom zal de houding van het menselijke lichaam bij die warmtebeweging passen (*De Part. Anim.* 653 a 30). Zelfs maakt warmte lichamen rechter en dus is de mens rechter dan alle dieren en zijn de levendbarenden rechter dan alle andere viervoeters (bijvoorbeeld hagedissen).

De gedachte dat de mens minder goed dan sommige dieren toegerust zou zijn om zich te verdedigen of om voedsel te veroveren is een misvatting, verklaarde Aristoteles. Hij is het enige dier dat handen bezit, die hij als 'klauw, hoef of horen' gebruiken kan.

In Aristoteles' beschouwingen over de mens en zijn hersenen schuilt een merkwaardige tegenspraak, een oneffenheid die, naar het schijnt, nog geen aandacht kreeg en deze in zeer veel grotere mate verdient dan ik hier geven kan.

Ik heb Aristoteles' mening vermeld dat de hersenen een koelingsorgaan zijn, bloedloos. Zijn verklaring waarom sommige zintuigen toch vlak bij de hersenen staan bespreek ik elders (VI.3). De prikkels door zintuigen opgevangen, ondergaan de koelte van de hersenen in het gekoelde (daardoor zeer pure) bloed in de bloedvaten om de hersenen heen, op weg naar waar wij hen zullen waarnemen en zij de passende geestes- en lichaamsreacties in gang zullen zetten. Wat is de aard van de hersenen?

De Part. Anim. 653 a 21-29: "De hersenen bestaan uit water en aarde. Dit blijkt uit het volgende verschijnsel. Door koken worden zij droog en hard en niets dan het aarde-bestanddeel blijft over, want door de hitte verdampt het water. Indien de zaden van peulvruchten of van andere vruchten gekookt worden, gaat het evenzo, want het aarde-bestanddeel is het voornaamste en de vloeistof die er mee

gemengd was, ontwijkt. Die zaden worden dan evenzo droog en volkomen aard-achtig.

De mens heeft van alle dieren de meeste hersenen in verhouding tot zijn lichaamsomvang en wat het ras der mensen aangaat hebben mannen meer hersenen dan vrouwen.”

In het voorbijgaan constateren wij dat het bericht dat mannen meer hersenmaterie bezitten dan vrouwen, van Aristoteles stamt – of hij deze ontdekking deed, is niet belangrijk: hij was degene die dit gegeven aan latere geslachten biologen bekend maakte. Voorts dat dit niets uitstaande heeft met de interpretatie uit later eeuwen, dat deze extra hersenhoeveelheid de man beter in staat zou stellen tot denken, dan de vrouw. Aristoteles constateert de grotere hoeveelheid omdat de man warmbloediger is en daarom heeft zijn lichaam meer koeling nodig. Denkvermogen blijft buiten discussie. De tegenspraak waar ik op doelde is in het volgende citaat vervat:

De Part. Anim. 686 a 24-38: “Na hals en hoofd komen bij de dieren de voorste ledematen en de romp. De mens echter heeft in plaats van voorpoten en voorvoeten, armen en dat wat handen heet. Want hij is het enige dier dat rechtop gaat omdat zijn natuur (*fysis*) en wezen goddelijk zijn. De verwerkelijking (*ergon*) van het goddelijke, let wel, zijn het denken (*noein*: vgl. *Noes*) en de wijsheid.

Maar die functie zou niet gemakkelijk uitgeoefend kunnen worden als het bovenste deel van het lichaam zwaar zou zijn. Want zwaarte ontnemt alle lenigheid aan het overdenken en aan het gezonde verstand. Als dan het gewicht en het lichaam zwaar drukken kan het lichaam niet anders dan zich naar de aarde keren. Bijgevolg heeft de natuur, in plaats van de viervoeters armen en handen te verlenen teneinde het te steunen, onder hun lichaam voorpoten geplaatst. Het is evenwel noodzakelijk dat bij alle dieren die lopen, achterste ledematen aangetroffen worden. De viervoeters zijn om deze reden ontstaan, omdat hun ziel (*psyche*) niet vermocht het gewicht te dragen.”

De slotzin schijnt de Platonische leer aangaande het ontstaan der dieren te benaderen (I.14). Aristoteles verklaarde zich echter nader. Daaruit blijkt dat juist het gebrek aan gewicht van het bovenlichaam het de mens mogelijk maakt rechtop te gaan. De holistische verklaring harmoniseert die omhoog gerichte houding (wegens het goddelijke) met het lichamelijke: het leidt tot een ‘hartverwarmende’ interpretatie, die op geen redelijk bezwaar stuit. Ik mag niet nalaten dat verdere betoog nog te citeren, waardoor vele verbanden met allerlei ontwikkelingen van de biologische opvattingen in de Middeleeuwen en tot in de 17e eeuw nog later ter sprake kunnen komen.

Maar deze passage waarin betoogd wordt dat zwaarte de verwerkelijking van het goddelijke belemmert, kan toch niet anders begrepen worden, dan dat in de hersenen zo’n denkproces plaats moet hebben. De positie van het hart staat met rechtop-gaan niet of nauwelijks in verband. De constatering dat de mens de meeste hersenen van alle dieren heeft – en dus de zwaarste – komt fraai met de veronderstelde (goddelijke) denkfunctie overeen, maar zou tevens tegen de zwaartetheorie (neerwaarts gedrongen worden) pleiten. Weliswaar compenseert een geringe bevezeling van het hoofd zwaarte (evenwichtsprincipe; zie VI.3), maar Aristoteles moet geweten hebben dat viervoeters naar verhouding zeker geen zwaarder hoofd hebben dan de mens. Hij roert dat punt in het volgende betoog dan ook niet aan.

De Part. Anim. 686 b 3 – 687 a 17: “Vergeleken met de mens zijn alle dieren evenals dwergen gevormd. De dwerg heeft een groot bovengedeelte maar het ge-

deelte dat het lichaamsgewicht draagt en dat loopt, is klein. Het bovengedeelte is datgene wat torso (*thorax*) heet; het reikt van het hoofd tot aan de uitgangen voor de afvalstoffen. Nu staat bij de mens dat bovendeel in goede verhouding tot het onderste deel, want het is bij volwassenen veel kleiner. Bij kinderen, integendeel, is het bovenlijf groot terwijl de onderste helft veel kleiner is. En dit veroorzaakt dat zij op de grond kruipen en niet in staat zijn te lopen. In het begin kruipen zij zelfs niet, maar blijven onbeweeglijk. Want alle kleine kinderen zijn eigenlijk dwergen. Maar naarmate de mens in leeftijd toeneemt, nemen de lagere lichaamsdelen in omvang toe. In tegenstelling daarmee, zijn bij de viervoeters de lagere lichaamsgedeelten aanvankelijk de grootste en als het dier groeit, ontwikkelt het bovengedeelte zich, dat wil zeggen de romp, het gedeelte tussen het hoofd en het achterdeel. Dat is de reden waarom de veulens niet of nauwelijks kleiner dan de paarden zijn en zolang zij jong zijn, kunnen zij hun hoofd met de achterbenen aanraken, maar oud kunnen zij dat niet meer. De eenhoevigen en de dieren met gespleten hoeven zijn op dezelfde manier gebouwd. Degene die meer vingers hebben en geen horens zijn overeenkomstig de dwergen gebouwd, maar toch in mindere mate. Hun lagere en hogere lichaamsgedeelten groeien in verhouding maar in relatie met hun verschil in aanleg. Het ras der vogels, dat van de vissen, en trouwens al de dieren met bloed, gelijken op dwergen. En ziedaar ook waarom die dieren alle minder verstand hebben dan de mens. Zelfs onder de mensen onderscheiden de kleine kinderen zich niet slechts van de volgroeide mensen, maar tevens degenen die in lichaamsgrootte de dwergen benaderen, zullen denkkelijk een of andere eigenaardigheid bezitten, waarbij hun intelligentie onvolledig is. De *causa* daarvan is, zoals wij al eerder uiteengezet hebben, dat de kern van de ziel (*arche tes psyches*) in die gevallen in veel opzichten weinig bewegelijk en vooral lichamelijk is. En naarmate de warmte die doet ontwikkelen, zwakker wordt en het element aarde overvloediger, wordt het dierenlichaam kleiner en zijn de poten talrijker. Tenslotte komt het zelfs zover dat de poten verdwijnen, en dan schuift het lichaam over de aarde. En nog wat verder voortgaande, komt het zover dat de organismen het levensbeginsel in de onderste delen hebben en het gedeelte waar zich de kop bevindt, tenslotte bewegingloos en gevoelloos is. Nu ontstaat de plant waarvan het bovengedeelte omlaag en het ondergedeelte omhoog gericht is. Waarlijk, de wortels functioneren bij planten als mond en hoofd terwijl het zaad zich aan het andere tegengestelde einde bevindt. Dit vormt zich aan het boveinde van de stengels.

En zo hebben wij nu verklaard waarom sommige dieren twee voeten hebben en andere meer, terwijl weer andere hen ontberen, waarom er planten zijn maar ook dieren, en waarom de mens de enige is van de dieren die rechttop gaat.

Welnu, omdat dit zijn aard (*fysis*) is heeft hij niet de minste behoefte aan voorpoten. Bijgevolg gaf de natuur hem in plaats daarvan armen en handen. Op dit stuk beweerde Anaxagoras dat omdat de mens handen heeft, hij de meest intelligente der dieren zou zijn. Veeleer echter ligt in de rede dat hij handen heeft omdat hij het meest intelligent is. Want de hand is een werktuig. De natuur immers, kent, zoals een wijs man, elk orgaan toe aan wie in staat is zich dat ten nutte te maken. Dat laat zich vergelijken, in feite, met het geven van een fluit aan een fluitspeler, en niet met degene, die een fluit bezit, te leren fluitspelen. Steeds zal de natuur het kleinere toevoegen aan het grotere en aan de grootste potentialiteit,

en niet het meer kostbare en het grotere aan het mindere. Indien derhalve deze manier van doen te verkiezen is, indien de natuur van de mogelijkheden werkelijkheid laat worden wat het beste is, dan is de mens door zijn handen niet de meest intelligente geworden, maar omdat hij de meest intelligente is, daarom heeft hij handen.”

Met tegenzin breek ik hier Aristoteles' verhandeling af en verwijs de lezer naar zijn werk (bijvoorbeeld P. Louis' vertaling, 1956) over handen en hun biologische betekenis. Zijn argumenten worden merendeels teruggevonden in hedendaagse teksten over dit onderwerp. Keren wij terug naar de biologie van de hersenen.

De Part. Anim. 656 a 13-24: “Hetgene dat wij over de hersenen gezegd hebben, veroorzaakt dat de mens een ‘mager’ (‘vleesloos’, *asarkon*) hoofd heeft. De reden daarvan is niet, zoals wel gezegd werd, dat als het hoofd bevestigd zou zijn, het mensenras een langere levensduur zou verkrijgen. Ook beweert men dat het vleesloos is omdat dit de waarneming van prikkels die van buiten komen, zou vergemakkelijken.

Want door middel van hersenen zouden wij waarnemen en een te grote vlezigheid zou de prikkels niet doorlaten. Noch de ene, noch de andere opvatting is juist. Echter is het wel zo, dat indien de omgeving van de hersenen dik bevestigd zou zijn, deze een functie zou worden opgelegd die tegengesteld is aan de functie terwille waarvan hersenen bij dieren aanwezig zijn (want zij kunnen geen koeling teweegbrengen als zij zelf al te warm [ingepakt] zouden zijn). Anderzijds is er voor geen gevoelswaarneming enige oorzaak aan te wijzen, want de hersenen zijn zelf gevoelloos, zoals een uitscheidingsprodukt, wat dat ook moge zijn.”

De veronderstelling dat een dik bevestigd hoofd voor de mens zou leiden tot een twee- of driemaal langere levensduur (en een betere gezondheid) stamt van Platoon (*Timaios* 75 b), evenals de doorlaatbaarheid van prikkels (*Timaios* 75 a, c).

De Part. Anim. 656 a 24-27: “Maar omdat men geen oorzaak onderkend heeft, waarom sommige zintuigen bij de dieren in het hoofd zijn, en omdat men niet inziet dat enig lichaamsgedeelte meer dan de hersenen geschikt zou zijn, past men een syllogisme toe en besluit tot een verband tussen hersenen en waarneming.”

Het syllogisme waar Aristoteles de foute conclusie aan wijt, laat zich aldus construeren:

$$\begin{array}{l} \text{Zintuigen in kop/hersenen} \\ \text{Zintuigen ontvangen prikkels} \\ \hline \text{Kop/hersenen ontvangen prikkels} \end{array} +$$

Dit verplicht hem tot een andere explicatie voor de zintuigwerking en prikkelbewustwording: hersenen kan niet. Welnu dan:

De Part. Anim. 656 a 27 – 656 b: “De hartstreek is echter het brandpunt van de bewustwordingen: dit hebben wij in ons overzicht van het waarnemingsvermogen uiteengezet. Van de zintuigen staan er twee onmiskenbaar in directe verbinding met het hart: het tastgevoel en de smaak. Van de drie andere is het reukzintuig een tussenvorm, terwijl het gehoororgaan en het gezichtsorgaan klaarblijkelijk tengevolge van de natuur van deze zintuigen in het hoofd zetelen. Daar bevindt zich bij alle dieren het gezichtsvermogen.

De plaatsing van het gehoororgaan en het reukorgaan bij de vissen en overeen-

komstige dieren maakt onze conclusie duidelijk. Zij horen en zij ruiken, maar in hun kop is geen orgaan te vinden dat die gewaarwordingen mogelijk zou maken.

De plaatsing van het gezichtsvermogen op de buitenzijde van de hersenen bij alle dieren die dat vermogen bezitten, ligt voor de hand. De hersenen toch, zijn vochtig en koud en het gezichtsorgaan is van nature waterig, van alle doorschijnende stoffen immers, voegt water zich het beste in een kapsel.

Daar komt nog bij dat de meest subtiele van alle gewaarwordingen nog hoger verfijnd zullen worden tijdens hun gang door de lichaamsgedeelten, die het meest verfijnde bloed bevatten. Omdat de invloed van de warmte die in het bloed schuilt de energie van de zintuigen ontkracht. En ziedaar de reden waarom van die zintuigen de organen in het hoofd staan.”

De gezichtsprikkels komen in het oog het lichaam binnen en kunnen de doorschijnende ooginhoud ongehinderd passeren (zij komen met licht te zamen binnen). Zij bereiken de hersenen, die koud zijn. De bloedwarmte stompt de gezichtswaarnemingen af en daarom is het goed dat de reis naar de hartstreek goed gekoeld begint, om via het zuiverste bloed in het hart ‘zien’ tot stand te kunnen brengen.

Bovenstaande citaten geven nog aanleiding tot het volgende. Aristoteles vermeldt als eerste in de geschiedenis, de weerzin die bij de mens opkomt als hij het inwendige van mensenlichamen in ogenschouw neemt. Voegt men deze afwerende emotie (die overwonnen kan worden, maar die in aanleg elke mens eigen is) samen met het goddelijke, unieke van de mens, dan kan dit verduidelijken waarom geen aparte mensenanatomie ondernomen werd. Als dier onder de dieren komt de bouw van de mens vergelijkenderwijs in aanmerking, waarbij dan zijn uitzonderingspositie erkenning vindt in het model: de mensanatomie is uitgangspunt en maatstaf voor de studie van de anatomie van dieren en mensen, en moet simultaan beoefend worden.

Toen de Renaissance inzette was de plaats van de mens in de kosmos een geheel andere dan in de dagen van Aristoteles. In de Oudheid was hij een microkosmos, onafscheidelijk deel van de macrokosmos en de dieren en planten waren evenzo deelgenoten in de macrokosmos. Het mensenlichaam is *primus inter pares*, eerste onder zijnsgelijken. Noch Aristoteles, noch Galenus zien een aanleiding voor een tot de mens beperkte anatomie. Zij zijn van nature vergelijkende anatomen.

Het christendom maakte de mens heer van de schepping, dat wil zeggen dat de dieren en de planten zijn ondergeschikten worden, geschapen zijn om hem tot voordeel te dienen. Hij bezit een hem eigen ziel, de hemel is het reservaat voor de mensenzielen; dieren en planten zijn en blijven aards. Daarom zullen de voorlopers van de Renaissance vanzelfsprekend zonder uitstel eerst pogingen doen een anatomie van de mens te schrijven. Vesalius bekroont die goed bedoelde maar verdachte bezigheden. Hij schrijft een mensenanatomie als een lofdicht op de schepping, een triomfantelijk eerbetoon aan het schoonste van de schepping, de Mens. Een vergelijking met de dierbouw komt daarna, als toegift.

Vele anatomische bijzonderheden van zoogdieren, vogels, reptielen en vissen heeft Aristoteles ontdekt en goed beschreven, zo o.m. het knipvlies van het vogelooog, de vogelkrop (geen spijsverteringsorgaan, constateert Aristoteles), een verbening in het hart van paard en os en in de penis van vele vleeseters, en de pancreas-klier. Hij verbeterde de beschrijving van de buis van Eustachius aanmerkelijk. In zijn beschrijving van de uterus gebruikte hij termen die nog steeds in zwang zijn. De placentale geboorte van *Mustela laevis* (gladde haai) en de magen van de herkauwers ontdekte en beschreef hij

niet alleen, maar hij ontwierp verder reikende verbanden.

Toen hij een placenta bij enige haaiesoorten in de Middellandse Zee had aangetroffen, merkte hij op dat zoogdieren dit orgaan ook bezitten, maar geen eifase doorlopen. Die zijn "inwendig vivipaar". Vogels en vele vissen leggen "voldragen" eieren. Nu is er geen placenta, geen samenhang tussen wijfje en boreling, en Aristoteles noemde die dieren "uitwendig vivipaar". Hij vond echter dat een "onvoldragen" ei ook voorkomt: dit ontwikkelt zich in het lichaam van die haai maar het onvolkomen embryo groeit verder met behulp van een placenta en daarom zijn enige haaien toch "inwendig vivipaar, evenals de mens en het paard".

Zestiende-eeuwse biologen, werkend met mediterraan materiaal (Belon, 1553, zie V.14; en Rondelet, 1554, zie V.15) "ontdekten" de placentale haaiegeboorte ook, maar lieten het erbij. Geen vergelijking met de zoogdierenanatomie. Pas in 1673 merkte N. Steno (V.30), Deens anatoom, die in Kopenhagen werkzaam was, de overeenstemming op (en dacht dat hij de eerste was).

De reeks herkauwer-magen maakte Aristoteles niet alleen bekend, maar hij noteerde dat een voor herkauwers karakteristieke gebitbouw met de aanwezigheid van die magen samengaat. Let erop, zegt Aristoteles, dat horens en slagstanden niet te zamen worden aangetroffen en een dier met vleesetersgebit mist die 'horens' van herkauwers en ook tanden zoals van de olifant en het wilde zwijn; als bovenkaaksnijtanden ontbreken, zijn horens wél aanwezig (zie ook VI.3).

Onfeilbaar was Aristoteles intussen zeker niet. Zijn foute bevestiging van Herodotos' verhaal dat de krokodil de bek opent door de bovenkaak te bewegen, praat men, dociel en zonder te kijken, tot diep in de 16e eeuw, na.

Visschubben wijzigen zich in de loop van de tijd in samenstelling en afmetingen. Aristoteles ontdekte dit maar begreep niet dat hij een middel tot leeftijdsbepaling van vissen ter beschikking had gekregen.

Dat de borstsvinnen van vissen, vogelvleugels en voorpoten van viervoeters gelijkgeaard zijn, blijkt uit hun gelijke functie. De functie heeft bij zijn oordeelsvorming steeds voorrang boven morfologie.

Het verhemelte-orgaan van de karper, zegt Aristoteles, is zo vlezig dat het voor een tong kan worden gehouden en vissers geloven dat ook. Hij twijfelt naar het schijnt toch wel, maar laat het bij de opmerking dat de vissers zo denken; overigens komt de functie als smaakorgaan pas in de 19e eeuw aan het licht.

Vissen hebben neusknobbeltjes en gehoorsteentjes en Aristoteles heeft ze gezien. Hij deelt mee dat vissen kunnen ruiken en horen "maar ze missen toch de zintuigen daarvoor". Aristoteles schatte de tastzin de belangrijkste van de zintuigen. Bedenkend dat Aristoteles geschoold werd in Platoons Akademia en de zintuigelijke waarnemingen vóór alles leerde wantrouwen en ontwijken, vraag ik mij af of het contrast van zoveel opmerkingsgave, ontdekkingen en overwegingen met het ontbreken van objectief denken over de relatie van bouw en functie van de zintuigen, zenuwen en organen door zijn Platonische vooropleiding veroorzaakt werd en of deze hem van een vrijere, meer creatieve overdenking van de mogelijke relaties heeft weerhouden.

Hooykaas (1971) wees in zijn fraaie analyse van Platoons en Aristoteles' natuurwetenschappelijk denken er op dat beiden idealist waren. Platoon was anti-materialist; de dingen in concreto zijn afspiegelingen van Ideeën, die zelf boven en buiten de materie staan. De verschijnselen, de levensuitingen, de dingen, zijn onzekere, tijdelijke manifestaties van de Ideeën en daarom is de door mensen waarneembare werkelijkheid

misleidend, of althans onbetrouwbaar. Platonisten doen goed de zichtbare werkelijkheid zo veel mogelijk te veronachtzamen (zie ook I.14) . . . geen anatomie voor Platoon!

Aristoteles ziet dat alle dingen vorm (*morfe*) hebben. Die vorm vertolkt voor de biologische waarnemer de Platonische Idee. De vorm maakt het ding tot wat het is, poneert Aristoteles, vorm bepaalt het uiterlijk van materie (*hyle*), meer nog, vorm bevoont en bepaalt elk ding. De Idee, een buiten-materieel concept mag dan voor Platoon en zijn volgelingen de ware natuur, het wezenlijke zijn, maar de in de materie verblijvende en deze nooit verlatende *morfe* is voor de Aristotelianen de ware natuur. Daarom zoekt Platoon buiten de waargenomen werkelijkheid naar 'waarheid' en Aristoteles beziet en bestudeert de dingen zelf zo goed hij kan, omdat slechts daardoor, slechts met behulp daarvan 'waarheid' opgespoord wordt. Daarom beoefende Aristoteles de anatomie met verbazingwekkend succes en faalde Platoon – indien men zijn uitgangspunt niet in aanmerking neemt – op een voor de moderne bioloog verbazingwekkende manier.

Rafaël schilderde een Platoon die hemelwaarts wijst (christen-avant-la-lettre; God buiten en boven ons en de dingen) en een Aristoteles die naar de aarde wijst (God in ons en in de dingen).

Platoon, die hoe dan ook toch dagelijks met de werkelijkheid van de dingen in aanraking moest komen, vond houvast in meetkunde en rekenkunde. Die wetenschappen rusten op te voren gemaakte afspraken (axioma's); zij geven op vragen 'ja' of 'nee' als antwoord. Dat kan niet misleidend zijn; men gehoorzaamt immers zelf opgestelde regels en zelf daaruit afgeleide gevolgtrekkingen.

Aristoteles evenwel is bioloog. Ook hij erkent een 'ja' en 'nee', zijn en niet-zijn, maar er is een derde realiteit: 'potentieel-zijn'.

Hij bestudeerde bebroede kippe-eieren zorgvuldig, in opvolgende ontwikkelingsstadia tot kuiken. Van de kiem af ontwikkelt zich wat potentieel aanwezig is ("actualiseert zich de aanleg", formuleert Hooykaas); het kuiken (de kip) is in het begin geen volkomen schepping. Slechts onder gunstige omstandigheden groeit het kuiken binnen de eischaal op. De kiem binnen het verse ei is een potentieel-zijn; in dat stadium is het kuiken er nog niet, maar bij een natuurlijk verloop verschijnt het wel. Er zijn dus drie vormen van 'zijn'. Hooykaas concludeert: "Plato vond de grootste steun in de meetkunde, Aristoteles in de biologie, een wetenschap van veranderingen".

Aristoteles werkte als anatoom en dacht daarbij deductief. Hij ging uit van het volmaakt-zijn van bouw, vorm en functie. Het is elk organisme, elk orgaan wezenzeigen zich te richten op perfectie, d.w.z. een levensbevorderende doelgerichtheid. Zo'n entelechie kenmerkt alle levende wezens. Daarvan uitgaande bezag, beschreef en besprak hij wat hij aantrof bij het inwendige (en uitwendige) onderzoek van lichamen en organen.

Het is leerzaam de denkwijze van Aristoteles te volgen over zo belangrijke organen als hart en hersenen, en op te merken hoe deze, indien ooit dan toch uiterst zelden geëvenaarde denker en onderzoeker, als bioloog niettemin slachtoffer wordt van deductief interpreteren.

Aristoteles oordeelde dat het hart het voornaamste orgaan is, want het ontwikkelt zich het eerst in een groeiend embryo (kippe-ei); "het is het eerste orgaan dat leeft en het laatste dat sterft". Het hart bevat bloed van het eerste begin af (en bloed is de zetel van het leven; School van Kos; I.13). Een andere aanwijzing dat het hart de eerste

plaats in het lichaam toekomt, is dat het bloed het hart verlaat, daarna door de weefsels sijpelt en alle lichaamsdelen doordrenkt. De laatste en fijnste vertakkingen van de bloedvaten zijn als het ware bevoeiingsgeultjes in het vlees, dachten Platoon en Erasistratos, en herhaalde Aristoteles.

Het staat vast dat Aristoteles' geschriften door kopiïsten en vertalers verminkt werden. Er is fout gekopieerd, fout vertaald, toegevoegd en weggelaten. De bewering dat de leeuw en de wolf elk maar één bot in de hals hebben zou in Aristoteles' werk te lezen staan. Dat hij dit beweerd zou hebben lijkt onaannemelijk. Evenzo is in de overgeleverde tekst de beschrijving van de hartbouw onbegrijpelijk. Grote dieren hebben allen drie hartholten, kleine twee, en elk dier tenminste één, schreef Aristoteles, volgens de overgeleverde tekst. Alle latere pogingen te gissen wat de moedertekst geweest kan zijn faalden tot dusverre: het is wel zeker dat Aristoteles deze onzin niet geschreven heeft maar hoe en in welk opzicht zijn beschrijving verknoeid is werd niet achterhaald.

De aorta (de naam stamt van Aristoteles) begint aan het hart. De holle aderen lopen door het hart heen, zodat het hart zelf eigenlijk niet anders dan een plaatselijke uitdijning of opzwellling daarvan is. Over bloedtransport heeft Aristoteles geen mening gegeven; noch over een bloedsomloop, noch over een eb- en vloedbeweging schijnt hij te hebben geschreven. Bloed, overigens, is rood; ongewervelden hebben geen bloed, ofschoon wel iets dat op een hart lijkt.

Inductief redenerend op basis van waargenomen feiten, vond Aristoteles dus argumenten om het hart, begin, zetel en bron van leven, als het voornaamste orgaan te beschouwen. Van deze slotsom uit deductief verder.

Met deze gevolgen. De hersenen zijn dus niet het centrale orgaan. De bloedvoorziening der hersenen is trouwens niet noemenswaard. Ze zijn dan ook het 'koudste' lichaamsdeel (koud: verstoken van de levenswarmte waar het bloed drager van is). Ze zijn ongevoelig voor prikkels (dat moet wel) en bovendien voor prikkel-perceptie hebben we klaarblijkelijk andere organen: de zintuigen. Zintuigen functioneren, het spreekt vanzelf, niet samen met de hersenen: er is geen reden voor. Het zintuig zelf neemt waar, ervaart. Het hart, het bloedorgaan en dus de behuizing van onze *anima* (de 'ziel') regelt alle spierbewegingen en is bijgevolg ook de woning van het intellect (vgl. VI.2).

Een ontleding van een kameleon toont Aristoteles de verbinding tussen oog en hersenen die bij dat dier zo duidelijk te zien is. Die verbinding ontkent Aristoteles zeker niet, maar hij kent hem geen andere functie toe dan die van een buisje waar wat vloeistof door kan gaan. Zijn denkpatroon heeft zich gevormd; latere waarnemingen krijgen een interpretatie die daarin past.

In totaal heeft Aristoteles de anatomie onderzocht van 12 zoogdiersoorten, 9 vogels, 4 reptielen, 2 amfibieën, 10 vissen, 7 schaal- en schelpdieren, 3 insecten, 1 zeeëgelsoort en 1 manteldier (zakpijp).

Al leefde hij meermalen zijn standpunt niet na, toch wilde Aristoteles de waarneming, het waargenomen feit, als maatgevend aanvaarden. Het blijkt uit zijn verwijt aan de Pythagoreërs, "die met geweld proberen verschijnselen in overeenstemming te brengen met eigen opvattingen en meningen".

Daar had Aristoteles bezwaar tegen. Hij schreef zijn dierkundige werken toen hij grijpt, ervaren was, in de laatste twaalf jaar van zijn leven. De bioloog kwam aan het woord, veel minder de schepper van de formele logica. Zonder voorbehoud zegt hij:

"Nadat de feiten vastgesteld zijn verdient zintuigelijke waarneming meer vertrouwen dan redenering. Overwegingen op logische grondslag moet men toepas-

sen voor zover zij gevolgtrekkingen opleveren die met de verschijnselen overeenstemmen.”

4. *Restanten van de Griekse biologie onder Romeinse hegemonie*

Herofilos en Erasistratos (II.2) waren de leidende anatomen van de School van Alexandrië (ca. 300 v. Chr.). Galenus (II.17) deelde mee wat zij deden en vonden; hun oorspronkelijke boeken gingen geheel verloren. Zij waren de eersten die in (Noord-) Afrika mensen en dieren ontleedden, bij wijze van openbare lessen.

Herofilos toonde aan dat de hersenen de zetel van het samenhangend denken zijn. Erasistratos, lijfarts van de Syrische koning Seleukos Nikator, ontdekte de lymfe-vaten en beschreef de hartbouw, vele slagaderen en aderen. Hij moet een geniaal biooog-anatoom geweest zijn, want door zijn waarnemingen en overdenkingen kwam hij tot de conclusie dat er een verbinding moest bestaan tussen slagaderen en aderen. Dit vereist poriën of haarvaten, al bleven die natuurlijk voor Erasistratos onzichtbaar. Wij zullen hem in het hoofdstuk over de fysiologie opnieuw ontmoeten (VI.4).

In het begin van de 2e eeuw n. Chr. vat Marinos van Alexandrië de anatomie in 20, sindsdien verdwenen ‘boeken’ samen; Galenus maakte er een overzicht van in vier boeken, en dat is alles wat overschoot.

Aristoteles had betoogd dat wetenschap beoefend door vrije mensen ter wille van het weten zelf, bestaansrecht heeft. De wetenschap moet niet naar ‘toepassing’ zoeken, want eenmaal ‘toegepast’ is de wetenschap voltooid. Tweehonderd jaar later, in de 1e eeuw v. Chr., is Rome oppermachtig en Egypte Romeins bezit. De studie van de biologie (en medicijnen) achten de nieuwe wereldheersers nauwelijks van belang; men wil nog wel nolens volens en mondjesmaat medisch-biologisch werk van aantoonbaar en onmiddellijk praktisch nut aanvaarden en steunen. Dit, in de geschiedenis herhaaldelijk ingenomen standpunt, had steeds dezelfde gevolgen: remming van de voortgang en tenslotte stagnatie van de wetenschappelijke ontplooiing.

Het Romeinse beleid ten aanzien van de natuurwetenschappen bevorderde dan ook een vrijwel vruchteloos en steeds minder ‘profitabel’ voortkwijnen van biologie en anatomie, 15 eeuwen lang. De Alexandrijnse school (II.1,2,4), het Moeseion, Platoons Akademia, Aristoteles’ Lykaion, zij en de andere centra van de Griekse wetenschappen (Milete, Pergamon) verdwenen of verloren hun betekenis. Celsus (II.14) kreeg weinig invloed en zijn tijdgenoot Rufus van Efeze (ca. 50 n. Chr.) verging het zeker niet beter. De laatstgenoemde schreef een aantal anatomische studies, maar pas omstreeks het midden van de 16e eeuw kreeg deze scherpzinnige onderzoeker enige aandacht. Hij gaf een goede beschrijving van de ooglenzen; namen in de moderne terminologie van de oogbouw stammen van Rufus. De hartpunt slaat tegen de borstwand bij de systole, niet bij de diastole. Geen arts die dat na Rufus wist, tot in de 17e eeuw.

Plinius gaf in de eerste acht hoofdstukken van boek XXIX, *Naturalis Historia*, een zo treffende Romeinse visie op de medische wetenschap – die tenminste even krachtig van toepassing was op de biologie voor zover die geen agrarisch voordeel opleverde – dat ik slechts met moeite afzie van een volledig citaat. Een samenvatting van de hoofdstukken en enige aanhalingen (met hulp van W.H.S. Jones, 1963) die het klimaat voor een groei van biologische vraagstukken kenmerken, volgen hier:

Nat. Hist. XXIX, i: “De aard van geneesmiddelen en hun grote aantal in deze

tijd of ook vroeger dwingen mij meer te zeggen over de heekunst zelf. Toch bleef het mij niet onbekend dat tot nog toe niemand dit onderwerp in het Latijn behandeld heeft en dat een beoordeling van nieuwigheden ongewis is vooral als het onderwerpen betreft die zo zeer onaantrekkelijk zijn en die zich zo moeilijk laten toelichten. Maar omdat iedereen die zich in dit onderwerp verdiept hoogstwaarschijnlijk vraagt waarom toch voor de hand liggende en toepasselijke middelen in onbruik raakten, zullen verbazing en misprijzen ontstaan omdat geen der andere vakgebieden zo weinig stabiel bleek te zijn en heden nog steeds zich meer wijzigde terwijl toch geen andere bedrijvigheid meer vruchten afwerpt. De wegbereiders van de heekunst verwierven een plaats onder de goden, een verblijf in de hemel. En nog vandaag de dag blijft men allerlei medische hulp door bijstand van de orakels zoeken. Vervolgens werd de heekunst nog beroemder door misdaad, want de overlevering wil dat Aesculapius door een bliksem geveld werd toen hij Tyndareus weer tot leven gewekt had. En de heekunst hield niet op te verhalen dat door zijn ingrepen anderen herleefd waren, beroemde mannen in de dagen van Troje, waardoor een hoge reputatie des te zekerder werd al ging het alleen maar om wonden te helen.”

Met tegenzin zette Plinius zich dus aan de taak geneesmiddelen en heekunst te bespreken. Om zijn lezers gerust te stellen over de afbraak van de heekunst in Rome zal hij nu voor 't eerst die heekunst bespreken in een geciviliseerde taal, het Latijn. Ook al is het onderwerp gekoppeld aan misdaad en voze propaganda.

Nat. Hist. XXIX, ii: “De navolgende feiten lagen verborgen, men houdt het niet voor mogelijk, in de diepste duisternis tot de Peloponnesische Oorlog. Toen bracht Hippokrates deze aan het licht, die op het beroemde en machtige eiland Kos, dat aan Aesculapius gewijd was, geboren werd. Het was de gewoonte geweest van zieken die aan een ziekte ontkomen waren, om in de tempel van die god een verslag van de hulp die zij ontvangen hadden te laten schrijven, zodat daarna soortgelijke maatregelen zouden baten. Deze Hippokrates heeft die ziekteverslagen overgeschreven, zegt men, en onze landgenoot Varro veronderstelt dat hij, nadat de tempel verbrand was, die vorm van heekunst organiseerde die ‘klinisch’ genoemd wordt. Daarna leverde die heekunst onbepaalde inkomsten op . . .”

Zieken genazen en deden dankbaar in de tempel van Aesculapius verslag van hun ervaringen. Hippokrates schreef alle informatie over, de tempel wordt verbrand, en de artsen verrijken zich daarna. In hoofdstuk III vertelt Plinius o.m. hoe Erasistratos, de (aangenomen) zoon van de dochter van Aristoteles, honderd talenten ontving omdat hij koning Antiochos genezen had. Met dit bericht heeft de lezer informatie over Erasistratos, een profiteur, in de verte verwant aan Aristoteles (Plinius vermeldt niet dat Erasistratos op zijn best een aangenomen zoon was en dat Aristoteles, voor zover uit andere bronnen blijken kan, geen dochter had). In hoofdstuk IV en V verhaalt Plinius van vele fameuze geneesheren en hun astronomische inkomsten. Zij bleken echter hun voorschriften steeds te wijzigen en behalve twijfelaars zijn het blaaskaken, zij leven meermalen in ontucht en op grafmonumenten staat niet zonder reden te lezen: ‘Een troep artsen heeft mij gedood’. En daarom:

Nat. Hist. XXIX, v, ii: “Er kan geen twijfel over bestaan dat al die lieden bij hun jacht naar roem door middel van een nieuwigheid niet aarzelden om die met ons leven te betalen . . . Iedere dag wijzigt men de heekunst en poetst hem anders op en wij worden voortgeblazen door de wind van die slimmerikken uit Grieken-

land. Klaarblijkelijk verwerft ieder van hen die de kans krijgt een uitspraak te doen daarmee dadelijk het hoogste gezag om leven of dood toe te wijzen alsof niet duizenden mensen zonder dokters leven, hoewel zij wel artsenijs hebben, zoals de Romeinse natie al zeshonderd jaar deed. Toch waren wij zelf niet traag om wetenschappen te verwelkomen, en de heilkunst waarachtig ook met graagte, totdat de ervaring die veroordeelde.”

Met een voorbeeld uit de geschiedenis wil Plinius dit nog nader toelichten. Hoe de Romeinen door schade en schande leerden toont het gedrag van Archagathos die in 219 v. Chr. uit de Peloponnesos (!) naar Rome kwam. Hij kreeg burgerrecht, richtte met gemeenschapsgelden een kliniek in voor zijn eigen voordeel maar was eerst van harte welkom. Al spoedig kreeg hij echter de bijnaam van ‘de beul’ door zijn onbarmhartige gebruik van mes en brandijzer. Het is maar het beste de brief van Cato, ongeëvenaard voorbeeld van Romeinse deugd en wijsheid, aan te halen. Cato schreef aan zijn zoon:

Nat. Hist. XXIX, vii: “Over die Grieken zal ik je te zijner tijd wel inlichten, mijn zoon Marcus, en de resultaten van mijn onderzoek in Athene zullen je duidelijk maken dat er enig voordeel kan ontstaan door hun geschriften door te kijken maar niet door hen grondig te bestuderen. Dat volkje is een waardeloos en weerbarstig ras en ik zeg je dit, sprekend zoals een priester met hoger inzicht dit doet. Als dat volk ons zijn literatuur zal laten slikken zal het alles besmetten en dit zoveel te meer als het zijn artsen hierheen zou zenden. Het zijn samenzweerders die alle buitenlanders (*barbari*) met hun medicijnen willen vermoorden, maar zij passen die slechts tegen betaling toe want dat wekt vertrouwen en maakt het gemakkelijk ons te vernietigen. Zij noemen ons steeds buitenlanders (*barbari*) en om meer vuil naar ons te kunnen spuien voegen zij daar de bijnaam ‘*opici*’ aan toe. Hiermee draag ik je op artsen op een afstand te houden”. (*Opici* = boerehufters).

De Grieken zijn dus van plan de Romeinen uit te roeien. Cato, moet men erkennen, had de verdienste te beseffen dat de Griekse cultuur een dodelijk gevaar voor de Romeinse betekende. Plinius vervolgde zijn betoog nog met een lofrede op Cato’s kwaliteiten, waaruit blijkt dat zo’n bejaarde, wijze en ervaren man nooit een nuttige zaak veroordelen zou. Cato bereikte samen met zijn vrouw een zeer hoge leeftijd, voert Plinius als nader bewijs aan, en verzorgde zijn zoon, dienaren en huishouding met huismiddeltjes en zelfs had hij een aantekenschriftje met recepten, waarover Plinius nog nader zal berichten.

Nat. Hist. XXIX, viii, 17: “Van alle Griekse vaardigheden heeft het Romeinse begrip van kwaliteit hun heilkunst niet in de praktijk toegelaten. De grote inkomsten ten spijt hebben maar heel weinigen van onze burgers zich met dat vak willen afgeven en dat waren tegelijkertijd overlopers naar de Grieken . . .”

In die samenleving van Rome, zo zelfvoldaan, stroef en eenzijdig, onderzocht en doceerde Galenus in de 2e helft der 2e eeuw (II.5,17; VI.4).

5. Galenus als anatoom

Galenus schreef ca. 146, omstreeks zestien jaar oud, zijn eerste verhandeling over de anatomie van de uterus, *De Uteri Dissectione*; hij droeg het werkje op aan een vroedvrouw.

Na vier jaar praktijk in Pergamon ging hij naar Rome en publiceerde daar later zijn standaardwerken. Allereerst *De Usu Partium Corporis Humani*, een werk dat op de fysiologie grote en blijvende invloed heeft gehad (VI.4). Hij betoogde dat alle organen zo'n vorm hebben en zo'n functie dat zij als geheel volmaakt zijn (Aristoteles' standpunt). Ze moeten zo zijn: anders-gevormd-zijn zou niet kunnen ('determinisme') en men herkent in deze volmaaktheid een goddelijk bestier, een buitenmenselijk en doelgericht tot-stand-brengen. Deze visie maakt Galenus de Middeleeuwen door tot een gezaghebbende autoriteit die, christelijk bevlogen, de onweersprekelijke waarheid hanteert en dus kritiek te boven gaat.

Galenus' anatomische werk is vooral te vinden in *De Fabrica Partium Corporis Humani*, dat uit 16 'boeken' bestaat. Zeven hiervan bleven spoorloos tot in 1940 de Arabische vertaling terug werd gevonden en hebben daarom op de ontwikkeling der anatomie (biologie) geen invloed gehad.

Dat geldt voor meer werk van Galenus. *De Anatomicis Administrationibus* (15 boeken) was in de Middeleeuwen onbekend. Boek 1-8 verscheen in 1525 in Venetië, in het Grieks, spoedig daarna in andere talen. Boek 9-15 ging in het Grieks verloren maar in 1906 verscheen een Arabische versie (met Duitse vertaling). Sarton (1954) is een uitstekende bron van informatie over Galenus' werk (II.17).

Cole verklaarde (1944, p. 46-47) dat Galenus de menselijke anatomie niet bedreven kan hebben en somt ter ondersteuning van die uitspraak uit zijn werken een reeks anatomische bijzonderheden op, die alleen bij dieren voorkomen. Uit de gegevens hier vermeld (II.17 en VI.5) blijkt duidelijk dat Galenus zich zowel met menselijke anatomie bezig gehouden heeft als met die van vele dieren. Tot de 17e eeuw (en ook nog wel daarna) heerste echter algemeen de overtuiging dat Galenus zijn boeken schreef als resultaat van wat hij door anatomisch onderzoek bij de mens gevonden had.

De titels van Galenus' boeken droegen natuurlijk ook niet weinig bij tot het misverstand, maar het is zeer twijfelachtig of hij die titels goedgekeurd zou hebben, laat staan zelf gegeven heeft.

Ik wil voor de misvatting de volgende uitleg aanbieden. Galenus zegt nergens – voor zover ik kon nagaan – dat hij mensen ontleedde. Wel vermeldt hij bij herhaling dat hij dieren onderzocht, voornamelijk varkens (II.17). Galenus was doordrongen van de gedachte dat alle (levende) dieren tengevolge van één voor alle wezens identiek en alomtegenwoordig beginsel 'zijn' (Aristoteles). Verschillende dieren vertegenwoordigen verschillende uitingen (concreties, manifestaties) van dat aan allen eigen, gemeenschappelijke beginsel. Bijgevolg is wat bij een aap, een mens, een varken in het lichaam aange troffen wordt, niet wezenlijk verschillend, al is het niet hetzelfde.

De orgaanfunctie is primair. Zien, pijn, bloed, huid, een lange lange reeks, komen alle bij allen voor. Welnu dan, het vermelden van wáár, precies in welk levend wezen het beschrevene gezien werd, gevonden werd, is weliswaar niet overbodig maar toch ook niet noodzakelijk.

En zo werd alles wat Galenus vermeldde, en waar niet nadrukkelijk bij werd opgegeven dat het een dier betrof, in volgende eeuwen op de mens betrokken. Want de grootmeester Galenus zal (stilzwijgend) van de mens zijn uitgegaan. Van de mens uitgaande bestudere men de anatomie; het werd nog in de 17e eeuw ronduit gezegd (V.31). De oorzaak van dit standpunt heb ik boven aangewezen (p. 224).

Onze begrippen van analogie en homologie konden voor Galenus en die zoals hij gedacht hadden of nog zouden denken, geen punt van overweging zijn, zeker niet als het

vragen binnen een afdeling van het dierenrijk betref. In het denkmodel van Aristoteles (en van Galenus) zijn zowel analogie als homologie verschillen rustende op een gemeenschappelijk bouwplan, anders niet.

En zo wordt Galenus' voorkeur voor het varken aanleiding tot de fabel dat het varken van alle dieren in lichaamsbouw nog het meest op de mens lijkt, een fabel die tot in de 19e eeuw overtuigde aanhangers vindt. De legendarische meester-anatoom van Salerno (III.18) die als 'Copho' bekend staat, geldt als de auteur van *Anatomia Porci* (Varkensanatomie) dat ca. 1150 verscheen en tussen 1502 en 1852 meer dan tienmaal opnieuw werd uitgegeven. Of 'Copho' werkelijk geleefd heeft is twijfelachtig, maar het succes van het boekje niet. Aan de gelijkstelling van bouw en functie van mens en dier willen overigens in onze tijd vele onderzoekers op medisch-farmacologisch gebied gaarne geloven. Het onderzoek naar de gevaren voor de gezonde of zieke mens die nieuwe preparaten kunnen veroorzaken, heeft plaats door dierproeven. Indien deze gunstige resultaten opleveren, wordt het preparaat voor gebruik door mensen vrijgegeven. Indien men er van uitgaat dat de dierproeven voldoende zekerheid bieden omdat dier en mens gelijk geacht mogen worden, is dit beleid verantwoord. Gaat men er van uit dat dier en mens kunnen verschillen, dan betekent dit dat het preparaat toegepast wordt voor proefnemingen op mensen met onzekere gevolgen. Deze kwalijke problematiek vermijdt men door dier en mens gelijk te stellen.

Als in de 16e eeuw ten langen leste Galenus als onwrikbare autoriteit inzake menselijke anatomie allengs het veld moet ruimen ontstaan soms potsierlijke situaties.

Sylvius (V.10), die in de 17e eeuw de onhoudbaarheid van Galenus' beschrijvingen als het menselijke organen betreft, moet erkennen, verdedigt hem door er op te wijzen dat enerzijds de tekst bedorven is en anderzijds de menselijke anatomie sinds Galenus zich gewijzigd zal hebben. Zo zou het menselijk dijbeen in de dagen van Galenus best gekromd geweest kunnen zijn zoals bij de apen en zoals Galenus vermeldt, maar allengs recht zijn geworden toen men cilindervormige broekspijpen om het been ging dragen. Het menselijke borstbeen, zegt Sylvius, dichterlijk, kan in Galenus' dagen heel goed uit acht beenstukken bestaan hebben, "want de kloeke inborst der helden uit de Oudheid ging wellicht met meer botten gepaard dan onze gedegenereerde tijden behoeven." Boerhaave (VI.17) noemde dit betoog "malle onzin en een kind onwaardig".

Hoe dan ook: Galenus voegde veel aan de anatomie toe. Hij heeft het (menselijk) skelet bestudeerd, vaktermen daarvoor gemaakt die in omloop bleven, en zijn onderscheiding van de schedelbeenderen komt in hoge mate overeen met de huidige opvatting. Hij telde 24 wervels in de wervelkolom en maakte de indeling: hals-, rug-, lende-, heiligbeen- en stuitwervels.

De anatomische kennis van de spieren verbeterde Galenus eveneens aanzienlijk. Hij maakte fraaie beschrijvingen van de bouw van hand en schouder. De pees (*neuron*) was, naar hij meende, de bundeling van de zenuwen, die in de spier verdwijnen. Hij bestudeerde vooral apen (Barbarijse makaak), runderen (keel, strottehoofd) en varkens (strottehoofd, ademhalingspijpen), en constateerde, dat hersenen en ruggemerg de spierfuncties beheersen. Galenus begreep dat zenuwen daarbij een rol spelen, dat die van de hersenen en het ruggemerg uitgaan en het contact met de spieren teweegbrengen. Zeven van de twaalf hersenzenuwen onderscheidde hij nauwkeurig, waarbij hij waarschijnlijk wel veel aan Marinus (V.4) te danken had. Er zijn traanklieren en zes spieren zijn aan het oog bevestigd (Vesalius, V.11; Casserio, V.18).

Veel minder geslaagd zijn de teksten over het bloedvatstelsel, maar niettemin doet

Galenus gewichtige ontdekkingen. De linkerhartkamer van een levend dier bevat bloed, geen lucht, een openbaring, nadat drie eeuwen Aristoteles (en anderen) dat laatste beweerd hadden en geloofd werden. De rechterboezem 'leeft' het langste, en de rechterharthelft verplaatst 'voedend bloed'. Ook betoogt Galenus dat het hart geen spier is; het weefsel is te stug daarvoor en bovendien beweegt een spier niet voortdurend.

Verwijdingen van de grote aderen bevinden zich boven aan het hart (boezems), dat daarom eigenlijk maar twee holten heeft (onze 'hartkamers'). Hij gaf een goede beschrijving van de hartkleppen. Terwijl hij vaststelde dat het bloed via de slagaderen (het zijn dus géén luchtkanalen) naar alle lichaamsdelen gaat, merkte Galenus op dat donkerrood bloed in de longen lichter wordt. De longader 'bevat geen bloed' maar Galenus laat ons vermoeden dat deze zowel bloed als lucht transporteert; niet zo onlogisch (of onmogelijk) als Van den Berg (1959) veronderstelde, want de ademlucht uit de longen moet toch ergens heen gaan om zijn werking uit te oefenen en lucht en bloed zouden gemengd de longader kunnen passeren (zie voorts VI.5). Erasistratos (II.2, VI.4), heftig door Galenus aangevallen, maar met meer begrip van het bloedvatstelsel en de bloedbeweging dan hij, dacht over de functie van de longader niet anders dan Galenus.

Wel gaf Galenus aanleiding tot twee fouten die de anatomie vijftienhonderd jaar gehinderd hebben. De scheiding tussen linker- en rechterharthelft is niet volkomen, meende hij, bloed uit de rechter harthelft bereikt de andere helft door het harttussenschot dat poreus is. De poriën, die het bloed doorlaten, zijn zo klein dat men ze niet kan zien (II.17). Hij baseerde die opvatting op de mening van Platoon en de Platonici en denkelijk heeft de open verbinding tussen de harthelften van reptielen en van ongeboren kinderen hem gesteund bij die veronderstelling.

Eigenlijk is Galenus' bewering identiek met die van Erasistratos, die echter een verbinding tussen aderen en slagaderen aan "het tegengestelde einde" van de bloedbanen veronderstelde (VI.4). Maar Erasistratos werd vergeten en Galenus bleef alomtegenwoordig, met het gevolg dat generaties van anatomen het poreuze harttussenschot aanvaardden. Nog in 1654 beschreef T. Bartholin (V.30) het doorboorde harttussenschot van (let wel!) het varken. Galenus' opvatting over de bloedbeweging komt later weer ter sprake (VI.5).

Een tweede misvatting betrof het zgn. wondernet (*rete mirabilis*), een netwerk van dicht bijeenliggende en anastomoserende bloedvaten, dat zich bijvoorbeeld onder aan de hersenen van herkauwers bevindt en gemakkelijk de aandacht trekt.

Herofilos (II.2) had dit al vermeld en Galenus beschrijft het. Hij meende dat dit een orgaan is dat het *pneuma psychikon* (dat in de hersenen zetelt) benut om daarmee alle zenuwwerkingen tot stand te brengen. Alweer vermeldden alle anatomen na Galenus, tot het einde der Middeleeuwen, de aanwezigheid van het wondernet bij de mens. Eerst Berengario da Carpi (V.8), de laatste grote anatoom van de School van Bologna (V.6) zal erkennen (1521) dat hij tevergeefs bij de mens het wondernet gezocht heeft: "Dit wondernet kreeg ik nimmer te zien".

Vesalius demonstreerde in zijn anatomielessen jaren daarna (1537-1539) het wondernet, en omdat hij het bij de mens niet vinden kon, gebruikte hij hersenen van een os of een schaap; jammer genoeg zonder dit te erkennen. Hij vond, dat hij te kort schoot, omdat het bij de mens er nu eenmaal moest zijn en hij het niet zag.

In duizend jaar na Galenus' klassieke werk valt ternauwernood iets dat de anatomie bevorderde te melden; misschien, maar dan in bescheiden mate bij Celsus (II.14).

De kwaliteit van het werk dat Frederik II, keizer-koning-bioloog deed of liet doen,

kwam al ter sprake (III.18). Hoewel hij in de 13e eeuw de anatomie vooruit bracht bleef zijn bijdrage onopgemerkt (V.14).

Voor zover de zoölogie belangstelling van anatomische aard kreeg, herhaalde men klakkeloos, kritiekloos en gewoonlijk slordig hetgeen Aristoteles en Galenus schreven. Plantenanatomie kreeg na Theofrastos' eerste aanzet tot de 16e eeuw geen aandacht.

6. De anatomie herleeft in Italië

Anatomisch-medisch of anatomisch-crimineel onderzoek heeft incidenteel eeuwen voor er aan gedacht werd de bevindingen schriftelijk vast te leggen en de aantekeningen te bewaren, ongetwijfeld plaatsgehad. Men wenste soms een verklaring voor een doodsoorzaak en opende het lijk, al was dit ingrijpen dan een hoge uitzondering. Deze onderzoeken behoren eigenlijk niet tot de biologie al zullen zij wel eens biologische nieuwsgierigheid bevorderd hebben.

Na een vage opgave van een ontleding in Cremona (1286) komt het eerste bewaard gebleven verslag uit Bologna waar Gulielmo da Varignana in 1302 een zekere Azzolino onderzocht, die door vergiftiging gestorven zou zijn. Varignana was hoogleraar en hij controleerde de staat van een aantal grote bloedvaten.

Voor de herleving van de biologische anatomie droeg zijn voorganger in Bologna, William de Saliceto (ca. 1210-ca. 1280) al eerder materiaal aan. Hij was student en daarna hoogleraar in Bologna waar hij zijn *Cirurgia* in 1275 publiceerde (vijf 'boeken', het vierde over anatomie). Als anatoom was William vergelijkbaar met de 13e-eeuwse biologen van de pre-Renaissance (III.18,19) en daarmee in overeenstemming was zijn anatomische studie hetzelfde lot beschoren als het biologische werk van zijn tijdgenoten: het werd niet naar waarde geschat.

Singer (1917) prees zijn 'korte en duidelijke' anatomie (eerste druk 1476) en vond "nauwelijks een spoor van de zotte en irriterende teleologie die de invloed van de Arabieren en Galenus teweegbracht in de vroeg-anatomische literatuur". Kortom: William schreef veeleer Salernisch dan Arabisch.

Het schijnt gerechtvaardigd William als een hernieuwer van de anatomie te erkennen omdat hij eigenhandig ontleepte en het scalpel weer als biologisch instrument invoerde, en omdat hij zelf onderzocht.

Op 13 februari 1300 vaardigde paus Bonifacius VIII een bul uit die tegen de gewoonte gericht was om hooggeplaatste kruisvaarders, als zij ver van huis omkwamen, te koken zodat zij toch in hun geboorteland begraven konden worden. De geschoonde botten gingen terug naar het vaderland om daar bijgezet te worden en het hart werd niet zelden in een doos daarbij gevoegd. Bonifacius verbood dit gebruik op straffe van de banvloek bij overtreding (bul: *Detestandae feritates abusum* . . .).

De bul was in feite niet tegen de anatomen of anatomisch onderzoek gericht, al werd hij wel algemeen zo uitgelegd; Van den Berg wees hierop (1959, p. 79 e.v.). Het anatomische onderzoek van de mens, toch al minimaal, dreigde tot stilstand te komen. Niettemin bleven moeilijk begaanbare wegen toch open.

Lijken kwamen zelden beschikbaar, ook al waren de tijdsomstandigheden gunstig voor het vinden van materiaal, zeker in Noord-Italië. Indien er in het openbaar ontleed zou worden, als deel van een opleidingsprogramma, moest dit vanzelfsprekend met instemming van de overheid plaatshebben. Gestrafte misdadigers kwamen in aanmer-

king. De beul moest bereid gevonden worden het kadaver af te staan, hetgeen na betaling in de regel het geval was. Tevens was de goedkeuring van de geestelijkheid vereist. De executie van veroordeelden had soms plaats op een wijze die de anatomie ten goede kwam (verstikking of verdrinking in plaats van radbraken of onthoofden); hiertoe werden afspraken gemaakt.

Ofschoon er wel samenwerking was bleef toch een openbare ontleding een zelden voorkomende gebeurtenis; in de 14e en 15e eeuw op zijn best twee- of driemaal per jaar. Pogingen om wat meer ruimte voor onderzoek te scheppen liepen soms uit op mislukking. In 1318 stonden vier magisters voor de rechter die ter wille van anatomisch onderzoek 's nachts een lijk hadden opgegraven en daarbij betrappt werden. Met andere overtreders liep het beter af (bijvoorbeeld met Da Vinci).

Ontledingen hadden bij voorkeur 's winters plaats, want zij duurden een paar dagen en doelmatige conserveringsmiddelen waren er niet. Overigens trokken deze demonstraties veel publiek. In Montpellier was de eerste openbare sectie in 1377, in Wenen in 1404, Praag in 1460, Parijs 1478, Tübingen 1485, en in Bazel 1531 (vgl. V.11).

Een zendschrijven van Sixtus IV (ca. 1475) had tot doel bekend te maken dat de ontleding van mensen geoorloofd kon zijn en legaliseerde daardoor anatomische werkzaamheden (na verkregen kerkelijke goedkeuring) die op verschillende plaatsen in Europa toch al plaatshadden. Clemens VIII gaf per bul van 1531 de voorschriften inzake voor het publiek toegankelijke ontledingen.

Al te veel lust en bekwaamheid tot eigen onderzoek en oordeel mag deze vroege anatomen niet worden toegeschreven met alle erkenning voor hun toch wel nieuw initiatief. Uit de sectie bleek hen steeds dat wat Avicenna en Galenus geconstateerd hadden klopte; geen mens die er aan dacht te twijfelen. Zelf zien hoe iets is, zelf beter willen zien dan wat anderen eerder zagen, was een toeleg, een reden tot onderzoek, die zich pas in de 17e eeuw volop doorzette en daarna al spoedig volstreekte erkenning vond.

Mondino de Luzza (?1260 (1285) – 1327) studeerde in Bologna en werd daar als opvolger van Varignana hoogleraar. Van oudsher was een hoogleraar tijdens zijn voordrachten op een 'leerstoel' gezeten, die op een verhoging, een 'podium' stond. Vóór hem, maar een paar meter lager, stonden de dissector en soms ook een of meer demonstratoren bij het liggende lijk. De dissector sneed de organen los en de demonstrator hield hen omhoog zodat de aanwezigen het allen konden zien. Daarbij las de hoogleraar voor uit de beproefde standaardwerken en ver in het rond zag iedereen wat hij verwacht werd te zien. Naar scholastische zede moesten deze teksten woordelijk gevolgd worden.

Waarschijnlijk heeft Mondino (Mundinus voor de geleerde wereld en ook wel Raimondo dei Luzzi genoemd) zelf het mes ter hand genomen, op voorbeeld van zijn voorganger William. Hij zou bijvoorbeeld in 1315 tweemaal eigenhandig een lijk ontleed hebben.

In 1316 verscheen Mondino's *Anothomia*, het uitgangspunt voor de anatomie als moderne biologische discipline. Tot in de 16e eeuw bleef *Anothomia* het meest gebruikte, meest gewaardeerde leerboek op de universiteiten, een inleiding op en begeleider van Galenus' werken.

William en Mondino pogen na twaalf eeuwen passief lezen en napraten een koerswijziging tot stand te brengen, tot actief onderzoeken over te gaan. Zij slaagden niet om zich uit de greep van Galenus te bevrijden evenmin trouwens als, veel later nog, Beren-



Fig. 23. Anatomieonderwijs in de 14e eeuw in Italië. Mundinus onderricht buitenshuis, waar beter licht beschikbaar is en de geur van ontbinding minder stoot. Mundinus doceert met behulp van Galenus, kijkt niet in zijn boek maar wijst aan. De dissector kijkt niet naar zijn werk maar luistert naar Mundinus die hem vertelt wat hij zou zien als hij toekeek. (Uit Singer, Stud.Hist.Meth.Sci., 1917; hereditie van Mellerstadt, 1493.)

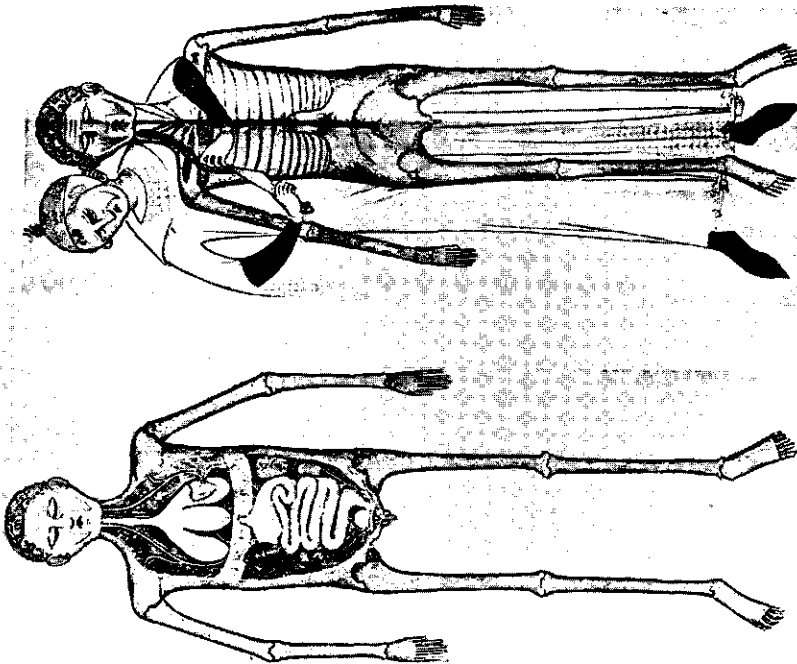


Fig. 22. Illustraties voor Mondino's *Anatomia* (1316), toegevoegd door Vigevano (1345). De longen zijn afgebeeld volgens het model van de drievloebige lever (en boven het middenrif!) in de linkerfiguur. De anatoom in de rechterfiguur demonstreert, onderwijst (volgens Galenus) en kijkt niet naar wat hij doet, onderzoekt niet. (Uit E. Wickersheimer, 1929.)

gario en Fabrizio en zelfs Malpighi en Vesalius, ofschoon deze beide laatsten bestormd door zoveel eigen waarnemingen maar vooral gedreven door de wending in de tijd, door nieuw denken, de dode sleur in de loop der jaren meer en meer van zich afschudden. Onmiskkenbaar tornden William en Mondino aan de traditie want zij wezen de weg naar zelfstandig onderzoek buiten de bestaande teksten.

Mondino deelde mee dat hij de lichaamsdelen niet kookte (“vanwege de zonde die daarmee gemoeid is”) en hij kon daarom het rotsbeen slechts gebrekkig onderzoeken. Ook bleek hem dat het bloed van het hart naar de longen stroomt: een nieuw en gewichtig feit. Maar voor het overige praat Mondino de geijkte auteurs getrouw na. Hij illustreerde zijn *Anothomia* niet.

Zijn leerling, de lijfarts van koningin Jeanne de Bourgogne in later jaren, Guido van Vigevano, publiceerde in 1345 een *Anatomia* die hij wél illustreerde. Hij verklaarde dit te doen omdat goede afbeeldingen het mogelijk maken anatomie te studeren zonder dat daartoe lijkopeningen nodig zijn (“die verbiedt de Kerk”) en ook wordt men tekeningen gebruikend niet “door geur gehinderd”.

7. De Renaissance van de biologie

De Renaissance ontplooidde zich in het midden van de 15e eeuw snel en vurig binnen enige decaden, begon in Italië en beheerste binnen een halve eeuw het Europese geestelijke leven. Er was de vurige verering van de Oudheid, de herontdekte klassieke cultuur. Aristoteles verdween meer en meer naar de achtergrond, nu en dan nagescholden. Platoon werd het lichtende voorbeeld. Tegelijkertijd moest de traditie plaats maken voor het nieuwe, d.w.z. een nieuwe vrijheid gebonden aan een klassiek model.

Kenmerkend was de aandacht voor de wereld waarin wij leven. Rondkijken op aarde, niet slechts omhoogstaren in een onbereikbare, onpeilbare hemel. Met een veraste belangstelling bemerkte men al die rijkdommen, de diversiteit van de natuur, van de levende wezens.

In de loop van de 16e eeuw ontstond het analyserende zien, het zich-rekenschapgeven van de dingen stuk voor stuk, van de talloze verschillende dieren en planten: biologen begonnen de inventarisatie, zochten en keken zelf en zij verheugden zich bij de ontdekking van wat anderen niet, of niet zó gezien hadden. Een vondst in tegenspraak met vroeger, een aanvulling, was geen reden tot twijfel aan eigen waarnemingen of wrok vanwege een bedreigde traditie.

De kunstenaars schilderen stillezens waar bloemen en insecten, zoveel als maar mogelijk is, bijeen zijn gebracht. De renaissancist heeft bovendien aandacht voor het individu, voor de mens, de eenling, voor zijn denken, zijn wezen, zijn leven. Daar passen zich anatomische studies van nature bij aan. Hoe is die mens, dat nieuw ontdekte wezen gebouwd? Men inventariseert de bouwstenen, zijn architectuur. Levende wezens zijn harmonisch, evenwichtig gevormd; God schiep hen zoals elke bioloog in de Renaissance zich maar zou kunnen wensen.

Een volgende parallel toont de ontdekking van de wijde wereld. Veroveraars, ontdekkingsreizigers, kooplieden dringen door in de nog ondoorvorste delen van de aarde (Amerika, Afrika, Azië). Terwijl zij de macrokosmos doorzoeken, bezichtigen en hun bevindingen bekend maken, beschrijven de thuisgebleven biologen de microkosmos. Dieren en mensen allereerst, want voor het onderzoek naar het inwendige der planten

ontbreekt het instrumentarium tot in de tweede helft der 16e eeuw.

Biologen en kunstenaars (Mantegna, Da Vinci, Michelangelo, Rafaël, Albrecht Dürer) verrichtten eigenhandig ontleding. Michelangelo begon in 1492 de Heilige Geestkerk in Florence van beeldhouwwerken te voorzien, maar had de opdracht geaccepteerd op voorwaarde dat de prior van de kerk hem met lijken zou belonen, afkomstig uit de belendende begraafplaats. Da Vinci stal 's nachts lijken. Vele kunstenaars lieten tekeningen na van hun secties; Da Vinci's schetsboeken zijn wonderlijk schone getuigenissen van het samengaan van beeldend talent en nauwkeurig biologisch onderzoek.

Leonardo da Vinci (1452-1519) zegt dat hij meer dan 30 lijken ontleed heeft. Hij zette de vergelijkende anatomie, door de bouw van dieren uit vele klassen van het dierenrijk en van de mens afzonderlijk en tevens in samenhang te bestuderen, voort als eerste na Aristoteles en Galenus. Hij bewees (ca. 1490) dat het paard eigenlijk op zijn vingertoppen loopt en zei onverbloemd dat het hart een ware spier is, en wel de sterkste van alle. En zo spreekt hij Galenus op dat punt tegen; niettemin tekent hij poriën in het bloed doorlatende harttussenschot. Da Vinci doet enig embryologisch onderzoek (bij de mens, enige zoogdieren en de kip). Spieren en beenderen beeldde hij verreweg het beste af, veel beter dan ooit tevoren.

Samen met Marcantonio della Torre (1473-1506), die als anatoom in Pavia werkte, wilde Da Vinci (VI.8) een volledige anatomie van de mens maken. Della Torre's dood verhinderde dit. De meer dan 750 anatomische schetsen van Da Vinci en zijn aantekeningen bleven grotendeels bewaard. Zou het werk tot stand gekomen zijn, dan was het verreweg het schoonste en diepste biologieboek geworden dat tot dusverre gemaakt werd.

Ofschoon de beeldende kunstenaars van de 15e eeuw degenen die de anatomie beroepshalve hanteerden wat waarnemingen betreft gewoonlijk voorbij streefden, hebben zij toch door hun anders bedoelde werkzaamheden, en omdat hun waarnemingen de snijzalen nauwelijks bereikten, de wetenschappelijke anatomie niet gestimuleerd.

8. Berengario da Carpi, de Restaurator van de anatomie

Jacopo Berengario da Carpi (ca. 1470, Carpi bij Modena – 1530, Ferrara) was in Da Vinci's dagen hoogleraar in Bologna (1502-1527). Hij hield zich met Mondino's werk bezig en bleef het in al zijn publikaties als grondslag benutten. Hij gaf een nieuwe 'gecorrigeerde' editie uit getiteld *Anathomia Mundini Noviter Impressa ac per Carpum Castigata* (1514). Niet tevreden maakte hij een sterk vermeerderde en becommentarieerde Mundinus in 1521, met een lange titel: *Carpi Commentaria . . . Super Anatomia Mundini . . . in Pristinum et Verum Nitorem Redacto*, hetgeen zeggen wil dat hij de tekst zijn vroegere en ware glans had hergeven. Een verkorte uitgave hiervan verscheen in 1522, die de titel *Isagogae Breves . . . in Anatomiam Corporis Humani* droeg. Deze werd in 1959 herdrukt, vertaald en begeleid door toelichtende artikelen onder redactie van Lind en Roofe.

De *Commentaria* en de *Isagogae* bevatten veel ontdekkingen en zijn veel meer dan slechts van aantekeningen voorziene heruitgaven van Mondino's leerboek. Weliswaar baseert Carpi zich op Mondino's en Vigevano's boeken waarbij hij zoals gebruikelijk eigen ervaring boven alles aanprijst, maar bij zijn onderzoek toch slechts ziet wat Galenus en bijgevolg ook de besproken auteurs meedeelden. Toch zijn er opmerkenwaardes

bijzonderheden.

Galenus had een 'wondernet' (*rete mirabile*) beschreven (V.5), gelegen onder het harde hersenvlies in de basis van de schedel. Berengario beschijft het nauwkeurig maar zegt er ronduit bij dat hij het niet te zien kon krijgen. Dat pleit voor hem. Bij de mens is zo'n wondernet, dat bijvoorbeeld bij herkauwers voorkomt, niet aanwezig.

Meer dan honderd lijken zou Berengario ontleed hebben. In elk geval maakten zijn secties hem beroemd en hij ontving de eretitel *Restaurator anatomiae*. Hij beschreef voor het eerst de blinde darm en o.m. de reukzenuwen, ontdekte dat de menselijke uterus één holte heeft en geen twee (zoals bij enige dieren). Dat leek strijdig met Galenus' mededelingen maar, zei Berengario verontschuldigend, Galenus heeft wellicht alles gezien maar niet alles opgeschreven.

9. Bologna, Padua en Bazel, centra voor anatomie

Merkwaardig laat, pas in 1405, verscheen ontleding als erkend bestanddeel van onderwijs en onderzoek in het academisch statuut van Bologna, waar omstreeks 1150 een medische faculteit gevestigd werd. De heilkunde was dus zo weinig doortastend beoefend dat uit Bologna in meer dan een eeuw geen publikatie of zelfs maar enig gegeven beschikbaar kwam. Indien al eens anatomisch onderzoek ondernomen werd, had het toch geen merkbaar resultaat.

Het is verleidelijk te vermoeden dat de invloed van William van Saliceto oorzaak geweest kan zijn dat in de 13e eeuw werd voorgeschreven dat medische studenten van het derde jaar en daarna eens per jaar een sectie moesten bijwonen. Twintig studenten tenminste waren hiertoe verplicht als de sectie een man betrof en dertig in het geval van een vrouw. De reden voor dit verschil was dat minder vrouwen dan mannen terechtgesteld werden en dus meer mannelijke lijken ter tafel kwamen. Het voorschrift bewijst een groeiende belangstelling. De 13e eeuw toont dan ook enige vooruitgang, terwijl de verworvenheden zich in de 14e eeuw stabiliseren. In de 15e eeuw ontplooit de anatomie te Bologna zich krachtig. Belangrijke Bolognezer anatomen zijn genoemd.

Nog een woord over Hieronymo Manfredi (ca.1430-1493), hoogleraar in de filosofie en medicijnen in Bologna, een toegewijd astroloog, wiens anatomische werk *Anothomia* wel vergeten werd maar in manuscript bewaard bleef. Ik zou het niet vermeld hebben als Singer geen fraaie uitgave verzorgd had (1917, p. 97-164) die te zamen met de vertaling en toelichting een zeer goed beeld geeft van de 15e-eeuwse staat van anatomische kennis in Bologna.

In Padua was sedert het begin van de 14e eeuw een School voor Anatomie, misschien al eerder. Toen in 1506 een groep onderzoekers en studenten uit Bologna de wijk nam omdat de grond hen te heet onder de voeten werd – zij waren aanhangers van het door de Kerk verboden Averroïsme – en naar Padua trok, begon daar een bloeiperiode voor de anatomie die meer dan een eeuw voortduurde.

Er was al een *theatrum anatomicum*, een uitneembare en verplaatsbare houten constructie die een zo groot mogelijk aantal toeschouwers het volgen van een dissectie mogelijk maakte. De School werd een wereldcentrum en Bologna verloor voorgoed zijn leidinggevende plaats tengevolge van geestdrijverij.

Een der eerste publikaties uit Padua stamt van Alessandro Achellini (1463-1512): *Annotationes Anatomicae in Mundinum*, die in 1524 verscheen. Achellini was een leer-

ling en medewerker van Berengario geweest in Bologna maar hij was met de Averroïsten naar Padua gevlucht. Zijn boekje verschilt niet veel van het werk van Berengario. Galenus en Mundinus zijn de grote meesters wier woorden men spreekt. Maar ook hier enige nieuwe vondsten want overal neemt langzaam aan de kunst van het zelf waarnemen toe. Achellini brengt aan het licht dat de galgang in de twaalfvingerige darm uitmond, hij ontdekt de uitgang van een onderkaakspeekselklier en maakt een redelijk goede beschrijving van twee gehoorbeentjes, hamer en aambeeld. Achellini verdient als eerste publicerende anatoom in Padua een aantekening; van veel invloed was zijn werk niet.

Alle vooraanstaande anatomen van de 16e eeuw, en de meesten van de 17e, hebben korte of lange tijd in Padua gewerkt. In de tweede helft van de 17e eeuw verloor Padua snel zijn aanzien tengevolge van 'bezuinigingen' en dit geldt zowel de anatomie als de biologie in het algemeen.

De gang der geschiedenis week ook voor Bologna en Padua niet van de regel af: indien een wetenschappelijke instelling tot bloei gekomen daarna zijn elan en leiding verliest, herwint hij die nooit meer.

De biologie die in Klein-Azië ontstond en zich westwaarts verplaatste naar Kos, Lesbos, Alexandrië, Athene en Sicilië bewoog zich vervolgens noordwaarts naar Zuid-Italië, Salerno, en vestigde zich in Pisa, Bologna en Padua. Ten noorden van de Alpen ontplooidde de biologie zich gelijktijdig met de Reformatie en binnen het machtsbereik van de Latijnse clerus vooral in Montpellier en Parijs (16e eeuw). Bazel werd het 'hervormde' centrum. Het was de stad van Erasmus, het christelijke humanisme, van vooruitstrevende uitgevers (Froben, Isingrin), van een levenskrachtige universiteit (sinds 1460). Daar werden biologische studies verricht door De la Boë, Theodor Zwinger, Felix Platter, de gebroeders Bauhin (X), Van Helmont en K. Gesner. Zij komen nog ter sprake.

Twee zestiende-eeuwers die een hoge reputatie hadden als onderzoekers en als leermeesters en die de bressen poogden te dichten door de groeiende kritiek geslagen in de stellingen van Galenus krijgen in de volgende paragraaf enige aandacht.

10. Twee pleitbezorgers van Galenus: Andernach en Jacobus Sylvius

Johannes Günther van Andernach (1487-1574) was een leerling van de humanistische school in Deventer, waar Erasmus ook gestudeerd heeft. Hij was een veelzijdig geleerde, die door collega's Guintherus (ook Quinterius) Andernacus genoemd werd. Enige tijd doceerde hij Grieks in Leuven; vermoedelijk kwam hij daar in aanraking met Galenus' werk en inspireerde dit hem de anatomie ter hand te nemen. Als hoogleraar in Padua (na een professoraat in Parijs, ca. 1525) leidde hij vele vooraanstaande anatomen op, bijvoorbeeld Vesalius, Servetus, Rondelet en ook Dryander, deze laatste een twijfelachtig succes. Dryander heette eigenlijk Johann Eichmann (1500-1566). Hij publiceerde in Duitsland anatomieboeken met teksten die hij van Mundinus, Vesalius, Estienne (V.11) en Berengario overschreef. Hij zal ons niet verder bezighouden.

Andernachs meest vooraanstaande leerling in Parijs, Vesalius, was weinig met hem ingenomen; hij verklaarde dat hij Andernach nimmer een mes had zien vasthouden behalve dan aan tafel. Andernachs publikaties zijn vergeten. Terecht. Zijn verdienste als inspirerende en degelijke leermeester blijft. Hij was een orthodoxe Galenist, evenals zijn Parijse tijdgenoot Sylvius, die ook een uitstekende leermeester was en al evenmin

veel van biologische betekenis geschreven heeft.

Sylvius (geboren als Jacques Dubois in 1478 nabij Amiens en in Parijs overleden in 1555) had klassieke talen en medicijnen gestudeerd alvorens in Montpellier zijn doktershoed te verwerven; in 1531 onderwees hij anatomie in Parijs. Hij schreef enige verhandelingen over Galenus, Dioskorides en Hippokrates, maar zij onderscheiden zich niet van de overige literatuur van zijn tijd. Vesalius studeerde bij Sylvius in de jaren dat deze te Parijs doceerde en vond hem een bekwame geleerde, een belangrijk oordeel want Vesalius was allerm minst geneigd om middelmatigheid goed te keuren. Ook schijnt Sylvius een ongemakkelijk en onaangenaam heer geweest te zijn als we tijdgenoten mogen geloven (o.a. Rabelais, zijn medestudent in Montpellier).

De twijfels over de onfeilbaarheid van Galenus waar Vesalius blijk van gaf kon Sylvius niet verdragen en het vermoeden bestaat dat Vesalius zijn verblijf in Parijs bekortte wegens Sylvius' vijandige houding.

Toen Vesalius in de daarop volgende jaren zijn kritiek op Galenus staande hield en uitbreidde wekte hij in toenemende mate Sylvius' woede op. Deze verdroeg geen woord ten nadele van Galenus' verhandelingen, zelfs al bleek overtuigend dat Vesalius door en door Galenist bleef al had hij op enige punten, een aantal anatomische feiten, bezwaar tegen onmiskenbaar onjuiste beweringen.

Het liep uit op de publikatie van een schandalig boekje, dat Sylvius in 1551 liet verschijnen onder de titel *Vaesani Cuiusdam Calumniorum in Hippocratis Galenique . . .* hetgeen vertaald wil zeggen Een Verwerping van de Lasterpraatjes tegen Hippocrates en Galenus door een Zekere Wezel'aars' . . . en om de zinspeling in het laatste woord te begrijpen dient men te bedenken dat Vesalius de latinisering is van Wezelaar, iemand die uit Wezel komt, daar geboren werd.

Het pamflet is een interessant document dat Sylvius niet al te zwaar moet worden aangerekend. Hij was geschoold in de klassieke letteren en de stijl die onder de auteurs van zijn tijd 'bon ton' was droeg die felle buitenmaatse kleuren. En zeker was hij uiterst geprikkeld door Vesalius' uitlating in het voorbericht van *De Fabrica* (zie V.11) waarin degenen "die zich niet schamen Galenus als slaven te volgen" gehemeld worden. Dat trok Sylvius zich, terecht, persoonlijk aan. Intussen is op de keper beschouwd juist die volgzzaamheid ten aanzien van Galenus de voornaamste kritiek die op Vesalius' levenswerk, *De Fabrica*, geleverd kan worden. Vesalius handhaafde veel, schreef daarin veel aan de mens toe dat tegen de feiten indruist, dat hij niet gezien kan hebben en toch aanvaardde omdat hij dacht dat Galenus dit als behorend tot de menselijke anatomie had waargenomen.

11. Vesalius toont het schoonste bouwwerk van de Schepping

In de nieuwjaarsnacht van 1515 werd Andries van Wezel in Brussel geboren. Het schijnt dat zijn familie uit artsen en apothekers bestond, afkomstig uit de Lage Landen en uit Engeland. Andries was een geboren anatoom; als jongen ontleedde hij muizen, mollen en wat hij maar in handen kreeg, tot de katten van de burens toe. Naar Leuven gezonden – een beroemd centrum voor de opleiding van medici – trok hij al dadelijk de aandacht door tijdens openbare zittingen als ontleder (*dissector*) demonstraties te geven (ca. 1536). Maar Leuven haalde niet bij Parijs waar Sylvius de geleerde wereld domineerde. Zeventien of achttien jaar oud ging Andries bij Sylvius studeren. Het viel

tegen. Sylvius las de klassieke auteurs voor, bleek ontegenzeggelijk zijn vak te verstaan maar liet het praktische werk aan zijn assistenten over, knoeiers waar Andries zich aan ergerde en die meer van hem hadden kunnen leren dan omgekeerd. Bovendien nam Sylvius aanstoot aan de wens van zijn nieuwe leerling zelf te beoordelen wat van de illustere voorgangers aanvaard behoorde te worden en wat niet.

Hij nam het ontleedmes van de Parijse dissectors over en, het laat zich voorspellen, dat maakte zijn verblijf steeds moeilijker; middelmatigheid en hoge kwaliteit verdragen elkaar niet.

Hij zocht zijn toevlucht bij Andernach. Het begon goed, zo zelfs dat hij (hoogstwaarschijnlijk) in Andernachs woning een onderkomen vond en hem hielp bij het schrijven van commentaren op Galenus, een publikatie die in 1536 verscheen (*Institutio Secundum Galeni Sententiam . . .*).

In 1537 ging hij naar Padua – waar Andernach intussen hoogleraar geworden was – en promoveerde. Andreas Vesalius behoorde nu tot de geleerde wereld. Hij werd in Padua ‘chirurgiae explicator’ en organiseerde de anatomische bedrijvigheden. Al heel spoedig na zijn benoeming oordeelde hij dat een herziene uitgave van Andernachs boek gewenst was maar liet het bij de uitgave van zes anatomische tekeningen ten behoeve van zijn studenten. Zelfs tekende hij er drie (de moeilijkste: aderen, slagaderen en zenuwen) en Jan Steven van Kalkar (die later *De Fabrica* zou helpen illustreren) ook drie (skelet-tekeningen). Zo verscheen in 1538 *Tabulae Anatomicae Sex*. Zij bleken zo’n succes dat zijn salaris van 30 tot 200 ‘florijnen’ verhoogd werd. De platen zijn nu uitermate zeldzaam geworden.

Vesalius volgde vanzelfsprekend in Padua de aanzet voor anatomisch onderzoek die William en Mondino in Bologna gaven en hanteerde zelf het ontleedmes. De posities van dissector en demonstrator werden door zijn optreden opgeheven. Vesalius lichtte zijn scholing zelf toe.

Uit het voorwoord van *De Humani Corporis Fabrica* (1543):

“Mijn poging om de anatomie althans weer op het peil te brengen van de leermeesters uit de Oudheid van die wetenschap zou mislukt zijn, als ik in Parijs genoeg had genomen met de ongeïnteresseerde en oppervlakkige manier waarop door enige barbiers een stuk of wat organen ter gelegenheid van een paar openbare ontledingden aan de studenten getoond werden. Toentertijd werd de anatomie op zo’n slordige wijze onderwezen, terwijl nu gelukkig een nieuw begin gemaakt is. Toen ik mijzelf zonder leiding geschoold had in het ontleden van dieren heb ik, tijdens de derde ontleding die ik het voorrecht had te kunnen bijwonen, toen weer zoals gebruikelijk uitsluitend enige ingewanden in aanmerking kwamen, de ontleding voortgezet, door mijn medestudenten en onderwijzers aangevoerd, en verrichtte in het openbaar een ontleding die verder ging dan men gewend was. Later verrichtte ik een tweede ontleding, om de spieren van de hand te tonen, en tegelijkertijd ontleedde ik de ingewanden nauwkeuriger. Met uitzondering van acht buikspieren, die schandelijk toegetakeld, en in verkeerde volgorde getoond werden, heeft niemand, en dit is de waarheid, mij ooit een spier of een enkel bot goed laten zien, laat staan het netwerk van de zenuwen, aderen en slagaderen.

Daarna heb ik te Leuven, waar sedert 18 jaar de heelmeesters geen vinger verroerd hadden om de studenten van de akademie anatomie te onderwijzen, ter wille van de studenten en om mijzelf in die belangrijke wetenschap verder te bekwa-



BASILEAE, PER IOANNEM OPORINUM

Fig. 24. Titelpagina van *De Fabrica* (herdruk van 1555). Vesalius staat demonstrerend in het centrum omringd door een dringende menigte, jong en oud, rijk en arm, kerkelijk of niet. Links beneden een aap, rechts beneden een ram en een hond (die hun beurt moeten afwachten; de ram was in 1543 nog niet aanwezig). Onder de ontledtafel zit een bediende een mes te slijpen, dat hij aan de helper (links van hem) zal overhandigen. Op de ontledtafel schrijfgerei en een kaars met kandelaar om in het geopende lichaam bij te kunnen lichten. De koepel (gefantaseerd?) waar Vesalius werkt, ontvangt wat daglicht. Meermalen was een *theatrum anatomicum* vensterloos, zoals te Padua dat met kaarsen verlicht werd. In het midden van de voet van de prent wordt het blad van de ontledtafel getoond. (Teylers Stichting.)

men, de gehele bouw van het menselijk lichaam wat degelijker uiteengezet dan in Parijs doenlijk was, met het gevolg dat nu de jonge magisters van die academie zich erop toeleggen kennis van de lichaamsdelen van de mens te verwerven. Vervolgens kreeg ik in Padua de opdracht, om in het meest beroemde amfitheater ter wereld vijf jaar lang chirurgische heekunde te onderwijzen. En omdat anatomische ontleding van gewicht zijn bij chirurgische heekunde, heb ik veel tijd besteed om die verder te ontwikkelen en terwijl ik de belachelijke sleur van de scholen verjoeg, onderwees ik dat onderwerp op een manier die niet achterbleef bij de aanpak van de Oudheid . . .”

“Alle auteurs na Galenus schreven Galenus na omdat zij geloofden dat in zijn boeken niet de geringste vergissing voorkwam, terwijl Galenus zelf in zijn latere boeken veel verbeterde, nadat hij meer ervaring opgedaan had, en het omgekeerde betoogde als hij tekorten verbeterde. Omdat hij door zijn apen op een dwaalspoor gekomen was, ging Galenus meermalen tegen de oude artsen in, die zichzelf geschoold hadden door menselijke kadavers te ontleden. Het wekt verbazing dat Galenus nauwelijks iets van de veelsoortige en talloze verschillen waarin de organen van het menselijk lichaam verschillen van die van de aap, bemerkt heeft behalve dan ten opzichte van de vingers en het buigen van de knie, en die zou hij ook over het hoofd gezien hebben, als zij niet duidelijk zichtbaar geweest zouden zijn ook zonder ontleding. Intussen ben ik niet van plan hier de misvattingen van Galenus aan kritiek te onderwerpen, want hij is zonneklaar de meest vooraanstaande leermeester der anatomie en ik schiet niet tekort aan respect voor zijn gezag, al wijs ik nu in één cursus over anatomie meer dan 200 vergissingen van Galenus aan.”

In 1542 – een jaar voor het verschijnen van zijn *De Fabrica* – bezocht Vesalius Giovanni Battista Canano (1515-1579), stadsgeneesheer van Ferrara, die al uitmuntend anatomisch onderzoek over de spieren had gedaan. Hij toonde Vesalius de aderkleppen, die Galenus ook kende en die aan het slot van de 16e eeuw zo'n grote betekenis zullen krijgen (Harvey, V.19). Zij kunnen geen goede verklaring vinden voor die aanwezigheid, maar besluiten wel dat Galenus' anatomie nadere studie behoefde. In het volgende jaar verscheen *Epitome* te Bazel als resultaat van hun samenwerking, een vele malen herdrukte en vertaalde studie met 40 platen (1543).

Twijfels over Galenus' perfectie waren Vesalius al veel eerder voorgelegd, al in zijn Parijse tijd, twijfels die Charles Estienne (Carolus Stephanus, † ca. 1564), geuit had. Estienne studeerde ook bij Sylvius en publiceerde, na veel vertraging, in 1545 een boek over de menselijke anatomie (*De Dissectione . . .*).

De moeilijkheden die overwonnen moesten worden om lijken ter ontleding in handen te krijgen werden al eerder aangeduid. Vesalius' ervaringen zouden onvermeld kunnen blijven, ook al dateren zij van meer dan een eeuw later, als zij geen licht zouden werpen op Vesalius' vastberadenheid om zijn onderzoek voort te zetten en te voltooien.

Sylvius en Andernach waren in de Parijse jaren niet bij machte voldoende kadavers in handen te krijgen. Ik vermoed dat zij zich bovendien weinig moeite getroostten want hun opdracht was Galenus en Mundinus voor te lezen, terwijl assistenten bij tijd en wijle een slordige ontleding uitvoerden.

Skeletten waren echter niet moeilijk te krijgen. In het oude Parijs waren plaatsen waar lijken gedeponereerd en min of meer in kuilen begraven werden, waarna hongerige honden hen meermalen opgroeven. Er lagen grote hoeveelheden knekels in het rond.

Vesalius bezocht die plekken niet zonder risico voor straatrovers of agressieve honden om met een medestudent botten te leren herkennen door hen met gesloten ogen te betasten en de naam te noemen.

Toen hij uit Parijs weer naar Leuven gekomen was ging hij met een collega naar de plek waar de galgen stonden en zij troffen daar een lijk aan dat "zo'n smakelijke hap voor de vogels was geweest dat zij het volkomen schoon gepikt hadden en niets dan botten en pezen overschoten." Zij beklommen de galg en probeerden het skelet los te maken maar hadden de moed niet om het in zijn geheel bij klaarlichte dag te stelen. Vesalius wachtte tot na donker de stadspoorten gesloten waren, haalde de rest omlaag en wist langs een sluipweggetje met zijn schatten de stad binnen te komen. In Padua was de situatie niet veel beter. Hij vertelt hoe hij de gestorven bijzit van een monnik uit haar graf wist te halen en het lijk in veiligheid bracht. Omdat de monnik gewaarschuwd was en gevaar op kon leveren wilde hij de vrouw zo snel hij kon zodat de geestelijke haar niet meer kon herkennen.

Hij slaagde er in te Padua een reeks ontleding te verrichten. En werkte dag en nacht. Bederf zette spoedig in en spoed bij secties was geboden. Hij placht delen van lijken mee naar huis te nemen om daar verder te kunnen werken. Zij kunnen de oorzaak geweest zijn voor Vesalius' verzuchting, dat trouwen verkeerd is want men kan de vrouw en de wetenschap niet tegelijkertijd de nodige aandacht geven.

Na vijf jaren was het Vesalius gelukt de noodzakelijke onderzoeken te voltooien.

Vesalius' *De Humani Corporis Fabrica* is geschreven in gaaf en welluidend Latijn, dat hardop gelezen zoals dat de gewoonte was, een bijzonder genoegen verschaft (evenals het werk van veel van zijn tijdgenoten).

De tekst is geïllustreerd met nimmer overtroffen etsen. Zij tonen skelet, spieren, bloedvatenstelsel, enz., terwijl het afgebeelde kadaver een elegante houding heeft en geplaatst is in een klassiek landschap. Het uiterlijk van het boek is, kortom, geheel conform de vereisten die een beeldende kunstenaar in de Renaissance gehoorzaamde; etser was Van Kalkar (ca. 1500-1546), een leerling van Titiaan.

De inhoud van *De Fabrica* is in harmonie met zijn uiterlijk; de vernieuwde aanpak leidt de anatomie naar vernieuwde opvattingen.

Het (menselijk) lichaam is, Vesalius laat het zien, een volmaakt geheel, schoon en doelmatig, een samenstel van organen waar niets aan ontbreekt. Elk bestanddeel, elk orgaan moet men onderzoeken en beschrijven, leren begrijpen als levende deelnemer aan een levend organisme, dat zichzelf genoeg is (microkosmos), maar dat tevens een onmisbare deelhebber aan de gehele schepping (macrokosmos) is.

Vesalius bepleitte het 'holisme', een levensleer die in wezen dezelfde is als het uitgangspunt van Aristoteles, Galenus en hun geestverwanten. Aan dit biologische grondbeginsel geeft Vesalius' levenswerk zoals nimmer tevoren gestalte door middel van superieure afbeeldingen en superieure tekst, door een boek dat de Renaissance mogelijk maakte en vereiste. De kwaliteit van *De Fabrica* ontstond door zelf te doen, zelf zorgvuldig en onvermoeibaar te ontleden met een onvoorwaardelijke toewijding en door de wil zichzelf en anderen te tonen hoe het is.

In de jaren van kerkstrijd, van Reformatie en van het aanbod om tegen een redelijk bedrag de ziel te vrijwaren van de louteringen door het vagevuur, komt die herboren 'ziel' in versterkte mate in het geding. Hoe ziet die er uit, waar treffen we hem in dit nu eindelijk nauwkeurig doorzochte lichaam aan?

Anatomen zochten naar een plek waar de ziel huist (veel van de volgende gegevens

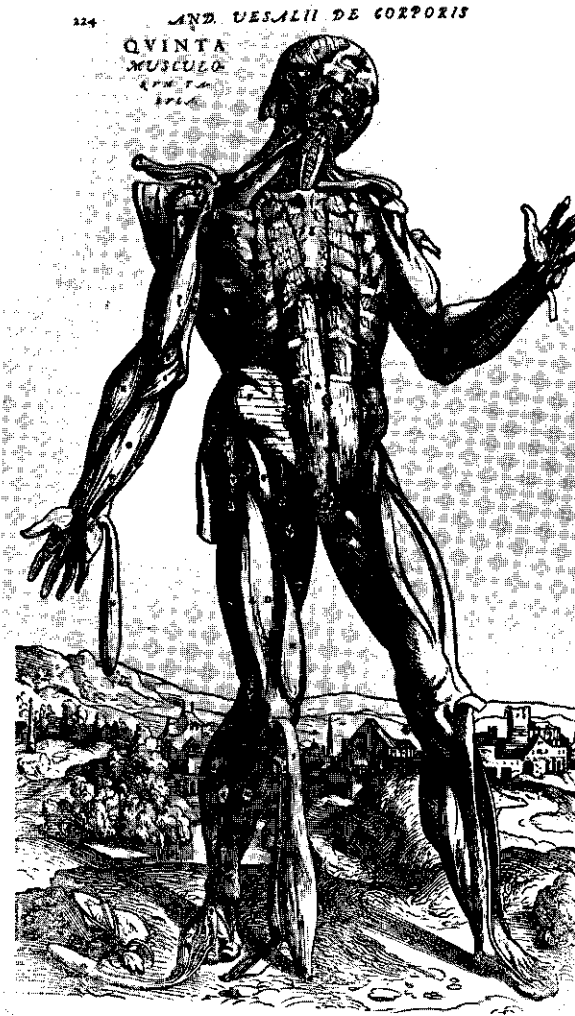


Fig. 25. De spieranatomie van de mens volgens Vesalius. De vijfde plaat (p. 224) in zijn *De Humani Corporis Fabrica* (1543): een bevallige houding met een door mensen bewoond, aangenaam landschap op de achtergrond.

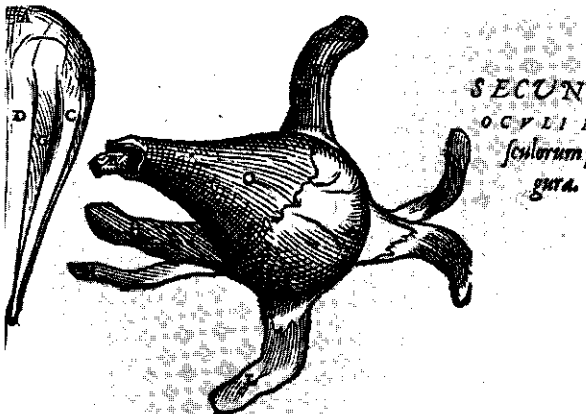


Fig. 26. De zeven oogspieren aan het mensenoog volgens Vesalius. De zevende spier (de mutsvormige choanide spier, met 0 aangeduid) ontbreekt echter bij de mens, maar komt wel bij herkauwers voor en nog enige andere dieren. (Uit Vesalius, *De Humani Corporis Fabrica*, 1543.)

ontleende ik aan Van den Berg, die hen in een ander verband benutte; 1961, p. 219-222).

Na Platoon en Aristoteles wist iedereen, dat ziel en leven (op aarde) samengaan; het werd een der grondvesten van de christelijke leer. Wie het orgaan lokaliseert waar de ziel verblijft, zal tegelijkertijd het centrum, de bron van leven in een levend wezen, de levensgeest in de mens, opgespoord hebben.

Vesalius ergerde zich (1543) over de filosofen en theologen met hun malle gedachten over de hersenbouw, want zij beweerden dat de ziel in de hersenen zou verblijven. Hij herinnerde daarbij aan zijn leermeesters die wisten te beschrijven hoe de ziel in de drie hersenholten gehuisvest was, een resultaat van hun theologische scholing.

Zijn kritiek kon Vesalius doen steunen op eigen onderzoek. Hij schreef:

De Fabrica, ed. 1543, p. 624: "Vermits de delen der hersenen van het schaap, de geit, de koe, de kat, de aap, de hond en van de vogels, die ik ontleed heb, in gedaante met de menselijke hersenen overeenstemmen, en zulks nadrukkelijk wat de holten betreft, bestaat ternauwernood enig verschil, behalve dan dat wij zeker weten dat de hersenen van de dieren in gewichtsverhouding blijken te verschillen."

God geeft de mens een ziel, aan dieren niet. Mens en dier verschillen niet wezenlijk in bouw en daarom is het erger dan dom om in het menselijke lichaam een bijzondere plaats te zoeken, die aan de 'ziel' voorbehouden zou zijn. Dat was de kern van Vesalius' betoog. De ziel bewoont het menselijke lichaam in zijn geheel, zo lang de mens leeft. Aan de onderscheiding tussen een diere- en een menselijke ziel op de manier van Aristoteles heeft de christen Vesalius geen boodschap. Wel wil hij Galenus volgen met de erkenning dat het hart een vitale ziel (*pneuma zoōtikōn*), de lever een natuurlijke ziel (*pneuma fysikōn*) en de hersenen een animale ziel (*pneuma psychikōn*) herbergen, maar dat is een geheel andere kwestie, dat zijn min of meer stoffelijke, gas- of vloeistofachtige, gelokaliseerde levensbeginselen. De ziel is alomtegenwoordig in het lichaam dat het stoffelijke en het onstoffelijke in harmonie samenbindt (holisme), een harmonie die door de vorm van de organen zichtbaar wordt.

Verreikende conclusies en tevens de eerste keer in de geschiedenis van de biologie dat vergelijkend anatomisch onderzoek – eigenlijk benut ter ondersteuning van een christelijke opvatting – duidelijk onder de aandacht brengt dat de hersenbouw van vogels, zoogdieren en mensen niet kwalitatief verschilt, doch slechts fysisch, slechts in hoeveelheid.

Vesalius en zijn tekenaar maakten in *De Fabrica* de vorm 'zichtbaar'; de organen zijn scherp omljnd, afgebeeld met de nadruk die perspectief aan voorwerpen oplegt. Hoe trefzeker de morfologie ook tot uitdrukking komt, toch blijft een binding aan het geheel het beeld beheersen terwijl de tekeningen functie suggereren met het gevolg dat de anatomie beweging toont, *fysis*.

Meermalen werd gewezen op het gelijktijdige verschijnen van *De Revolutionibus Orbium Coelestium Libri Sex* door N. Copernicus (1473-1543), Pools sterrekundige. Over de Omwentelingen der Hemellichamen zes Boeken kwam in 1543 van de pers evenals *De Humani Corporis Fabrica Libri Septem*, Over de Bouw van het Menselijke Lichaam zeven Boeken.

Copernicus kent de aarde en de planeten die in de macrokosmos om de zon cirkelen een overeenkomstige rol toe als Vesalius de organen in de microkosmos: een harmonisch samenspel, waarbij geen der deelnemers een absoluut centrale plaats inneemt en

alle onmisbaar zijn. Vesalius' micro- en makrokosmos zijn autonoom maar tevens onafscheidelijk verbonden. Copernicus' en Vesalius' werken zijn gebeurtenissen in de natuurwetenschappen, die treffend passen, naar inhoud en aard, in de wereldbeschouwing van de Renaissance, ook bij de beeldende kunsten van die periode. Een samengaan zoals in de Oudheid.

Vesalius parafraseerde Galenus, en Copernicus liet terzelfder tijd de theorie van Aristarchos van Samos (300-230) herleven. Beiden gaven op overeenkomstige manier het werk van hun voorgangers een vernieuwde inhoud.

Als verhandeling is *De Fabrica* een beschrijvend en analyserend werkstuk, vooral een topografie naast een inwendige morfologie (anatomie). Het doet een poging een nomenclatuur voor de spieren in te voeren in verband met hun functie.

Het kan niet anders, of Vesalius verbeterde tekortkomingen van Galenus, maar dit wil niet zeggen dat hij de erkende autoriteit tegenspreekt. En hij schreef, traditiegetrouw, de mens anatomische bijzonderheden toe, die hij niet bezit, naar de trant van Galenus.

Zo kende Vesalius de mens een zevende oogspier (*musculus retractor bulbi*) toe (zoals herkauwers en de hond hebben), maar die bij slangen, apen en de mens ontbreekt. Vesalius tekende die spier als een kegelvormig kapje, dat de oogzenuw en een deel van de oogbol omhult: dat is de vorm der zevende oogspier van de herkauwers. De derde borsthefferspier liet Vesalius in de afbeelding van de spier-man tekenen (zesde plaat in *De Fabrica*) en noteerde in het bijschrift dat die spier bij de mens niet voorkomt. Zijn opmerking dat de spier toegevoegd werd om een lege plek op te vullen verdient een bijzondere studie.

Berengario's en Vesalius' avonturen met het 'wondernet' hebben wij al besproken (V.5) en Casserio's correctie, een halve eeuw later, staat hierna vermeld (V.18). De beschrijving en afbeelding van de nier in *De Fabrica* past op de hondenier, niet op die van de mens. De beruchte vijflobbige lever (van dieren) volgens Galenus staat in de *Tabulae* van 1538 uitgetekend maar in 1543 laat *De Fabrica* natuurgetrouw twee lobben zien. En het borstbeen waaraan Galenus zeven of acht segmenten toekende (afgebeeld in 1538) ontvangt van Vesalius in 1543 drie segmenten. Terwijl de hond een tussenkaakbeen heeft, ontbreekt dit bij de mens en dat laat Vesalius goed zien. De gezichts-zenuw is echter 'hol', een buisje, en het zal nog twee eeuwen duren voor die misvatting uit de Oudheid opzij geschoven wordt.

Hoe bekwaam Vesalius als dissector geweest moet zijn, bewijzen zijn prachtige afbeeldingen van de bloedvaten. Hij had geen vermoeden van een bloedsomloop, maar probeerde geduldig en herhaaldelijk de poriën in het harttussenschot te vinden. Daar slaagde hij – hij geeft het eerlijk toe – niet in. Aanvankelijk sprak Vesalius zijn bewondering uit voor de Schepper, die de doorgangetjes in het harttussenschot zo nauw maakte, dat zij zich aan de waarneming onttrekken, terwijl toch het bloed uit de rechterharthelft de linkerhelft binnen sijpelt. Dat schreef hij in zijn *De Fabrica* van 1543, maar in de tweede druk van 1555 kwam hij op de kwestie terug. Hij tobt erover; de bewondering verkeert in twijfel: "Want al zijn deze groeven (in het harttussenschot) nog zo duidelijk te zien, toch zijn er gene, voor zover men kan nagaan, welke van de rechter- naar de linkerkamer de scheidingswand tussen de hartkamers doorboren." Maar Galenus ronduit tegenspreken, dat niet. Vesalius vermoedde dat hijzelf als waarnemer te kort schoot. Maar hij ruimde wel een andere algemeen geloofde fabel over de hartbouw uit de weg.

Aristoteles had geschreven dat in het harttussenschot een holte aanwezig zou zijn, dat bijgevolg het hart drie holten zou bevatten. Galenus had dit met nadruk tegen- gesproken. Vesalius steunde Galenus nadrukkelijk en na het verschijnen van *De Fabrica* verdwijnt na eeuwen het driekamerige hart uit de literatuur.

Door een detail (beginletterdecoratie van een hoofdstuk) in de 1555-editie, de afbeelding van een mensenhoofd in de kookpot, wordt iets over de techniek bij anatomisch onderzoek in de 16e eeuw bekend.

Het slothoofdstukje van *De Fabrica* handelt over fysiologie (VI). Toen eind 1542 *De Fabrica* in manuscript gereed was, kreeg Vesalius een verlof. Zijn leerling Realdus Columbus (V.12) zou hem in die periode te Padua vervangen. Vesalius reisde naar Venetië waar de universiteit van Padua bestuurd en gefinancierd werd en vandaar naar Bazel waar *De Fabrica* gedrukt zou worden.

Tijdens zijn verblijf te Bazel prepareerde hij het skelet van een terechtgestelde misdadiger om het tijdens voordrachten als demonstratiemateriaal te gebruiken. Het bleef nog altijd bewaard, in het Anatomisch Kabinet: het oudst bestaande anatomische preparaat.

Na bijna een jaar kwam Vesalius in Padua terug. Men had niet stil gezeten. De nieuwlichterij en het onderzoek van Vesalius waren verdacht gemaakt en zo mogelijk opzij geschoven. Sylvius leidde de actie, trouw door Columbus gesteund. Men disputeerde, schreef en lasterde. Vesalius bood aan door openbare secties te bewijzen dat hij gelijk had. Emoties laten zich evenwel door feiten niet onschadelijk maken. Hij zocht steun, ging naar Bologna, Pisa en Florence waar hij voordrachten hield en secties uitvoerde, niet geheel zonder succes. Hij slaagde er evenwel niet in de galenullen in Padua onschadelijk te maken en buiten zichzelf, diep gekwetst in zijn integriteit als onderzoeker, verbrandde hij al zijn aantekeningen en manuscripten. De etsplaten van *De Fabrica* ontsnapten. Verreweg de meeste zijn nog in de bibliotheek van München aanwezig en konden gebruikt worden bij de herdruk van zijn werk in 1935.

Vesalius wendde zich voorgoed af van wetenschappelijk onderzoek. Hij was nog geen dertig jaar oud en de meest voortreffelijke anatoom die de wereld sinds dertien eeuwen gekend had.

De Fabrica was aan keizer Karel V opgedragen, misschien wel omdat Vesalius' vader hofapotheker bij de keizer geweest was. Karel V nodigde hem uit hofarts te worden. Hij accepteerde en omstreeks 1546 was Vesalius praktizerend arts aan het hof te Brussel. De anatomie had afgedaan. In 1556 trok Karel V zich in een klooster terug en zijn zoon Philips II volgde hem op. Vesalius werd lijfarts van Philips en ging in 1559 met hem naar Madrid waar ontleding van mensen gelijk stond aan heiligschennis. Hij mocht, schreef Vesalius, "zijn hand nog niet op een gedroogde schedel leggen".

De vonk dooft nooit geheel. De oude honger naar onderzoek herleefde toen de anatomische verhandelingen van Fallopio (V.12) hem in 1561 bereikten. Hij verslond de tekst en was terug "in de verrukkelijke tijd van zijn jeugd". In hoog tempo maakte hij kritische aantekeningen om hen nog mee te kunnen geven aan de ambassadeur van Venetië die Madrid bezocht. Een nieuw contact, hoopte hij, zou misschien tot hernieuwd onderzoek leiden. Hij schreef: "Ik verwacht dat grootse werk te voltooiën waar ik eertijds zo goed als ik vermocht en zoveel als mijn jeugd en mijn kennis in zaken mij toelieten, de grondslagen voor legde . . ." En vervolgde: "Nog hoopte ik dat eens, hoe dan ook het voorrecht wie weet mij te beurt zou vallen nog eens weer de Ware Bijbel te bestuderen: ik bedoel het menselijk lichaam en het wezen van de mens."

Met die woorden nam Vesalius, de bioloog, afscheid. In 1563 besloot hij een bedevaart naar Jeruzalem te ondernemen, een gedachte die misschien als voorwendsel dienende Madrid te kunnen verlaten. Hij reisde naar Venetië waar hij hoorde dat Fallopio in 1561 overleden was en dat zijn aantekeningen hem nimmer bereikt hadden. Zij werden als *Examen* enige maanden later gepubliceerd.

Op de thuisreis van Jeruzalem werd hij ziek op het eiland Zante ontscheept, waar hij stierf. Zijn graf is niet bekend.

12. Anatomie in Italië (16e en 17e eeuw)

In de 16e en 17e eeuw werkten nog enige Italiaanse anatomen die naast Vesalius grote invloed hebben gehad. Ofschoon het niet goed mogelijk is de werkzaamheid van Matheus Realdus Columbus (alias Realdo Columbo) naar waarde te schatten, staat vast dat hij een bekwame onderzoeker geweest is.

Columbus (1520, Cremona – 1559, Rome) studeerde in Padua onder Vesalius' leiding, verving hem daar gedurende een jaar, werd hoogleraar in Pisa (1545) en daarna (1548) in Rome, waar hij tot zijn dood bleef.

Galenus was zijn toeverlaat. Het hart van de olifant bevat een groot bot constateerde Columbus evenals zijn grote voorganger, al is het er in feite niet. Hij volgde Mundinus' en Vesalius' voorbeeld want hij ontleedde zelf; zijn *De Re Anatomica Libri XV* (Vijftien Boeken over Anatomie) bewijst het. Dit verscheen in 1559, kort na zijn dood door zijn kinderen gepubliceerd.

Door vivisectie ontdekte Columbus de kleine bloedsomloop. Door de longaderen stroomt bloed naar het hart toe; Columbus bewees het. Tenminste, laten we het geloven onder aantekening van de volgende bedenkingen.

In 1553 had Miguel Serveto de kleine bloedsomloop beschreven (V.13). Het staat vast dat het manuscript in Padua aanwezig geweest is, en ook dat Columbus de beschrijving van de kleine omloop pas in Rome maakte, vervolgens dat de beschrijving opvallend overeenstemt met de tekst van Serveto's boek. En tevens dat Columbus in *De Re Anatomica* een beschrijving van het derde gehoorbeentje gaf (de stijgbeugel) en nadrukkelijk schreef dat hij de ontdekker was, terwijl de gegevens in Padua al bekend waren gemaakt toen Columbus daar nog werkte (zie Foster 1901, p. 27-31).

Twee holten vinden we in het hart en geen drie "zoals Aristoteles meende", en de rechterharthelft, betoogde Columbus, is dunwandig terwijl de linker dikwandig is. Dat heeft twee redenen. De rechterharthelft is veel groter en dus moeten om het hart in evenwicht te houden de wanden dunner en minder zwaar zijn dan de wanden van de linkerharthelft. En voorts bevat de linkerharthelft levend bloed, dat bijzonder lenig en dun vloeibaar is. Het mag niet door de wand sijpelen. De rechterharthelft bevat 'natuurlijk' bloed, dat grover en luier is en een dunne wand is toereikend om het binnen te houden.

Alle auteurs denken dat het bloed kan passeren door het tussenschot van de rechternaar de linkerharthelft, en dat het bloed gedurende die passage dun en lenig gemaakt wordt door de toevoeging van het levensprincipe zodat de doorgang vlotter gaat.

Maar, zo vervolgt Columbus, "zij maken een grote fout. Want het bloed wordt door de slagaderachtige ader (*arteria pulmonalis*) naar de long gevoerd en daar dun en lenig gemaakt en weer terug gevoerd vandaar, samen met de lucht door de aderachtige slag-

ader (*vena pulmonalis*) naar de linkerhelft van het hart. Dit feit heeft niemand tot nu toe gezien of beschreven en toch kan iedereen dit heel gemakkelijk waarnemen.”

De kleine bloedsomloop heeft Columbus goed beschreven. Plagiaat? Het schijnt mij niet bewezen of bewijsbaar en ook niet van veel gewicht. Want in ieder geval heeft Columbus niets nieuws aan de anatomie toegevoegd. Zijn boek is echter belangrijk. Het maakt duidelijk dat de periode van Galenus' absolute heerschappij voorbij is. Zijn levendige stijl en heldere uiteenzettingen bevorderen de kennis en de lust tot eigen onderzoek.

Enige consequentie uit het bestaan van de bloedkringloop trok hij niet. Evenals Servetus constateerde hij het verbazende feit; de betekenis ervan ontging hem.

Gabriel(1)e Fal(l)op(p)io (Fallopianus) was een trouw en toegewijd leerling en later volgeling van Vesalius (die tot in zijn laatste levensjaren enig contact met hem onderhield). Fallopio (1523, Modena – 1562, Padua) doceerde aanvankelijk anatomie in Pisa maar volgde Columbus in Padua op, toen deze Padua veel eerder verliet dan voorzien was (en Fallopio's plaats in Pisa innam). Fallopio moest echter in Padua tegelijkertijd de plantkunde op zich nemen.

Hij moet een rustige, bescheiden en hard werkende man geweest zijn, het tegengestelde van de ambitieuze pocherige Columbus. Met bekwame secties verbeterde hij de kennis van het benign labyrinth van het oor door de drie half-cirkelvormige kanalen te beschrijven. Bij de mens mag het tussenkaakbeen dan wel ontbreken (Vesalius!), maar bij een embryo zijn niettemin duidelijke sporen aan te wijzen. Zijn veelzijdige anatomische verdiensten blijken uit de organen die naar hem genoemd werden: de *ductus Fallopii* (het kanaal dat door het rotsbeen naar de aangezichtszenew loopt), het ligament van Fallopio (dat bekkenkam, schaambeek en eileider verbindt) en de eileider: *tuba Fallopii* (ook wel *tuba Mülleri*).

Bologna ontving als hoogleraar een van Vesalius' beste leerlingen, Giulio Cesare Aranzio (of Aranzi), die daar geboren werd in 1530 en in zijn vaderstad stierf (1589). Toen kenden de geleerden hem als A(u)rantius.

Hij voegde toe aan de anatomische kennis van de mens (hart- en hersenbouw) en was een der eerste beroepsanatomieën die zich in menselijke embryologie specialiseerde. Vesalius had daar geen aandacht aan besteed.

In 1564 verscheen *De Humano foetu liber*. Arantius had een zwangere vrouw kunnen onderzoeken die in Bologna verongelukte en maakte de eerste goede beschrijving en afbeeldingen van een baarmoeder met embryo die ooit gepubliceerd werd. Hij toonde aan dat de opvatting uit de Oudheid dat de placenta met de zaadlobben van een plantembryo te vergelijken zou zijn, onhoudbaar was. De placenta, betoogde Arantius, kan met de lever (na de geboorte) vergeleken worden (een bijzonder gelukkige gissing, die in 1858 door Claude Bernard juist bevonden werd) en hij stelde vast dat de bloedvaten van de moeder niet in open verbinding met het bloedvatstelsel van het embryo staan; beide stelsels zijn door de placenta gescheiden. Daarmee zette Arantius een beslissende stap voor de ontwikkeling van de embryologie, gaf hij een uitgangspunt dat weldra benut zou worden. Een embryonaal buikbloedvat dat slechts bij het ongeboren kind tot het sluiten van de navel functioneert draagt zijn naam: *ductus Arantii*.

Een tegenstander van Vesalius, die zijn leven lang geen kans verzuimde om bezwaren tegen diens werk te uiten, was hoogleraar en stadsarts in Rome: Bartolomeo Eustac(c)hio (ca. 1520, San Severino – 1574, Fossombrone, bij Rome). Deze was een uitstekende anatoom die zijn beschrijvingen met zeer goede afbeeldingen begeleidde,



Fig. 27. Leonardo da Vinci. Studie van de schouderpijeren (deltoïde spieren). (Uit E. MacCurdy, The Notebooks of Leonardo da Vinci I.)

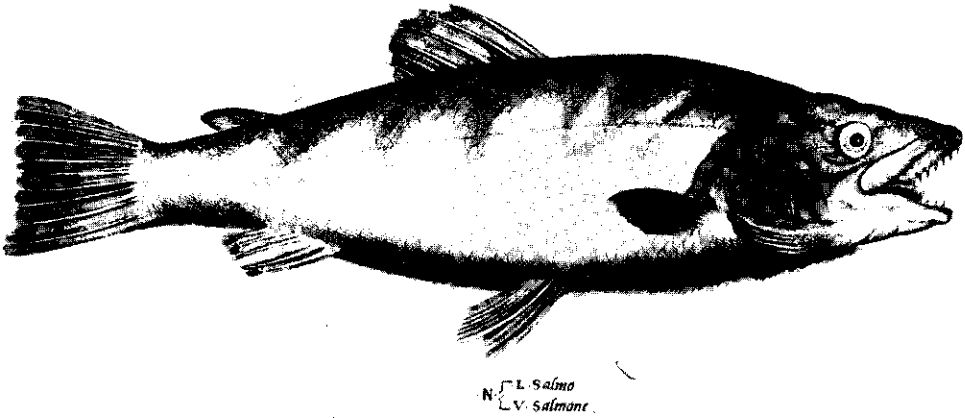


Fig. 28. De zalm, in Salviani's klassieke platenboek *Aquatilium Animalium Historiae Liber* natuurgetrouw afgebeeld (1554, fol. 100; Universiteitsbibliotheek, Leiden.)

geheel in de geest en op het hoge niveau van zijn tijd. Vesalius had een hondenier afgebeeld, constateerde Eustachius, maar de mensenier is anders en hij toonde en beschreef nier en bijnier beter dan ooit te voren. De gehoorbeentjes (stijgbeugel) behandelde Eustachius al even voorbeeldig.

De buis van Eustachius die middenoor en mondholte verbindt heeft hij niet afgebeeld, ook niet ontdekt (zie Alkmaioon, I.7), maar wel beschreven in een opstel, *Opuscula anatomica*, dat omstreeks 1562 verscheen.

Uit zijn tekeningen blijkt dat hij de borstbuis heeft gezien, maar de tekst geeft geen aanwijzingen dat hij begreep een vatenstelsel naast het bloedvatstelsel (namelijk het lymfevatstelsel) ontdekt te hebben.

Grotendeels bleven Eustachius' geschriften en zijn fraaie afbeeldingen onbekend. Zij waren gereed in 1552 maar verdwenen na zijn dood. Na ruim 150 jaar werden zij teruggevonden en paus Clemens XI liet hen door zijn lijfarts Lancisi in 1714 uitgeven. Lancisi en Coiter (V.16) hadden een goed wetenschappelijk contact en dit heeft misschien een rol gespeeld bij de uitgave. Veel te laat intussen: Eustachius' invloed op de voortgang van de anatomie is door deze vertraging veel minder geweest dan zijn werk verdiende. De titel werd *Tabulae anatomicae* en onder dezelfde titel verscheen in 1969 een facsimile-uitgave.

De anatomie van de dieren kreeg met voorrang aandacht van enige 16e-eeuwse anatomen, die daarbij toch de anatomie van de mens niet uit het oog verloren. De meest vooraanstaande onderzoekers waren Belon (V.14), Rondelet (V.15), Coiter (V.16) en Ruini (V.17) terwijl Fabrizio en zijn medewerkers (V.18) een middenpositie innamen. Eerst evenwel enige gegevens over het leven en werk van een groot theoloog-bioloog, Miguel Serveto.

13. Miguel Serveto ontdekt de kleine bloedsomloop

Miguel Serveto (1509 of ? 1511, Villanueva, Aragon, N.O. Spanje – 1553, Genève) vluchtte voor de inquisitie want hij twijfelde aan het dogma van de drieëenheid en dit was een levensgevaarlijke mening. Serveto (Servetus), een veelzijdig geïnteresseerde man, studeerde rechten, geografie, medicijnen en bovenal theologie want hij was oprecht gelovig. In Parijs volgde hij de voordrachten van Sylvius en van Andernach. Zijn anatomische onderzoek verrichtte hij omdat uit de bouw van het lichaam de voorzienigheid en de heerlijkheid Gods het beste begrepen konden worden.

In 1531 verscheen zijn eerste ketterse boek *Dialogus de Trinitatis erroribus* (Samspraak over de Dwalingen betreffende de Drieëenheid) dat enige anatomische gegevens bevat.

Aanvankelijk als arts in Toulouse gevestigd, werd hij lijfarts van de bisschop van Vienne, maar de inquisitie bedreigde hem daar niet minder dan in zijn vaderland. Hij stuurde een manuscript van zijn nieuwe boek *Christianismi Restitutio* (Het Christendom Hersteld) aan Calvijn, die in Genève oppermachtig was. Hij ging bij de duivel te biecht. In 1553 bezocht hij Genève hopen met Calvijn een openbaar debat aan te gaan naar de gewoonte van die tijd. Calvijn begon er niet aan en liet hem dadelijk gevangen zetten. Servetus weigerde te herroepen, bleef onverzettelijk en werd, tevoren gruwelijk mishandeld, op 27 oktober 1553 levend verbrand, samen met de hele oplage van zijn zojuist gedrukte *Restitutio*. Drie exemplaren werden heimelijk uit het

vuur gered; zij tonen brandsporen.

Kort samengevat betoogde Servetus het volgende: 'De gang van het bloed heeft niet plaats door het harttussenschot – zoals algemeen verondersteld wordt – maar het volgt een lange weg door de longen, voortgestuwd op een merkwaardige en kunstige manier. In de longen en de bloedvaten wordt het bloed dat *spiritus naturalis* bevat door aanraking met lucht voorzien van *spiritus vitalis*, het krijgt een steenrode kleur. Het stroomt uit de rechterharthelft door het slagaderlijke bloedvat (*arteria pulmonalis*) naar de long. Terug komt het door het aderachtige bloedvat (*vena pulmonalis*) naar de linkerharthelft.'

Uit Servetus' overige tekst blijkt dat hij denkt volgens de pneuma-theorie en aanhanger is van de vier-elementenleer, maar onmiskenbaar staat vast dat hij de kleine bloedsomloop ontdekt had. Servetus paste, zoals al zijn tijdgenoten, vivisectie toe en onderzocht (vooral bij honden) met behulp van een blaasbalg en injecties de longfunctie. Hij was er een meester in. En zo werd Servetus proefondervindelijk de ontdekker van de kleine bloedsomloop.

Harvey noch Servetus kenden het betoog van Ibn-al-Nafis (VI.9), die dezelfde ontdekking eeuwen vroeger gedaan had maar op grond van beschouwende redenering.

Harvey liet zich in 1628, toen hij de grote bloedsomloop gevonden had nauwelijks uit over de kleine. Hij zweeg er over evenals Servetus zweeg over de lotgevallen van het bloed na de kleine omloop. Columbus zou later, in 1559, eveneens op eigen kracht, vrijwel dezelfde vondst als Servetus bekend maken (V.12). Foster, die Servetus' levensloop en werk beschreef (1901, p. 22-24) wees er nogmaals op dat reeds in 1546 de *Restitutio* in manuscript gereed gekomen was en dat Servetus een exemplaar zowel naar Calvijn als naar een zekere geleerde doctor Curio in Padua gezonden had. Dit manuscript zou Curio aan Vesalius getoond kunnen hebben en dit zou dan de twijfels van Vesalius aan een doorboord harttussenschot versterkt hebben. Die groeiende twijfel blijkt dan uit de 1555-editie van *De Fabrica*. Foster (1901) is niet geneigd veel geloof aan dit vermoeden te hechten. Ik val hem gaarne bij: als Vesalius dit werk gekend had, zou hij daar pro of contra blijk van gegeven hebben in de tweede editie van *De Fabrica*.

Servetus en zijn werk gingen te gronde. Zij hadden geen invloed op de voortgang van de anatomie of van de biologie. Met dit voorbehoud dat Servetus een blijvend en inspirerend voorbeeld werd van onwrikbare trouw aan een overtuiging, en van een uitzonderlijk bekwame anatoom.

14. De vogels en de vissen van Pierre Belon

Pierre Belon (1517, Soultière – 1564, Parijs) studeerde bij Valerius Cordus in Wittenberg (IV.10) botanie, en vergelijkende anatomie na 1542 te Parijs waar Sylvius doceerde.

Belon nu was een man met brede belangstelling; ik heb enige hoofdzaken over zijn leven en werken hierboven meegedeeld (IV.22). Hier behoren aantekeningen over zijn anatomische werk. Hij was een bekwame onderzoeker.

De ontleding van een dolfijn en een bruinvis leerde hem dat hun hartbouw in elk opzicht met die van een mens overeen stemt. Dat gaf uitzicht op nieuwe verbanden maar Belon ontwierp die niet. Nadat hij skelet, hersenen, bloedvatstelsel, spijsverterings- en ademhalingsorganen en de genitalia van deze walvisachtigen goed beschreven

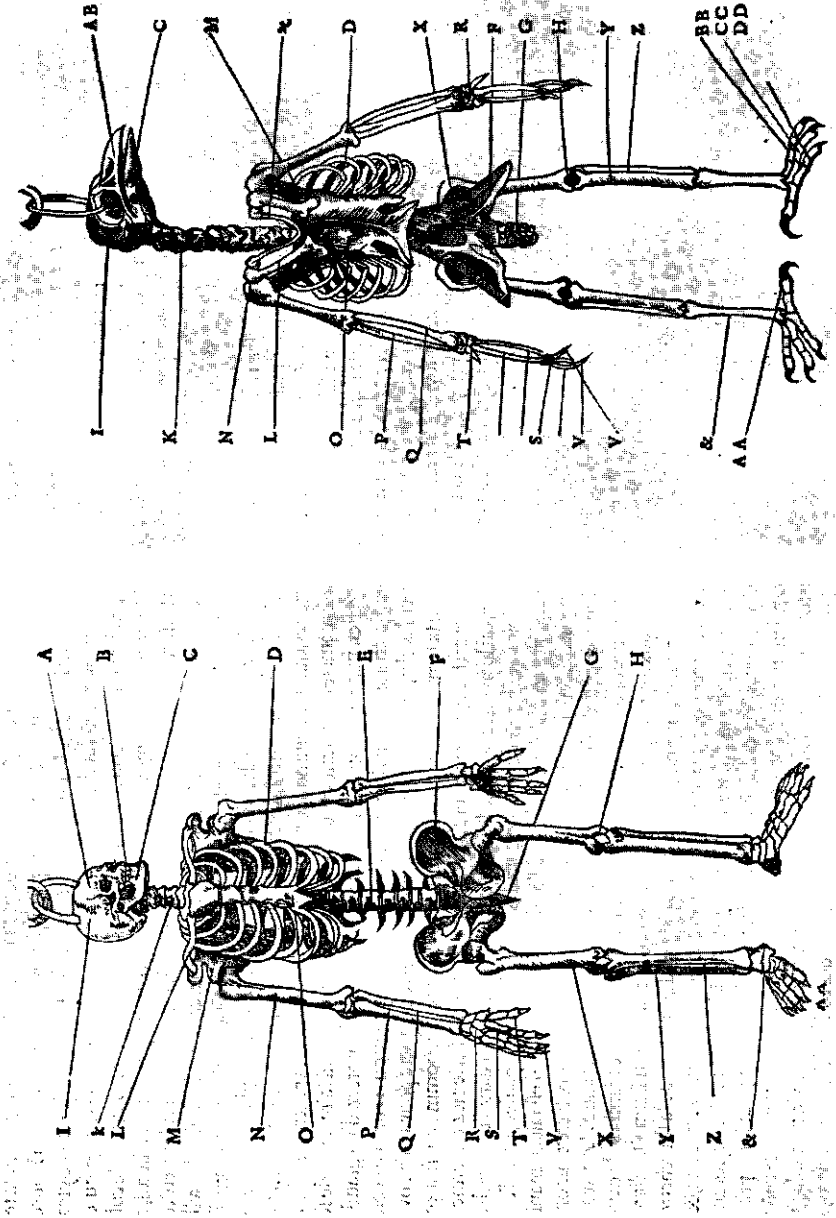


Fig. 29 Het skelet van mens en vogel vergeleken. Overeenkomstige delen zijn met dezelfde letter aangeduid. Belon interpreteert voet- en beenskelet goed (verbeter Aristoteles). De 16e-eeuwse tekenaar tekent ook de ijzeren ring waar de skeletten aan opgehangen zijn, keurig na. (Uit l'Hist. de la Nature des Oyseaux, 1555, p. 40-41; Teylers Stichting.)

en met die van de mens en van andere zoogdieren vergeleken heeft, terwijl hij niet na-
laat met klem te betogen hoezeer dat alles overeenstemt, komt hij tot de voor heden-
daagse biologen onverwachte conclusie dat walvisachtigen vissen zijn (*Histoire Natu-
relle des Etranges Poissons Marins*, 1551). Belon redeneerde als volgt (en toonde zich
over dit onderwerp nog meer Aristoteliaan dan Aristoteles zelf): dolfijn en bruinvis zijn
waterdieren die in het water leven, in het water moeten leven en blijven, en dit is met
vissen ook het geval. Zij horen bijeen. Functie heeft de voorrang boven morfologie;
dieren die in water leven zijn vissen.

In 1555 verschenen Belons fraaie afbeeldingen van het vogelskelet (*Histoire de la
Nature des Oyseaux etc.*); ze oogstten veel bijval, dat blijkt uit vele herdrukken niet al-
leen, maar ook omdat zij tot veel plagiaat aanleiding gaven. Of Belon nu werkelijk 200
vogelsoorten ontleedde (zoals hij beweert), zeker is dat hij de kennis van de skeletbouw
der vogel-ledematen sterk verbeterde.

De traditionele interpretatie van de vogelpoot was dat de 'hiel' beschouwd kon
worden als een achterwaarts gerichte 'knie' en dat daarom, zoals bij de mens, beneden
die vogelknie twee botten aanwezig zouden zijn. Deze opvatting gaat terug op Aristote-
les, die de ware structuur van de vogelpoot niet begreep en een vergelijking met de
zoogdierledematen fout opstelde. Belon heeft de werkelijke overeenkomst goed gezien
(zo duidelijk gemaakt "dat zelfs een boer het begrijpen kan"), maar spreekt Aristoteles
niet tegen, integendeel, hij "sluit zich daarbij aan".

In de voorbeelden van dolfijn/vissen en vogelpoot/mensenbeen paste Belon het
beginsel van het streven der natuur naar eenheid toe, de eerste keer fout en de tweede
keer goed. Dat de natuur tracht samenhang tot stand te brengen is een opvatting die
van Platoon stamt, door Aristoteles in biologische zin werd uitgewerkt, door Augusti-
nus geformuleerd *natura appetit unitatem* luidde en die daarna als uitgangspunt door
vele 16e- en 17e-eeuwse biologen (bijvoorbeeld Harvey) en wijsgeren (bijvoorbeeld
Leibniz) gehanteerd werd. Om die reden bespeurde Belon een gelijkheid tussen het vogel-
pootskelet en het beenskelet van de mens: een deductieve interpretatie.

Zestig jaar eerder had Leonardo da Vinci de overeenstemming in bouw tussen de le-
dematen van twee zoogdieren (paard en mens) geconstateerd, maar dat wisten zijn
vrienden voor zover zij zijn aantekeningen gezien hadden, alleen. Belon maakte dezelf-
de relatie tussen een vogel en een zoogdier bekend. Hij schreef (1557):

"Zo het uw wens is in de lichaamsbouw de natuur te ontdekken, dan ligt het voor
de hand met de beenderen te beginnen die om zo te zeggen, het fundament en het
begin zijn. Evenzeer als wij kenmerken bespeuren waardoor wij de verschillende
vogels aan hun uiterlijk kunnen onderscheiden, zijn er andere te vinden in de
inwendige bouw.

De grote Aristoteles achtte het niet beneden zijn waardigheid om hen, de een
na de ander, te ontleden, en hij oordeelde dit bijzonder nuttig om vele verborgen
geheimen van de natuur aan het licht te brengen, die hij langs een andere weg
niet had kunnen vinden.

Hij verklaarde dat de lichaamsdelen en ledematen van de verschillende vogels
even veel onderling verschillen als hun uiterlijk. Het uiterlijk laat ons zien of een
lichaamsdeel groot of klein is in verhouding tot het overige, en de beenderen, het
inwendige geraamte, gehoorzamen de voorschriften van het uitwendige.

Als men een vleugel of een poot van een vogel vergelijkt met de ledematen van
een viervoeter of van de mens, dan blijkt dat de beenderen van de een zowel als

van de ander als het ware met elkaar overeenstemmen. Om dit aan leken duidelijk te maken is het niet nodig veel tijd te besteden aan lange uiteenzettingen. In de tekeningen van het skelet van een vogel en van de mens zal ik de overeenkomstige beenderen met overeenkomstige letters voorzien.

In het commentaar op Dioskorides zal ik beenderen van de vogels vergelijken met die van andere gewervelde dieren. De geleerden uit de Oudheid hebben vogels en vissen ontleed, slangen en zoogdieren, niet terwille van de heekunst maar om hun bewegingen beter te begrijpen”.

Frederik II's bijdrage aan de vogelanatomie kwam pas in 1596 beschikbaar toen zijn onderzoek (tussen 1244-1250) in druk verscheen. Wel had hij ontdekt dat aan de skeletbouw van de vogelvleugel en de vogelpoot eenzelfde patroon ten grondslag ligt en bovendien nog dat de bouw der ledematen van gewervelde dieren steeds hetzelfde schema gehoorzaamt. Belons vondsten kwamen 300 jaar later eveneens uit onafhankelijk onderzoek voort; ditmaal met succes. Zijn voorgangers waren 'te vroeg'.

Belon betoogde dat de natuur uiterst variabel in haar uitingen is, maar nooit de samenhang uit het oog verliest: dat toont de anatomie aan, dat bewijzen de overeenkomsten tussen de doelmatig functionerende organen in elk dier op zichzelf en in reeksen van dieren onderling.

15. De waterdieren van Rondelet

Terwijl Salerno tegen het einde van de 12e eeuw langzaam te gronde ging, werd Montpellier naast de Noorditaliaanse universiteiten een leidend centrum voor de studie der medicijnen. In 1145 hadden de Hospitaalbroeders van de Heilige Geest een onderkomen voor zieken gesticht dat in 1229 met een school voor geneeskunde werd uitgebreid. Vervolgens maakte paus Nicolaas IV die tot universiteit (1289). Men beoefende de geneeskunde naar Pythagorisch-Platonisch model: interdisciplinair. Een zich vernieuwende wiskunde, astronomie en astrologie in samenhang met de lichaamsfuncties had de aandacht en de straffe, doelmatige scholing van artsen toonde sporen van ontwakende biologische belangstelling. Henri de Mondeville († ca. 1308) deed goed werk over de anatomie van het poortaderstelsel en de schedel. Bernard van Gordon († ca. 1320) besloot dat zenuwen aan de spieren trekken en zo beweging veroorzaken. Gui de Chauliac, auteur van de wijd vermaarde *Chirurgia Magna* (1363) (of *Inventorium*) en lijfarts van de paus in Avignon, verrichtte enige openbare ontledingen.

Al waren de wetenschappelijke activiteiten nadrukkelijk op de praktijk gericht toch namen van lieverlede – maar trager dan in Italië – biologische bezigheden een grotere plaats in en zo werd Montpellier in de 16e en 17e eeuw een voornaam centrum voor de biologie. Het kon zich niet meten met Bologna en nog minder met Padua. Waarschijnlijk veroorzaakten de grote hinderpalen om lijken voor anatomisch onderzoek te krijgen, nog verergerd door het veel lagere aantal mogelijkheden dan in Noord-Italië, dat die achterstand bleef bestaan. Niettemin bewerkten geleerden als Rondelet dat de universiteit van Montpellier in de Westerse wereld tot de meest vooraanstaande instellingen voor biologisch onderzoek gerekend werd.

In 1556 verwierf Montpellier een *theatrum anatomicum* dank zij Rondelet.

Guillaume Rondelet (1507 of 1509, Montpellier – 1566, Réalmont, tussen Toulouse en Montpellier) doceerde sinds 1529 aan de universiteit van Montpellier. Zijn colleges

trokken studenten van heinde en ver. D'Aléchamps studeerde bij hem (1545), de gebroeders Bauhin (1561) en De l'Obel (1565) en Rauwolf; Clusius was drie jaar zijn secretaris en woonde bij hem in (1550-1553): allen botanici. Hierbij geteld dat Rondelets voordrachten over plantkunde beroemd waren wekt het verwondering dat hij zelf niets over een botanisch onderwerp publiceerde; De l'Obel voegde in 1605 de collegeaantekeningen toe aan zijn eigen werk (*In G. Rondeletii . . . animadversiones*).

Een karakterschets van Rondelet gaf Rabelais, zijn medestudent in Montpellier, die hem als dokter Rondibilis ten tonele voerde (Tiers Livre, chap. 31-33). Hij gedraagt zich en spreekt daar precies in overeenstemming met de stijl van zijn biologische betoog en werk: een beminnelijke, voorzichtige en beschouwelijke man. De bewering dat Rondelet zijn eigen zoon zou hebben ontleed, gebaseerd op een mededeling uit 1770 (Portal, vol. 1, p. 522) werd daarna hardnekkig herhaald en is daarmee volstrekt in tegenspraak. Het lasterlijke verhaal duidt echter wel op een belangrijk feit.

Al was Rondelet een uitstekend docent en toegewijde geduldige onderzoeker, toch kon van hem geen gedurfde nieuwe gedachtengang verwacht worden. Zijn steunpilaren waren en bleven, onwrikbaar, Aristoteles, Athenaios, Oppianos en Plinius. Waterdieren, de *aquatilia*, hielden Rondelet bezig, anatomisch en fysiologisch (over zijn taxonomische opvattingen komen wij later te spreken; X).

Veel dieren en dierorganen beschreef Rondelet voor de eerste keer. Zijn *De Piscibus Marinis* (1554-1555) blijft twee eeuwen het standaardwerk voor de fauna van de Middellandse Zee en wordt nog steeds gaarne geraadpleegd.

De karper, verklaarde Rondelet, ontstaat 'vanzelf' in bergmeren, en in paardekada-vers alen. De klassieke fout (Aristoteles, Vesalius) dat de krokodil zijn bovenkaak beweegt om de bek te openen, herhaalde Rondelet.

Alle in water levende dieren van enig formaat zijn vissen, en daarmee uit (vgl. Belon, V.14), ook al wees Aristoteles op het verschil tussen in water levende, met longen ademende zoogdieren en met kieuwen voorziene vissen. Rondelets veronachtzaming van dat gezichtspunt verklaart zijn mening dat de 'neus'-opening op de snuit van de lamprei (prik) met het blaasgat van de walvis vergeleken kan worden.

Hij trof bij zoetwatervissen een luchtblaas aan, zelfs wel eens twee en in sommige zeevissen is ook zo'n met lucht gevulde blaas te vinden. Rondelet denkt dat het een soort long zou kunnen zijn. En dat wordt bedenkelijk. Aristoteles had uitgelegd dat kieuwen van een vis dienden om te koelen, net zoals de longen van zoogdieren. Longen en kieuwen hebben dus een overeenstemmende functie: zij koelen. Ademen is landdieren voorbehouden want daar is lucht voor nodig.

Rondelet is er kennelijk niet geheel gerust op. Hij neemt een proef. Hij laat vissen in een luchtdicht gesloten bak zwemmen. Zij sterven (stikken). Aristoteles had toch gelijk: ademen is alleen met behulp van lucht mogelijk.

Een kleine voorzichtige variant teken ik aan. Belons conclusie dat dolfijnen vissen zijn spreekt Rondelet niet tegen, het zijn *aquatilia*, waterdieren, maar hij verklaart toch dat een zo grote overeenstemming in orgaanbouw van de dolfijn, het varken en de mens suggereert dat een dolfijn mogelijk een in het water levende 'viervoeter' zou kunnen zijn.

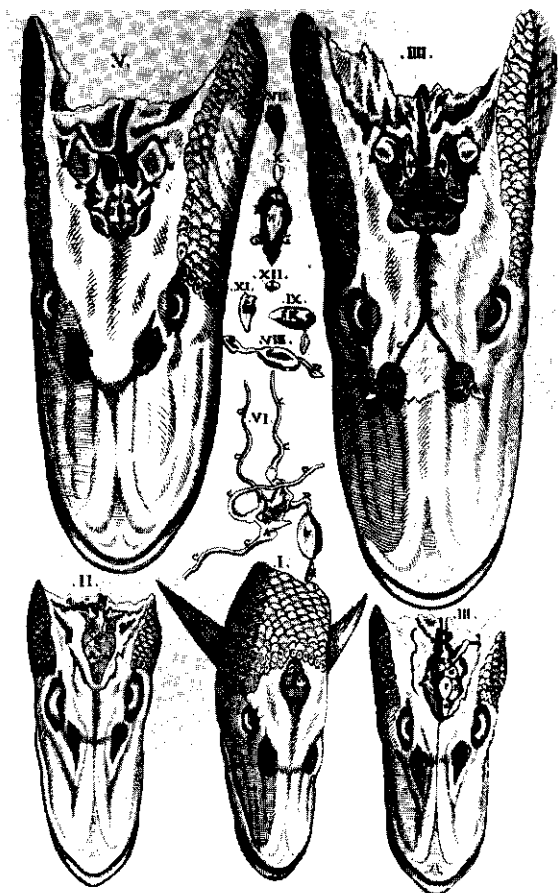


Fig. 30. Plaat XII in *Pentaestheseion* van Casserio (1609) toont de 'gehoororganen' van de snoek. I: Kop geopend (hersenen AA). II: Een dun vliesje omgeeft de hersenen AA en twee knobbeltjes BB, C = ruggemerg. III: Hersenen en zenuwen vrij geprepareerd. IV: Verbindingen met de neusschubjes. V: Neus weer gesloten (let op dwarsrichel). VI-XIII: Het 'gehoororgaan', vliezige en verbeende bestanddelen. Casserio had nog geen vermoeden van de in werkelijkheid zeer geringe ontwikkeling van het gehoororgaan bij vissen (al kunnen zij geluidstrillingen goed waarnemen) en beschouwde het evenwichtsorgaan en reukorgaan als delen van het gehoororgaan. Zijn anatomisch onderzoek over de zintuigen was baanbrekend. (Universiteitsbibliotheek, Leiden.)

Pediculus Asini

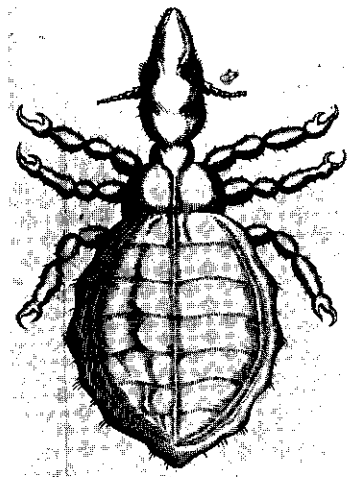


Fig. 31. *Pediculus asini*, de ezelsluis. Aristoteles had verklaard dat op ezels geen luizen voorkwamen en Redi beeldde er een af in 1686. (Uit *Experimenta*. . tab. XXI; Universiteitsbibliotheek, Amsterdam.)

gende dieren) en ontstaan uit zaadvloeistof (levendbarende dieren). De levendbarende plaatste hij in twee groepen: de intra-uterale (embryovorming door zaadvloeistof en bloed; Aristoteles), en de extra-uterale (ovovivipaar, haaien).

In de cloaca van vogels herinnert de naam van een uitzakking aan de rugzijde aan Fabrizio, de *bursa Fabricii*. Hij vermoedde dat deze diende om zaadvloeistof van de mannelijke vogel op te vangen (en dit zou dan een jaar levenskrachtig blijven).

Fabrizio's meest bekende leerling was William Harvey. Bij de bespreking van zijn werk zullen wij Fabrizio weer ontmoeten.

Een andere leerling van Fabrizio was Guilio (Junio) Casseri(o) (1552, Piacenza – 1616, Padua), die eerst zijn bediende was en met Harvey, toen Fabrizio hoogleraar in de anatomie te Padua was, samenwerkte. Casserius – zijn verlatiniseerde naam – gaf medisch onderricht en volgde Fabrizio in 1604 op.

Over de bouw van de zintuigen en het strottehoofd zowel bij mensen als bij dieren (o.a. vissen) publiceerde Casserius in 1600 en 1609 *Pentaestheseion* (De Vijf Zintuigen). Het voortbrengen van geluid interesseerde hem, een belangstelling die hij van zijn leermeester overnam.

Hij gaf de eerste beschrijving en afbeelding van de geluidsorganen der krekels. Vooral belangrijk schijnt mij toe dat hij van zijn meester en leraar verschilde in zijn houding tegenover de klassieke geleerden. Casserius zegt, als hij een goede, gedetailleerde beschrijving van de menselijke gehoorbeentjes heeft gegeven: “Galenus beschreef de gehoorbeentjes niet, want hij onderzocht een aap en die heeft ze niet”. En de zevende oogspier, die Vesalius afbeeldde “ontbreekt bij de mens, maar een hond heeft hem wel”.

Gaspard Aselli (1581-1626), hoogleraar te Padua, ontdekte in 1622 het lymfestelsel, “melkaderen” in het buikvlies van een grote hond die hij, kort na diens maaltijd, open had gesneden op verzoek van enige vrienden die hij de zenuwwerking wilde tonen.

“Om nu de bewegingen van het middenrif te zien, opende ik de buik, duwde de maag en de darmen naar beneden toe weg en zag toen opeens zeer talrijke dunne witte draadjes op de oppervlakte van het buikvlies en van de darmvliezen. Eerst dacht ik dat het de zenuwdraden waren, maar ik ontdekte al spoedig mijn vergissing”. . .

“Ik opende één van die dikke witte koorden, maar nauwelijks was de insnijding gemaakt of ik zag een witte vloeistof naar buiten treden, die melk- of roomachtig scheen; bij dat schouwspel was ik uitgelaten van vreugde”.

Men leest dit in Asellius' *De Lactibus . . . Vasis . . .* (1627). Het lymfestelsel was ontdekt. Volgende vivisecties bewezen dat de witte draden slechts een korte tijd na de maaltijd zichtbaar waren en katten, lammeren, varkens en paarden hadden hen ook.

Aselli was een jaar dood toen zijn boek verscheen en Harvey heeft nimmer aan het lymfevaatstelsel willen geloven.

19. *Harveys anatomische onderzoeken*

Twintig jaar oud en nadat hij in Cambridge zijn eerste examen had afgelegd kwam William Harvey (1578, Folkestone – 1657, Londen) naar Padua. Daar trof hij Galilei (V.21), Fabrizio, Aselli, Casserio en ander coryfeeën. Padua, Italië, West-Europa gonzen van verbazing, van wetenschappelijk enthousiasme, van discussies over de nieuwe

ontdekkingen in de biologie die aan de orde van de dag zijn, van suggesties, overwegingen betreffende al die vraagstukken van anatomische en fysiologische aard die rond het begin van de 17e eeuw dwingend om antwoord vroegen. Elk jaar zoveel meer feitenkennis en tegelijkertijd zoveel meer raadsels.

Harvey werd een onvermoeibare, diep geïnteresseerde en bekwame anatoom. Zijn ontdekking van de grote bloedsomloop vormt de bekroning van zijn anatomische onderzoeken en maakt daar deel van uit.

Hij vroeg tevens aandacht voor de vergelijkende anatomie der ongewervelde dieren: "Als, zoals Aristoteles verhaalt, de onsterfelijke goden in Herakleitos' keuken verbleven, laat ons dan ook de studie van de lagere dieren niet minachten. Want de grote en almachtige Vader kan zeer goed zelfs in de kleinste en schijnbaar verachtelijkste schepselen verblijven."

Harvey – het verdient een aantekening – beoefende 'vergelijkende anatomie' in de moderne zin, het onderling vergelijken van taxa.

De luchtzakken in het vogellichaam waren Aristoteles niet ontgaan. Frederik II had zonder medeweten van wie na hem kwamen uitstekend onderzoek gedaan en Harvey vergrootte de kennis van die organen aanmerkelijk. Hij doorgrondde de hartbouw van de amfibieën en stelde vast dat bij vissen de kleine bloedsomloop ontbreekt. En alle dieren hebben een hart, zei Harvey, rood bloed of niet.

"Ik heb bovendien gezien dat nagenoeg alle dieren in werkelijkheid een hart bezitten – niet alleen de grotere en de dieren met rood bloed maar de kleine bloedloze evenzo, bijvoorbeeld naakte slakken, huisjesslakken, schelpdieren, garnalen, krabben, kreeften en andere. Zelfs in wespen, horzels en vliegen zag ik met behulp van een vergrootglas op de plek die de top van het achterlijf genoemd wordt het hart kloppen en ik heb dit anderen getoond".

Maar, betoogde Harvey, dieren zoals insectlarven, regenwormen en de *plantanimalia* (de dierplanten of zoöfyten van Aristoteles), oesters, sponzen en mossels hebben geen hart. Ineenkrimpen van het lichaam veroorzaakt de inwendige vloeistofbeweging.

Harvey was in vergelijking met zijn tijdgenoten weinig visueel ingesteld. Hij illustreerde zijn boeken bijna niet en wilde dat woorden waarnemingen zouden vastleggen en verduidelijken. Wie zoals Fabrizio tekent, die schiet te kort in uitdrukkingsvermogen. De samengestelde microscoop die hoe primitief ook in de eerste helft van de 17e eeuw met succes gehanteerd werd, benutte Harvey niet. Een enkele keer gebruikte hij een *perspicillum*, een vergrootglas.

Voor de navolgende aantekeningen over de bouw van het bloedvatstelsel ben ik veel aan Van den Bergs inzichten (1961) verschuldigd, ofschoon ik die niet steeds geheel gevolgd heb.

Fabrizio was evenals zijn leermeesters een getrouwe Galenist. Hij wist dan ook van kleppen in de bloedvaten en het hart en deed een nauwkeurig onderzoek naar de aderkleppen, de *ostioli* (het werd vermeld in V.18). Casserio, Fabrizio en Harvey ontleedden te zamen. Zij hebben de kleppen voorzichtig opgespoord, bekeken, met elkaar besproken en de Italianen moeten hun Engelse student de functie van de *ostioli* in verband met hun bouw en plaatsing hebben uitgelegd: remming van de bloedstroom.

Teruggekeerd in Engeland – na Padua (waar Harvey doctor in de medicijnen werd, in 1602), Bologna en Venetië – had Harvey de beste leerschool doorlopen en het kan niet anders of hij was vervuld van wat hij gezien en gehoord had over de bloedbeweging.

De aderen bevatten kleppen die van het hart wegstromend bloed de doorgang bemoeilijken maar die het naar het hart stromende bloed onbelemmerd doorlaten. Voedend bloed stroomt door de aderen vertraagd door de ostioli naar de ledematen. Die vertraging voorkomt dat bloed zich in handen en voeten ophoopt en dat bovenarmen en -benen aan een voedseltekort zouden blootstaan door het al te snel passeren van de bloedstroom. Fabrizio had dit zo volgens de Galenische tradities zinvol verklaard.

Welke rol speelt het hart, bron van levensadem, verzorger van alle organen? Het hart, zegt Harvey, is "de zon van de microkosmos". Hij houdt er van naar de mode van de tijd beeldspraak te gebruiken: de hersenen "zitten zoals een koning op zijn troon, omringd door muren, de schedelbeenderen." Harveys dichterlijk-anatomische zon herinnert, misschien niet toevallig, aan Galilei's stellingen. De vergelijking suggereert een onophoudelijke cirkelgang rondom die zon, zoals in de macrokosmos waar Galilei zo opzienbarend over schreef en theoretiseerde.

Harvey meende dat Galenus een heen en weer stromen ('eb en vloed') van het bloed bepleit had, maar besloot dat dit onmogelijk is: die kleppen in de aderen sluiten zich als het bloed uit het hart toestroomt. En de slagaderen? Zij zouden veredeld bloed, drager van de levensgeest doorlaten maar zou dan langs diezelfde banen bloed terugstromen? Dat kan niet, dat had Galenus trouwens zelf al vastgesteld op grond van de hart/aortakleppen. Bovendien had Galenus verklaard dat het hart bloed naar de longen stuwt (waar het gezuiverd wordt) en samen met de lucht langs dezelfde wegen terugkerend het hart weer zou bereiken. Zo had Harvey Galenus begrepen. En longen dienden om het hart te koelen, zei Galenus. "Lieve God, hoe verhinderen de drietoppige kleppen bij de hartuitgang wèl de doortocht van de lucht en die van het bloed niet?" schreef Harvey.

Vinden longlucht en longbloed een weg door poriën in het harttussenschot van de rechter- naar de linkerhartholte? Harvey sondeert en zoekt, maar elke poging om een doorlatendheid van het harttussenschot aan te tonen faalt. Na jaren van herhaald onderzoek en overwegen besloot Harvey: "En bij Hercules, er zijn géén poriën!"

De anatomische grondslagen voor de beschrijving van de grote bloedsomloop waren hiermee gelegd. Boyle verhaalde (in 1688):

"En ik herinner mij dat ik onze beroemde Harvey vroeg tijdens het enige onderhoud dat ik met hem gehad heb (het was kort voor hij stierf) welke redenen hem er toe gebracht hadden aan een kringloop van het bloed te denken. Hij antwoordde mij dat hij zich genodigd voelde, toen het hem was opgevallen dat de kleppen in de aderen op zovele verschillende plaatsen in het lichaam voorkwamen en zij zo geplaatst waren dat zij het bloed in de hartrichting vrij doorlieten maar de doorgang van het aderlijk bloed in tegengestelde richting beletten, te denken dat een zo vooruitziende Causa als de Natuur zovele kleppen niet op die manier geplaatst zou hebben zonder bedoeling. En omdat het bloed naar de ledematen niet goed door de aderen gezonden kon worden vanwege de belemmerende kleppen scheen geen oogmerk meer waarschijnlijk dan het volgende: het moest door de slagaderen wegstromen en door de aderen terugkeren waarin de kleppen de doorgang in die richting niet verhinderden." (vert. volgens Needham, 1934).

Harveys fysiologische overwegingen die de ontdekking van de grote bloedsomloop begeleidden komen later aan de orde (VI.10).

In 1628 verscheen te Frankfurt *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*. Het groeiende feitenmateriaal had die schitterende ontdekking opgele-

verd. Feiten die ogenschijnlijk een natuurlijk verband misten, maakten, toen de tijd rijp was, de constructie van een nieuw model dat de biologie op een nieuw spoor zette, mogelijk.

Zo wist Galenus van de hart- en aortakleppen, maar kon uit dit gegeven geen goede conclusie trekken. Ibn-al-Nafis postuleerde (ca. 1270) de kleine bloedsomloop maar vond geen gehoor. Servetus beschreef de kleine bloedsomloop en bekommerde zich niet om de grote. Cesalpino had een duidelijk begrip over de grote bloedsomloop lang voor Harvey, maar beseftte de betekenis van zo'n verschijnsel niet. Fabrizio en de zijnen zagen de aderkleppen en konden niets beters doen dan naar Galenische trant er een passende, doelmatige en uit de lucht gegrepen functie aan toe te kennen. Harvey tenslotte ontdekte de grote bloedsomloop nogmaals, op eigen kracht, beredeneerd en gecontroleerd, op de juiste tijd in de ontwikkelingsgang van het biologische denken en doorzag de consequenties. Om die redenen gold hij als de 'ontdekker' en om die redenen blijft hij op die erkenning onverminderd aanspraak maken.

Geïnspireerd door zijn Italiaanse scholing zette Harvey zich aan embryologisch onderzoek en bestudeerde de ontwikkeling van het kuiken binnen het ei.

Tijdens zijn verblijf in Venetië besprak hij met een 'geleerde arts' embryologische vraagstukken. Ofschoon die onderzoeker verklaarde zeer veel werk verricht te hebben verscheen van hem, Josef van Aromatari, niet meer dan één brief in druk (1626). Daarin betoogde hij dat het kuiken in het ei al vóór het broeden gevormd is en dat groei volgt door de warmte van de kloek en met behulp van het eigeel terwijl uit de lucht de benodigde 'levensprincipes' binnendringen en aan de groei deelnemen. Harvey heeft Aromatari's opvattingen niet aanvaard. Hij dacht over embryogroei in overeenstemming met de inzichten van Aristoteles, maar omschreef het proces nauwkeuriger, onderzocht het levende materiaal nauwkeuriger en gaf een nauwkeuriger formulering.

Harvey betoogde dat door de uitwerking van de eerst aanwezige *potentia* alle lichaamsbestanddelen die in aanleg in het ei aanwezig zijn *actus* worden, dat wil zeggen volkomen werkelijkheid. Voorts wees hij op de cirkelgang van ongedifferentieerde kiemen. Zo'n *primordium* begint te groeien en door nieuwvorming van organen in volgorde ontstaat het volwassen dier. Dit gaat te gronde nadat het nieuwe kiemen, *primordia*, heeft voortgebracht. *Epigenesis* is de term voor dit verloop van de ontwikkeling der levende wezens.

Niet alle dieren zijn onderworpen aan epigenesis. Bij insecten treffen wij, verklaarde Harvey, *metamorfosis* aan. Een insekteëi is onvoldragen, het groeit en kruipt (rups) en wordt *chrysalis* (pop), die als onvoldragen ei beschouwd moet worden. De inhoud van de pop is aanvankelijk een homogene massa die, na enige tijd verwarmd en vermengd te zijn, het materiaal wordt waaruit gelijktijdig alle organen van het volwassen insect ontstaan, dat daarna uit de pop te voorschijn komt. Om dit te verduidelijken ontleende Harvey een beeld aan Aristoteles: zoals een zegelring in was een afdruk maakt zo verschijnt de vorm van de organen ineens en geheel en al. Swammerdam zal deze fantasie later scherp aanvallen (V.27).

Viseieren zijn ook onvoldragen en groeien nadat zij het lichaam verlaten hebben. Vogeleiëren zijn daarentegen voldragen. De eieren (*ova*) van de overige diergroepen verschillen al naar hun aard en bezitten alle de kiemkracht, het primordium, dat de vorm van het bijpassende volwassen dier zal verwezenlijken.

Ook de levendbarenden, ja zelfs de mens, ontstaan uit een primordium, een ei, maar toch brengt de aarde velerlei wezens op eigen kracht voort, voegde Harvey aan zijn be-

schouwingen toe, zonder zaad, zonder primordium. Wel moet men bedenken dat eieren onzichtbaar klein kunnen zijn, door de wind vervoerd kunnen worden, en omdat zij dan niet aanwezig schijnen te zijn vermoedt men dat *generatio spontanea* optreedt. Dat is maar schijn, zei Harvey, maar erkende dat uit rottende stoffen zonder tussenstadium, zoals een ei, bij tijd en wijle levende organismen ontstaan.

Kort gevat verklaarde Harvey dus dat alle dieren uit enigerlei materiaal voortkomen: rottende stof, ei of uterus en elke beginfase van de ontwikkeling van een organisme heet ei (*ovum*). Harveys standpunt is gelijk aan dat van Aristoteles en hij ziet evenmin het verschil tussen anorganische en organische stoffen als het, van het eerste begin af tot het einde toe, gaat om de groei van een levend wezen. *Ovum esse primordium commune omnibus animalibus*, een ei is het eerste begin van alle dieren, of in drie woorden: *Ex ovo omnia*.

Dit werd de leuze op de titelpagina van *Exercitationes de Generatione Animalium* (Lessen over de Voortplanting der Dieren), dat in vier edities in 1651 verscheen. Twee edities zijn van de zinspreuk voorzien, twee niet. Het werd het devies van de 'ovisten', een groep biologen die Harveys conclusies van 1651, resultaten van meer dan tien jaar onderzoek, steunden. Bekende namen zijn R. de Graaf, Swammerdam en Redi, en in de 18e eeuw Bonnet en Adanson.

Uit dit beknopte verslag van Harveys conclusies (waar ik o.m. gegevens van Cole (1930) en Guyénot (1957) bij benutte) wordt duidelijk:

1. Harveys definitie van 'ei' verschilde in hoge mate van de huidige.
2. Harvey bedoelde niet te zeggen dat alle levende organismen uit een ei voortkomen. *Generatio spontanea* is eigen aan enige weinig gedifferentieerde diergroepen.
3. Het ♀ dier (mens) levert alle bouwstoffen (voedsel) die het groeiende organisme behoeft.

Deze laatste stelling is de basis van het 'ovisme'. Het voedselpakket met primordium dat de kip legt is al dadelijk een uitstekend voorbeeld van die leer. Dat ei, niets anders en niets meer, levert een embryo, een volkomen dier.

Wat had dan de paring te betekenen, de aanvoer van sperma? Dit ♂ element beschouwde men als een stimulans. Uit het sperma, verklaarden de zestiende-eeuwers, ontsnapt een *aura seminalis*, een 'saadlugt', die het ei bereikt en activeert. Daardoor raakt het primordium uit zijn rusttoestand en zet de groei in, m.a.w. *aura seminalis* doet het kiemmateriaal bewegen, veroorzaakt *fysis*.

Fabrizio had, zoals vele anderen, elk contact van spermabestanddelen met het primordium ontkend. Harvey volgde zijn leermeester (en Aristoteles) en ontkende ook elke aanraking. Zijn afwijzing vond steun in zijn onderzoek van hinden en reeën.

Toen Karel I Londen moest verlaten en zich in Oxford vestigde, in verband met de dreigingen van de burgeroorlog, vergezelde Harvey, die hem evenals zijn voorganger James I, als lijfarts diende, hem. Karel I ging wekelijks op hertejacht. Dat werd Harveys schoonste gelegenheid (omstreeks 1633) om door sectie embryologisch onderzoek te doen. Van 15 september tot 20 november (de bronstijd) kon hij hinden ontleiden. De ovaria van vrouwelijke zoogdieren en van de mens stonden sedert de Oudheid bekend als *testiculi*, organen die – waar zij ook al goed voor mochten zijn – met voortplanting of embryogroei niets te maken hadden. Harvey besloot dat die opvatting juist is. De testiculi veranderden niet in grootte noch in uiterlijk, niet vóór en niet na de paring. Hij verklaarde: "Er is geen enkele aanwijzing dat zij van enig nut zijn, hetzij bij de toedering der sexen, hetzij bij de voortplanting."

Maar de uterus daarentegen wel. Gedurende de bronsttijd wordt deze 'vleziger' en 'zachter'. In de holten van de hoorns van de uterus verschijnen knobbeltjes, zoiets als 'zachte wratten'. Eind september zijn die knobbeltjes gezwollen zoals 'vrouweborsten': "men zou haast zeggen dat zij gereed zijn melk te geven".

Aan A.W. Meyers vertaalde citaten (1939) ontleen ik:

"Nadat ik deze verandering van de uterus aan zijne majesteit de koning meermalen getoond had als een eerste aanduiding van dracht terwijl ik hem tegelijkertijd duidelijk liet zien dat niets in de holte van dat orgaan te vinden was dat als sperma of *conceptus* kon worden aangemerkt en hij dit als een merkwaardig feit besprak ten overstaan van velen rondom hem, ontstond een langdurige discussie. De jachtopzieners en de jagers beweerden aanvankelijk dat dit niets anders betekende dan een vertraagde bevruchting vanwege het uitblijven van regen. Maar toen de bronsttijd verstreek en ik voortdurend kon wijzen op diezelfde toestand van de organen begonnen zij van lieverlede te zeggen dat ik zowel mijzelf bedrogen en ook de koning misleid had en dat het onmogelijk was dat er niet in de uterus iets te vinden zou zijn als *conceptus*. Deze mannen lieten weldra hun standpunt varen toen ik hen dwong met eigen ogen het onderzoek te volgen."

. . . "Daarom acht ik het bewezen dat na een paring tussen levendbarende zowel als eierleggende dieren in de uterus geen resten te vinden zijn van het sperma dat zowel het ♂ als ook het ♀ uitstoot bij de paring en dat niets voortkomt uit de menging van die twee vloeistoffen."

. . . "Bovendien blijkt dat ♂♂ geen zaadvloeistof in de uterus uitstorten gedurende de paring en dat geen spoor van of sperma of *menstruum* in de uterus van hinde of ree te vinden is en bij andere levendbarende dieren is het niet anders."

Maar ik bespeur een schaduw van twijfel in het navolgende:

"Ons rest niets anders dan de opvatting te aanvaarden van een ontvangenis en niets anders, van verschijning zonder materie (*species sine materia*) en ons voor te stellen dat hier hetzelfde gebeurt als in de hersenen plaatsgrijpt, zoals iedereen wel weet, behalve als er iemand zou leven die de goden uit hogere klei vormden en hem begiftigden met de gave een andere efficiënte causa te ontdekken dan die welke wij hebben vermeld."

Behalve dat in deze tekst het voorbehoud schuilt van nog niet gevonden verklaringen eist, dunkt mij, ook de verwijzing naar goden die klei van bijzondere kwaliteit gebruiken voor bijzondere mensen aandacht: zou het geloof aan deze immateriële bevruchting gemakkelijker gevallen zijn door een suggestieve overeenstemming met de gebruikelijke opvatting over de onbevleete ontvangenis?

In historische overzichten is deze afwezigheid van sperma in de uteri van de hinden een ongelukkig toeval genoemd. Ik onttrek mij niet aan het vermoeden dat wel degelijk sperma aanwezig was maar dat Harvey dit niet heeft opgemerkt. Uit zijn toelichtende betoog blijkt dat hij keek met de ogen van Aristoteles.

Dit is nog geen volledige verklaring voor Harvey's onmacht gedurende weken van herhaald en gericht onderzoek spermaresten waar te nemen. Ik veroorloof mij een korte uitweiding.

Zwangerschap werd door in wilde staat levende mensen meermalen beschouwd als een verschijnsel dat niet in verband stond met paring. Uit ervaring was immers gebleken dat op paring geen zwangerschap volgde, althans behoefde te volgen.

Maar het uitblijven van menstruum ging strikt samen met dracht. Het lag voor de

hand te geloven dat een groeiend embryo uit menstruum, uit de levendrager bloed ontstond, menstruum dat als bouwstof benut werd.

Deze primitieve maar niet onaannemelijke gedachtengang werd in de Aristoteliaanse leer van de voortplanting opgenomen. Dan is een *causa* vereist om het menstruum tot embryovorming te bewegen. Het verschijnsel dient zich aan als een stremmende vloeistof. Stremsel vindt men in kaas niet terug; melk klontert ook zonder toevoeging van stoffen. Hoe de menstruumstremming te verklaren?

Welnu, sperma komt niet met menstruum in contact, komt de uterus niet binnen maar blijft op geruime afstand. Toch oefent het een werking uit, door middel van een vluchtige, gasachtige uitscheiding, een *aura seminalis*.

Het sperma in de uterus van hinden heeft Harvey niet gezien omdat het er volgens de opvattingen van Aristoteles en van zijn leermeesters niet was, daar niet benodigd was. Degenen die met hem toezagen, ontdekten het evenmin want wie zou zich een scherper onderscheidingsvermogen aanmatigen dan de lijfarts van de koning bezat, een onderzoeker die zijn bekwaamheid bewezen had.

Harvey vulde zijn uterusstudies aan met de mededeling dat eind oktober de uterus met een "slappe, papperige substantie gevuld is, zoals hersenen." Midden november zijn de uterusholten vol slijmdraden, die aan "spinnewebben" doen denken en die tenslotte samenvloeien tot een slijmachtig vlies. Deze "zak" vult zich vervolgens met waterachtige, kleverige vloeistof, die op eiwit lijkt. Aan de buitenzijde is de "zak" min of meer gerimpeld, van binnen is de wand geheel glad.

Dit is, constateerde Harvey, de *conceptus primus*, de ontwikkeling van het embryo begint hier; dit is te vergelijken met het kipei.

"En omdat deze *conceptus* zowel in bouw als materie gelijk is aan een ei, en aan de definitie voldoet die Aristoteles aan een ei toekende, en uit het *primordium* voortkwam, noem ik deze 'conceptus' een ei (*ovum*)."

Rond 20 november zag Harvey in de doorschijnende vulling van de *conceptus* iets van een embryo: "draadjes bloed en een kloppende punt, het hart."

Groei van een organisme dus van een *primordium* uit. Bij de planten is dat het "zaad" (*semen*), bij eierleggende dieren het ei (*ovum*). Bij de levendbarenden is dit ei vertegenwoordigd door de *conceptus primus*. De uterus bevat dat *primordium* en door weefselgroei in de uterus ontstaat de *conceptus primus*. Ovaria spelen geen rol.

Hoe verklaarde Aristoteles dan bij het nageslacht, bij een kind, gelijkenis met de vader? Precies zoals Harvey die, kort samengevat, oordeelde dat bevruchting het gevolg was van een soort 'doorsijpeling' van alle organen van het ♀, zo iets als een infectie. Sperma dringt niet in de uterus door. Daar zou geen reden voor te bedenken zijn. Men moet de gelijkenis met de vader begrijpen, zei Harvey, als iets dat tot stand komt zoals wij door perceptie, door ons gezichtsvermogen een voorwerp zien. Dat is voor ons herkenbaar; zonder aanraking nemen wij dat voorwerp waar en herkennen het. Zo komt zo'n gelijkenis van vaderskant zonder tastbaar contact maar als een uit het sperma ontsnappende, vormende *causa* die het ♀ organisme doordrenkt, tot expressie. Aristoteles en Harvey waren het volledig eens en daarom vond Harvey geen sperma in de uteri van de hinden.

Doelend op Harveys onderzoek van ongewervelde dieren vroeg de vooraanstaande Venetiaanse arts Parisanus (Emilio Parisano, een Galenist) zich af wat hij toch in die aquaria en terraria uitvoerde. De mens is toch immers de koning der schepping en in hem zijn alle eigenschappen in een volmaakte vorm aanwezig, terwijl dieren nu eens de

ene en dan weer een andere eigenschap missen. Het is een misgreep “de onzekere, slecht bekende, onvolkomen en niet perfect ontwikkelde kleine en onaanzienlijke organismen te beschouwen. De studie van het menselijk lichaam kan ons alles leren; dieren voegen daar niets aan toe.”

Tegenslag bleef Harvey in de loop der jaren niet gespaard. In 1652 oefende Ross kritiek uit op Harveys opvattingen die hij ‘evenzeer als anderen’ weerzinwekkend vond. Het betoog van Ross heeft geen waarde, maar zijn verwijzing naar de mening van anderen is tekenend voor de houding van vele tijdgenoten. Onder vakgenoten werd stemming tegen hem gemaakt. Bij het verslag over de fysiologische aspecten van zijn ontdekking der grote bloedsomloop (VI.10) zal de hoon die hij moest ondergaan, nog ter sprake komen. Toen hij de bloedsomloop bij verschillende diergroepen opspoorde werd zijn werk omschreven als een ‘zinloos en kinderlijk tijdverdrijf’.

Vele manuscripten over anatomie, zowel met betrekking op gewervelde als ongewervelde dieren gingen in de Engelse burgeroorlog (1642-1649) verloren of zij verdwenen; Harveys werkruimten in Whitehall werden geplunderd. Pas in 1959 verschenen hervonden aantekeningen over dierfysiologie. De kritiek op zijn wetenschappelijke werk, de rampzalige periode in de geschiedenis van zijn land, de trieste dood van zijn beschermheer en patiënt Karel I (Cromwell liet hem onthoofden), hinderden hem meer en meer en benamen hem alle werklust. In 1649, het jaar van Karels dood, gaf hij uiting aan zijn ongenoegen.

George Ent (1604-1689) was steeds Harveys trouwe vriend. Hij schoot hem in 1641 te hulp met *Apologia pro Circulatione Sanguinis contra Aemilium Parisanum*, een pleitrede voor de bloedsomloop tegen Emilio Parisano. Hij zorgde voor de verschijning van Harveys *Exercitationes* in 1651, maar Harvey trok zich meer en meer terug en stierf in 1657, eenzaam en gedesillusioneerd, maar niet geheel ongetroost.

20. Galenus verslagen, Aristoteles op de terugtocht

Fabrizio ab Aquapendente legde in 1604 zijn ambt aan de universiteit van Padua neer en Casseri werd zijn opvolger als hoogleraar in de anatomie en chirurgie tot 1616. De Belg Adriaen van den Spieghel (1578, Brussel – 1625, Padua), meer bekend als Spigelius, volgde Casseri op. Hij was in Bohemen als arts werkzaam geweest nadat hij te zelfder tijd als Harvey in Padua gestudeerd had.

In 1606 maakte hij bekend dat planten zowel vaten met kleurloos sap als melksapvaten kunnen bezitten. Uit Theophrastos' dagen dateerde het gebruik de vaatbundels van planten ‘aderen’ te noemen, een gevolg van de mening dat de lichaamsbouw van planten en dieren in hoge mate overeenstemmen. Spigelius werkt die gedachte nog wat verder uit. De melksapvaten zijn ‘aderen’ en de vaten met kleurloos sap moeten bijgevolg met slagaderen vergeleken worden. Zou zijn collega in Padua, Aselli, door Spigelius' vondst geïnspireerd naar overeenkomstige melksapvaten bij dieren gezocht hebben toen hij in 1622 de lymfevaten ontdekte? Hoe dan ook, Spigelius' vondst bewijst dat hij met zijn inleiding tot de botanie in twee boeken (*Isagoge in Rem Herbarium Libri Duo*) de plantanatomie ter hand nam en in gang wilde zetten. Als beheerder van de botanische tuin te Padua begreep hij de betekenis van een geconserveerde plantenvoorraad en bepleitte de samenstelling van ‘wintertuinen’, waarmee hij boeken beoogde gemaakt van ingebonden vellen papier waar gedroogde planten op bevestigd wa-

ren, voorlopers van het moderne 'Herbarium'.

In 1618 verscheen een verhandeling van ca. 90 blz. over de lintworm, *A. Spigelii de Lumbrico Lato Liber*, maar van hoofdzaken noch bijzaken betreffende bouw en functie der lintwormorganen had hij ook maar enig vermoeden. Veel beter geslaagd is zijn *De Humani Corporis Fabrica Libri Decem*, een geïllustreerde anatomie, onder dezelfde titel als Vesalius' werk (V.11); dit verscheen in 1625 en werd vele malen herdrukt.

Van den Berg (1961, p. 106) wees op een mogelijk verband tussen Harveys ontkenning van de aanwezigheid van poriën in het harttussenschot en Spigelius' werk. Deze laatste was een zo vurige aanhanger van Vesalius' *De Fabrica* dat hij aan Vesalius kortweg de ontdekking toeschreef dat er géén poriën zouden zijn, terwijl Vesalius in feite niet verder kwam dan een twijfel over hun bestaan. Zou Spigelius' goede vriend Harvey steun voor zijn conclusie (V.19) uit diens vergissing geput hebben?

Spigelius stierf jong door bloedvergiftiging, nadat hij een wondje had opgelopen tijdens het bruiloftsfeest van zijn dochter door het breken van een glas; men kan vermoeden dat lijkengif de infectie veroorzaakte. Hij was, na Casseri en vóór Harvey, één der vooraanstaande anti-Galenisten der 17e eeuw.

Terwijl Galenus meer en meer aan gezag verloor, verging het Aristoteles niet beter. Een eeuw nadat Maarten Luther de grote aanval tegen "de lepe heiden" inzette, was Aristoteles duidelijk aan de verliezende hand.

Een voorman van anti-Aristoteliaanse studies was Marco Aurelio Severino (1580, Cosenza – 1656, Napels) die, na in Salerno gedoctoreerd te zijn, in 1610 hoogleraar te Napels werd. Zijn theorieën brengen hem in botsing met de inquisitie; hij vlucht, maar, na veel aandrang van zijn vrienden, waagt hij het terug te keren.

In 1645 verscheen *Zootomia Demokriteia*, waarin Severino zich als opvolger van Demokritos (I.12) presenteerde. Hij poogde een samenvatting te geven van alle anatomische kennis, maar voegde intussen veel eigen onderzoek toe. Zijn stijl is barokeloquent; de illustraties hebben, door een primitieve stilering, een Middeleeuws karakter. De anatomie van de mens is maat en voorbeeld, uitgangspunt voor alle beschouwingen, en dieren zijn in elk opzicht met planten vergelijkbaar. Hij pleit krachtig voor het erkennen van een bloedcirculatie.

In 1617, zegt Severino, is hij de eerste geweest die (bloed)vaten met een verhardende substantie (metaallegeringen) inspoot om daarna de zachte, tussenliggende weefsels door maceratie te verwijderen. Misschien was Severino de eerste. Deze techniek werd in de 17e eeuw en daarna zeer veel toegepast.

De burcht van het Averroïsme, Padua, na zijn 16e-eeuwse glorie, werd in de loop van de 17e eeuw slachtoffer van 'bezuinigingen', het gevolg van toenemende kerkelijke pressie. In de tweede helft van de 18e eeuw lijkt de universiteit op een 'dovende nachtkaaars'. Ook ditmaal liet de geschiedenis de wet gelden, dat als eenmaal de groei en de bloei van een centrum van wetenschap ontwricht wordt, het zich niet meer zal herstellen. Padua heeft zijn oude roem nooit herwonnen.

21. *Wijsgerige biologie in de 17e eeuw*

Sinds 1592 doceerde Galileo Galilei (1564, Pisa – 1642, Arcetri, Florence) in Padua als hoogleraar in de wiskunde. Hij was uit Pisa gekomen waar hij dezelfde leerstoel sinds 1589 bezet had en zijn komst naar Padua voegde een nieuwe parel toe aan de kroon van

die roemruchte universiteit.

Als negentienjarige student kijkt Galilei naar een slingerende lamp in de kathedraal van Pisa en hij beseft ineens de mogelijkheid de slingerbeweging als instrument voor tijdmeting te benutten. Er is een boeiende overeenkomst tussen dit voorval en Descartes' ontdekking van de Cartesiaanse coördinaten als meting van plaats; Descartes volgde, liggend op zijn rustbank, de bewegingen van een vlieg in zijn kamer en begreep dat de plaats waar de vlieg zich bevond, door drie loodlijnen op de kamerwanden bepaald werd.

Galilei berekende in 1602 de wetten voor de vrije val. Zij ontzenuwen een opvatting van Aristoteles: wat zwaarder is, valt sneller. Hij bleef zijn hele leven Aristoteles tegenspreken, hetgeen niet weinig bijdroeg tot zijn botsing met de clerus.

De grote betekenis van Galilei voor de biologie komt voort uit zijn methode. De wiskunde, fysica en astronomie zou hij tevens in hoge mate bevorderen door grote ontdekkingen. Voor ons is zijn werk over de optiek van direct belang.

Omstreeks 1610 construeert hij een samengestelde microscoop, op basis van de Hollandse vondsten en ontdekt de verbazingwekkende bouw van het insekteoog. De biologie boeide Galilei overigens niet; misschien omdat zij zich het minst bevredigend liet vangen in de mathematiek van zijn gedachten.

Galilei volgde het voorbeeld van William Gilbert (1544, Colchester - 1603, Londen), hofarts in Engeland en tevens een uitzonderlijk begaafd fysicus. Deze bestudeerde natuurwetenschappelijke vragen beter en consequenter dan ooit tevoren. Hij experimenteerde en verwerkte de antwoorden die hij vond, inductief. Op dezelfde manier ontnam Galilei door proefnemingen bijvoorbeeld aan de magneet zijn sinds de vroegere Oudheid traditionele magie. Maar omdat hij zich slechts bij hoge uitzondering met biologisch onderzoek bezig hield, onttrok hij zich aan de mogelijkheid dezelfde teleurstellende avonturen op dat terrein te beleven als Descartes, die zovele opvattingen met hem deelde.

De astronomie bracht Galilei in moeilijkheden. Copernicus (Mikolaj Kopernik, Poolse astronoom, 1473 - 1543) had zijn stelsel aan paus Paulus III opgedragen en deze keurde het goed. Sedert 1543 toen *De Revolutionibus Orbium Celestium* in druk verschenen was, draaide de aarde om de zon en had Ptolemaeus de vlag moeten strijken. Niet langer was de aarde het roerloze middelpunt van het heelal. De mens, stedehouder Gods, bevond zich niet langer op een onwrikbare troon maar cirkelde om de zon, het nieuwe middelpunt. Dit resultaat van wiskundige berekeningen scheen vele theologen meer dan bedenkelijk en zo was de kerkelijke overheid allerminst met Galilei's verdere onderzoekingen ingenomen en de geleerde wereld al evenmin toen de steunpilaar van de jezuitenfilosofie, Aristoteles, steeds meer in verdrukking kwam.

De inquisitie greep in en verbood; overeenkomstige tegenspoed trof Severino (zie V.20). Toen Galilei in 1632 toch nog een voorzichtige poging waagde om Copernicus te verdedigen was Paulus III al meer dan 80 jaar dood en regeerde Urbanus VIII (1623-1644), die vernieuwingen in wetenschap en theologie afwees. In 1633 werd Galilei voor de rechtbank gedaagd en veroordeeld zijn leer af te zweren. De Kerk bepaalde dat de aarde onbeweeglijk in het middelpunt van de schepping stond. In 1637 werd Galilei blind en in 1642 stierf hij in zijn buitenhuis nabij Florence waar hij na zijn veroordeling onder toezicht van de inquisitie woonde.

Voor de biologie bleef Galilei's aanpak een zeer gewichtige richtlijn; experimenteren moet voorafgaan, is uitgangspunt voor elke redenering. Daarna, met de gevonden en

beschikbare gegevens inductief tewerk gaande, komt men deductief, volgens vastgestelde, Euklidische, wiskundige regels tot gevolgtrekkingen. Wat zich als kwalitatief aanmeldt, laat zich, na experiment en analyse, kwantitatief doorgronden. De wet van de uniformiteit, die Galilei eveneens ontwierp: "Overeenkomstige oorzaken hebben steeds en overal hetzelfde gevolg", heeft al evenzeer de biologie – en alle natuurwetenschappen – beïnvloed (zie Lyell; XI). Opnieuw een stelling die de clerus gemakkelijk aanstoot gaf, want deze laat de conclusie toe, dat tussen hemelse en aardse wetmatigheden geen wezenlijk onderscheid zal bestaan.

Galilei had betoogd dat het 'Boek der Natuur' in 'mathematische taal' geschreven was. Weliswaar is biologie – Galilei erkende het – de 'laatste' der natuurwetenschappen, d.w.z. de wiskundige aard laat zich hier het moeilijkste opsporen, maar alle natuurverschijnselen zijn tenslotte meetbaar. In 1620 verschenen verhandelingen waarin Aristoteles krachtig gecorrigeerd wordt. Inductief moeten de vraagstukken aangepakt worden; meet wat mogelijk is en indien dit onmogelijk blijkt, maak een kwantitatieve benadering.

Zo werd Galilei in feite de grondlegger van het rationalisme in de biologie. Door zijn rationeel empirisme zou langs inductieve weg, wiskundig behandeld en gezuiverd, natuurwetenschappelijke waarheid in zijn volle omvang aan het licht moeten komen. Hij formuleerde: "Il libro della natura è scritto in lingua matematica" d.w.z.: Wiskunde regeert de natuur en alle natuurgebeuren is meetbaar, vooreerst in theorie en na de juiste toeleg, ook in de praktijk.

Tot op de huidige dag is deze Galileïsche theorie in de biologie merkbaar, niet zelden zelfs leidend, zij het dat juist de biologie zich het meest weerbarstig toonde om te gehoorzamen. Wij zullen, bij latere gelegenheden, meermalen aanleiding vinden de kwestie opnieuw, in andere verbanden, te bezien.

In Engeland gaf Galilei's tijdgenoot, de baron van Verulam, meer bekend als Francis Bacon (1561, Londen – 1626, Londen) uiting aan in hoge mate overeenstemmende inzichten over de beoefening van natuurwetenschappen: anti-Aristoteles, een inductieve methode van natuuronderzoek, de wiskunde als leidsvrouwe.

Bacon kwam aan het hof van Elizabeth I tot grote staat maar zijn gebrek aan moraal en zijn verwaarlozing van eenvoudige beginselen van rechtschapenheid brachten hem ten val. Hij wijdde zich tenslotte aan filosofie en wetenschap omdat hij, na in 1621 wegens omkoperij veroordeeld te zijn, in de politiek en in openbare ambten niet meer geduld werd.

Tevoren had deze geniale en trouweloze man enige verhandelingen geschreven die van groot gewicht voor het biologische denken bleken te zijn, al was hij nauwelijks meer dan Galilei in het onderzoek van de levende natuur geïnteresseerd.

Voor ons zijn de *De Interpretatione Naturae* (1607) en vooral zijn *Novum Organon* (1620) van belang.

De titel *Novum Organum*, het nieuwe *Organon*, is een toespeling op Aristoteles' *Organon*, een titel die sinds de 6e eeuw gegeven was aan een bundel opstellen over wetenschappelijk beleid, over *analytika* volgens de term die Aristoteles gebruikte en die later *logica* werd. De bundel was standaardliteratuur, was samengesteld uit vroege geschriften, misschien niet alle van Aristoteles, en bevatte onder veel meer de methode van de syllogismen (I.15). Bacon kritiseerde zowel de methode als de inhoud van *Organon*.

Bacon ontwierp een stelsel van wetenschappelijk-wijsgerige theorieën die als 'Baco-

nisme' veel aanhang kregen. De oude deductieve denkwijze oordeelde hij verwerpelijk. Waarnemingen en bijzondere feiten leiden tot algemeen geldende stellingen; dat was al vaker verkondigd. Bacon echter ontwikkelde de methode in detail.

Tussen gevonden stellingen of oordelen ontdekt men verbanden. Dat leidde tot de methode van de syllogismen. Deze wil Bacon verlaten. Zijn redenen daarvoor vermeldt Bacon in zijn *Novum Organon*. Men moet wel inductief te werk gaan, maar tevens stellingen samenvoegen zodat een steeds verder reikende geldigheid tot stand komt. En daarom moet het keurslijf van de formele logica worden afgelegd: geen kunstgrepen met de nauw begrenzende syllogismen. Wel dient men zich onvoorwaardelijk naar de feiten te voegen. Natuurbeheersing is slechts mogelijk als men de feiten erkent. Wie de natuur beheersen wil, gehoorzaamt haar.

Ons uitgangspunt, experimenteren, moet objectief, behoedzaam en kritisch leiding geven. Experimenten vertalen de natuur en 'onze geest heeft geen vleugels nodig maar loden zolen'. Bacon verwierp de *causa finalis* met kleurige vertogen. Een waardeloze suggestie, een leer die misschien in wijsgerige bewijsvoeringen mooi te pas kan komen, maar die een ramp voor wetenschappelijk onderzoek wordt, want door zijn aard belet zo'n *causa finalis* experimentele controle. Een experiment immers breekt het verloop van de *causa finalis* en deze onttrekt zich daardoor aan elke wiskundige formulering, is nimmer kwantitatief. Een *causa finalis*-gedachte verstikt natuuronderzoek en daarom, weg er mee. Het Baconisme heeft de *causa finalis* teruggedrongen naar een stille achtergrond van het biologische denken en al verdween hij nooit geheel, bij de voortgang van de biologie had hij de leiding voorgoed verloren. Harvey onttrok zich min of meer aan de dwang van de finale *causa*. Gewoonlijk verwees hij naar de materiële en de efficiënte *causa* of naar *causa*'s in het algemeen en liet het daar bij, al past zijn ontdekking van de functie van de aderkleppen geheel en al in het model van een finale *causa*, een teleologie, en al bleef Harvey steeds Aristoteliaan.

Bacon draagt ons op om zoveel mogelijk gegevens te verzamelen, gegevens die anderen verstrekken en die zelf gevonden worden, gegevens door waarnemingen en door experimenten verkregen. Stel lijsten van al die gegevens op, zo compleet als doenlijk is en daar zullen conclusies uit voortspruiten, nieuwe inzichten uit ontstaan. En van het allergrootste gewicht zijn de controles. Talrijke drogbeelden, de *idola*, zetten ons onverhoeds op een dwaalspoor. Zij zijn verschillend van aard: *idola tribus* (de menselijke natuur die overal doelmatigheid meent te bespeuren), *idola specus* (vergissingen voortvloeiend uit vroegere studie en vorming), *idola fori* (vooroordelen door de maatschappij (samenleving) opgeroepen) en tenslotte *idola theatri* (vooroordelen van wijsgerige aard). Bovendien is inductie, een optelling en een rangschikking van feiten, onvoldoende. Er moet een verruimende, overkoepelende inductie uit opbloeien, die nog onbekende wetten bevroedt, voorvoelt en een weg daarheen ontwerpt.

Naast Galilei (en Platoon) denken wij hierbij terug aan gedachten die de dertiende-eeuwse Roger Bacon (IV.2) ontwikkelde en aan de vijftiende-eeuwer Nicolaus Cusanus (VI.8). De theorieën van Francis Bacon hebben het biologische onderzoek gestimuleerd en gestuurd.

Zijn mening (1623) dat vergelijkende anatomie de term behoorde te zijn om een groot aantal ontledinggen binnen dezelfde diersoort aan te duiden vond geen steun. Harvey gebruikte vijf jaar later dezelfde term maar dan in moderne zin: vergelijking van orgaanbouw van verschillende taxa en daar is het bij gebleven ofschoon Vicq-d'Azyr, in de 18e eeuw, de term gebruiken wilde voor het vergelijken van de ana-

tomie van de mens met die van de dieren.

Hoezeer Galilei en Bacon experimenteren ook als het ware middel beschouwden om de natuur te doorgronden, zij verrichtten zelf vrijwel geen proefondervindelijk werk met levende organismen.

Een Franse filosoof richtte zijn aandacht weliswaar veel uitvoeriger op biologische verschijnselen en problemen waarbij hij zijn benadering aansloot bij zijn tijdgenoten in Italië en Engeland, maar onderzocht daadwerkelijk nauwelijks meer.

René Descartes (ook Des-Cartes; 1596, La Haye – 1650, Stockholm) was een onrustige, in zichzelf gekeerde denker, die zich vóór alles in wiskunde en wijsbegeerte verdiepen wilde. Om de mensen te leren kennen diende hij als vrijwilliger in verschillende legers, in de dertigjarige oorlog, bij katholieken en bij protestanten; hij bereisde Europa en vestigde zich in Nederland waar hij bijna 20 lang vrij kon werken (Amsterdam, Leiden, Endegeest, Egmond).

Hij voelde zich een volgeling van Galilei, maar toen deze op 22 juni 1633 veroordeeld werd liet hij, bevreesd, van zijn eigen manuscripten delen verdwijnen en wat later gaf hij zijn *Discours de la Méthode pour bien Conduire sa Raison et Chercher la Vérité dans les Sciences* (1637) anoniem uit. Veel hielp dit hem niet. Hoewel hij een religieus man was en zijn theorieën deïstisch zijn, werden zijn werken toch, zowel door de katholieken als door de protestanten, tot verboden lectuur verklaard. In 1649 nodigde koningin Christina van Zweden hem uit; hij ging maar stierf binnen een jaar aan een longontsteking.

Elk voorval, zegt Descartes Galilei na, is berekenbaar en wiskunde regeert alles. Hij bevestigt dat zintuigen wetenschappelijk deugdelijke informatie geven, maar wijst erop dat er tevens een wereld van abstracties, van ethiek, moraal, zedeleer met eigen wetten is. De vier methodische voorschriften, die hij in 1637 geeft, worden in de beste biologische werken der 17e eeuw toegepast.

1. Aanvaard nimmer iets als 'waar', voordat onmiskenbaar is komen vast te staan dat het 'waar' is en vermijd daarbij alle overhaasting en alle vooroordeel. Bij het oordeel mag niets in het geding komen waarvan de oordelaar niet zeker is en mee bekend is (eliminatie van alles dat de toets van kritische overdenking niet doorstaat).
2. Splits elke vraagstuk in zoveel mogelijk onderdelen.
3. Begin met het eenvoudigste en volg in gedachten de meest begaanbare weg naar het meer ingewikkelde en zoek allerwege relaties en orden deze.
4. Maak opsommingen en overzichten, zo compleet en zo alomvattend, dat niets de aandacht ontsnappen kan.

Descartes kiest de duidelijkheid, waarmee wij daarna de slotsom doorzien, als een bewijs voor zijn juistheid. Toch blijft twijfel kern van elke methode. Wie methodisch aan alles twijfelt, bewijst daarmee door zijn zoekend nadenken, dat hijzelf niettemin bestaat, *dubito ergo cogito* en bijgevolg: *cogito, ergo sum*. Deze werkelijkheid laat zich niet betwijfelen; het is de enige die zich aan twijfel onttrekt.

Dieren zijn automaten, mechanieken; de mens heeft er evenwel een ziel bij, zegt Descartes.

In 1633 verscheen *Traité de l'Homme*. Alle levende organismen zijn machines. Bewegen is altijd relatief (Cartesiaanse coördinaten), en wordt door botsingen van de materiedeeltjes veroorzaakt (voortzetting van de theorie van Empedokles en de atomisten). Er is (*Principia philosophiae*, 1644) geen wezenlijk onderscheid tussen een levend (natuurlijk) organisme en een kunstmatig mechanisme, geen wezenlijk verschil tussen een

vruchtdragende boom en een uurwerk dat de tijd aanwijst.

Zijn grondbeginselen die objectiviteit schijnen te verzekeren, maken Descartes tot een uitmuntende analyticus. Maar omdat hij de feiten "slechts als waar erkent wanneer zij passen bij de uitgangspunten", wordt daardoor zijn denkpatroon niet zuiver empirisch, maar rationalistisch en deductief, zij het mathematisch gecontroleerd.

Ofschoon hij in zijn tijd de anatomie (en de biologie) door zijn benadering en uitwerking van de vraagstukken vorm verleende en stimuleerde, werd zijn leer – zoals alle theorieën voor hem – op den duur een belemmering, een struikelblok. Hooykaas (1963, 1972) leverde het bewijs voor zijn deductief-bevooroordeeld denken. Na formulering van zijn (onjuiste) botsingswetten, schreef Descartes:

"De bewijzen voor dit alles zijn zo zeker dat, al zou de ervaring ons schijnbaar het tegendeel laten zien, we verplicht zouden blijven meer geloof aan onze rede dan aan onze zintuigen te hechten."

Kortweg: de overdenking, de redenering doet de waarneming naar behoefte wijken. De bioloog – en hij niet alleen meen ik – ziet Descartes hier als Platoons epigoon.

Ik noteer Descartes' uitspraak: "Wetenschapsbeoefening rust op twee grondwetten: *ordo* en *mensura* d.w.z. een reeks stellingen en gevolgtrekkingen in logisch verband en dit vertolkt door en verbonden met maat". Indien dit geen verloochening van zijn 'methode' inhoudt, schuift deze uitspraak de vier voorschriften toch naar de tweede plaats. En zo blijkt Descartes enerzijds een mechanistisch-materialistisch, anderzijds een idealistisch-deïstisch denker te zijn geweest en mede door dit dualisme had hij op wezenlijk verschillende richtingen in de filosofie invloed. Over biologische vragen schreef hij veel, maar zijn opvattingen stoelen dan op de meningen van Griekse wijsgeeren uit de Oudheid. Zijn invloed op de voortgang van de biologie was niettemin groot, niet wgens zijn biologische verhandelingen (VI.16), maar vooral door zijn 'methode'.

In de tweede helft van de 17e eeuw vragen nog drie filosoof-natuuronderzoekers aandacht: Boyle, een Ier, Spinoza, een Nederlander en Newton, een Engelsman.

Robert Boyle (1627, Lismore Castle – 1691, Londen) wordt niet alleen de grondlegger van de nieuwe natuur- en scheikunde na de Renaissance, maar brengt deze natuurwetenschappen volop in de belangstelling door een reeks van uitstekende experimenten over sterk verschillende onderwerpen. Materie bestaat uit onzichtbaar kleine deeltjes die in verschillende hoeveelheden aanwezig zijn, verzekert hij.

Door aan te tonen dat lucht zowel voor verbranding als ademhaling onontbeerlijk is en uit een mengsel van gassen bestaat, komt hij op het terrein van de biologie.

Die wetenschap wil hij streng aan de wetten van de wiskunde onderwerpen (meten, mechanistische structuren), ook al omdat God bij de schepping alle materie met straffe wetmatigheden heeft toegerust. Wel openbaart Gods plan zich door teleologie, d.w.z. het harmonieus functioneren van al wat leeft. Een organisme streeft echter niet zelf naar hogere vervolmaking, geen *causa finalis*.

Boyles opvattingen passen bij die van Galilei, Bacon en Descartes en evenals de laatste gebruikte hij het voorbeeld van een uurwerk om zijn inzichten te verduidelijken. De smaak voor dat beeld moet wel geweten worden aan Huygens' opzienbare vinding van het slingeruurwerk in 1657.

Laat ons een torenklok beschouwen. De klokkenmaker bracht de doelmatigheid van zo'n uurwerk tot stand. Het mechanisme toont die doelmatigheid uit eigen kracht, maar kan zichzelf geen doel stellen. Wij mensen zien de wijzerplaat en niets meer dan dat, betoogde Boyle.

Een fraai voorbeeld dat de wijsgeer kan behagen maar dat de bioloog en dus ook de anatoom van de 17e eeuw niet weerhoudt van het gedetailleerde inwendige onderzoek van dieren. Na de Renaissance willen de anatomen de bouw van het uurwerk (vorm en grootte van radertjes en plaats van assen) leren kennen. Degenen met fysiologische belangstelling, in het bezit geraakt van een kennis van het inwendige, wensen de functie van de onderdelen en van het geheel nauwkeurig te weten, hoe dit alles elkaar beïnvloedt, stuurt of tegenhoudt, hoe dit alles 'beweegt'.

Over biologie publiceerde Boyle in 1666 een artikel betreffende het conserveren van dierlijk materiaal. Anatomie zou zeer veel beter bedreven kunnen worden als de objecten niet of minder aan bederf onderhevig waren. Hij schreef: *A Way of Preserving Birds Taken out of the Egge, and Other Small Faetus's*. Het is een verslag over het bewaren van kuiken- en herteëmbryo's (Boyle kende Harvey) in 'spirit of wine' waar nog een 'sal armoriack' aan kon worden toegevoegd. Waarschijnlijk was dat 'sal' ammoniumsulfide. Ook laten dierlijke organen zich beter onderzoeken als zij tevoren gehard zijn in een distillaat van azijn. Boyles voorschriften maken deel uit van de 17e-eeuwse literatuur over het weren van bederf. De techniek van prepareren en conserveren komt hierna nog kort aan de orde (V.26).

Needham (1934, p. 154-156) legde nadruk op een passage in *Sceptical Chymist*, die aansluit bij dit zoeken naar receptuur.

Boyle vroeg zich in dat standaardwerk af (1661) hoe het mengsel (mixture) waaruit een embryo ontstaat, kon zijn samengesteld. Hoeveel zout, hoeveel zwavel, hoeveel kwik (zie Paracelsus) is nodig om een kuiken of een pompoen te maken? Hoe vormen de zaadkrachten water tot allerlei planten, zoals munt, pompoen, groenten, elk met de eigen vorm en eigenschappen die voor ieder kenmerkend zijn? Hoe vormen zich de *tria prima* (de drie eerst aanwezige en edelste organen: hart, lever en hersenen) in die aanvankelijk ongedifferentieerde substantie?

Aristoteles' causa's blijken nu ontoereikend. De nieuwe materialistische vraagstelling eist een ander antwoord. Dat gaf Newton.

Isaac Newton (1642, Woolsthorpe, Lincolnshire – 1727, Kensington, Middlesex) kiest het door de natuur gegevene als ankerplaats. Wetten laten zich vaststellen langs empirische weg, proefondervindelijk. Een zekere overeenstemming met Descartes' Méthode valt niet te ontkennen, maar Newton wijst zijn conclusies af. Descartes denkt meermalen en over hoofdzaken deductief, a prioristisch, en het is noodzakelijk die valstrik te vermijden. In 1692 concludeerde Newton dat een zuiver empirisch natuuronderzoek tot deïsme moet leiden. Er is een universele 'doel-oorzaak', God, die de macroen de microkosmos doelmatig georganiseerd teweegbracht en ordende.

Daarom vermoedt Newton een zekere eenheid, een bouwplan dat ten grondslag ligt aan de lichaamsbouw van alle dieren (*uniformitas illa quae est in corporibus animalium*) en tengevolge daarvan bevinden zich alle organen in vrijwel alle dieren op overeenkomstige plaatsen (*similiter posita omnia in omnibus fere animalibus*).

Dit biologische principe wordt op enige afstand metafysisch gesteund door Newtons tijdgenoot, Baruch de Spinoza (1632, Amsterdam – 1677, Londen), een Nederlandse filosoof, die verklaarde: 'Het is het streven van de natuur om de mensen gelijkvormig te maken zoals kinderen van dezelfde moeder.'

Spinoza leerde dat het zuiver rationele denken de hoogste graad van menselijk inzicht verschafft en zicht op de aanwezigheid van een wezen dat door zichzelf en in zichzelf genoeg is (volkomen is) en oneindig is: 'God'. Hij is de voortbrenger van de natuur, de

natura naturans. De voor de mens te ervaren werkelijkheid is de *natura naturata*. Spinoza's filosofie is van grote invloed op de wijsbegeerte van de 17e en 18e eeuw geweest en had daardoor invloed op de ontwikkeling van de theoretische biologie al heeft hij zich niet met enig proefondervindelijk biologisch onderzoek bezig gehouden. Zijn standpunten voegen zich niet binnen een materialisme of een deïsme; zij bestaan uit verschillende elementen. Maar vele passen goed bij die van Newton.

Axioma's verklaarde Newton – en zijn gedachten reiken nu verder dan die van Galilei, Descartes en de overige rationele empirici die de deductief-mathematische methode volgen – zijn niet a priori, dat wil zeggen: absoluut en kenbaar voor de rede. Axioma's worden a posteriori ontdekt.

Deze visie – de inductief-empirische, die in de praktijk van het natuuronderzoek de deductief-mathematische aanvulde – zou in de 18e eeuw in allerlei vormen de bovenaan gaan voeren en weerkaatst worden in allerlei aspecten van de theoretische biologie. Newtons natuurwetenschappelijke werk verdraagt zich goed met veel van Bacons opvattingen. Zijn klassieke werken over wiskunde, zwaartekracht en optiek behoeven ons hier niet bezig te houden; zij zijn overigens welbekend. Newtons uitspraak, kort voor zijn dood, die Hooykaas in zijn geschiedenis der natuurwetenschappen citeerde, mag zeker niet ontbreken in een samenvatting van de geschiedenis der biologie:

“Ik weet niet wat ik voor de wereld schijnen moge, maar voor mijzelf lijkt ik slechts een kind geweest te zijn dat aan het strand der zee speelde en zich vermaakte met nu en dan een gladdere steen of een mooiere schelp te vinden dan gewoonlijk, terwijl de grote Oceaan der wereld ondoorgrond voor mij lag”.

In minder dan een eeuw verschaalde Galilei's durf (wiskunde zal vroeg of laat elke vraag beantwoorden), die Bacon niet vermocht te schragen. Die verzeilde in een idolarium dat de wiskunde, een menselijk bedrijf, in troebel water brengt. Descartes erkende ronduit dat de wiskunde en de mechanica wel heersen over de levende natuur maar hun macht eindigt bij de grens van het rijk van de ziel en de ethiek. Newton verklaarde kalm en zonder omwegen dat wiskunde naar God leidt en dat de diepten van de werelddocean voor de mens ontoegankelijk blijven. Spinoza zou het zo krachtig niet willen zeggen maar ontkent het niet.

In brede trekken heb ik de 17e-eeuwse metafysica geschetst voor zover deze voor de biologie in het algemeen en voor de anatomie in het bijzonder van invloed is geweest. In de navolgende paragrafen behoren een aantal 17e-eeuwse anatomen besproken te worden die tot dusverre geen aandacht ontvingen.

Talrijke anatomen onderzochten de bouw van dieren en planten. Verbazend veel vormen en functies kwamen aan het licht, zowel door bekwaamheid en toewijding van de onderzoekers als door verbeterd technisch kunnen. De anatomie ontplooidde zich meer en meer en bevrijdde zich gaandeweg van onhoudbaar gebleken standpunten uit vroeger tijden. Wezenlijke groei had plaats in de 18e eeuw en zette zich in de 19e eeuw voort (VII), zij het in een gewijzigd samengaan met andere diciplines. De 17e-eeuwse anatomie concentreerde zich in zes Europese landen; ik stel een volgorde voor. Italië (het scheiden van de markt, V.23), Engeland, Harvey (V.19) en daarna (V.24,25), Nederland (naar verhouding een gelijkwaardige partner, V.26, 27, 28), Duitsland (een trage aanloop, V.29), Denemarken (een snel vergane bloei, V.30) en Frankrijk (de aanzet voor de glorie van de 18e eeuw, V.31).

Verenigingen die zich op de natuurwetenschappen toelagden vormden zich; in zover-

re zij voor de biologie van belang waren volgt nu eerst een overzicht waarvoor ik vele gegevens aan Ornstein (1938) dank.

22. Geleerde genootschappen

De 17e eeuw bemint het experiment, vereert het, onderwerpt zich met enthousiasme aan zijn besluiten. Het is het middel om de natuur te leren kennen. De mens heeft zich van de wereldheerschappij meester gemaakt en zal de dode en de levende natuur naar zijn hand kunnen zetten mits hij zijn bevindingen verkregen uit onophoudelijk experimenteren benut.

Natuurkunde, sterrenkunde, scheikunde en wiskunde ontwikkelen zich met verbaazingwekkende resultaten. Biologie bleef in de eerste helft van de eeuw achter maar herstelde zich in de tweede. Het werk van een aantal grote biologen maakte de wetenschap van de levende stof weer tenminste de gelijke van de wetenschap over de dode, gemeten naar het aantal en de betekenis van de nieuwe vondsten en theoretische gevolgtrekkingen. Tegelijkertijd werden de traditionele nauwe bindingen met medicijnen en farmacologie losser: een groeiende autonomie van de biologie maakte zich kenbaar.

Het doel van de anatomie was niet uitsluitend meer tot een betere kennis van de inwendige bouw van de mens te geraken, maar werd ook een tak van onderzoek bij een studie van dieren onderling. Nieuwe hulpmiddelen en instrumenten kwamen ter beschikking: de microscoop, conserveringsmethoden, injectietechnieken, nauwkeuriger werkende meetapparatuur. Een bundeling van alle ter beschikking gekomen mogelijkheden beloofde de oplossing van elke natuurwetenschappelijke vraag. Dan behoorde men eendrachtig te werk te gaan. Er was een behoefte aan verenigingen, centra waar men te zamen onderzocht, proeven deed, resultaten besprak, van elkaar vernam welke resultaten elders bereikt waren. Gezamenlijk konden instrumenten worden aangeschaft en gebruikt worden die een privé-onderzoeker gewoonlijk niet betalen kon.

Kenmerkend voor de geleerde genootschappen was een alzijdige leergierigheid, een alles willen weten over de gehele natuur, erfenis van de Renaissance. De toelag was echter sinds de 15e en 16e eeuw gewijzigd. Oorspronkelijk was wetenschap terwille van wetenschap het devies, nu werd met nadruk gevraagd om proefondervindelijk te zoeken naar wat van voordeel voor de mens zou kunnen zijn, zijn welstand zou verhogen, zijn gezondheid verbeteren en zijn macht zou vergroten. Het bloed kruipt waar het niet gaan kan: de geestdrift waarmee de Royal Society vernam van de ringen rond Saturnus was wel niet te wijten aan enig profijt dat men van Galilei's astronomische ontdekkingen verwachtte. In 1686 kreeg de Franse Académie nog eens precies te horen dat de koning niet gebaat was met een '*recherche curieuse ce qui n'est qu'une pure curiosité ou qu'est pour ainsi dire un amusement des chimistes*'. Men verwachtte een '*recherche utile, celle qui peut avoir rapport au service du Roi et de l'Etat*.'

Francis Bacon had welsprekend en meeslepend Europa overtuigd dat de mens in staat is de raadselen van de wereld onder, naast en boven hem te ontsluiten. Allen te zamen experimenteren, kritisch en behoedzaam, met grote precisie, en denken na over de uitkomsten, discussiëren. Iedereen kan meehelpen. Wetenschap wordt de Europese mode, proefnemingen een geliefde tijdpassering. In 1624 verscheen een 'wiskundige gemakelijkheid samengesteld uit vele amusante en geestige vraagstukken terzake van de rekenkunde, landmeetkunde, optica en andere delen van die schone wetenschappen.'

Een jaar later was het boek zeventien maal herdrukt en vervolgens verschenen behalve Duitse en Franse bewerkingen nog zes Nederlandse en vier Engelse vertalingen. Biologie of natuurlijke historie maakte geen deel uit van de vermakelijkheid en dit detail wijst de voorkeur van de publieke belangstelling aan. Toch bleven de openbare ontledingen drommen toeschouwers trekken.

De ontwikkeling van de cultuur in het Westen na de Renaissance is aanleiding dat vele literaire groeperingen aan de natuurwetenschappelijke vooraf gaan en ook dat de vroegste verenigingen zich in Italië vormen.

Een eerste begin had te Napels plaats waar Porta (Giambattista della Porta; IV.30) een aantal vrienden bij zich thuis ontving om zich in de studie van de natuur te verdiepen. Zij noemden zich Nieuwsgierige Mensen en vormden een groep met Platonische achtergronden, zodat de naam *Accademia Curiosorum Hominum* gekozen werd. Men deed allerlei experimenten, bij voorkeur iets dat door toverkunst boeiender kon worden, maar de bijeenkomsten van de leden, de *Otiosi* (mensen met vrije tijd), eindigden toen Porta beschuldigd werd van het maken van 'heksezalf'. Heksezalven van allerlei samenstellingen waren in omloop. Ingrediënten als sap van *Hyoscyamus* en andere *Solanaceae* die door de huid de bloedbaan binnendringen en hallucinaties veroorzaken waren welbekend en een vermoeden dat Porta zich daarvoor interesseerde heeft reden van bestaan.

In dezelfde periode floreerde aan het hof van Cosimo de Medici in Florence een genootschap (de De Medici bevorderden de studie van de levende natuur) en ook bestond in Padua rond 1560 een *Accademia secretorum naturae*. Resultaten voor de natuurwetenschappen hebben deze eerstelingen niet opgeleverd. Wel trekt de aandacht dat biologische belangstelling de voornaamste drijfveer was. Dit zette zich voort in de *Accademia dei Lincei* die in Rome hetzij in 1590 hetzij in 1600 werd opgericht. Biologisch onderzoek was het doel, met behulp van de microscoop en daar duidt de naam op. De lynx is het dier met de onovertroffen scherpe blik.

Hertog Federigo Cesi (1585-1630, een vriend van Galilei) was een der oprichters. Hij had een botanische tuin en hield zich vooral bezig met het leven van de bijen en met zijn planten. Hij tekende varenprothallia en noemde die 'zaden', dezelfde wijze van interpretatie als die van Harvey bij de definitie van 'ei' (V.19).

De Lincei vonden waardering. Nieuwe leden traden toe, zo bijvoorbeeld Porta en Fabio Colonna, de plantkundige, maar geestelijken werden niet toegelaten. Zij behoorden tot een andere wereld dan die welke de *Accademia* bestudeerde. De leden schreven elkaar over hun bevindingen in een geheimschrift. Een en ander wekte verdenking bij de overheid. Zij zouden wel eens gifmengers of tovenaars kunnen zijn. De zittingen werden onderbroken maar na enige jaren weer hervat. Galilei werd lid in 1609 en schreef enthousiast over insecten die op glas en ook nog ondersteboven konden lopen. Een verdienstelijk lid was Francesco Stelluti (1577-1646 (1653?)) die de microscoop hanteerde en de bijenanatomie onderzocht. In 1625 publiceerde hij *Stellutus Lynceus Fabrianensis Microscopio Observavit*, een bijenanatomie met fraaie afbeeldingen, die vervolgens als een hoofdstuk opgenomen werd in *Apiarium*, het bijenboek van Cesi dat in 1626 van de pers kwam.

In 1612 verklaarde de *Accademia* in *Lynceographia* een vereniging te zijn die ijverig en ernstig studieterreinen wilde bewerken die tot dusverre weinig aandacht hadden gekregen. Niet alleen zou men kennis en wijsheid moeten verwerven door te studeren en rechtschapen en vroom te leven, maar in woord en geschrift ook andere mensen hierbij

moeten betrekken.

De wetenschap wilde men beoefenen in kloosterlijke gemeenschappen, die vrij van de Kerk zouden zijn en in alle vier windstreken ingericht alle nodige voorzieningen moesten bieden, door een museum, een bibliotheek, een drukkerij, optische instrumenten en andere werktuigen, botanische tuinen en laboratoria. Elke waarneming en elke ontdekking moest onverwijld aan het moederhuis en aan alle zusterinstituten meege-deeld worden. Doel was de natuurstudie en een smetteloze samenleving.

Dit model volgen alle geleerde genootschappen van de 17e eeuw. Het loont de moeite de doelstelling van de Arabische Ware Broeders uit de 11e eeuw hiermee te vergelijken.

De werkrapporten verschenen als *Gesta Lynceorum*, de vroegste biologische publikaties van een groep geleerden (sinds 1609). Buitendien ondersteunde de Accademia de publikatie van belangrijk werk, bijvoorbeeld dat van Galilei en de *Thesaurus Mexicanus* van Hernandez (IV.28). Het woord 'microscop' stamt van de Accademia. Een zekere Johannes Faber (1574-1629) zou het woord bedacht hebben (in 1625), naar Francesco Stelluti's boektitel te oordelen (zie boven). Cesi's dood (in 1630) en de breidel die de Kerk Galilei oplegde waren oorzaken voor het verkwijnen van de *Accademia dei Lyncei*.

Galilei's leerlingen namen het initiatief voor de oprichting van een nieuwe Accademia en natuurlijk kreeg nu de studie van de dode natuur voorrang. Het werd de *Accademia del Cimento* (Experimenteergenootschap). Twee De Medici stelden de Accademia in en zorgden voor de nodige fondsen, groothertog Ferdinand II en Leopold. Overigens hadden de twee oprichters juist een grote belangstelling voor de levende natuur. Leopold experimenteerde met broedmachines op voorbeeld van de Egyptenaren die deze methode bedacht hadden. Ferdinand bestudeerde slangegif (een stof die in de familie meermalen aandacht kreeg), de giftigheid van tabak en met behulp van de microscoop azijnaaltjes. Zo begon in 1657 de Accademia met zijn activiteiten die tot 1667 voortduurden.

Borelli werkte over astronomie, fysica en fysiologie; hij was de bioloog die wiskunde allereerst bij zijn studies betrok (VI.17). Hij was een onverdraagzaam man, die met zijn collega's voortdurend overhoop lag, maar ook een bekwame, nooit versagende geleerde, een sieraad voor de Accademia. Hier bleef het niet bij. Francesco Redi (VI.19), hofarts van de De Medici, stichter van de Medische School in Florence, werkte met Steno samen als lid en dus met de faciliteiten van de Accademia. Steno's uitmuntende anatomisch-fysiologische werk komt nog ter sprake (V.30). Zijn waarnemingen in Italië leverden *De Solida inter Solidum* op (Over Voorwerpen tussen Voorwerpen) dat in 1669 verscheen. Hij betoogde dat de aardkorst uit evenwijdige lagen bestaat en dat tussen de lagen resten van organismen (fossielen) bewaard zijn gebleven. De betekenis van deze vondst werd niet begrepen en de verhandeling vergeten totdat hij in 1831 hervonden werd, in de periode waarin vragen over de evolutie zich meer en meer op-drongen.

Niettemin raakte de biologie binnen de Accademia allengs op de achtergrond. De zinspreuk was *probando et reprobando*, hetgeen wil zeggen dat men proefondervindelijk te werk moet gaan en elk onderzoek zo veel mogelijk moet herhalen om grotere zekerheid te verkrijgen. Talrijke proeven over natuurkunde, optica en astronomie legden een basis voor de moderne beoefening van die wetenschappen, vooral omdat met grote nadruk gestreefd werd naar precisie, nauwkeurige metingen van gewicht, temperatuur, vochtigheid en tijd (slingerproeven). Na edities in het Italiaans, Frans en Latijn

verscheen het meest complete verslag door toedoen van Tozzetti in 1780 onder de naam *Atti e Memoriae del Accademia del Cimento*. Zij bevatten enige biologische kleinigheden over slangen, kikkers, vissen en wormen.

In Engeland ontstonden geleerde genootschappen om dezelfde redenen en op dezelfde manier als in Italië. Zij waren nodig en particulier initiatief bracht hen tot stand waarna gezagsdragers de leiding in handen namen.

Sinds 1646 hadden in Oxford zowel ten huize van Robert Boyle als elders (met medewerking van de universiteit) bijeenkomsten plaats van geleerden die wilden experimenteren (Boyle ontwikkelde zijn fameuze gaswet met apparatuur die aan de trapleuning was bevestigd) en gedachten daarover wilden uitwisselen. Boyle noemde de groep *The Invisible College*, een naam die – kan men denken – een zinspeling is op de slechte toestand in Engeland. Geleerden hadden dikwijls goede redenen om niet veel aandacht te willen trekken.

Experimenten waren, iederen wist dat in de 17e eeuw, de sleutel tot geestelijke en ook vooral materiële welvaart. Bacon maakte hen tot bouwstenen van het 'Huis van Salomo', de titel voor een utopie. Hij beschreef in detail een gemeenschapshuis voor geleerden met kelders, torens, laboratoria voor geluid-, licht- en geuronderzoek, badinrichtingen, apotheken, bakkerijen, weverijen, industrieën en botanische tuinen, lusthoven, vijvers en bronnen als naaste omgeving.

Bacon raakt in vervoering en wil in bijzondere laboratoria alle toverkunsten, elke vorm van bedrog ontmaskeren. Daar voegt hij aan toe dat leden van de gemeenschap (twaalf, evenveel als de apostelen) expedities naar verre landen zullen ondernemen maar incognito zullen reizen. Zij zullen voorwenden een andere nationaliteit te bezitten dan hun eigen (Engelse); zij moeten van overal de boeken en experimenteermethoden meenemen en naar het Huis van Salomo brengen. Bacon heeft als het voor het goede doel is, toch geen bezwaar tegen bedrog.

Heilstaten zijn in allerlei kleur en klasse sinds Platoon aan de mensheid gepresenteerd. Bacons Huis van Salomo heeft de architectuur van talrijke 16e- en 17e-eeuwse heilsbeloften. Een analytische vergelijking met het *Thelème* van Rabelais, met *More's Utopia* en de veel minder bekende Republiek Christianapolis (door Valentin Andraea, uit 1619) zal een leerzame bezigheid zijn. De ratio en de vergaarde kennis staan bij Bacon centraal en zullen wijsheid en welvaart scheppen, voor de bewoners van het Huis van Salomo eerst en daarmee verbonden de hele wereld, een Nieuw Atlantis (New Atlantis, 1624).

Bacons fantasie werd, gesteund door het Italiaanse voorbeeld, de aanzet en richtlijn voor de oprichting van de Royal Society of London. Weliswaar vormde het budget van het Huis van Salomo geen knelpunt maar voor de Royal Society werd geldgebrek een blijvende kwaal.

Reeds in 1660 begon het overleg om een samenleving van wetenschappelijk geïnteresseerde amateurs tot stand te brengen die over de gebouwen en voorzieningen zou kunnen beschikken nodig voor vele takken van natuuronderzoek. In 1662 kwam de Royal Society tot stand. De Koning keurde het Statuut goed. Het toont duidelijk de nauwe verwantschap met Bacons plannen. Zijn doelstelling voor het Huis van Salomo was het veroveren van kennis over *causa's* en onontdekte wetmatigheden om zo de grenzen van het Imperium der Mensen te verwijden (*bounds of Human Empire*). Het Statuut van de Royal Society begint met de aankondiging dat de koning niet alleen de grenzen van het imperium wil verwijden (*boundaries of Empire*) maar ook die van de

kunsten en wetenschappen.

Het blijkt verder dat de Royal Society bedoeld is om de kunsten en wetenschappen wereldwijd vooraan te plaatsen onder de Britse vlag. Met die richtlijn was de biologie in hoge mate gediend, want het opende een weg voor de Italiaan Malpighi en de Nederlander Van Leeuwenhoek voor de publikatie van hun ontdekkingen die alle vakgenoten onder ogen kregen.

De Koning benoemde 22 bestuursleden waarvan maar weinige enige relatie met biologisch onderzoek hadden: Robert Boyle, George Ent en Christopher Wren. De Society kon drukkers en tekenaars aanstellen, had het recht de lijken van geëxecuteerde misdadigers op te eisen, in ontvangst te nemen en te ontleden. Men mocht met vreemdelingen en buitenlanders wetenschappelijke informatie uitwisselen. Het werk van latere leden, John Ray (sinds 1667), Malpighi (1668), Grew (1671) en Van Leeuwenhoek (1679) komt nog aan de orde.

Objectief experimenteren was hoofdzaak. De Royal Society zou zich niet verlaten op enigerlei hypothese, systeem of leer betreffende de grondslagen der natuurstudie van enige filosoof, uit de Oudheid of modern, noch een verschijnsel, wat het moge zijn, verklaren met een beroep op de traditionele causa's (omdat het verschijnsel niet verklaarbaar zou zijn als een gevolg van warmte, koude, gewicht, vorm en dergelijke). Slechts na rijpelijk beraad en met inachtneming van alle meningen en na de vereiste en doelmatige proefnemingen zullen conclusies getrokken worden vrij van alle vooroordeel.

Hoe inspirerend deze voorschriften ook waren, zij beletten de president van de Society niet om een artikel in 1662 te schrijven over de 'barnacles' die hij in Schotland zag, eendemossels die in trossen aan de bomen hingen en die kleine, volmaakt gevormde vogeltjes bleken te bevatten. Maar, merkt de auteur op, hij heeft zo'n vogeltje nergens levend gezien. In een ander artikel staat het bericht dat uit poeder van lever en longen van adders jonge addertjes ontstonden. *Generatio spontanea* kwam niet ter discussie, want dit bleef een voldongen feit ook al hadden Redi en Steno in de Accademia del Cimento een geduchte klap aan dat vooroordeel toegebracht.

Men bewaarde en gebruikte instrumenten en belangwekkende voorwerpen. Vooral de natuurlijke historie leverde materiaal voor een rariteitenkabinet een 'Musaeum', dat o.m. een struisvogel bevatte, die steeds levende jongen ter wereld had gebracht tijdens zijn leven. Er was een plantje dat in de maag van een zanglijster groeide en de gelooide huid van een Noordafrikaan met witte baard en haren.

Robert Hooke die in 1663 Curator van de Society werd ontwikkelde met steun van vele leden de microscopie met zoveel succes dat hij opdracht kreeg op elke vergadering een microscopisch preparaat te demonstreren.

Een fysisch-biologisch experiment onder Hooke's leiding genomen bestond uit het leegpompen van een lucht bevattende klok waar nu eens een hond dan weer slangen in waren. Hooke liet hen om beurten bezwijmen door ademnood en weer herleven na het toelaten van lucht. Ontstond nu lucht door verbranding of werd hij, juist andersom, verbruikt? Boyle liet zien dat een kaars doofde en een dier stierf als de lucht weggepompt was. Men plaatste vervolgens gloeiende kool en een dier gelijktijdig in een luchtledig. Het vuur doofde terwijl het dier stierf. Men kon er voorlopig geen duidelijke verklaring voor vinden.

Het gelukte mij evenmin te verklaren waarom het goede antwoord dat John Mayow (1643, Londen - 1679, Londen) gaf door de Royal Society volkomen over het hoofd

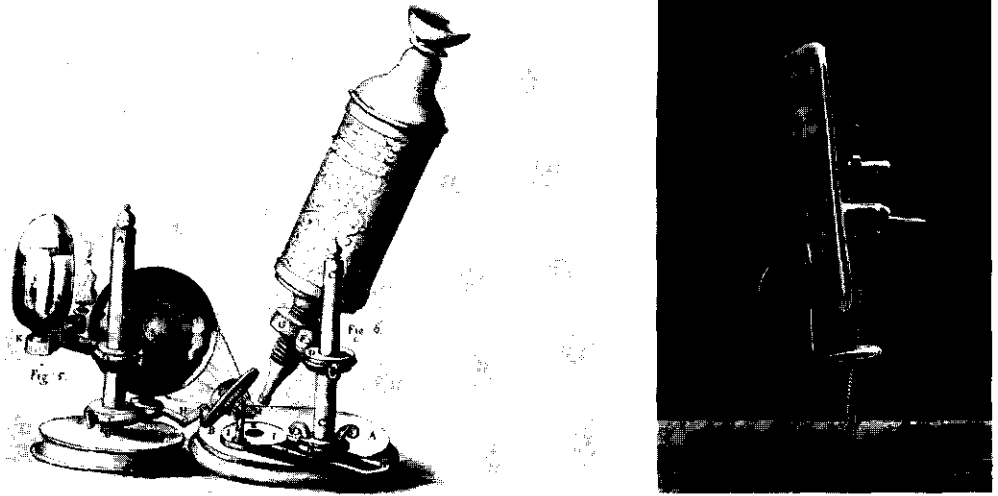


Fig. 32. Links: Een microscoop van Robert Hooke. Het licht van het olielampje (K) wordt door een glazen bol met water gebundeld en valt tenslotte, na doorgang van een bolle lens ('brandglas'), op het voorwerpje. M. Hooke demonstreerde microscopische preparaten voor de leden van de Royal Society in Londen. (Uit *Micrographia*, 1665; Museum Boerhaave, Leiden.) Rechts: Een microscoop van Antoni van Leeuwenhoek. Waarneming door het gaatje (met lensje) van een preparaat dat op het topje van het verticale, draaibare staafje bevestigd werd. (Museum Boerhaave, Leiden). Van Leeuwenhoek legateeerde zijn microscopencollectie grotendeels aan de Royal Society in Londen uit erkentelijkheid voor het publiceren van zijn briefverslagen, zodat slechts weinig van zijn apparatuur in Nederland is achtergebleven.



Fig. 33. Een vroeg-17e-eeuws naturaliënkabinet van de Italiaanse natuurliefhebber Imperato Ferrante. (Uit Porta, *Della Magia Naturale*, herdruk 1970.)

gezien werd. Mayow was arts en praktizeerde in Oxford, waar Boyle meermalen aanwezig en werkzaam was. Mayow deed dezelfde proef en publiceerde in 1668 zijn bevindingen. Een damp ('nitro-aerial') in de lucht is zowel voor vuur als voor het ademen van een dier onontbeerlijk. In 1790 kwam zijn verhandeling weer op tafel, in de jaren dat zuurstof ontdekt werd. Mayow stierf al op vijfendertigjarige leeftijd, maar niet voordat hij de chemisch-fysiologische grondslagen voor embryologische studies had ontwikkeld. Een jaar voor zijn dood werd hij lid van de Royal Society of London (zie VI.13).

Bloedtransfusies tussen twee grote honden en vervolgens tussen een schaap en een hond slaagden. Uit Parijs komt het bericht dat de Académie aldaar een jongen en een man met het bloed van lammeren had laten inspuiten, met gunstige gevolgen voor de mensen. Dat wil men ook in de Royal Society beproeven. George Ent stelt voor het op een krankzinnige die in het stadshospitaal verpleegd wordt te proberen, maar de directeur maakt bezwaren. Een arme student meldt zich aan en stelt zich tegen betaling van een guinea als proefkonijn beschikbaar. Op 23 november 1667 spoot men hem een hoeveelheid schapebloed in een ader terwijl evenveel bloed werd afgetapt. Op 12 december werd in een openbare zitting de proef herhaald. Op de vraag waarom men schapebloed had gekozen antwoordde de uitvoerende arts (die naar verluidt opvallend bekwaam tewerk ging) dat schapebloed als het ware een symbolische overeenkomst had met het bloed van Christus, omdat Christus immers het Lam Gods is. Britse humor schijnt het mij toe, want in feite volgde men het Franse voorbeeld en bovendien is het schaap Brits symbool van een juiste voeding (vgl. aderlijk = voedend bloed).

Een experiment met dodelijke afloop te Parijs had in Frankrijk een verbod ten gevolge, dat door Engeland werd overgenomen.

Uit de 17e-eeuwse historie van de Royal Society noteer ik nog hoezeer de publikatie van biologisch belangrijke uitkomsten bevorderd werd. Christopher Wren (1631-1723), bestuurslid van het eerste uur, een van de grootste architecten van Engeland, was sterk geïnteresseerd in allerlei takken van kunst en wetenschap. Hij had een gelijkgezinde collega in Frankrijk, Cl. Perrault, die wij later zullen ontmoeten. Wren was een goede anatoom, die de illustraties maakte voor Th. Willis' boek over hersenanatomie (V.25).

Brieven en berichten uit het buitenland kwamen binnen en werden ter vergadering voorgelezen. Een wetenschappelijk tijdschrift begon op 6 maart 1665 te verschijnen: The Philosophical Transactions, een nimmer overtroffen reeks die voortduurt. Oorspronkelijk werd een maandblad bedoeld maar dit bleek niet uitvoerbaar.

De Royal Society publiceerde Hooke's *Micrographia* en gaf meer dan zijn laatste cent uit om in 1667 F. Willoughby's *History of the Fishes* uit te geven (verzorgd door J. Ray). Uit Messina, waar Malpighi hoogleraar was, kwam een verhandeling over de zijderups, die men liet drukken. In de loop van 50 jaar zond Van Leeuwenhoek 375 brieven en artikels naar de Royal Society en daarom bevatten de Philosophical Transactions zijn ontdekking van de rode bloedlichaampjes, van de *animalcula* en honderd andere nieuwe vondsten (V.28).

Te Oxford bleef het Invisible College, hervormd als The Oxford Philosophical Society, bezig o.m. met embryologisch, fysisch en anatomisch onderzoek.

Evenals Boyle een voorloper was van de Royal Society, was diens vriend Marin Mersenne (1588-1648), een monnik die zich vooral met geluidsfysica bezig hield, de voorloper van de Franse Académie des Sciences. Mersenne was een zeer goede vriend van Descartes en zijn drukke correspondentie met de geleerde wereld der natuurweten-

schappen herinnert aan die van Leibniz (VII). Mersenne steunde Galilei's werk krachtadig en bepleitte het 'Baconisme' voor zover het experimenteren betrof. Omstreeks 1640 hadden in zijn kloostercel de vergaderingen plaats waar wiskunde, astronomie en natuurkunde de agenda vormden. De eerste secretaris van de Royal Society woonde tijdens een verblijf in Parijs bijeenkomsten in Mersenne's cel bij. Op den duur vergaderde men ook elders. Ik vermoed dat de grote toeloop dit noodzakelijk maakte.

Het gezelschap had een internationaal karakter. Descartes' leerstellingen waren leidraad. In 1662 demonstreerde Steno, de Deense bioloog, een hersenontleding en kritiseerde Descartes' opvattingen bij die gelegenheid genadeloos, hetgeen vermoedelijk tot levendige discussies aanleiding gaf en misschien heeft bijgedragen tot de keuze van leden voor de samenstelling van de Académie. In diezelfde periode probeerde men bloedtransfusies; zij kwamen al ter sprake.

Minister Colbert vestigde de aandacht van Lodewijk XIV op de activiteiten van Mersenne's groep en op de wetenschappelijke ontwikkelingen in Engeland met het gevolg dat de koning hier niet in gebreke wilde blijven bij zijn streven Frankrijk de eerste plaats in de wereld te laten bezetten. Literaire groeperingen waren in Frankrijk, net zoals in Italië, reeds jaren erkende verenigingen. Op koninklijk initiatief was in 1653 de Académie Française ingesteld. In 1666 werd de Académie des Sciences door Lodewijk XIV in het leven geroepen, het evenbeeld van de Royal Society in zijn oogmerken maar verschillend in praktijk. Lidmaatschap van de Académie gaf recht op een salaris en een pensioen. De staatskas verschaftte de gelden benodigd voor instrumenten, laboratoria en, later, expedities ter verkenning van de aardbol.

Om te beginnen benoemde Colbert 21 leden – gelijk aan de Royal Society – en de biologie was een weinig beter vertegenwoordigd dan in Engeland aanvankelijk het geval was: drie anatomen en een plantkundige. Naar de reden voor de afwezigheid van aanhangers van Descartes en van geestelijken kan men gissen.

Om plagiaat te voorkomen waren de zittingen niet openbaar. Gezamenlijk werd telkens een experiment gekozen dat vervolgens voorbereid en gezamenlijk uitgevoerd werd.

Cl. Perrault, architect (V.31), legde de nadruk op de anatomie, de structuur der dieren en behartigde de biologie in de Académie met groot enthousiasme en door zijn meesterlijke ontleding waarbij hij met Pecquet (V.31) samenwerkte. De anatomie van de mens kreeg volop aandacht, vooral de bouw van zintuigen. Drie zittingen van de Académie werden gewijd aan de ontleding van een olifantenslurf door Perrault. Mariotte (VI.18), de veelzijdige geleerde (wiskunde, astronomie, fysiologie), ontdekte de blinde vlek op het netvlies.

Perrault hield zich ook met botanie bezig. Ornstein (1938, p. 150-151) aan wiens werk over de 17e-eeuwse geleerde genootschappen ik veel te danken heb, citeerde enige vragen die Perrault in academisch verband aan de orde stelde.

Ik herhaal er twee van. 'Is het waar dat een plant zichzelf uit de zouten van zijn as weer tot leven kan brengen?' en 'Brengt de aarde door eigen vruchtbaarheid planten voort zonder tussenkomst van zaden?' De vragen bewijzen dat *generatio spontanea* bij Franse Académiciens ter discussie stond.

Aan een tijdschrift was weinig behoefte. Niet alleen was de Académie weinig belust op de spreading van kennis over de gevonden feiten, maar het Journal des Sçavans dat sinds februari 1665 regelmatig verscheen en jarenlang door een Académicien geredigeerd werd, bood voldoende uitlaat naar de buitenwereld. Toch verschenen de

handelingen gedurende de periode 1666-1699 (het jaar van de reorganisatie van de Académie) in een elfdelige *Histoire de l'Académie des Sciences*. De Académie steunde ook meermalen publikaties. Met Colberts dood in 1683 verloor de Académie zijn voornaamste steun. De opvolger van Colbert, Louvois, bespoedigde het afglijden door zijn vermaning in 1686 tot de geleerden die ik al aanhaalde: nuttig zijn behoorde te inspireren en daar moest wetenschappelijk onderzoek zich naar richten. Dat voorschrift had het resultaat dat onveranderlijk overal en steeds volgt: een doven van het élan, een verlies aan vaart, aan kwaliteit, aan inspiratie. De zittingen werden steeds schaarser, steeds minder bezocht. Vele ruzies volgden, pro en anti Descartes, tussen fysiologen, fysici, wiskundigen. In 1688 moest een commissie het werk van de Académiciens gaan kwalificeren en onderzoeken of iemand plagiaat gepleegd had. Het zijn de kwade kansen van een geleerd genootschap in staatsdienst.

In de laatste jaren van de eerste periode der Académiale activiteiten traden nog drie biologen als lid toe: Alexis Litré (1658-1725), een voortreffelijke anatoom wiens werk, evenals dat van J. de Méry (1645-1722) die vooral fysiologische belangstelling had, nog nader ter sprake zal komen. Het behoort tot de 18e eeuw (VII). Het derde lid was De Tournefort (X); alle drie kregen een plaats in de tweede periode van de Académie des Sciences.

In 1699 ontving de Académie als deel van een reorganisatie een nieuw Statuut dat uitgangspunt werd voor zijn ontplooiing in de 18e eeuw. De vernieuwde Académie telde 50 leden, waaronder drie anatomen en drie plantkundigen. Geestelijken waren niet benoembaar als werkend lid, wel als erelid. Onder veel meer zou de Académie de natuurlijke historie beoefenen en briefwisseling met geleerden bevorderen. Experimenten moesten, indien mogelijk, tijdens een zitting herhaald worden en anders thuis bij de gene die over zijn bevindingen bericht had, in tegenwoordigheid van enige Académiciens. Op 29 april 1699 begon de herboren Académie zijn loopbaan, nu in het Louvre gevestigd.

De geleerde genootschappen bleven tijdens de 17e eeuw in Nederland, Duitsland en Denemarken zozeer in betekenis ten achter bij Italiaanse, Engelse en Franse, dat zij later terloops besproken kunnen worden in het afsluitend overzicht van de 17e-eeuwse anatomie in die landen (V.26,29,30).

23. *Malpighi; de microscoop*

Het nieuwe instrument dat voor de 17e-eeuwse biologen nieuwe vergezichten opende was de microscoop, die in de microkosmos dezelfde rol vervulde als in de macrokosmos de nieuw ontworpen telescoop. Galilei construeerde zijn telescoop en zijn samengestelde microscoop eigenhandig, Malpighi maakte zijn microscoop ook zelf; Van Leeuwenhoek en Hooke eveneens en zij slepen de benodigde lenzen nog bovendien.

Een doorzichtige bokaal kan als loupe dienen. Bol glas vergroot: het was sedert de Oudheid bekend. De bruikbaarheid van een lens voor biologisch onderzoek is afhankelijk van de kwaliteit van het glas en een regelmatige kromming van het lensoppervlak. Toen in de 16e eeuw het willen-zien steeds sterker werd namen de onderzoekers hun toevlucht tot glasdruppeltjes die na stolling soms goede mogelijkheden boden. Het slijpen van lenzen dat aan het slot van de 13e eeuw gelukte werd een technische vooruitgang van grote betekenis toen machinaal slijpen en polijsten werd uitgevonden.

Als eerste brillemaker geldt een Florentijn, Salvino d'Armato, die circa 1290 werkzaam was. Eerst in de 17e eeuw kwamen gebolde en goed gepolijste glaasjes die met veel grotere precisie gemaakt waren dan ooit te voren in de handel. Zonder noemenswaardige misvorming werd een tienvoudig vergroot beeld bereikt. Deze vloeieglazen of *perspicil(l)id pulicaria* (ook wel *perspicillia muscaria*, vliegeglazen) vonden vele liefhebbers die zich verlustigden in de nog nooit geziene details van allerlei voorwerpjes, levend of dood. De lenzen werden ook *perspectiva*, *specilla ocularia*, *perspilli* en *microscopia ludicra* (speelmicroscoop) genoemd. Van Leeuwenhoek bedacht de Hollandse naam 'vergroterend glas' of 'vergroterglas'.

De gedachte om de werking van een lens te versterken door een tweede lens er bij te plaatsen had Roger Bacon al gedetailleerd geuit, maar pas aan het eind van de 16e eeuw (ca. 1590), gelukte het instrumenten met die voorziening te maken waarmee gewerkt kon worden. C.J. Drebbel (1572-1633) en Hans en Zacharias Janssen (1580-16??), brillesslijpers te Middelburg, slaagden er tussen 1620 en 1630 in goed hanteerbare microscopen te vervaardigen.

In de tweede helft van de 17e eeuw verwierven Eustachio Divini en Campani in Italië een reputatie als microscoopbouwers. De enkelvoudige microscoop die vergrotingen tot 160 maal of zelfs nog wat meer toeliet gaf zijn terrein niet zonder slag of stoot prijs. N. Hartsoeker verbeterde (in Nederland) nog in 1694 de enkelvoudige microscoop, Wilson en Culpeper (in Engeland) respectievelijk in 1702 en 1720. Van Leeuwenhoek (V.28) is waarschijnlijk de meest verdienstelijke lenzenslijper voor de enkelvoudige microscoop geweest die ooit leefde. Omstreeks 1840 waren de enkelvoudige microscopen geheel door de samengestelde verdrongen nadat deze laatste in de 18e eeuw aanmerkelijk waren verbeterd.

Meermalen bepleitte men met vele argumenten en na veel geduldig onderzoek prioriteiten voor personen of plaatsen waar verbeteringen van de microscoop het eerst tot stand zouden zijn gekomen. Het schijnt mij van weinig betekenis te zijn wie een jaar of wat eerder of later een handgreep bedacht of uitvoerde. Veel interessanter is het op te merken dat Frankrijk in de ontwikkeling van de microscopie als terrein van biologisch onderzoek achterbleef en Franse biologen meermalen zelfs traag of met tegenzin de microscoop benutten. In de loop van de 18e eeuw zullen Franse microscoperende biologen echter tot de besten gaan behoren. In Italië begreep Malpighi dadelijk welke ongekende velden van onderzoek de microscoop ontsloot en hij hanteerde hem voorbeeldig.

Marcello Malpighi (1628, Crevalcuore nabij Bologna – 1694, Rome) doceerde als hoogleraar in Bologna (1656, 1659-1661, 1666-1691), Pisa (1656-1659) en Messina (1662-1666). In Pisa werkte hij met Borelli samen. In zijn laatste jaren (1691-1694) was hij lijfarts van paus Innocentius XII.

Ernstige tegenslagen bleven Malpighi niet bespaard. Veel manuscripten verbrandden in 1684. In 1689 overvielen gemaskerde mannen hem in zijn buitenhuis, die zijn papieren verbrandden en zijn microscopen vernielden. Nadien liet Malpighi het er bij. Hij leefde nog vijf jaren daarna, nam een benoeming in Rome aan, liefhebberde daar nog wat in de biologie en schreef niets meer in de tijd dat hij pauselijk geneesheer was.

Malpighi was over de Italiaanse microscopen slecht te spreken en maakte ze daarom zelf. Een twintigste-eeuwer die het instrumentarium van die dagen ziet staat versteld over wat hij wist te bereiken, hoe een vasthoudende vurige drift tot onderzoek primitieve voorzieningen kan overwinnen.

Samen met Grew en Van Leeuwenhoek legde Malpighi het fundament voor een

nieuwe tak van anatomisch onderzoek: de weefselleer of histologie. Talloze cellen heeft Malpighi gezien en niet begrepen dat zij de eenheden zijn die een weefsel vormen en dat celvermeerdering 'groei' is.

In 1668 werd Malpighi lid van de Royal Society die het meeste van zijn werk publiceerde.

Hij bestudeerde de long bij de kikker en ontdekte de longblaasjes, die hem toonden dat haarvaten de verbindingen zijn tussen de eindingse en fijnste slagadertjes en adertjes (1661). Dit was het anatomische sluitstuk voor Harveys leer van de bloedsomloop. Malpighi zag rode bloedlichaampjes en meende dat het vetbolletjes waren.

Malpighi is de eerste bioloog die de bouw van de lever begreep waardoor zijn functie verklaard kon worden. De lever bestaat, constateerde Malpighi na microscopisch onderzoek, uit talloze kleine blaasjes die op besjes gelijken. Hij noemde ze *acini*. De *acini* hangen samen zoals een druivetroos en onderling door buisjes verbonden vormen zij in groepen de leverlobjes. De lever is een opeenhoping, een conglomeraat van talloze kliertjes, *acini*, die gal afscheiden en de lever produceert dat spijsverteringssap zoals de pancreasklier die op overeenkomstige wijze gebouwd is, zijn vocht.

In de nier ontdekte hij kluwentjes en kapseltjes, de 'lichaampjes van Malpighi'. Met behulp van injecties met gekleurde vloeistoffen, een in de 17e eeuw alom toegepaste techniek, kon hij de communicatie tussen de nierglomeruli en de nierlagadertjes aantonen, een vondst van het allergrootste gewicht voor het werk van Borelli en Bellini (VI.17). De laatstgenoemde ontdekte gelijktijdig met Malpighi de smaakpapillen op de tong.

Malpighi heeft een der vroegste verhandelingen over de anatomie van een ongewerveld dier op zijn naam staan. In Messina schreef hij *Dissertatio Epistolica de Bombyce*, een Uiteenzetting in Briefvorm over de Zijderups. De Royal Society publiceerde het stuk in 1669, een klassieke studie waarmee gelijktijdig met Swammerdams werk (V.27) de insektenanatomie en -fysiologie begon. Alle levensfasen van de zijderups worden beschreven en afgebeeld, de tracheeën in detail, de spieren, het hart en de genitalia van de vlinder. Redi (VI.19) beoordeelde het werkstuk en schreef: 'een spinsel van ontdekkingen dat meer over de anatomie van insekten leert dan al het vroegere werk samen.'

En – zoals steeds – Malpighi bestudeerde en beschreef in 1673 en 1675 de ontwikkeling van het kuiken. Zijn werk overtrof, vooral wat afbeeldingen aangaat, alle voorafgaande studies, maar leidde tot een ernstige vergissing.

Harvey had betoogd dat de *cicatricula* in het ei (V.19) het beginpunt is van de ontwikkeling van het kuikenembryo. Malpighi richtte daarom zijn microscoop op dat punt. Daar vond hij en beeldde hij af – voor het eerst in de geschiedenis – de oogblaasjes, hersenblaasjes, de neurale goot, de somieten en de eerste bloedvaten (1672). Al spoedig daarna kan hij de drie aortabogen tekenen die het hart met de aorta verbinden. Pas in 1825 zal Rathke kunnen bewijzen dat dergelijke kieuwspleten en -bogen zowel in de embryonen van vogels als van zoogdieren worden aangetroffen.

J. Needham (1934, p. 147) die een pakkend overzicht schreef van Malpighi's embryostudies zette uiteen dat hoogstwaarschijnlijk een ongelukkig toeval Malpighi op een dwaalspoor bracht toen hij zijn waarnemingen interpreteerde.

Omdat hij in de *cicatricula* de voornaamste organen van het kuiken al kon waarnemen, en veronderstelde dat hetgene wat nog ontbrak aanwezig moest zijn maar niet zichtbaar door geringe afmetingen en transparant weefsel, besloot Malpighi dat het volkomen kuiken reeds van het eerste begin af in het ei aanwezig is. Embryonale groei

onderzoekingen. Hij maakte een fraaie studie van de knoppen van de eik, de tamme kastanje en de vijg (*Ficus carica*). Möbius tekende aan (1937) dat Malpighi meer dan 60 gallen uitstekend beschreven en afgebeeld heeft (waarbij hij de naam *galla* invoerde). Hij schreef dus de eerste cecidiologische studie van betekenis. De wortelknolletjes van *Vicia faba*, de tuinboon, en *Cicer arietinum*, de kekererwt, rekende hij wel tot de gallen maar met de opmerking dat zij toch verschillend zijn want het anatomische onderzoek wijst uit dat zij nimmer een insect bevatten.

De ontdekking van sporangiën, het openscheuren en de aanwezigheid van de *annulus*, heeft Malpighi als eerste gezien, beschreven en afgebeeld. Evenals Grew illustreerde Malpighi zijn werk met kopergravures, die overigens de hoge kwaliteit van zijn tekeningen niet steeds voldoende weergeven. Zijn verzamelde werken (*Opera Omnia*) verschenen in 1686.

Een uitmuntend overzicht van Malpighi's leven en werken werd door Foster geschreven (1901, p. 84-120).

24. Nehemiah Grew ontleedt planten en dieren

Nehemiah Grew (1641, Coventry – 1711, Londen) onderzocht de anatomie van dieren en van planten. Hij studeerde medicijnen in Leiden na een opleiding in Cambridge en kwam als arts in 1672 naar Londen. Grew werd naast Hooke curator in 1672 en secretaris van de Royal Society in 1677. Hij bekleedde diensgevolge een centrale plaats in de biologie van de laatste decennia van de 17e eeuw. Hij was een begaafde microscopist, een uitstekende dieranatoom, maar weinig geneigd nieuwe denkbeelden te ontwikkelen of zelfs te steunen. De afbeeldingen die zijn degelijke teksten vergezellen zijn opzienbarend mooi, nimmer overtroffen en zelden geëvenaard.

Een reeks voordrachten die hij sinds 1676 voor de Royal Society hield verscheen in 1682 als *The comparative Anatomy of Stomachs and Guts* begun. In de geschiedenis van de biologie is dit de eerste vergelijkende anatomie van één orgaanstelsel.

Vergelijkt men de magen van de herkauwers met de maag van de mens dan moet de vierde rundermaag (die de slaggers 'read' noemen) met die van de mens gelijkgesteld worden (dat had Severino (V.20) te Napels al in 1645 gevonden maar dat wist Grew niet). Conform aan de 17-eeuwse opvatting is de mens voor Grew maatstaf voor elke beschouwing. Van zijn volmaakte lichaamsbouw gaat men uit en beoordeelt de minder geslaagde bouw van de dieren (en planten).

Een gevolg van dit beleid is het volgende voorbeeld. Nadat Grew een lange reeks gewervelde dieren onderzocht heeft komt hij tot de conclusie dat slechts het varken, het paard en het konijn in het bezit van een 'dikke darm' (*colon*) zijn. Een dikke darm immers is pas een dikke darm als hij kartelingen vertoont zoals bij de mens. Grew kon tevens vaststellen dat de lengte van het darmkanaal samen gaat met de aard van het voedsel.

De vorm van een orgaan laat zich pas goed begrijpen, verklaarde Grew, als zijn functie bekend is. Of hij zich hiermee enigszins van de Aristoteliaanse leer losmaakte wordt niet duidelijk. Ik vermoed van niet want hij was een toegewijde volgeling van Harvey en deze erkende Aristoteles' conclusies bijna zonder uitzondering. Grews ongeloof aan Van Leeuwenhoeks vondst van de spermatozoïden (V.28) is niet alleen een lofwaardige voorzichtigheid maar ook een symptoom van zijn voorkeur voor Harveys mening over

de rol van sperma. Meermalen kwam in historische beschouwingen de vraag naar voren of Grew nu, na zijn aanvankelijke afwijzing van het bestaan van sexualiteit bij planten die hij in later jaren min of meer herriep, werkelijk aan de functie van meeldraden en stuifmeel geloofd heeft. De gegevens die ter beschikking staan schijnen mij de veronderstelling toe te laten dat Grew tenslotte een mogelijkheid overwoog dat in de bloem bevruchttingsverschijnselen optreden die met tweeslachtigheid verklaard moeten worden, maar dat hij een beslissing daarover nooit heeft aangedurfd. Op 6 november 1676 verklaarde hij ter vergadering van de Royal Society dat hij het helemaal met Thomas Millington eens was, die gezegd had dat meeldraden als een mannetje dienen om zaad voort te brengen. Daar heeft Grew nimmer iets aan toegevoegd.

Aan Grews dieranatomie ging zijn standaardwerk *The Anatomy of Vegetables* begun vooraf (1671); zijn relatie met Malpighi inzake plantanatomie kwam ter sprake (V.23).

Theofrastos onderscheidde bij planten wat direct zichtbaar is: schors, hout en merg, en kruid- of houtachtig. Hij achtte de bouw van planten en dieren evenals Platoon wettelijk gelijk maar oordeelde dat die gelijkheid toch met voorbehoud gezien moest worden (I.16), een standpunt dat Platoons generalisatie inperkte.

Tevens vond Theofrastos zowel bij planten als bij dieren 'vezels'; het moderne equivalent voor zijn 'vezels' is onzeker. Bladnerven oordeelde Theofrastos vergelijkbaar met de zenuwen van dieren. Hars- en melksapkanalen, in het algemeen gangen die vloeistof bevatten, noemde hij 'aderen'. Het weefsel tussen de vaten en vezels heette 'vlees'. Deze plantanatomische opvattingen bleven tot het optreden van Malpighi en Grew algemeen en ongewijzigd aanvaard. Erasistratos, Galenus en Harvey noemden het dierlijke weefsel tussen de bloedvaten en zenuwen 'steunweefsel', *parenchyma*. Grew adopteerde die naam voor het weefsel tussen de plantenorganen en deze term werd daarna gemeengoed in de plantanatomie. Grews keuze wekt de gedachte dat hij de gelijke geaardheid van planten en dieren ten volle wilde erkennen, althans voor zover het anatomie betrof.

Nu was al in 1667 Robert Hooke's *Micrographia* verschenen met de eerste celafbeeldingen ('cells' schreef Hooke) maar dit boek, mooi en interessant als het is, was toch niet meer dan speels kijken naar wat, al naar het viel, bij vergroting van toevallig gekozen voorwerpen zichtbaar werd. Met cells bedoelde Hooke omsloten vakjes, in twee dimensies dus, zoals het oppervlak van een bijenraat.

Grew zag de cells in drie dimensies, als blaasjes. De functie van cellen bij groei en weefselvorming begreep hij niet. Möbius (1968, p. 161) wees hier op en constateerde dat Grew dacht dat cellen, vezels en vaten bijeengehouden werden door een netwerk van gekruiste, zeer fijne draadjes. Denkelijk veroorzaakten uiterst kleine vezeltjes, zei Möbius, die in zijn preparaten verplaatst of losgeraakt waren deze vergissing. Ik geloof Möbius in weerwil van zijn ingenieuze verklaring niet. In de plantanatomische preparaten die ik zelf maakte heb ik nimmer vezeltjes gezien die zo'n misverstand zouden kunnen veroorzaken. Integendeel, ik vermoed dat Grew niettegenstaande zijn prachtige en baanbrekende anatomische werk de vezeltjes er bij zag omdat hij met de ogen van Theofrastos keek. Grews gezag droeg er toe bij dat vele biologen tot in de 19e eeuw staande hielden dat de weefselbouw van planten gezien moest worden als een stramien van fijne kruisende draadjes waartussen de celblaasjes ingeklemd zijn.

Grew beeldde de lengte- en dwarsdoorsneden van hout meesterlijk af. Met vele tijdgenoten pleitte hij krachtig voor vergelijkend anatomische studies, niet omdat hierdoor

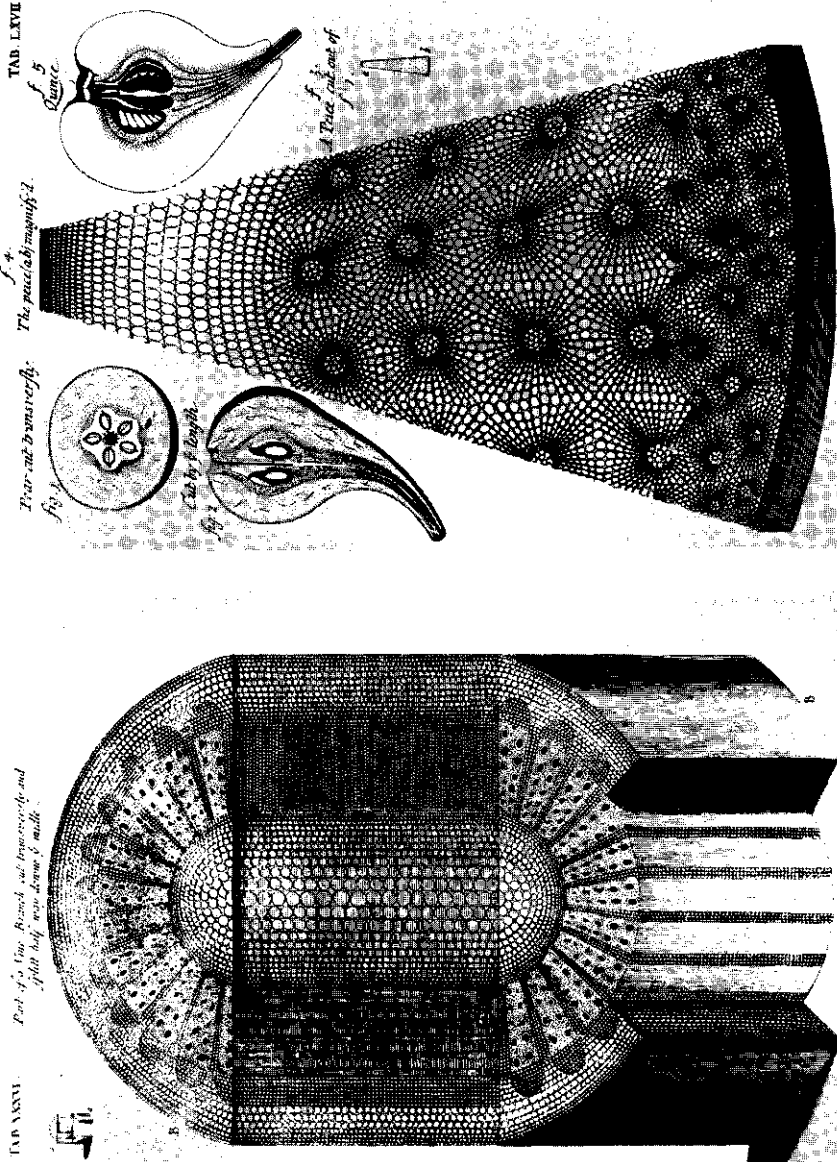


Fig. 35. Links: Anatomie van een wingerdtak, lengte- en dwarsdoorsnede, door Nehemiah Grew. Rechts: Dwars- en lengtedoorsnede van de peer, een sterk vergroot weefseldeel bijgevoegd, en lengtedoorsnede van de kwee (in de 17e eeuw een gaarne gebruikte vrucht). De anatomie van de hogere planten begint met Malpighi en Grew. (Uit The Anatomy of Plants, 1682, tab. XXXXVI resp. LXVII; Universiteitsbibliotheek, Amsterdam.)

verwantschappen of homologieën ontdekt zouden worden (het huidige motief), maar omdat bepaalde organen of situaties in de ene plantesoort beter zichtbaar zijn dan in de andere. In 1674 of 1675 verscheen *The comparative Anatomy of Trunks* (Latijnse editie *Comparativa Anatomia Truncorum* in 1680). De naamgeving toont nog duidelijke sporen van de aloude plant = dier-theorie. Het jaarlijks aangroeiende stamhout heeft sapkanalen (die later luchtkanalen in het hout worden): die heten bij Grew lymphae-ducts. De wortel groeit ook in de dikte tengevolge van de aanwezigheid van een *cambium*, een anatomische term die Grew met blijvend succes invoerde.

Misschien is de mededeling dat slingerplanten spiraalsgewijs groeien omdat zij rechtsdraaiend de zon en linksdraaiend de maan (in zijn maandelijks baan) volgen een herinnering aan Platoon of Paracelsus (IV.30).

Een indeling van het dierenrijk die Grew bepleitte, komt later aan de orde (X).

25. Engeland in de 17e eeuw

Thomas Willis (1621, Great Bedwyn, Wiltshire – 1675, Londen) studeerde in Oxford en prakticeerde daar als arts. Hij was lid van Boyle's Invisible College en toonde zijn leven lang een gezond inzicht als het gold carrière te maken en inkomsten te vergroten. Door tijdens de politieke onrust in Engeland op het goede paard te wedden kreeg hij een professoraat in Oxford dat hij naar behoren vervulde (1660-1666). Vervolgens vestigde hij zich in Westminster (Londen) als arts en daar gelukte het hem een zo bloeiende praktijk op te bouwen dat tijdgenoten verklaren dat zo iets niet eerder in Engeland vertoond was. Tegelijkertijd staat echter vast dat Willis een hoog begaafde, ijverige man was en moeilijk valt het om afgunst van zijn vakgenoten uit te schakelen bij een oordeel over zijn werk. "Hij heeft met meer van 's konings onderdanen afgerekend dan een vijandelijk leger zou kunnen."

Hij publiceerde een *Anatomia Comparata*, over de anatomie van vele ongewervelde dieren (kreeft, regenworm, oester) en gewervelde. Vooral de hersenbouw had zijn belangstelling. In 1659 kwam *Cerebri Anatome* van de pers. Hij beschreef overeenkomsten tussen de hersenen van vogels en vissen, en tussen zoogdieren en de mens en legde er nadruk op dat de anatomie begrip oplevert van de functie der organen (vergelijk Haller, VII).

Willis ging weinig kritisch te werk. Een toevalligheid die hij aantreft krijgt als het goed uitkomt bewijskracht. De overeenkomsten in hersenbouw van vogels en vissen en van de mens en viervoeters wil hij verklaren uit het gegeven dat vogels en vissen te zamen op de vijfde en de mens en de zoogdieren op de zesde dag geschapen werden.

Ofschoon Descartes' filosofie Willis' leidraad was wijkt hij op belangrijke punten van Descartes' betogen af. Het hart is niet het orgaan dat het bloed verwarmt maar integendeel het bloed verwarmt het hart.

Christopher Wren (V.22) die zelf lenzen voor zijn microscoop sleep, tekende de illustraties voor Willis' werk, zeer tot diens genoegen. Dat verhinderde Steno niet Willis allerlei onnauwkeurigheden te verwijten. Ook moet wel erkend worden dat Willis veel te danken heeft gehad aan Richard Lower (1631, Cornwall – 1675, Londen), die zeer goed werk verrichtte maar die veel minder op de voorgrond trad (VI.13). Toch blijft Willis' bijdrage tot de biologie van betekenis door anatomisch-fysiologisch werk gepaard aan conclusies die onvoldoende gefundeerd maar wel juist bleken te zijn.

Een van Willis' collega's in Londen was Martin Lister (1638, Radclive – 1712, Epsom) die bovendien lijfarts van koningin Anne was. Hij bestudeerde de anatomie van spinnen en van schelpdieren. Zijn *Historia Conchyliorum Libri IV* (1692) maakte de schelpen, die eigenlijk tot dan toe alleen als objecten voor de toendertijd zeer populaire rariteitenkabinetten in aanmerking gekomen waren, tot een onderwerp van wetenschappelijk onderzoek. Hij geldt dan ook als de grondlegger van de conchyliologie. Hij ontdekte de zwanemossellarven aan de buitenste kieuwen en 'daarom' moet men die als 'uterus met embryonen' beschouwen.

In 1671 maakte Lister de levenscyclus van insecten die op andere insecten parasiteren bekend en beschreef deze nauwkeurig (wespen op rupsen). F. Willoughby vulde zijn onderzoek aan. A.W. Meyer (1939, p. 148) citeerde uit de *Philosophical Transactions* van 1699 een betoog van Lister tegen Van Leeuwenhoeks opvattingen over de spermatozoiden, althans tegen de gevolgtrekking dat zij een steun voor geloof aan preformatie zouden kunnen zijn. Zij stimuleren tot sexuele activiteit, dat wel, maar overigens hebben zij niets te betekenen. Listers redenering is krom, maar leidt toch tot een deels goede deels foute conclusie en typeert daardoor een zo veelvuldig in de geschiedenis van de biologie voorkomend verloop dat ik Meyers citaat hier een plaats wil geven.

Philosoph. Transact. (1698) 1699, p. 337: "En als het menselijk lichaam ontstaat uit de *animalcula* in het mannelijk zaad mag ik dan eens weten waar die *animalcula* ontstaan? Want zij worden warempel vele jaren lang voortgebracht, van de volwassenheid tot op hoge leeftijd. Het valt toch niet te ontkennen dat na voltooiing van de coitus verreweg het grootste deel van hen uitgestoten werd. Dat vereist een bron waar die nieuwe generatie regelmatig voortgebracht wordt. Moeten we dan geloven dat die nakomelingen van de *animalcula* vrijwel dagelijks voortgebracht worden door *animalcula* zoals zij zelf zijn of worden zij door spontane generatie tot leven gewekt? Ik kan mij niet voorstellen, Van Leeuwenhoek, dat U dit laatste veronderstelt want niemand immers heeft beter dan Gij de veronderstelling van een spontane generatie afgewezen. Maar als Gij er de voorkeur aan geeft te denken dat nu juist deze *animalcula*, die in het mannelijk zaad verblijven, volkomen ontwikkeld zijn dan moet daar uit volgen dat zij ook in staat zijn zich voort te planten. En bedenkt U nu eens hoe absurd zoiets zou zijn: dat dezelfde *animalcula* tweemaal volwassen zouden worden, eenmaal tijdens hun verblijf in het mannelijk zaad en opnieuw als zij tot een menselijke staat en ontwikkeling gekomen zijn."

Walter Needham, arts te Cambridge die naar Oxford gekomen was om zich bij het Invisible College aan te sluiten publiceerde in 1667 *Disquisitio Anatomica De Formato Foetu* in Londen, een uitstekend geïllustreerd en geschreven boek dat een jaar later ook te Amsterdam verscheen. Het is aan Robert Boyle opgedragen. Walter Needham is de eerste die de chemie van de embryonale ontwikkeling bestudeerde door zo goed en zo kwaad als dat in zijn tijd mogelijk was, de vloeistoffen rond en in het embryo te onderzoeken. Hij verhitte, distilleerde, woog en controleerde wat hij kon en leidde daarmee een methode van onderzoek in die in latere eeuwen een grote vlucht zou nemen. Ook gaf hij o.m. voorschriften hoe embryonen ontleed behoorden te worden waarbij hij zoogdieren, vogels, de mens en nog andere diergroepen betrok.

Als laatste bioloog-anatoom van de 17e eeuw in Engeland die ik in dit overzicht een plaats kon geven (enige verdienstelijke onderzoekers blijven onvermeld) koos ik Edward Tyson (1651, Bristol - 1708, Londen). Hij studeerde in Oxford en Cambridge,

kwam naar Londen en doceerde anatomie terwijl hij daar tevens als arts werkzaam was. Veel manuscripten met resultaten van zijn onderzoekingen bleven ongedrukt. Zijn publikaties zijn een mengsel van goede waarnemingen, capabel anatomisch werk en zowel schrandere als onberaden conclusies.

Bij de ratelslang ontdekte Tyson tussen neus en oog een zintuiggroefje. Hij dacht dat het een gehoororgaan was maar liet na enig onderzoek die mening varen. De werking van de ademhalings- en bewegingsorganen van de slang doorzag Tyson beter dan anderen voor hem. Hij vermeldt niettemin instemmend het eeuwenoude fabeltje, dat de lange gevorkte tong niet uitgestoken wordt om prooi te vangen, maar om de slange-neus schoon te peuteren die, omdat het dier op de grond kruipt, gemakkelijk door stof verstopt raakt.

De bruinvisanatomie brengt Tyson vooruit: hij ontdekt de goed ontwikkelde wondernetten in de borstwand. Dat boeit hem zo, dat hij beweert dat die bij landdieren nooit voorkomen. En nadat hij de overeenkomsten van de bruinvisanatomie met die van de zoogdieren overtuigend heeft uiteengezet, wil hij de bruinvis toch maar als vis beschouwen, zoals Belon en Rondelet een eeuw geleden.

Hij vond het begin, de 'kop', van de lintworm maar de mondopening niet. Daarentegen zag hij openingen in de lintwormsegmenten en besloot dat die geslachtsporiën monden waren. In 1682 hield hij een lezing voor de Royal Society. Conform met de meeste en beste biologen van zijn eeuw geloofde hij aan het ontstaan van dieren uit rotting en de lintworm beschouwde hij als een goed voorbeeld daarvan. Hij modelleerde de *generatio spontanea* zelfs en betoogde dat lintwormen zo onmiskenbaar of ♀ of ♂ zijn dat zij door éénzijdige voorbestemde (univocal) *generatio spontanea* tot leven moeten zijn gekomen.

Een ♀ buideldier dat hij ter ontleding bemachtigen kon werd aanleiding voor de eerste goede anatomie van de buideldieren. Zijn anatomische studie van de chimpansee (in 1625 'ontdekt') ("orang-outan" zegt Tyson) wordt aanleiding om de opklimmende reeks (of 'ladder', zie X) geheel naar klassieke trant op te stellen, op basis echter van de vergelijkende anatomie (zie ook Camper, VII).

Een dispuut tussen de Parijse anatomen (V.31) en Tyson betrof het apestrottehoofd. De Fransen erkennen dat zij voor een raadsel staan: zij constateren dat het apestrottehoofd de bouw heeft van dat van de mens. Apen zouden moeten kunnen spreken. J. Ray (X, XI) voegde er aan toe dat de bouw van de apehand veel meer van die van de mensehand verschilt dan het apestrottehoofd van ons strottehoofd. De aap kan zijn handen gebruiken zoals een mens. Waarom spreekt hij dan niet? En vogels, met een sterk verschillend strottehoofd, kunnen toch wel wat leren spreken. Hoe zit het?

Tyson merkte droogjes op, dat de Parijzenaars goed hebben ontleed. Maar apen spreken niet want "atheïsten weten geen antwoord te geven".

Zonder de anatomie (*zoötomie*), zeggen Tyson en velen van zijn vele tijdgenoten, is biologie onbegrijpelijk en zonder experiment is natuurwetenschap tijdverlies. Aan de hand van gekozen voorbeelden adviseerde Tyson, moet men de beschrijvende anatomie beoefenen, de organen onderling vergelijken om daardoor meer inzicht te krijgen over de menselijke en dierlijke lichaamsbouw, de biochemie te hulp roepen bij de studie van meer vloeibare componenten van het lichaam en tenslotte de embryotomie ontwikkelen. Zodoende zullen wij de bouw van de 'dierlijke machine' gaan begrijpen. Dit was in overeenstemming met Descartes' theorieën (V.21) en met de opvatting van de meeste biologen in de tweede helft van de 17e eeuw.

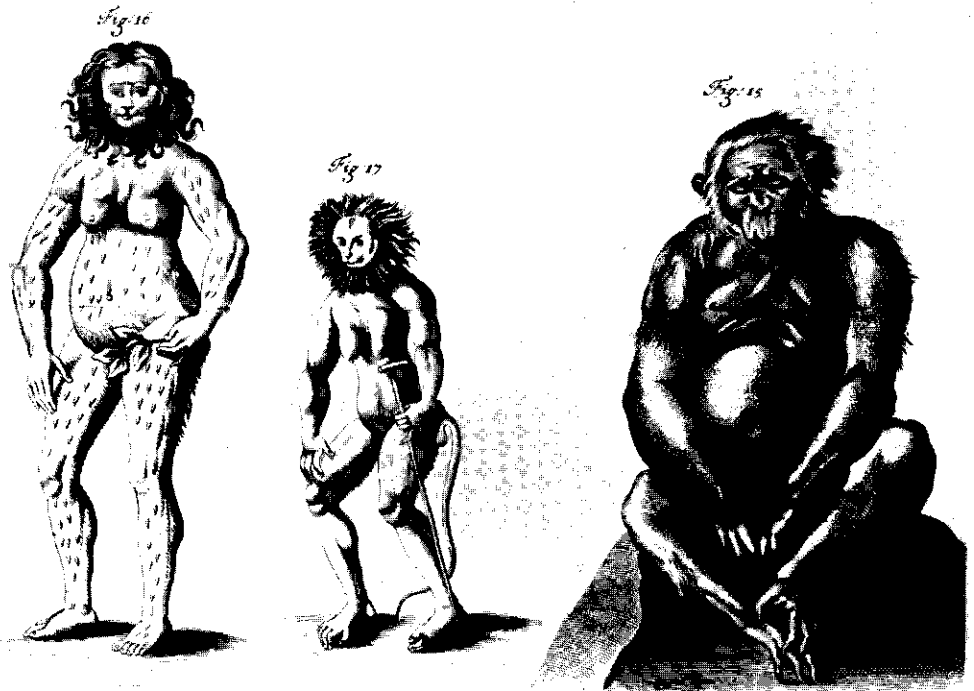


Fig. 36. Tysons studie over de chimpansee, in 1699 te Londen verschenen (Universiteitsbibliotheek, Leiden) draagt als (vertaalde) titel: Orang-Outang of Bosmens, dat is over de anatomie van een pygmeë vergeleken met die van een aap, een mensaap, en een mens, en hier aan toegevoegd een cultuurhistorische beschouwing betreffende de Pygmeëen, de hondskoppigen (Cynocephalen), de satyrs en de sfynges uit de Oudheid, waar uit zal blijken dat het alle hetzij mensapen hetzij apen zijn en geen mensen, zoals men eertijds beweerde. Tyson somt 48 anatomische kenmerken op waardoor de 'orang-outang' meer op de mens gelijkt dan op apen en 34 kenmerken waardoor hij meer met apen overeenstemt. De orang-outang (= chimpansee) staat tussen mens en aap in. Tyson preciseerde nog: Fig. 15 – Nagetekend de plaat die Nicolaas Tulp maakte van de orang-outang die naar Holland gebracht werd uit Angola. Fig. 16 – De tekening die J. Bontius maakte van de orang-outang in Piso (zie IX). Fig. 17 – Uit Gesner overgenomen, waarvan hij ons vertelt dat hij dit in een Duits boek vond dat over het Heilige Land handelt. (Gesner had naar mijn mening zijn plaatje ontleend aan Bernhard von Breydenbach, *Die Heyligen Reysen* (1495)).

26. *Holland in de 17e eeuw*

Terwijl het Engelse onderzoek zich in Londen concentreerde, had te Amsterdam een overeenkomstige ontwikkeling plaats. Weliswaar had het 'Privaat College' geen vaste zetel – het werd door G.L. Blaes (Blasius; ca. 1625, Cadzand – 1692, Amsterdam) omstreeks 1664 samengesteld – maar toch werd Amsterdam een centrum voor de anatomie. De Amsterdammers bestudeerden bij voorkeur de vissenanatomie. Blasius werd na een studie in Leiden hoogleraar te Amsterdam en publiceerde (na Ruini, V.17) een anatomie over één dier, in dit geval de hond, die hij zo nauwkeurig ontleepte omdat, naar hij zegt, mensekadavers zo moeilijk verkrijgbaar zijn. Verschillen met de menselijke anatomie vermeldde hij plichtsgetrouw en zo goed hij kon. Overigens compileerde Blasius bekwaam veel werk van buitenlandse anatomen (zie ook Steno, V.30) en voegde daar eigen vondsten aan toe (*Anatomia animalium*, verschenen in 1673, 1674 en 1681).

Te Leiden verrichtte Pieter Pa(a)uw (1589, Amsterdam – 1617, Leiden), hoogleraar in de anatomie nadat hij te Leuven gestudeerd had, eigenhandig secties ten aanschouwe van een groot enthousiast publiek, in het *theatrum anatomicum*, waar de universiteit sinds 1597 over beschikte. Hij was een volgeling van Vesalius en publiceerde van diens *Epitome* een herziene uitgave.

Johan van Horne (1621-1670), chirurg te Leiden en een vooraanstaand anatoom, beschreef de borstbuis die hij ontdekte als een orgaan van het lymfestelsel. Hij publiceerde zijn vondst in 1652, een jaar nadat Pecquet dezelfde ontdekking bekend had gemaakt. Hij nam deel aan het onderzoek van zijn collega te Leiden, De la Boë en diens vier voortreffelijke leerlingen: De Graaf, Ruysch, Swammerdam en Steno. Van Horne gaf blaasjes die in de eierstokken van zoogdieren te zien waren de naam van *ova* (*ovum* = ei).

Voorts deed in Leiden Franz de la Boë (ook 'dele Boë' of Sylvius; 1614, Hanau – 1672, Leiden) uitstekend anatomisch-fysiologisch werk. Hij stamde uit een gevluchte hugenotenfamilie, studeerde samen met Van Helmont in Bazel, gaf onderwijs in Hanau (waar Rumphius misschien een van zijn leerlingen geweest is) en in Parijs. Hij steunde Harvey, krachtig geholpen door Jan de Wale (1604-1649). Deze schreef in Leiden in 1640 twee briefverslagen die Harveys leer onomstotelijk bewezen (VI.10). Th. Bartholin (V.30), een tegenstander van Harvey, werd daardoor overtuigd. Sylvius bestudeerde en beschreef de verbinding tussen de derde en de vierde hersenholte (*aqueductus Sylvii*), die Vesalius in zijn hersenanatomische beschouwingen besproken had. Hij was zowel anatoom als fysioloog en werd een voorman bij de ontwikkeling van de 'iatrochemie', de leer die metabolische verschijnselen uitsluitend fysiologisch-chemisch wil verklaren. Wij zullen zijn werk later bespreken (VI.13).

Iatrochemisch onderzoek heeft Reinier de Graaf, een van De la Boë's leerlingen, verricht met betrekking tot de pancreasklier (VI.13), maar De Graafs anatomische studies hebben veel meer weerklank gevonden.

Reinier de Graaf (1641, Schoonhoven – 1673, Delft) nam eveneens deel aan het zoeken naar verbeteringen van de injecteertechniek, die in de 17e eeuw zich snel en doelmatig ontwikkelde, als hulpmiddel bij ontleding, bij conserveringen en bij het vervaardigen van demonstratiepreparaten. Hij studeerde in Leuven (ca. 1658), Utrecht (1661-1663) en Leiden.

De Graaf werkte vooral met kwikinjecties en inspuitingen met gekleurde vloeistoffen. Hij kon het juiste verloop van allerlei bloedvaten daarmee vaststellen.

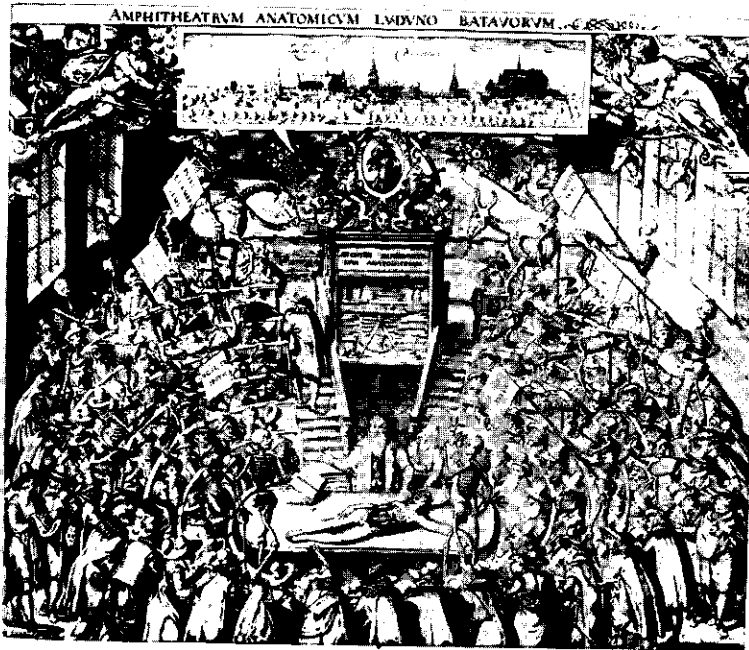


Fig. 37. Het Leidse 'theatrum anatomicum' ca. 1610, tijdens een demonstratie door Pieter Pa(a)uw (Petrus Pavo). (Uit Hekscher, Rembrandt's Anatomy..., 1958.)

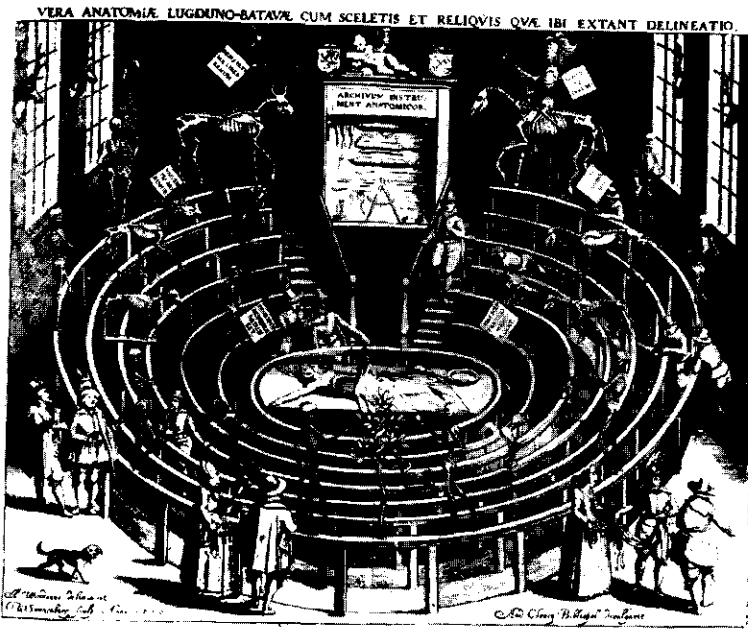


Fig. 38. Het Leidse 'theatrum anatomicum' in 1610 tijdens een pauze.

De ovoviviparie van de hondshaai, die Aristoteles al zo geboeid had, werd opnieuw door de Deen Stensen onderzocht (V.30). De Graaf had met hem daarover gesproken en de meningen die Stensen gevormd had boeiden hem. Men was in die jaren allerwege bezig met voortplantingsbiologie van dieren sinds Harveys waarnemingen en theorie.

De leer van het ovisme heeft De Graaf steeds gevolgd, maar hij mag niet tot de aanhangers van preformatie gerekend worden. Op dat punt heeft hij zich niet duidelijk uitgelaten. Wat is nu de biologie van de *conceptus*, die Harvey 'ei' noemde, de bron van alle levende wezens? Het uitstekende anatomische onderzoek dat De Graaf ter beantwoording van de vraag verrichtte, is een anatomie van andere aard en niveau dan de vroegere, een dynamische anatomie, een volgen van een morfologische ontwikkeling gekoppeld aan plaats en tijd.

Met toenemende tussenpozen opende De Graaf konijnen na de paring, beginnende met een half uur. Eerst na tien dagen kan hij in de uterus een embryo waarnemen, een heel klein wormpje (*vermiculus*) dat met een draadje aan een placenta gehecht is. Nog eens twee dagen daarna zijn de kop en de aanzet van ledematen zichtbaar. Bedenkende dat de duur van de dracht 31 dagen is, verbaasde De Graaf zich dat eerst nagenoeg halverwege de voornaamste organen zichtbaar worden en suggereerde dat dit geen steun voor preformatie mocht heten.

Van Horne had in 1668 betoogd dat het *ovum* (in feite verschillend van Harveys *conceptus*) in de eierstok gevormd wordt. Hier haakte De Graaf op aan. Hij onderzocht de eierstokken van alle dieren die hij in handen kon krijgen en kon vaststellen dat zo'n *ovum* steeds een blaasje is dat vloeistof bevat en dat vele dieren die blaasjes bezitten, of het nu vogels, zoogdieren of vissen zijn, tot muilieren toe, en of een dier ovipaar of ovovivipaar is maakt geen verschil. Hij zet een volgende stap: bevruchting moet in de eierstok plaats vinden, niet in de uterus. Maar hij spreekt Harvey niet tegen. Sperma ter plaatse is niet nodig. Dit heeft een vluchtige kwaliteit, die het lichaam doortrekt en het *ovum* fertiel maakt. Harveys standpunt, dat sperma nimmer zo ver als de uterus doordringt, kon wat De Graaf betrof ongewijzigd blijven, maar het begin van ontwikkeling is in de *testes muliebri* (of *testiculi*) die Harvey elke functie ontzegd had.

Het in de oppervlakte van het ovarium gelegen eiblaasje scheurt. In de uterus blijkt voorts dat het uterine 'ei' tienmaal kleiner is dan het ovariale 'ei'. De Graaf constateert het, verwondert zich, en trekt de juiste conclusie niet. Hij poogt het eiblaasje op zijn tocht door de eileider (*tubus Fallopii*) te volgen en slaagt daar slechts ten dele in, hetgeen ons nu niet meer kan verbazen. Het konijn leert hem dat het aantal embryonen in de uterus samengaat met het aantal littekens op het ovarium, de plekje waar de eiblaasjes scheurden.

Daarmee is bewezen dat Harveys standpunt, dat de ovaria (*testiculi* vanouds) geen rol speelden bij de voortplanting, onjuist was. Zij zijn onmisbaar en het beginpunt. Nochtans werd zijn conceptus-theorie door het werk van De Graaf van een degelijke, feitelijke bewijsvoering voorzien. De Graafs klassieke studie *De Mulierum Organis Generationi Inservientibus* verscheen in 1672.

Het is redelijk te veronderstellen dat De Graaf – had hij wat langer geleefd en gewerkt – de ware staat van zaken zou hebben doorgrond. Of de wetenschappelijke ruzies die Nederland in zijn tijd in het bijzonder teisterden en die op onaanvaardbaar niveau werden uitgeleefd, bijdroegen tot zijn vroege dood, blijve onbeslist. Hij weigerde Sylvius op te volgen (1672). 'Graafse follikel' werd de naam voor het ovariale eiblaasje en dit was het juiste blijk van erkenning van zijn verdiensten.

Ofschoon Malpighi het vermoeden geuit had dat de grote follikels van de koe wel eens het ware ei zouden kunnen omsluiten, zou eerst in 1827 de eicel bij zoogdieren ontdekt worden (Von Baer, XII).

Frederik Ruysch (1638, Den Haag – 1731, Amsterdam) was een goede vriend van Swammerdam. Hij was ongeëvenaard in de techniek van het injecteren van organen en beoefende de wetenschappelijke anatomie als een vorm van kunstnijverheid die enorme weerklank vond bij het lekenpubliek.

Zijn collectie preparaten – van mensen, dieren, koralen, planten – werd wereldberoemd (*Museum Ruyschianum* te Amsterdam; 1e catalogus, 1691).

De preparaten werden niet alleen verduurzaamd, maar ook opgezet in de naar onze smaak bizarre en sentimentele houdingen die men fraai vond (cf. etsen in Vesalius' *De Fabrica*). Het zijn barokke, overdadige stillezens of 'assemblages', waar maar mogelijk overgoten met allerlei christelijke en belerende symboliek. Ruysch voerde de zinspreuk "*Ab utero ad tumulum*" (van baarmoeder tot grafheuvel). Men zag wenende lijken, die zich met een zakdoek van buikvlies in de hand, de tranen droogden. De houdbaarheid van de voorwerpen kon Ruysch niet alleen als nooit tevoren vergroten, maar hij wist tevens de toeschouwers te suggereren dat wat men zag, leefde.

Hier volgt de vaak geciteerde passage over zijn 'kunst':

"Alle lijken die hij inspoort behielden de stevigheid, glans en frisheid der jeugd. Ze konden voor levenden gehouden worden, in diepe rust verzonken, hun ledematen in de natuurlijke bewegingloosheid die de slapende eigen is. Zijn mummies getuigden van leven terwijl die van de Egyptenaren slechts aan de dood doen denken. Het leek er bijna op of Ruysch het geheim van de wederopstanding der doden had ontraadseld".

Ruysch droeg, als hoogleraar in de anatomie te Amsterdam, bij aan de ontwikkeling van de wetenschap die hij zozeer op het publiek gericht, bedreef. Zijn techniek toonde aan dat alle weefsels bloedvaten bevatten. Hij bewees dat de gehoorbeentjes wel degelijk door beenvlies omhuld zijn, in tegenspraak met de algemeen aanvaarde mening, en dat dit beenvlies zoals alle beenvliezen bloedvaten bevat. Hij ontdekte de inwendige membraan van het vaatvlies van het oog: de membraan van Ruysch. Er zijn 'kleppen' in de lymfe-gangen, zoals in aderen. Zijn werk vatte hij samen in de *Thesaurus Anatomicus*.

Tsaar Peter de Grote, in Nederland om zich op elk mogelijk terrein te bekwamen, was, zoals iedereen, verrukt over wat hij bij Ruysch zag. Zo verrukt, dat hij zich naar een opgezet kind, blozend, lief en levend om te zien, toe boog en het vertederd kuste. Peter kocht de hele collectie (meer dan 1300 preparaten) en liet die naar St. Petersburg overbrengen (1717). De alcoholpreparaten gingen al dadelijk verloren omdat de scheepsbemanning de flessen leegdronk.

Het recept van de vloeistof waar hij mee injecteerde, hield Ruysch geheim, maar na zijn dood kreeg de Franse Académie het ter beschikking en Geoffroy de opdracht het te proberen. Hij moest daartoe een mengsel van 'wijngeest' (alcohol uit wijndistillatie verkregen) en kamfer, waar zwarte peper, kleine kardamoms en kruidnagelen aan toegevoegd waren, destilleren.

Alcohol is het conserveringsmiddel gebleven voor biologisch materiaal sinds Boyle het in 1663 aanbeval (hij had enige jaren lang jonge hondjes op alcohol in goede staat kunnen bewaren). Bronnen waren wijn en rum. In de loop der tijd bleek het soms gewenst aan de alcohol bijvoorbeeld azijnzuur, formaldehyde of glycerine toe te voe-

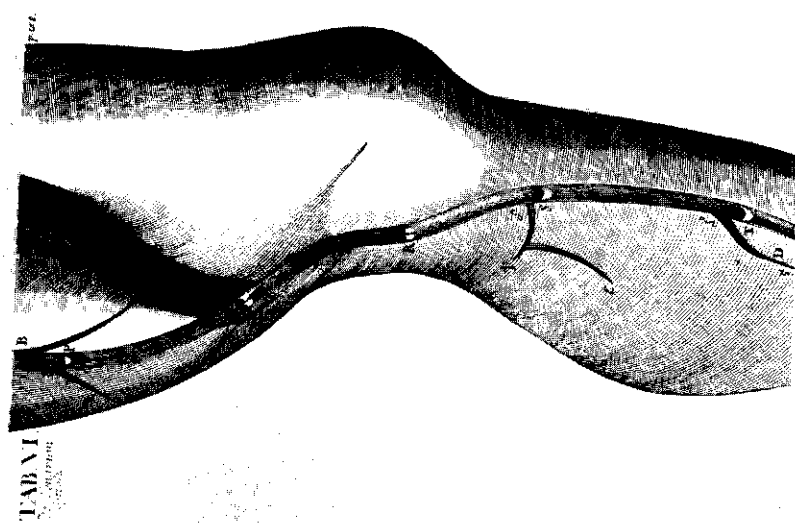


Fig. 39. De klepjes in een beenader. Fabricius ab Aquapendente onderzocht de aderklepjes die hij met tussenruimen in alle grote aderen van de ledematen aantrof. Zijn meesterlijke afbeeldingen, zorgvuldige beschrijvingen en verkeerde interpretatie vormden de aanzet voor Harveys ontdekking van de grote bloedsomloop. (Tab. VI, *De Venarum Ostriolis*, in *Opera Omnia* . . ., 1638; Universiteitsbibliotheek, Leiden).

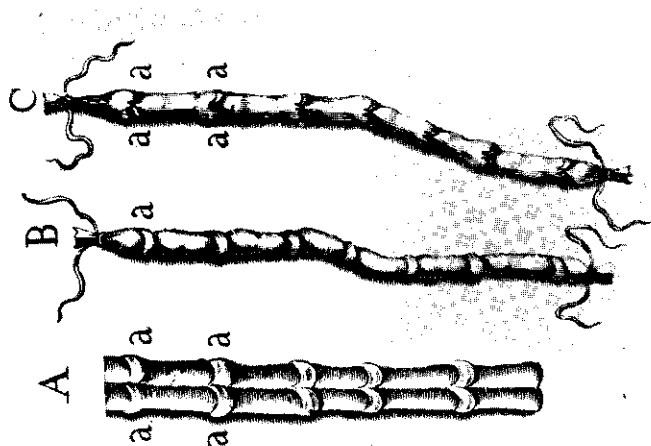


Fig. 40. Kleppen niet alleen in aderen maar ook in lymfvaten door F. Ruysch getoond. A: Lymfvat in de lengte opengesneden met halvemaa-
vormige kleppen (a). B: Lymfvat gesloten. C: Lymfvat inwendig, met
gesloten klepjes. Ruysch, achterig van bloedige en wrede vivisecties, ver-
vaardigde met meesterhand van dood materiaal houdbare preparaten
(zorgvuldige ontleding, injecties (lucht of vloeistoffen), drogen of conser-
veren in vloeistof) en kon de aanwezigheid van kleppen in lymfvaten bewij-
zen en afbeelden. (Uit *Ditucid. Vafvul.* 1665; facsimile-uitgave in 1964;
Biohistorisch Instituut, Utrecht.)

gen, mengsels die heden ten dage nog altijd veel gebruikt worden. Vóór Boyles aanbeveling werden gewoonlijk sterke zoutoplossingen toegepast.

Ruysch begint, nadat zijn collectie naar Rusland gegaan is, 79 jaar oud, een nieuwe, maar bereikt zijn oude glorie niet meer, ofschoon hij 93 jaar werd en zijn zoon (die vóór hem stierf) hem hielp. Vier jaar voor zijn dood benoemde de Parijse Académie van Wetenschappen hem tot lid, als opvolger van Newton. Daarmee werd Ruysch erkend als een zeer verdienstelijke onderzoeker. Van zijn collecties, zowel de eerste als de tweede, is vrijwel niets overgebleven.

Een incidentele ontdekking die later van betekenis werd, is die van O. Rudbeck (1630-1702) die in 1650 door vivisectie van een kalf in Leiden kleurloze lymfe en lymfevaten ontdekte.

De Leidse anatomie werd korte tijd gediend door Govert Bidloo (1649, Amsterdam – 1713, Leiden) als hoogleraar; hij werd lijfarts van koning Willem III van Engeland. Zijn Atlas der Anatomie verscheen en had door Cowpers optreden succes (zie VII). Hij hield zich naar de mode van de dag bezig met injecteertechnieken.

Terwijl ook in Utrecht en in Franeker (sinds 1585) enig anatomisch werk gedaan werd maar niets dat veel bijval vond, kwam Groningen (anatomie als universitair terrein van onderzoek sinds 1614) in de 18e eeuw op de voorgrond door het werk van Camper (VII).

Twee biologen van wereldformaat behoren wij nog kort te bespreken; zij waren een glorie voor de biologie der 17e eeuw in Nederland: Jan Swammerdam en Antoni van Leeuwenhoek.

27. Swammerdam, de onovertroffen insektenanatom

Jan Swammerdam (1637, Amsterdam – 1680, Amsterdam) was een apothekerszoon die in Leiden (o.a. bij Van Horne en De la Boë) medicijnen studeerde (1661) en zich daarna vooral op Frankrijk oriënteerde: studies in Saumur (1663) en in Parijs (waar hij samen met Steno heen ging en enige tijd werkte). De Franse relaties bleken duurzaam te zijn.

Als anatom is Swammerdam nimmer overtroffen. Ongeveer 12 jaar (1663-1675) lang ontleedde hij insecten, met behulp van een ontleedmicroscopje dat hij zelf ontwierp en S.J. van Mussenbroek voor hem maakte. Zowel de lens als het object waren verstelbaar. Bij voorkeur werkte hij met uiterst kleine schachtjes en hij sleep al zijn instrumentjes eigenhandig onder de microscoop. Technische verfijningen waren zijn ontleding onder water, het conserveren van preparaten in alcohol of in 'balsem'. Met behulp van injecties (met lucht of gekleurde vloeistoffen), waartoe hij zelf gemaakte fijne capillaire glasbuisjes benutte, maakte hij de bouw van orgaantjes beter zichtbaar. Was-injecties vond hij uit in januari 1666.

Op 5 juli 1672 zond Swammerdam aan de Royal Society in Londen (waar hij sedert 1665 lid van was) zijn preparaat van het ♀ geslachtsapparaat (mens) waarvan de uterus opgeblazen en gedroogd was en de bloedvaten met rode en gele was geïnjecteerd waren. Het ging vergezeld van een beschrijving en afbeeldingen, die nog in hetzelfde jaar gepubliceerd werden (*Miraculum Naturae Sive Uteri Mulieris Fabrica*).

De collectie *biologica* van de Royal Society kwam in 1781 in het bezit van het Brits Museum, maar Swammerdams beroemde preparaat bleek na de verhuizing verdwenen te

zijn.

Hetzelfde lot trof zijn natuurhistorische collecties, die o.m. ongeveer 3000 insektsorten bevat moeten hebben, vele ervan ontleed en in verschillende ontwikkelingsstadia. Noch tijdens zijn leven, noch na zijn dood, was een koper te vinden en toen zijn collecties en instrumenten geen 5000 gulden op konden brengen, hebben zijn erfgenamen alles verdeeld en verdaan. Er is niets overgebleven. Zijn geschriften ging het, dank zij Boerhaave wat beter. Als Swammerdam sterft, blijft zijn hoofdwerk ongedrukt en zonder uitgever liggen. Melchisédech Thévenot, Azië-kenner, curator van de bibliotheek des konings en een vriend uit zijn Parijse jaren, erft de manuscripten en tekeningen om hen persklaar te maken, maar sterft in 1692 en het is niet gereed. G.J. Duverney (V.31) neemt nu de taak op zich maar vordert niet. Na jaren wachten koopt Boerhaave, die Swammerdam persoonlijk gekend had en zijn betekenis begreep, de handschriften en tekeningen en verzorgt de tweedelige folio-uitgave van de Bijbel der Natuure, het verzamelde werk, dat in het Nederlands en het Latijn verschijnt (1737 - 1738). Cole (1944, p. 272) schreef (en kon zijn enthousiasme niet bedwingen): "De auteur was honderd jaar geleden geboren, maar zijn werk was niet verouderd en het zal evenmin verouderen als Bach's muziek of de vlucht van een kokerjuffer".

Fysiek en mentaal was Swammerdam een zwakke man; eigenlijk kon hij zelf de kost nooit helemaal verdienen. In 1673 kreeg Anthoinette de Bourignon vat op hem en geholpen door zijn slechte lichamelijke conditie (hij leed aan malaria) dreef zij hem allengs tot godsdienstige dweperij. Hij moet (oordeelt zij) de Schepper der levende dingen meer beminnen dan de dierkens die Hij geschapen heeft, m.a.w. zijn tijd niet verknoeien aan anatomisch onderzoek.

Toch publiceerde Swammerdam in 1675 nog zijn *Ephemerita vita*, een studie over de anatomie en de levenscyclus van de kokerjuffer (*Palingenia longicauda*). De studie is met bijbelteksten doorvlochten en werd gemaakt "om ons, ellendige stervelingen, een pakkend beeld voor ogen te stellen van de korte duur van dit, ons leven, en daarmede op te wekken naar een beter leven te trachten".

Boerhaave schreef: "Evenwel dorst hy niet over syn gemoed nemen, het uyt te brengen, sonder de goedkeuring van Juffrouw Bourignon".

Die juffrouw Bourignon woonde in Hamburg, waar zij in de schaduw van Jacob Boehme, een mystieke dweper, de Heer diende. Swammerdam reisde naar haar toe om zijn plan voor te leggen. Hij was het werk in 1664 begonnen en had er tijdens een verblijf in Gelderland in 1667 verder aan gewerkt. Hij kreeg nog één keer toestemming om tot publikatie over te gaan. Het verscheen 12 juli, 1675.

"Nadat hij dit laatst uytwerksel van syn konst had voortgebracht in het ligt, heeft hy nooit meer gewild sig moeyen med menschelike saken..." merkte Boerhaave op en voegde er aan toe: "Het klyn overschot van syn leevtyd besteede hy, enkel en alleen, med God te aanbidden, en te beminnen. En stierv op de 17 Februarius, 1680".

Ephemerita Vita heeft meer waardering ondervonden dan Swammerdams bijenstudies; ten onrechte.

De bewoners van de bijenkorf richten zich, zo bleek hem, naar de koningin, een ♀ bij (die een eierstok bezit en geen 'koning' is zoals steeds verondersteld was). En het anatomisch onderzoek wijst voorts uit dat de darren ♂ en de werksters geslachtloos zijn. Indien men bedenkt, dat in die jaren een bijenstudie verscheen waarin verklaard wordt dat ♀ en ♂ bijen niet bestaan, dat de 'koningen' in de grotere gaten van de raat geboren worden, dat de 'werkers' was halen, er honing van maken en darren zichzelf

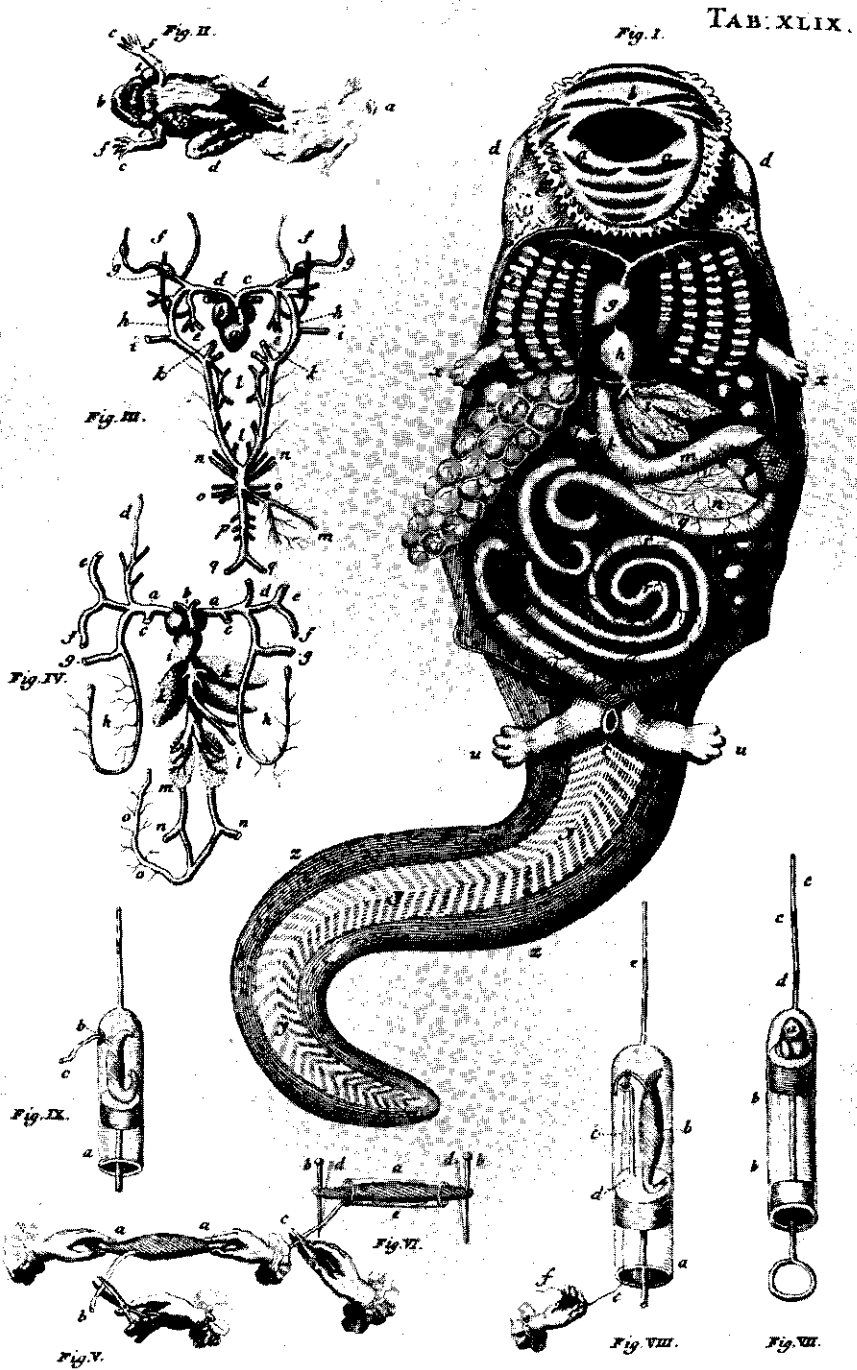


Fig. 41. Swammerdams anatomisch onderzoek over de kikkerlarve dat nimmer werd geëvenaard. De verklarende tekst in *Biblia Naturae* is in het Latijn en het Nederlands. Hier is bij wijze van voorbeeld een deel van de Nederlandse tekst toegevoegd.

VERKLAARING DER TAFEREELN. 115

- b. Het bovenste Kakebeen.
 c.c. De witte Tepels, die in den omtrek der Mond geplaatst sijn.
 d.d. Een gedeelte van de uytspylende Oogen.
 e.e. De vier ryzen der Keuwen aan tweezyden.

- f.f. De Longen, waar van de e. ne beel opgeblaa-
 sen, en de andere ingewallen is.
 g. Het Hart. h. Het Oorken des Harts.
 i. De Lever met de bolle Ader.
 k. De Keel. l. De Galblaas.
 m. De buiging der Slokdarm in de Leever.
 n. Een gedeelte van het Scheyl met sijn Bloetvaten.
 o. De Maag in het beginsel van haar aangroeiing.
 p. Het Maagkussen op sijn plaats.
 q. De dunne Darm.
 r.r. De ciereyke en dubbele kringelingen van de
 Darmen.
 s. De Regte Darm. t. Den Aars.
 u.u. De twee agterste Voeten, die buyten het lig-
 baam gegroeyt sijn.
 x.x. De voorste Beenen, die onder het vel ver-
 borgten gelegen hebben.
 y.y. De Spieren in de Staart van de Kikvorfch.
 z.z. Het vlieghz deel der Staart.

Fig. 11.

De manier, soo als de Gyrinus vervelt.

- a. De kleine opening des Monts, in het afftropen-
 de Vel.
 b. De wyde ope Mont in de Kikvorfch.
 c.c. Het voorste paar vervelde Beenen, die onder
 het vel op de Borst lagen. Siet Tab. KLV.L.
 No. V. litt. k.k.
 d.d. Het agterste paar vervellende Beenen.
 e.e. De Lugblaaskens, die alleen in het Manne-
 ken sijn.
 f.f. De twee dikke Duymen, die ook maar in het
 Manneken sijn.

Fig. III.

De Slagaders in de Kikvorfch.

- a. Het Hart.
 b. Het Oorken, waar op het begin van de groo-
 te Slagader, wyt het Hart van de Kikvorfch op-
 komende.
 c. Een van de twee grootste Stammen der Slagader,
 die, als de ondersteulbeens Slagader gelyk synde,
 naa de regter sjde des Borsts loopt.
 d. De tweede opklimmende Stam, die naa de sijn-
 ker sjde gaat.
 e.c. De Long-Slagaders, die alleen tot de woeding
 der Long dienen; hier van worden drie afgesnee-
 de Takken vertoont.
 f.f. Twee kleine Slagaders, wyt die der Long spruy-
 sende, die naa de deelen des Monts gaan.
 g.g. Twee Slagaders, waar van yder in twee
 vleswyse knoopkens is wytgegroeyt.
 h.h. De twee grootste takken der Slagaders in de
 Kikvorfch, die, naa dat sy wyt de opklimmende
 Stammen der groote Slagader haar oorspronk ge-
 nommen hebben, hoepelwys omgebogen worden, en
 eyndelyk met malkanderen in de Lendenen inmondten.

F f 2

i.i. De

- i.i. De Oxelslagaders. k.k. De Kropslagaders.
 l.l. De Wervelbeens Slagaders.
 m. De Scheyl Slagader. n.n. De Lende Slagader.
 o.o. De Slagaders der Saatballen en des Eyerstiks.
 p. De Nier Slagaders. q.q. De Liestakken.

Fig. IV.

De Aders der Kikvorfchen.

- a a. De bovenste Stammen des bolle Aders.
 b. De afgesneede Slagaders.
 c.c. De Longaders meede afgesneeden.
 d.d. Eenige Aders, die naa de deelen der Mont
 gaan.
 e.e. Andere, die naa het Hoofd gaan.
 f.f. Twee, die naa de Spieren van de voorste paar
 Beenen gaan.
 g.g. Oxeladers.
 h.h. Twee considerabele Takken in de Liefen onder
 het vel.
 i. De Stam van de bolle Ader op de Rug.
 k.k. De bolle Ader in de Lever.
 l. De Scheylader.
 m. Nieraders. n.n. De Liestaders.
 o.o. De Onderwyks Ader in sijn begin dubbeld.

Fig. v.

De beweging van een Spier in de
 Kikvorfch.

- a.a. De twee Peesen van een Spier, met de vinge-
 ren gevat.
 b. De neerhangende Senuw geroert synde, waar
 door de Spier sig samen trekkende, de twee bau-
 den als te samen trekt.

Fig. vi.

De manier, hoe de Spier sig als verdikt
 in sijn famentrekking.

- a. Een glase Pypken, daar de Spier door getrok-
 ken is.
 b.b. Twee naalden door sijn Peesen geschooken.
 c. De Senuw aangeroert;
 d.d. Waar door de naalden b.b., wyt haar plaats
 bewogen worden tot d.d.
 e. Soo dat de Spier de glase Pyp in haar midden
 door sijn contractie komt te vullen.

Fig. vii.

De manier, hoe het Hart in sijn contra-
 ctie minder plaats beflaat.

- a. Het Hart sig contraherende, daar het in een
 glase spuyt op de suyger geplaatst is.
 b.b. De glase Spuyt.
 c. Een droppeken water in het Pypken van die
 Spuyt, dat op de contractie van het Hart re-
 derdaalt.
 d. De plaats in het Pypken, waar by aangewe-
 sen wort, hoe laag het droppeken c., als dan
 neerwaarts bewogen wort.

Fig.

voortbrengen (A. Picus, Büchlein von den Bienen, 1677), dan wordt de betekenis van Swammerdam duidelijk.

Swammerdams werk noemden tijdgenoten en lateren half-schertsend 'insektotheologie'. Het doet denken aan de pogingen wijsgerige auteurs uit de Oudheid tot christenen van vóór-Christus te maken. Swammerdam zoekt naar een syncretisme van biologie en theologie dat in die vorm een monsterverbond is en evenzeer voorbestemd is om te mislukken als de wijsgerig-religieuze syncretismen der Middeleeuwen. Als bioloog heeft hij, evenwel, als een geïnspireerde, een gedrevene, gewerkt, waarbij hij beschikte over een wonderbaarlijk talent voor anatomisch onderzoek. Zijn ontleding gingen in kwaliteit zelfs die van Malpighi en van Grew verre te boven.

Hij ontdekte de dorsale zenuwknop van de evertrebraten ('hersenknoop'), de ringvormige zenuwstreng rond de slokdarm en de overige centrale zenuwknopen in de buikstreng. Hij kon de functie van het insektenzenuwstelsel echter niet verklaren en heeft dus ook geen bijzondere betekenis aan die opbouw gehecht.

In 1668 stelt hij vast dat larve, pop en imago van een insect elkaar als doosjes omsluiten. Wat zijn interpretaties betreft van het ontdekte feitenmateriaal, zelfs hij kan zich niet onttrekken aan de steeds gespannen valstrik, dat men meent te zien wat men verwacht te zien. Hij concludeerde, dat het volkomen insect steeds in alle levensfasen aanwezig is en dat geen lichaamsdelen tijdens de ontwikkeling uit ei of larve ontstaan. Hij behoort als aanhanger van de preformatie-theorie gezien te worden. Harvey kritiseerde hij scherp wegens zijn geloof aan *epigenesis*.

Bibl. Nat. p. 27: "Dus verre Harveus: maar soo veel woorden, soo veel onwaarheden bijkans, wordender in deese redeneering van hem gevonden."

Moeten wij hierbij denken aan de invloed van een vooroordeel? Het was Swammerdams vurige overtuiging dat de schepping een volmaakte, voltooid schepping was, sinds Platoon en tot de 19e eeuw (en daarna) een vrij algemeen aanvaarde maar natuurwetenschappelijk nimmer bewijsbare stelling. Swammerdam genoot van dat geloofsartikel en bespeurde telkens en telkens in de wondere bouw van zijn diertkens de Vinger Gods. Zijn theologie vereiste 'preformatie'. Het spreekt vanzelf dat hij zich tegelijkertijd tegen *generatio spontanea* keerde (Algemeen Verhandeling der Bloedloze Dierkens; 1669). Rottende materie een scheppend vermogen toekennen? Scheppen is God voorbehouden.

Rusteloos met zijn microscoop in de weer, in de zon, in zijn tuintje – want het licht in de binnenkamer was te zwak – deed Swammerdam vele ontdekkingen. Ik vermeld nog slechts dat hij een der eersten geweest is die rode bloedlichaampjes zag en ze herkende voor wat ze zijn.

De Bijbel der Natuure werd het fundament van de moderne entomologie, wat de anatomie, levenscyclus en classificatie (taxonomie) betreft. Maar naast de studie van de insecten, deed Swammerdam uitmuntend werk over schaaldieren, schelpdieren (wijngaard- en andere slakken, inktvissen) en de kikker (ontogenie, urogenitaal stelsel).

28. *Van Leeuwenhoek en zijn animalcula*

Terwijl Swammerdam onvermoeibaar en behendig zijn insecten ontleedde, hanteerde Antoni van Leeuwenhoek (1632, Delft – 1723, Delft) als geen ander de microscoop. Aanvankelijk ging hij in de leer bij een lakenkoopman in Amsterdam maar hij keerde

al vroeg naar Delft terug, waar hij met een kleine gemeentebaan tevreden bleef wonen tot zijn dood.

Ras-amateur, maar diep en blijvend nieuwsgierig, werd hij bioloog van wereldwijde reputatie, die zijn eigen vaktaal maakte en in het Hollands verslag deed van zijn waarnemingen. Hij stuurde zijn geschriften aan de Royal Society in Londen. De Society droeg zorg voor vertalingen in het Engels, of ook in het Latijn, en voor publikatie in de *Philosophical Transactions* (van 1676 tot 1714). Uit dankbaarheid voor zoveel hulp vermaakte Van Leeuwenhoek aan de Royal Society een kastje, zwart gelakt en met vergulde versieringen dat in vijf kleine laden dertien tinnen doosjes bevatte. In elk doosje waren twee geslepen microscopen, totaal zesentwintig, in zilver gevatte lenzen. Omdat hij ze tot zijn dood wilde gebruiken moest zijn dochter het legaat naar de Society opsturen. Dat geschiedde maar het schijnt dat het kastje met inhoud verdwenen is. Van Leeuwenhoek onderzocht planten maar pionierde vooral in het dierenrijk en bestudeerde met inbegrip van infusoria ("afgietseldiertjes") en de walvis. Daartoe maakte hij microscopen, meer dan 400. Hij sleep zijn lenzen zelf; veel tijdgenoten microscopeden met glasdruppels die toevallig, na uitkiezen en proberen, geschikt bleken. Hij bereikte met zijn 'loupes' zeker een 200-voudige vergroting, misschien zelfs nog veel meer.

De onveranderlijkheid van soorten was hem een gegeven, daar twijfelde eigenlijk niemand aan. Als hij iets bij een dier waarnam dat zijn belangstelling wekte, probeerde hij een gelijkgeaard orgaan of een vergelijkbare situatie bij andere dieren te vinden; hij droeg bij aan de vergelijkende anatomie.

Hij wilde "de wereld van zijn misvattingen verlossen en zelf daarbij leren". Evenals Swammerdam werd hij een grondlegger van de micro-anatomie, een grondlegger ook van de wetenschappelijke microscopie, in weerwil van zijn incidentele keuze van onderwerpen, zijn toevallige, haast speelse belangstelling voor alles wat aan levende organismen zijn aandacht trok, die bepalend was voor zijn keuze voor studie-objecten. Hij ontleepte, verbluffend bekwaam, *Aleurobius (Tyroglyphus) farinacea*, de meelmijt.

Uit de talrijke ontdekkingen die Van Leeuwenhoek deed, volgt een keuze. Na een schaapembryo van ca. 17 dagen ontleed te hebben, verklaarde hij alle organen en lichaamsdelen van een schaap te hebben aangetroffen, al was het embryo toch niet groter dan een achtste deel van een erwt. Garnaal en kreeft bleken op overeenkomstige wijze te ontwikkelen.

Hij was overtuigd van preformatie: een volledig gevormd embryonaal begin, zodat alle organen zich vergrotend ontplooien om volwassen te worden. Groei tot volwassenheid van het eerste beginpunt af. Maar na vele waarnemingen erkende Van Leeuwenhoek ronduit dat hij zich vergist had en in de tachtiger jaren accepteerde hij epigenese: de ontwikkeling in volgorde van de organen gedurende de embryonale groei.

In 1687 berichtte hij dat de zijderups eerder uit het ei komt na toevoeging van extra warmte. Daarom opende en onderzocht hij vlindereieren in volgorde, dezelfde procedure als bij de klassieke bebroede-kippeï-reeks.

De eerste waarnemingen van afgietseldiertjes (*Infusoria*) en bacteriën staan op naam van Van Leeuwenhoek. In 1674 doorzocht hij drabbig water uit het Berkelse meer met zijn microscoop en zag groenwierdraadjes (*Spirogyra*) en *Protozoa*. De microbiologie was begonnen. Hij zette zijn wateronderzoek voort, probeerde zoet- en zee-water, speeksel, water uit de gracht, de regenton, de put, de dakgoot, smeltwater van

sneeuw afkomstig, water met peper, nootmuskaat, gember, water na een periode van verduistering, na belichting. Talloze probeersels, dozijnen ontdekkingen: *Vorticella* en *Euglena* in 1675, bacteriën in 1676.

Azijsnaaltjes hield hij enige tijd in leven en constateerde dat zij sterk in aantal toenamen (twintigmaal zoveel in drie weken). Zij bleken ongelijk van afmetingen. Hij wachtte zijn kans af en zag na enige tijd vier kleine aaltjes uit een groot aaltje te voorschijn komen. Het gelukte hem om in een volwassen aaltje de jongen te zien bewegen. Azijsnaaltjes zijn levendbarend en Van Leeuwenhoek ziet zijn afwijzing van *generatio spontanea* bevestigd (en van Harveys *omnia ex ovo*, alle dieren uit een ei, komt ook niet zoveel terecht).

Van Leeuwenhoek is opgetogen, gefascineerd door zijn 'kleine diertgens', zijn *animalcula*, en de meest revolutionaire ontdekking staat voor de deur.

Johan Ham, een Arnhemmer (geboren 1650 of 1651), studeerde in Leiden medicijnen, prakticeerde als arts in Arnhem in later jaren en bracht het daar zelfs tot burge-meester. Ham bezoekt Van Leeuwenhoek dikwijls want hij leerde bij hem microscopieren. In augustus 1677 toonde Ham hem levende wezentjes in sperma dat hij – naar Van Leeuwenhoek meedeelde – verkregen had van een man die aan geslachtsziekte leed. Van Leeuwenhoek had die *animalcula* al vroeger gezien maar ze toen voor *corpuscula* gehouden, 'klontjes' of niet nader te definiëren bolletjes, en "omdat ik er een tegenzin in had om er nader naar te kijken had ik het daarbij gelaten".

Van Leeuwenhoek zag nu snel bewegende vrijwel ronde 'diertgens' met een staart die 5 of 6 maal langer was dan het lichaam. Hij maakte een tekening en ging op onderzoek uit in de dierenwereld. Alle dieren bezitten hen en hij trof ze aan in ♀ dieren na een paring.

Harveys bewering van 1651 (V.19) moest nu nader worden bezien. Sperma, had Harvey beweerd, zou nimmer de uterus binnen gaan. De fameuze *aura seminalis* bracht bevruchting teweeg, op afstand van de bron, het sperma. Maar nu bleek dat dit duizenden krachtig zwemmende diertjes bevatte. Waar zwommen die dan heen?

Die vraag blijft nog onbeantwoord, maar Van Leeuwenhoek schrijft over zijn ontdekking aan de Royal Society (november 1677). Wel had Van Leeuwenhoek daar een reputatie verkregen want Robert Hooke had de Society zijn gunstige oordeel over Van Leeuwenhoeks werk niet onthouden.

Toen diens eerste brieven daar aankwamen, vol met ongehoorde beweringen, wilde men dit alles niet zo maar geloven. Van Leeuwenhoek had de beste microscopen ter wereld en een nauwelijks te evenaren bekwaamheid. Wie zou hem controleren? Hooke was de beste, en een zeer goede, keus. Hij bevestigde Van Leeuwenhoeks waarnemingen.

De brief met berichten over *animalcula* in het sperma gaat echter te ver. Grew, de secretaris, wijst hem in zijn antwoord er op dat sperma slechts dient om dat vluchtige en bevruchtende beginsel voort te brengen dat het in het ♀ organisme aanwezige ei activeert. Verder vroeg Grew of Van Leeuwenhoek, als hij Harvey dan niet geloven wilde, niet eens het werk van De Graaf zou raadplegen want die dacht er precies zo over. Om niets achterwege te laten voegde Grew nog een lijst van 70 gelijkgezinden toe.

Van Leeuwenhoek is niet verslagen. De diertgens zijn er en die vormen de vrucht; als een zaaisel komen zij in de uterus en één kiemt. En hij schreef:

"Als uw Harvey en onze De Graaf een honderste deel gezien zouden hebben van wat ik zag, dan zouden zij mij gesteund hebben in mijn mening dat het zaad van

de man de vrucht vormt, alleen, terwijl het ♀ aandeel niet meer is dan dit mannelijke zaad te ontvangen en het te voeden”.

Dat is het volstrekte tegengestelde van het ‘ovisme’.

Omdat hij misverstanden voorzag, schreef Van Leeuwenhoek met nadruk en bij herhaling dat hij nooit beweerd had dat menselijk sperma met kleine kindertjes gevuld is, maar wel met levende diertjes, of kleine wormpjes met lange staarten. Hij maakte een kostelijke vergelijking: “Het gaat niet aan om bepaalde wormen als zij in het water zwemmen, als vliegende dieren te bestempelen. Niettemin zullen uit de wormen later toch vliegende dieren te voorschijn komen. Evenmin mogen wij beweren dat de *animalcula* in het zaad van de mens kleine kindertjes zijn, ofschoon uit elk wormpje een kind kan komen”.

De Royal Society ging niet over één nacht ijs. Hooke organiseerde in juli 1679 een zitting. Vele leden konden spermatozoïden van een paard levend met behulp van zijn microscoop waarnemen. Eind 1679 verscheen Van Leeuwenhoeks brief in de *Philosophical Transactions*: het manifest van de animalculisten. Een jaar later werd Van Leeuwenhoek benoemd tot lid van de Royal Society.

Het zaaddiertje, verklaarde Van Leeuwenhoek, bepaalt de ontwikkeling van het embryo. Daar had hij een argument voor uit de praktijk. Men gebruikte in zijn dagen de mannelijke grijze wilde konijnen om met tamme konijnen te kruisen. De nakomelingen bleken dan grijs te zijn, de kleur van het mannetje. Zij zijn niet van wilde konijnen te onderscheiden en kunnen als ‘wild’ verhandeld worden (die beter smaken). Dat toont aan, betoogt Van Leeuwenhoek, dat het mannelijke (zaaddiertje) de nakomelingschap vormt.

Al had Van Leeuwenhoek beweerd dat het zaaddiertje niet het volgroeide organisme in minuscule uitvoering is, toch kon hij niet verhoeden dat in de 18e eeuw bovennatuurlijk goede waarnemers toch *homunculi* zagen, minimensjes in de spermatozoïden (XII).

In 1683 deelde Van Leeuwenhoek mee dat de *animalcula* de ‘eieren’ binnendringen, wel te verstaan, één van hen gaat op een bepaald, tevoren ontwikkeld, punt het ei binnen en vindt daar in de dooier voedsel om in leven te kunnen blijven en bijvoorbeeld bij vogels de broedtijd af te wachten. Als geen van de zaaddiertjes die ei-opening kan vinden, blijft het ei onvruchtbaar. Dit verklaart waarom er zoveel duizenden spermatozoïden meer dan eieren zijn.

Een ongeloofwaardige verspilling: dat zou onnatuurlijk zijn, betoogden de critici, waartegen Van Leeuwenhoek opmerkte dat onder een oude appelboom die jaarlijks talloze appels voortbrengt vrijwel nooit ook maar één kiemplant te vinden is.

De strijd tussen ovisten en animalculisten zou in de 18e eeuw voortgezet worden (VIII).

Zijn bladluis-ontledingen (1695, 1696, 1700) bewijzen de parthenogenese van die insecten: “zij brengen hun jongen voort zonder ooit tesamen te komen”. Een luis is ovovivipaar, een vlo niet. Hij concludeerde dat de bladluis eigenlijk een *animalculum* is, van ‘spermatische’ natuur en dat daarom het bladluiswijfje overbodig is. Bladluisparthenogenese mag worden vergeleken met de vermeerdering van de *animalcula*, de zaaddiertjes. Men denke aan de snelle toeneming in aantal van *Infusoria*.

In de geslachtsorganen van een haan vond Van Leeuwenhoek spermatozoïden, overtalrijk in de *testis*. Zij komen niet uit rotting voort. Een onderzoek van een rat brengt Van Leeuwenhoek tot de overtuiging – die later juist bleek te zijn – dat zij in de ‘draadachtige delen’ van de *testis* (de zaadkanaaltjes) gevormd worden. Dat verhindert

Martin Lister niet om achttien jaar later in hetzelfde tijdschrift (*Philosophical Transactions*) als waarin Van Leeuwenhoek deze bevindingen gepubliceerd had de vraag te stellen waar nu toch eigenlijk die *animalcula* in het sperma tot leven komen (V.25).

In 1697 verklaart Van Leeuwenhoek ronduit dat spermatozoiden de oorsprong en enige bron zijn van nieuwe organismen. In 1699 zag hij zelfs enig verschil tussen ♀ en ♂ spermatozoiden. Van Leeuwenhoek had de zgn. eieren in de eierstokken gezien, de blaasjes die daarvoor door moesten gaan. Deze waren onmiskienbaar te groot om door de eileider (*ductus Fallopii*) in de uterus holte te kunnen afdalen en bijgevolg trof hij daar dus ook nimmer zo'n ei, zo'n *ovum*, aan. Dan moet vastgesteld worden waar de zaaddiertjes heen zwemmen. Bij de hond en bij het konijn bewijst hij dat de uterus na de coïtus zeer veel sperma bevat (1685). Het onderzoek van het konijn viel de eerste keer wat twijfelachtig uit, maar Van Leeuwenhoek deed de uterus in een doosje en stak dit in zijn zak om hem warm te houden. Na zes uur controleerde hij het uterus holte oppervlak opnieuw en kon nu aantonen dat inmiddels spermatozoiden tot boven in de uterus doorgedrongen waren. Een volgend konijn onderzocht hij pas zes uur na de coïtus en hij vond zijn waarneming bevestigd. Van Leeuwenhoek concludeerde dat spermatozoiden de uterus binnendringen en zich dan naar boven verplaatsen. Eén ervan, of misschien enige zoals bij het konijn, vindt op de uteruswand een plekje waar hij zich kan nestelen en vervolgens zal de spermatozoïde tot embryo uitgroeien. Het zaaddiertje alleen is het ware begin. De staart valt af en het eivormige bovenstuk begint zijn ontwikkeling. Dit was de slotsom die Van Leeuwenhoek uit zijn waarnemingen verkreeg.

Met dit overzicht is de schatkamer van vindingen die Van Leeuwenhoek vulde nog lang niet volledig geïnventariseerd. Ik noteer dat hij een der eersten was die de bloedpassage door haarvaten in levend weefsel zag (het doorschijnende staartweefsel van de kikkerlarve). Hij beschreef de dwarsstreping van willekeurige spieren die zelf uit vezelbundeltjes blijken te zijn opgebouwd. De stippel- en spiraalvaten van houtige planten bestudeerde hij. Ik vermeld nog zijn werk over spinnen (1701) en over de cochenille (*Coccus cacti*) in 1704.

Tot kort voor zijn dood (hij werd 91 jaar) bleef Van Leeuwenhoek zijn waarnemingen in briefvorm noteren. Ongeveer 300 brieven zijn bewaard gebleven (in 1929 verscheen een tweedelige uitgave, en twintig jaar later een standaardeditie in negen delen); zij zijn niet alleen voor biologen boeiende lectuur. Antoni van Leeuwenhoek muntte uit door de waarheidsgetrouwe rapporten van wat hij zag, door zijn nauwkeurigheid en zijn verbazend scherpe waarnemingsvermogen. De beschrijvingen van de planten en dieren die hij in zijn microscopische preparaten aantrof zijn doeltreffend en maken hoewel hij geen vaktermen ter beschikking had, identificatie gewoonlijk met zekerheid mogelijk. Zij stemmen door hun methode overeen met bijvoorbeeld die van zijn tijdgenoot Rumphius, die ook amateur-bioloog was. Deze werkwijze komt later opnieuw ter sprake (X).

Een grote technische begaafdheid, te zamen met zijn nooit verflauwende toewijding en bovenal zijn wetenschappelijke nieuwsgierigheid die zich om maatschappelijk profijt geen ogenblik bekommerde maar hem er toe bracht al wat mogelijk was te onderzoeken en daartoe niets achterwege te laten, hebben Van Leeuwenhoek tot een van de grootste biologen in een eeuw van grote biologische ontwikkelingen gemaakt.

29. *Duitsland in de 17e eeuw*

De anatomie bleef in Duitsland in de 17e eeuw zowel in omvang als in kwaliteit duidelijk achter bij de ontwikkelingen in Engeland, Nederland, Frankrijk, Denemarken en Italië. Een korte aantekening over samenwerkingsverbanden van biologisch geïnteresseerde onderzoekers zal genoeg informatie kunnen bevatten.

De stadarts van Schweinfurt, J.L. Bausch (gest. 1665) had twee jaar medicijnen in Italië gestudeerd en was daar in aanraking met de Accademia dei Lincei gekomen. Dat voorbeeld zal hem op de gedachte gebracht hebben in Duitsland een genootschap met gelijke gezindheid en doelstellingen te stichten. In 1652 richtte hij een *Collegium Naturae Curiosorum* op, samen met drie andere artsen. Ofschoon de goede wil niet ontbrak en langzamerhand meer leden toetraden (na 10 jaar had het Collegium 25 leden) verscheen niets in druk. De eerste publikatie kwam pas tot stand na een reorganisatie in 1670. Er zou nu een jaarboek gaan verschijnen en de leden, die elk een veld van onderzoek of bijzonder onderwerp werd toevertrouwd, namen zich voor de resultaten van hun onderzoek daarin te publiceren. In 1670 verscheen *Miscellanea Curiosa sive Ephemeridum...*, dat zich als voorbeeld de Philosophical Transactions stelde.

Ofschoon een dozijn stukjes van zoölogische aard van goede wil getuigden, konden deze de *Ephemerides* voor de biologie niet belangrijk maken en de volgende delen slaagden daar evenmin in. Zelfs de naamsverandering in 1677 toen de keizer als beschermheer te hulp kwam en de vereniging *Sacri Romani Imperatoris Academia Naturae Curiosorum* kwam te heten, mocht niet baten. Wel adopteerde men een devies waar ijver uit bleek: *Numquam otiosus*, Nimmer rustend. Het voorspelde resultaten en deze bleven niet uit: in 1687 kreeg het genootschap de naam *Academia Caesarea Leopoldina* met veel grotere bevoegdheden en meer gezag. De Leopoldina had dezelfde status als de universiteit van Wenen en recht tot publiceren. De voorzitter en de directeur kregen de bevoegdheid onwettige kinderen wettig te verklaren.

Hoe dan ook, langzaam maar zeker won de Leopoldina in aanzien. De *Ephemerides* verschenen van 1670 -1722 (en werden in de 18e eeuw opgevolgd door *Acta* (1727 -1754) en *Nova Acta* na 1756).

De voornaamste anatoom van het Collegium was Muralt, die zich met insecten- en vissenanatomie bezig hield en aan de embryologie werkte. Hij publiceerde in het Engels in de Philosophical Transactions sedert 1670, het jaar dat de eerste *Ephemerides* verschenen.

Een curiosum dat misschien enigermate gestimuleerd heeft was de gewoonte om leden van een vleierende, naar gehoopt werd karakteristieke bijnaam te voorzien, een naklank van het Middeleeuwse gebruik. Een bekend voorbeeld is Rumphius (zijn werk komt in X aan de orde) die de vereniging als Plinius Indicus betitelde. Christian Men(t)zel (1622, Fürstenwalde -1701, Fürstenwalde) werd Apollo. Hij was zoöloog en had in Holland en in Italië (Padua) gestudeerd. Johann Jacob Wepfer (1620, Schaffhausen - 1695, Schaffhausen) ontleedde vele diersoorten voor de eerste keer in de geschiedenis maar met weinig opvallend resultaat. Hij werd Machaon II (Machaon was de zoon van de god Asklepios). Philipp Jacob Hartmann (1648, Stralsund - 1707, Königsberg), hoogleraar te Königsberg in de geschiedenis en in de medicijnen, schreef verhandelingen over de geschiedenis van de anatomie, werd lid in 1685 en tegelijkertijd Aristoteles II. Petrus Hotton (1648, Amsterdam - 1709, Leiden) werd Krateuas.

Ten huize van Christopher Sturm te Altdorf ontwikkelde een *Collegium Curiosum*

sive *Experimentale* zich voorspoedig. Sturm was hoogleraar in wiskunde en fysica aan de Universiteit van Neurenberg die te Altdorf gevestigd was.

De zittingen van de Accademia del Cimento had Sturm in Florence bijgewoond en na studie in Nederland en Engeland besloot hij een geleerd genootschap in Zuid-Duitsland op te richten met dezelfde doelstellingen en werkwijze als de Italiaanse Accademia. Sturms Collegium kwam in 1672 voor het eerst bijeen.

Er is veel geëxperimenteerd en op veel terreinen onderzocht. Altdorf gold als de meest vooruitstrevende universiteit in Duitsland. In 1682 kwam daar een goed uitgerust universiteitslaboratorium voor chemie tot stand, het eerste in Duitsland. Er was een *theatrum anatomicum* sinds 1637. Voor de biologie bleef het Collegium van geringe betekenis al verschenen beschouwingen over Borelli's werk en over Van Helmonts proefnemingen. Sturm was vijfendertig jaar lang een geestdriftige leraar en leider. Hij schreef een verhandeling ter verdediging van de preformatie-theorie.

Carus maakte een lijstje van de publikaties van de 17e-eeuwse Duitse genootschappen (1872, p. 412) waar de vermelding van een *Salamandrologia* en een *Cynographia* enige aandacht trekt.

Het eerste en minst succesvolle van de Duitse genootschappen is nog niet genoemd: de *Societas Eurenetica* die in 1622 door Jungius te Rostock in leven werd geroepen. Aanleiding was waarschijnlijk de verschijning van Valentin Andreae's boek over een Utopia dat al vermeld werd (V.22).

Jung betoogt dat de geleerden van Noord-Duitsland de methode gevonden hebben waarop zij de leugenachtigheden van de leerstellingen der jezuiten aan de kaak kunnen stellen. Zij kennen de enig juiste manier om natuurwetenschappelijk onderzoek te doen, maar omdat dit veel geld vereist (kostbaar instrumentarium) moet iedereen meehelpen, vooral de rijken.

Experimenteren is die enige juiste weg. Het motto was *Per inductionem et experimentum omnia*, een wat log uitgevallen zinspeling op Harveys devies. Van de vereniging kwam niets terecht maar des te meer van het scherpzinnige en voortreffelijke werk van de stichter, Joachim Jung (1587, Lübeck – 1657, Hamburg).

Na een studie in de farmacie te Rostock zette hij zijn opleiding voort in Italië, in Padua en in Pisa waar hij bij Cesalpino (IV.20) studeerde. Hij werd een veelzijdig geleerde, vertrouwd met fysica, mineralogie, zoölogie, wiskunde en wijsbegeerte, en bovendien een geestdriftige hervormer van het onderwijs. Hij aanvaardde een benoeming in Giessen, daarna in Lübeck als hoogleraar in wiskunde maar ging in 1628 naar Hamburg. In dat jaar verscheen zijn *Logica Hamburgensis* en werd hij rector van het Johannaenum Gymnasium.

Entomologie en vooral botanie boeiden hem meer en meer. Hier volgt een samenvatting van zijn denken, hoe dit in zijn werk tot uiting kwam en welke gevolgen dit in latere tijden voor biologisch onderzoek had. De Royal Society zorgde na zijn dood voor publikatie van zijn werk over plantkunde.

Elke gevolgtrekking, elk inzicht, moet op experimenten steunen, zegt Jung. Ongefundeerde autoritaire uitspraken zijn waardeloos en evenmin kan een langjarige traditie of een aan de klassieken ontleend betoog de geldigheid van een stelling bewijzen. De twintigste-eeuw klinken deze woorden vertrouwd in de oren maar zij moeten niet verkeerd, in de huidige zin, begrepen worden. Voor Jung is het experiment niet uitsluitend proefondervindelijk onderzoek. Hij bedoelt tevens met het woord 'experiment' waarnemen en een waarneming zonder een controle door proefneming kan bewijskracht

hebben. Jung stelt zich daarmee op hetzelfde standpunt als vele van zijn 16-eeuwse voorgangers en eigenlijk is zijn leuze dat door het experiment en door inductie alle wetenschap voort zal komen niet verschillend van de leer van Aristoteles. Bijgevolg kan Jung Galilei's axioma dat wiskunde het hart van alle kennis is, zonder in tegenspraak te vervallen, aanvaarden. Zijn inaugurele rede in Giessen (1609) draagt de titel: Over de waardigheid, verdienste en nut van de wiskunde. Proefondervindelijk onderzoek heeft Jung, voor zover mij bekend, niet gedaan. In de hierboven vermelde gegevens kan ik dan ook geen redenen tot bijzondere aandacht voor Jung vinden. Zijn zeer grote verdienste betreft een geheel ander terrein, een nieuwe methode die hij op de plantkunde toepaste, begrijpelijk want de anatomie en de bouw van een plant lenen zich voor Jungs werkwijze veel beter dan die van het dier of de mens.

De eerste stap is een streng objectief waarnemen van planten, van hun uit- en inwendige bouw en vooral niets meer en niets anders zien dan zich voor waarneming aanbiedt. Daarna een strenge, consequente en systematische rangschikking van de geziene feiten, zonder accenten ten gevolge van historische of metafysische invloeden. Dan geldt het een woord te vinden of, zo nodig, te maken dat het waargenomen beeld vastlegt, dat als inhoud de geziene situatie heeft en, als voortzetting, een binding tussen overeenstemmende waarnemingen, dat wil zeggen vormen, oplevert. Zulke woorden noemen wij termen en wat Jung probeerde was een terminologie te scheppen, een vaste relatie tussen feiten en woorden.

De veranderlijke meningen van de plantkundigen en vooral van de systematici gevoegd bij de onzekerheid van hun vaktaal prikkelden hem tot de poging om door standaardwoorden begrippen hanteerbaar te maken zodat een algemene bruikbaarheid, met andere woorden, verstaanbaarheid tot stand komt. Termen behoren gangbaar te zijn zoals meetkundige figuren, onvatbaar voor misverstand.

Jung schreef twee kleine botanische verhandelingen die lang na zijn dood, pas in 1678, verschenen: *Doxoscopia Physicae Minores* en *Isagoge Phytoscopia*. De twee titels beogen hetzelfde: Inleiding tot het planten-zien.

De *Isagoge* is een terminologie in 28 hoofdstukken, waarin Jung getrouw zijn stelling naleeft: "Alle delen die naar hun aard dezelfde zijn, hoe verschillend van gedaante zij zich ook mogen voordoen, moeten dezelfde naam dragen".

Daarmee legde Jung nadruk op een vernieuwing die zich langzaam en bijna onbemerkt had ontwikkeld. In de Oudheid en Middeleeuwen waren analogie en homologie begrippen die niet onderscheiden werden ofschoon een, men zou haast zeggen instinctief besef van kwaliteitsverschil bij de beschouwing van overeenstemming in zichtbare orgaanbouw meermalen onmiskenbaar aanwezig was, een gevolg van de natuurfilosofie van Aristoteles. Maar Jung eiste dat kenmerken van taxonomische betekenis scherp van *accidentales* onderscheiden moesten worden. *Accidentales* zijn vluchtige bijkomstigheden: "Kenmerken die men ontleent aan stekels, kleur, reuk, smaak, geneeskrachtige werking, standplaats, tijd van ontluiking of het aantal bloemen of vruchten zijn onvast, voorbijgaand, geen reden om soorten van elkaar te onderscheiden". Merk op hoe hierbij 'aantal', zijn voorkeursplaats in de 17e-eeuwse natuurfilosofische theorie moet inruimen en een meer bescheiden rol toebedeeld krijgt.

Als motto voert zijn *Isagoge*: "Aanzie de leliën des velds".

Joachim Jung legde een onmisbare bouwsteen voor de fytografie en ontwierp een methode die een voortgang van de biologie vereiste. Ray (X) ontleende veel aan Jung voor zijn beschrijvingen en Linnaeus zou, een eeuw nadat Jung zijn terminologie

schreef, met de grootste waardering naar hem verwijzen en zijn termen grotendeels ongewijzigd overnemen, zodat zij nog heden hun duurzaam nut bewijzen.

Jung liet zeer veel manuscripten na, maar zij verbrandden later grotendeels en wat overbleef is onleesbaar, omdat hij gewoon was papier te sparen en het tweemaal beschreef, links naar rechts en van boven naar beneden.

Hij moet zich in Noord-Duitsland met zijn botanische werk eenzaam gevoeld hebben. De zoölogie had vrijwel steeds de voorkeur.

30. Denemarken in de 17e eeuw

In Denemarken floreerde in de 17e eeuw een Medisch College te Kopenhagen, waar men de anatomie beoefende. Het College publiceerde *Acta Medica et Philosophica Hafniensia* (1673-1680), die zowel medisch als biologisch werk bevatten. Zoogdieren kregen de meeste aandacht, maar Jacobsen deed bovendien goed anatomisch onderzoek bij de veenmol (*Gryllotalpa*), reptielen en vissen.

T. en C. Bartholin waren in Denemarken de leidende onderzoekers. Thomas Bartholin (1616, Kopenhagen – 1680, Kopenhagen), hoogleraar, arts en anatoom, was voornamelijk in Kopenhagen werkzaam, maar doceerde ook in Nederland, Frankrijk en Italië. Rudbecks vondst in 1650 (V.26) kreeg een vervolg toen hij in 1653 op de lever van een hond vaten ontdekte die geen chylus maar een kleurloze, waterachtige vloeistof bevatten. Zijn daaropvolgend onderzoek en beschrijvingen van het lymfevatstel werden klassiek. Hij slaagde erin te bewijzen (door afbinden) dat ook een lymfekringloop plaats heeft. Hij wilde, evenals zijn tijdgenoten, de anatomie van dier en mens vergelijkend bestuderen: sectie van zieke dieren kan leren over zieke mensen.

Caspar Bartholin, geïnteresseerd in embryologie en dus ook in de proeven met broedmachines die aan het hof van Christiaan IV van Denemarken genomen werden, kon in 1675 bevestigen dat uit een kippeï nooit een basilisk verschijnt. In 1678 bevestigde hij de onderzoekingen van De Graaf (V.26) maar hij steunde Harveys opvatting over de rol van sperma en niet die van Van Leeuwenhoek, al maakte hij bekend dat hij ook zelf spermatozoïden waargenomen heeft (1678). Hij neemt die ontdekking niet al te ernstig op en verwees in 1680 naar Job VII, vs. 5, waar men al kan lezen dat wormpjes ons tijdens het leven kwellen en als wij dood zijn ons opeten. Caspar bleef, met Harvey, ovist. In 1679 kwam hij tot het besluit dat een embryo weliswaar gevoed wordt met bloed door de navelstreng, maar tevens neemt het voedsel dat in het vruchtwater is opgelost op door de mond.

Nicolaus Steno (Niels Steensen) (1638, Kopenhagen – 1686, Schwerin) was van zijn tijdgenoten de meest onafhankelijk denkende onderzoeker. Hij vertaalde zijn naam als 'Stenonis'. Iedereen dacht dat het de 2e naamval van 'Steno' was, en dus werd 'Steno' gebruikelijk.

Steno deed veel anatomisch onderzoek bij vissen (haaien) en was als arts, priester, fysioloog en geoloog werkzaam. Hij studeerde in Amsterdam bij Blasius, waar hij weinig plezier van beleefde. Eén van zijn ontdekkingen was de afvoergang van de oorspeekselklier; hij slaagde er in met een heel dunne sonde te bewijzen, dat het buisje zich in de mond opende. Blasius, die hij zijn vondst vertelde, deed het voorkomen alsof hij er geen waarde aan hechtte. Het was niet meer dan een toevalligheid, zei hij, maar publiceerde kort daarop over de afvoergang alsof hij de ontdekker was. Steno toonde

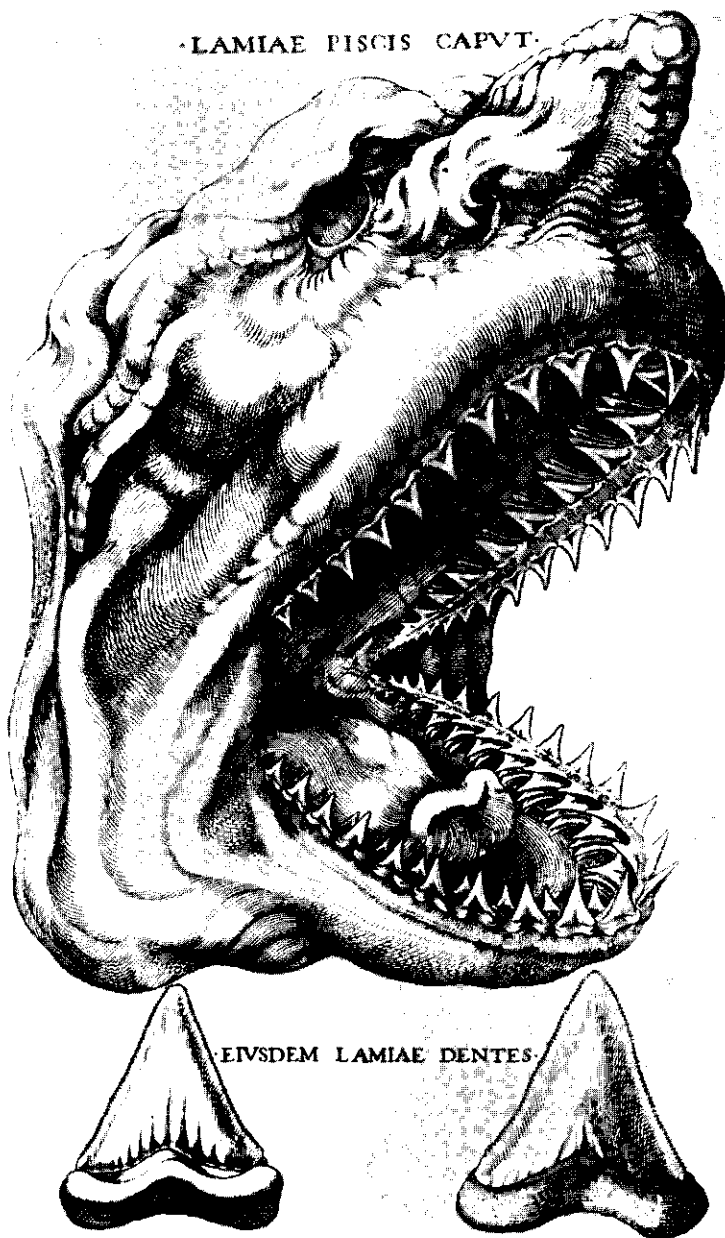


Fig. 42. Tekening in *De Solido* . . . door Steno in 1669 gepubliceerd. Gefossiliseerde haaietanden stonden als 'glossopetri' bekend, d.w.z. tongsteentjes of versteende vogel- of slangetongen. Steno beoogde dat het haaietanden waren en dat betekende dat op de vindplaats eens zee geweest zou zijn. De (om het gebit heen geconstrueerde) tekening kan de neushaai, *Isurus cornubicus*, moeten voorstellen, maar toont ook duidelijk de invloed van de vroegere zeeslangafbeeldingen (vgl. fig. 18, 19 en 20). Al gaf Steno zijn interpretatie van de tongsteentjes met allerlei voorbehoud, steeds in 'afwachting van het deugdelijke oordeel van betere geleerden', toch legde hij een vaste basis voor de palaeobiologie (XI). (Universiteitsbibliotheek, Leiden.)

daarop aan dat de gang speeksel afgaf in de mondholte terwijl Blasius als zijn mening gaf dat de oorspeekselafscheiding diende om de oren op een gelijkmatige prettige temperatuur te houden.

Na briljante hersenanatomische studies erkende Steno (1669): “In plaats van u te beloven dat ik uw weetgierigheid over de bouw van de hersenen zal bevredigen, erken ik hierbij oprecht, dat ik er niets van begrijp”.

Steno werkte ook in Leiden (vriendschap met Swammerdam), in Parijs (met De la Boë; V.26) en hij ging naar Italië (vriendschap met Malpighi en Redi).

Over de bouw en het samentrekken van spieren schreef Steno twee verhandelingen: in 1664 *De Musculis Observationum Specimen* (Bijdrage tot de Waarneming van Spieren) en in 1667 *Elementorum Myologiae Specimen* (Bijdrage tot de Spierkunde). Het tweede artikel is een uitgewerkte en geïllustreerde uitgave van het eerste. De vezelige structuur van spieren werd uiteengezet en verklaard hoe de spier zich verkortte door krimping en opzwellen van spiervleesweefsels.

In 1667 kon Steno te Florence een hondshaai ontleden, een ovovivipare vis. Hij was in viviparie geïnteresseerd en had het verschijnsel bij slangen (adder) onderzocht. Aristoteles had eertijds ook sectie op de hondshaai verricht en het verloop beter waargenomen dan Steno, maar deze zette de stap waardoor hem een blijvende plaats in de geschiedenis der biologie toekomt. Harvey had de *testiculi* van de hinde vergeleken met die van een mens en concludeerde fout. Steno vergeleek de ovaria van de hondshaai met die van de mens en hij schreef ronduit: “*testiculi* der vrouwen moeten als ovaria gezien worden. Uit die *testiculi* worden eieren of iets dat daarmee verwant is, naar de uterus gezonden”. Het was te zien bij de hondshaai.

Het nieuwe standpunt, dat in de Acta van Kopenhagen gepubliceerd werd, verscheen in 1668 in de Philosophical Transactions en stond daarmee in het centrum van de belangstelling. Johan van Horne (V.26) valt Steno nog in hetzelfde jaar bij: de *testiculi* van vrouwen zijn dezelfde organen als de “ovaria van de viviparen”. De ‘blaasjes’ die de anatomen al van oudsher gezien, en onder allerlei namen vermeld hadden, zijn niets anders dan eieren. Zij zijn met vloeistof gevuld en door een vlies omsloten.

Steno werkte intussen zoveel hij kon aan het verzamelen van gegevens die zijn mening konden steunen. Hij ontleedde *testiculi* van hazen, konijnen, koeien, ezels, honden enzovoorts. Steeds hetzelfde resultaat: blaasjes bevatten zij alle en die verstijven na verwarming zoals eieren. Deze conclusie publiceerde Steno in 1675. Men was het wel eens. De *testiculi* die al in de Oudheid en nog door Harvey zonder betekenis geacht werden te zijn, waren integendeel functioneel nauw bij de voortplanting betrokken. Vier jaar vóór Steno’s gevolgtrekking, in 1671, publiceerde een Amsterdamse arts, Theodoor Kerkring, een embryologische verhandeling die sterk de aandacht trok vanwege vele beweerde waarnemingen die evenveel vertrouwen bleken te verdienen als zijn verzonnen tekeningen. Hij voerde echter het meest merkwaardige argument ter verdediging van het ovisme aan dat zich bedenken laat. Kerkring vertelde van eieren die hij in eierstokken of “eiermagazijnen” van vrouwen had aangetroffen. Hij liet ze bakken en constateerde een vreemde en onaangename smaak. Ten overvloede stelde hij vast dat die eierblaasjes niet slechts bij getrouwde vrouwen voorkwamen, maar ook bij jonge meisjes, net zoals “de kippen eieren leggen zonder voorkomst van de haan”.

Kerkrings uitlatingen, hoe bizar ook, sloten aan bij de opvattingen over de functie van sperma volgens de ovisten en op de preformatie-theorie. In 1672 schreef C.G. Garmann een overzicht van de staat van zaken: *Homo ex Ovo*.

Keren wij terug naar Steno. Hij werd in 1674 katholiek, een jaar daarna tot priester gewijd (in Florence) en liet de wetenschap in de steek om zich uitsluitend aan religieuze taken te zetten. Als 'reizend bisschop' in Noord-Duitsland legde hij zichzelf de zwaarste ontberingen op. In allerellendigste omstandigheden stierf hij, 48 jaar oud, ontegensprekelijk een der beste biologen van de 17e eeuw. Zijn levensloop roept die van zijn tijdgenoot, de grote Swammerdam, met wie hij 20 jaar tevoren in Parijs gestudeerd en gewerkt had, terug in de herinnering.

In Nederland had De Graaf het onderzoek naar de bouw en de functie van de ovaria meesterlijk voortgezet; hij stierf in 1673. Steno's veranderde leven en De Graaf's dood beëindigden een eerste periode van fundamentele vooruitgang in de voortplantingsbiologie.

31. Frankrijk in de 17e eeuw

In Frankrijk ontplooidde zich in de 17e eeuw naast en na Montpellier het centrum van vergelijkend anatomisch onderzoek in Parijs. De belangstelling voor de anatomie breidde zich daar snel uit en al beschikte men niet over een Harvey of een Swammerdam, een groep geleerden die 'de Parijzenaars' genoemd werden deed uitstekend praktisch onderzoek en theoretiseerde levendig en scherpzinnig.

Deze biologen heetten Physici en waren tevoren lid geweest van groeperingen die sinds 1666 de Académie Royale des Sciences vormden (V.22). Veel anatomisch maar ook veel fysiologisch onderzoek werd ter hand genomen.

Men kwam wekelijks bijeen in een grote zaal waar objecten gezamenlijk bekeken, besproken en onderzocht werden. De afzonderlijke wetenschappen hadden in de Académie vaste vergaderdagen waar niet strikt de hand aan werd gehouden. Physici vergaderden in principe elke zaterdag.

Terwijl de aanwezigen van nabij toezagen, voerde men de ontleding uit en eerst nadat alle belangstellenden gelegenheid hadden zich te vergewissen en aan een bespreking deel te nemen van hetgeen aan het licht kwam, werd het protocol opgesteld, werden aantekeningen gemaakt en werd getekend. De microscoop gebruikte men niet, een opvallende tegenstelling met de gewoonte in het buitenland. Een vermoeden dat de afwijzing van de studie van kleine diertjes, in het bijzonder van insecten, door vooraanstaande biologen in Frankrijk hiermee verband houdt, ontstaat. Het valt ook op dat de studieobjecten heel dikwijls grote dieren waren, jaagbare dieren en misschien kunnen de persoonlijke belangstelling van de koning en de onstuimige groei van Frankrijk als wereldmacht redenen geweest zijn om het programma van onderzoek en het wetenschappelijke beleid te kleuren.

Claude Perrault (1613, Parijs – 1688, Parijs) nam het initiatief voor de 'Parijzenaars' en behield vele jaren de leiding. Als arts gaf hij zijn praktijk op om architect te worden; hij ontwierp een gedeelte van de gevel van het Louvre.

Aanvankelijk maakte hij als wiskundige naam, maar steeds meer werd hij erkend als een voortreffelijk vergelijkend-anatoom. Perrault zag een dier als een 'machine', die slechts in werking komt door een 'aandrift', een activerend beginsel dat hij 'ziel' wilde noemen. Hij vergeleek een dier met een orgel, dat veel verschillende geluiden kan maken, maar stil blijft als de organist het niet bespeelt (vgl. Boyles torenklok, V.21). Hij wees de theorie van Descartes die alle levensuitingen op mechanistische manier

verklaart af, maar merkte op die opvatting meer te kunnen billijken dan de vitalistische veronderstellingen.

Perraults anatomische publikaties handelden voornamelijk over zoogdieren. Hij kreeg kadavers uit de koninklijke dierentuin (1669: Description Anatomique d'un Caméléon, d'un Castor, d'un Dromadaire, d'un Ours et d'une Gazelle).

Op 24 juni 1667 ontleedde hij een haai in de Bibliotheek des Konings, en op 28 juni daaropvolgend een leeuw. Van 1671 tot 1676 verschenen zijn Mémoires pour Servir à l'Histoire Naturelle des Animaux.

Planten vormden het onderwerp van Mémoires pour Servir à l'Histoire des Plantes, Studies over Veertig Soorten Planten, die in 1676 begonnen te verschijnen voorzien van uitmuntende illustraties. Perrault werkte hiertoe samen met Duclos, N. Marchant, D. Dodart en E. Mariotte (VI.18). Denis Dodart (1634, Parijs – 1737, ?) was behalve lid van de Académie, voorzitter van de Medische Faculteit en lijfarts van Lodewijk XIV. Hij was warm geïnteresseerd in de chemische samenstelling van de planten en distilleerde, extraheerde, poederde, droogde, verbrandde met nooit verflauwende ijver. Hij kwam tot de slotsom dat planten vrijwel alle dezelfde samenstelling hebben en zou zeker andere resultaten geboekt hebben als hij de gewoonte niet had gehad alle residu, asresten enz. zonder nader onderzoek weg te gooien. Dodart schreef het voorbericht van de Mémoires des Plantes.

Perraults belangstelling richtte zich slechts tijdelijk op planten. Omstreeks 1680 bestudeerde hij struisvogeleieren. Na de broedtijd (vijf weken) hebben zij 1/9 deel van hun gewicht verloren.

Veel geslaagde illustraties bij Perraults anatomische onderzoeken vervaardigde Sebastien Leclerc.

Perrault was ovist en aanhanger van de preformatie-theorie. De *animalculus* in het dierlijke sperma gaat het (vogel)ei binnen en veroorzaakt een vorm van rotting of fermentatie. Dit wekt het sluimerende embryo dat als kiem, uiterst klein, aanwezig is. Het ferment dringt de fijnste buisjes en poriën binnen en nu zal het embryo voedsel opnemen en groeien. Het eerste begin is een volkomen, uiterst klein organisme, dat niet leeft maar wel in volkomen staat aanwezig is.

Metamorfose beschrijft Perrault niet anders dan Swammerdam. Misschien heeft hij Swammerdams geschriften gelezen: zij waren sinds 1680 in de Koninklijke Bibliotheek aanwezig onder de hoede van bibliothecaris Thévenot.

Perrault bevestigde dat al schijnen bij een insect nieuwe organen in het ruststadium te ontstaan, dit niet het geval is. Alle lichaamsdelen zijn aan het begin der ontwikkeling aanwezig, zij het uitermate klein en deels ook onzichtbaar omdat zij nog transparant zijn. Toch wil Perrault wel erkennen dat de gelijkenis van nakroost op ouders moeilijk te begrijpen is indien het hele lichaam al van het eerste begin af, en vóór de groeiverwekkende invloed van het zaaddiertje al gevormd is. Dat wel, zei Perrault, maar met epigenese is dit nog veel minder te begrijpen. Als een 'ei' uit homogeen materiaal zou bestaan alvorens het embryo gaat groeien, dan wordt zo'n ontwikkeling een "wonder dat ieder ander verschijnsel ter wereld overtreft". Hij had het niet beter kunnen formuleren.

Er is een overeenkomst in Van Leeuwenhoeks, Tysons en Perraults keuze van objecten: wat binnen bereik komt, zich incidenteel aanbiedt, krijgt voorrang boven een lang voortgezet, rechtlijnig onderzoek naar het antwoord op een biologisch vraagstuk of over een omgrensd onderwerp.

De anatomie in de 17e eeuw gedroeg zich dikwijls zoals een ontdekkingsreiziger in

onbekend gebied: voorwaarts gaan en begaanbare terreinen die zich al, al naar het valt, voordoen, worden het eerst doorzocht.

Een infectie opgelopen bij het ontleden van een kameel zou de oorzaak van Perraults dood zijn geweest.

Na Perraults dood nam Joseph Guichard Duverney (1648-1730) zijn leidende taak (V.22) over; hij was intelligent, bekwaam en lui (zie ook Swammerdam, V.27). Toen hij in 1730 stierf, lagen Perraults 16 nagelaten manuscripten nog altijd op publikatie te wachten.

Duverney schreef over de anatomie van de Indische schildpad (*Testudo indica Perraulti*), een grote landschildpad die spoedig na ontdekt te zijn uitgeroeid werd en die slechts uit Duverneys beschrijving bekend is. Het exemplaar dat hij onderzocht, is eveneens spoorloos verdwenen.

Na een verblijf van 13 jaar in de menagerie sterft de Afrikaanse olifant en de koning wil de ontleding meemaken. Hij ziet, bij het kadaver aangekomen, geen anatoom en vraagt waar deze is. Duverney, van het bezoek verwittigd, duikt uit de borstholte van de olifant op en maakt zijn révérence. Hij stelde vervolgens, voor eens en al, vast dat de olifant geen galblaas heeft en geen bot in het hart, ofschoon Galenus het tegendeel beweerd had.

Vrijwel al Duverneys werk werd in de 18e eeuw gepubliceerd. Hij was in zijn tijd de meest gezaghebbende specialist in de anatomie en fysiologie van de bloedsomloop van reptielen (schildpad, adder), amfibieën (kikker) en vissen (karper). Het schildpadhart, een ingewikkeld gebouwd orgaan, werd onderwerp van een klassiek geworden anatomische studie.

In de loop van de 17e eeuw moest Montpellier de leiding bij het biologisch onderzoek in Frankrijk aan Parijs afstaan. De centra van anatomische studie verplaatsten zich van Noord-Italië via Zuidoost-Europa (Montpellier) naar het Noorden (Parijs).

Jean Pecquet (1622, Dieppe – 1674, Parijs) studeerde enige tijd medicijnen in Montpellier en vond evenals Aselli (V.18) bij toeval vaten van het lymfestelsel. Hij stelde vast dat een reservoir (dat later 'reservoir van Pecquet' zou gaan heten) de lymfe van de buiklymfevaten opving en dat het zich in de borstbuis voortzette. Deze voert tenslotte de lymfe naar de linkerondersleutelbeenader. Harvey geloofde Pecquets ontdekking niet.

Er ontstond een twist met Van Horne over de vraag wie nu het eerste deze ontdekking, de tocht van de lymfe door het lichaam en het uitstromen in de bloedbaan, gevonden had. Daar bleef het niet bij. De vondst van Rudbeck (in 1650, die hij drie jaar later publiceerde als *Nova Exercitatio Anatomica*) van vaten met kleurloos vocht (*vasa serosa*) die dezelfde bouw hebben als de vaten met chyleus 'melksap', zou ook aan Pecquets ontdekking zijn vooraf gegaan. Een zekere Jolive zou in Cambridge in 1652 het verloop van de lymfevaten al bekend hebben gemaakt. Hij zou dus weer Rudbeck de loef hebben afgestoken.

Harvey schreef in 1652 in een brief (geciteerd door Foster, 1901, p. 52) waar ik een korte passage uit kies: "Ik had al eerder tijdens mijn ontledingen, ik mag wel zeggen zelfs al vóór Aselli zijn boek gepubliceerd had, die witte vaten gezien...". Harvey kende het werk van Galenus goed en Galenus deelde mee dat hij die witte vaten bij geitjes had gezien en voor Galenus had Erasistratos ze gezien.

Veel gewichtiger dan te kibbelen wie nu een ander vóór is geweest, schijnt het mij toe te overdenken hoe anatomen als het ware in alle provincies van het onderzoeksveld dezelfde ontdekking doen: Pecquet in Montpellier, Rudbeck in Leiden en Uppsala,

Van Horne in Leiden, Jolive in Cambridge, Harvey hetzij in Engeland of in Italië, Aselli in Italië. Misschien elders nog anderen. Zij vonden op eigen kracht of misschien opmerkelijk geworden door werk van anderen dezelfde nieuwe weg vrijwel gelijktijdig. Dat feit is opmerkenswaard. Omstreeks 1650 is de biologie in het bezit geraakt van kennis over het stroomgebied van een voor leven onontbeerlijke vloeistof. Het was de aanvulling en verfijning van Harveys grote ontwerp, de functie van een vaatstelsel dat leven brengt en in stand houdt. Tussen van buiten aangevoerde energie en de in het bloed verplaatste energie moest een transportbaan gevonden worden: die vond Pecquet en met hem enige anderen. In de jaren dat hij te Montpellier werkte werd het hem duidelijk dat Aselli zijn eerste lymfevatwaarnemingen (1622) niet goed begrepen had. Hij zette uiteen in zijn *Experimenta Nova Anatomica* (1651) hoe de chylus die Aselli zag zich wijzigde en langs welke weg deze de bloedbaan binnenkomt; Pecquet werkte met honden (zoals Aselli) sinds 1647.

32. Terugblik

De publikaties over de anatomie zijn in de 17e eeuw al zo talrijk dat G. Franck van Frankenau in 1680 een bibliografie voor de dieranatomie maakt (*Bibliotheca Parva Zootomica*).

Het slot der 17e eeuw betekende voor de anatomie geen wending in zijn ontwikkeling. Integendeel, de anatomie zal in de 18e, 19e en 20e eeuw wel perioden van meer of mindere bloei kennen, maar zijn methode niet meer wijzigen, wel verfijnen naarmate de techniek voorschrijdt. Intussen zullen accenten, soms doelstellingen, zich wijzigen, nieuwe relaties met zusterwetenschappen ontstaan.

Zodra de anatomische verkenning begon, wilden de anatomen tevens vergelijkend onderzoek. Dat kon niet uitblijven. Om de organen van een dier (of plant) te duiden moet een beroep gedaan worden op wat van andere organismen door sectie bekend werd. Onderzoek van één individu leidt tot onderzoek van meer individuen, en tevens van één taxon tot meer taxa. De beschrijvende anatomie zal daarom, van statisch steeds dynamischer worden, zijn veld verbreden, steeds groeien tot vergelijkende anatomie.

De functionele anatomie voegt aan de beschrijvende de factor tijd toe. Functie kan mechanistisch bestudeerd worden, uitgaande van de structuur van één orgaan of als resultaat van het bestel van een aantal organen. Galilei heeft (na Aristoteles) een nieuwe impuls aan deze vorm van anatomisch onderzoek gegeven. Gewoonlijk zal de fysica bij de studie betrokken worden (bijvoorbeeld de iatromechanica; VI.15,17). Anderzijds kan de fysiologie aan chemie gekoppeld worden (iatrochemie). Deze laatste ontwikkeling kan zich ontplooiën in de 18e eeuw, als voldoende chemische kennis ter beschikking komt (VII, vgl. Haller).

Twee van de karaktertrekken van de anatomie tot het einde der 17e eeuw gaan echter van lieverlede verloren.

Allereerst het incidentele karakter. Zendingen uit verre vreemde landen, dierkadavers uit dierentuinen verliezen hun traditionele prioriteit. Voorts zal de woonplaats van de onderzoeker (Rondelet) steeds minder de doorslag geven bij de keus van onderzoeksobjecten. Persoonlijke belangstelling, van oudsher een machtige richtlijn (Ruini), zal ook nog in de 20e eeuw een leidende rol blijven vervullen.

Wel handhaaft het indidentele karakter van anatomisch onderzoek zich op vele on-

derzoekersterreinen van de pathologische anatomie (medisch, veterinair, fytopathologisch). Voorts voltrekt zich de scheiding tussen wetenschappelijke biologie der dieren en die van de mens; deze laatste wordt sinds de 18e eeuw deel van de geneeskunde ('medicijnen'). De arts-dieranatoom verdween gaandeweg: dieranatomie wordt werkterrein van biologen.

De betekenis en functie der dieranatomie als hulpwetenschap voor inzicht in de bouw van de mens en als steun voor de heelkunde en de fysiologie stelde M. A. Severino (V.20), hoogleraar in de anatomische chirurgie (1645), in het licht. De dieren zijn, verklaarde hij, naar voorbeeld van de menselijke lichaamsbouw geschapen, 'prototypen' daarvan. Eerst dieren en daarna mensen onderzoeken en na hierdoor een beter begrip te hebben verkregen tenslotte andere diergroepen. Severino's voorschrift wordt bij de programmering van de medische studie in de 20e eeuw nog altijd nageleefd al krijgt hijzelf weinig aandacht meer en al richt de laatste fase van de studie – de dieren – zich gewoonlijk op fysiologische dierexperimenten.

Wel wilde Severino de ontleding van heel kleine dieren aan specialisten overlaten en de ontleding van muggen, vlooien "en andere uit rottende stoffen voortkomende diertjes" vond hij overbodig. Welbeschouwd had hij gelijk. Indien de Schepping leidraad bij biologische overdenkingen is en tevens *generatio spontanea* als een natuurlijk proces erkend wordt, kunnen de uit rotting ontstane levende organismen niet als volwaardige deelhebbers aan de Schepping gelden. Swammerdam had dit goed begrepen: een schepping in bijbelse zin en spontane generatie sluiten elkaar uit.

In Engeland verdedigde Thomas Willis (V.25) dit Italiaanse standpunt in 1672. Niettemin vond hij het ontleden van lagere dieren toch een goede zaak.

Het is leerzaam en zou een klein onderzoek wettigen, meen ik, eens na te gaan hoe in en na de 17e eeuw een zich wijzigende waardering ten deel valt aan de anatomie van de mens (en zoogdier) en aan de anatomie der ongewervelde of 'kleine' dieren. Harvey, sterk geïnteresseerd in lagere dieren, had al met deze discriminatie te kampen (V.19). Swammerdam en Van Leeuwenhoek deelden Harvey belangstelling, maar met geheel andere achtergronden en Severino volgde weer andere richtlijnen.

Coiter, evenals de Franse anatomen, wilde onderzoeken en concluderen uitgaande van de mens, de mens als standaard. De mens, zei Coiter, "bestaat slechts ter ere Gods en toont de kenmerken van zijn oorsprong en van zijn bestemming". Maar de grote Swammerdam schreef omstreeks 1670: "De bouw van het ene dier geeft voorlichting over, en verklaart de bouw van een ander dier. Vergelijkende anatomie is de meest vrijgevige en nauwgezette leidsvrouw." En Swammerdam maakte bepaald geen uitzondering voor de kleine diertjes. John Hunter (1723, Glasgow – 1795, Londen) herhaalde Coiters formule: "omdat de mens de meest volmaakte schepping is moet de menselijke anatomie eerst geheel bestudeerd worden. De dieranatomie is variaties op de mensanatomie." Maar dan is dat een uitspraak die gedaan werd aan het eind van de 18e eeuw.

VI. De fysiologie tot de 18e eeuw

1. Ontstaan en omvang van de fysiologie

De biologie ontstond omstreeks de 6e eeuw v. Chr., te zamen met de wijsbegeerte van het Westen (I.1). Het verschijnsel dat deze twee wetenschappen opriep was 'beweging', d.w.z. verandering, het zich wijzigen, onophoudelijk en onvermijdelijk, dat alle dingen eigen bleek te zijn. De Grieken noemden dit *fysis* en de verhandelingen waar biologie een rol in speelt kregen honderden jaren lang, heel dikwijls, *Peri Fyseoos* (Over Veranderen) als titel mee.

Aristoteles maakte het woord fysiologie; het was de wetenschap over de veranderende natuur, levend of dood.

Fysiologie in de 20e eeuw bestudeert levensprocessen. Dat is een zeer veel nauwere omgrenzing dan het woord oorspronkelijk beoogde. Redenen voor die beperking zijn door de historie opgelegd en zowel wetenschappelijk als praktisch van aard. Voor Aristoteles bestaat geen natuurlijke scheidslijn tussen dode en levende stof: zij wijzigen zich beide en daar houdt fysiologie zich mee bezig, met het veranderen. In de loop der eeuwen groeit het besef van twee werelden in de natuur, een dode en een levende. Al in de tweede eeuw constateren biologen een tweespalt (Galenus) maar duidelijke gevolgtrekkingen verbond men daar niet aan want er was immers een milieu waar dode stof, rottende resten, levende stof plachten op te leveren. Dit heette *generatio spontanea*. In de loop van de 18e eeuw erkennen meer en meer biologen dat het voortkomen van levende organismen uit dode stoffen een ongeloofwaardige veronderstelling is. Het woord biologie ontstaat en fysiologie is een der disciplines van de biologie, hetgeen betekent dat fysiologie zich op levensprocessen richt. Een praktische reden tot beperking is dat biologie – de leer der levende natuur – een zo groot veld van wetenschap bleek te zijn dat het bewerken aan enige verschillende disciplines moet worden overgelaten.

Maar de 'levensprocessen' zijn toch te talrijk en te omvangrijk om te zamen handelbaar te zijn. Erfelijkheid, ontogenie, evolutie, om enige voorbeelden te noemen, zijn onmiskenbaar levensprocessen. De fysiologie beperkt zich daarom thans tot de studie van orgaanfuncties van plant en dier, die hij gewoonlijk fysisch, chemisch en mathematisch onderzoekt. Vorm is het object van de anatoom, functie van de fysioloog en beiden zijn wederzijds betrokken en steeds gezamenlijk werkzaam.

De tijd, de denkwijze en de techniek van opeenvolgende cultuurperiodes van het Westen hebben het beleid, de uitkomsten en het inzicht van de fysiologen bepaald, in dezelfde mate als die van biologen bezig met andere disciplines.

Dit hoofdstuk is een poging enige karaktertrekken van de ontwikkelingsgang te beschrijven en te analyseren: een bijdrage tot de historische fysiologie van het groeiproces der fysiologie. Evenals bij de anatomie zal de mens als studie-object onttrokken wor-

den aan de bioloog-fysioloog in de loop van de 18e eeuw. Hierna volgt een recapitulatie van de hoofdzaken genoemd in het voorafgaande maar nu in verband met de fysiologie.

2. *Fysiologie in de Oudheid*

De Oudheid krijgt het eerst onze aandacht. Omdat fysiologie werd bedreven en steeds tegelijkertijd anatomie een rol speelde, zullen wij geen namen ontmoeten die niet in voorgaande hoofdstukken voorkomen. De ontwikkeling van de antieke fysiologie, kort samengevat is nu aan de orde.

Toen Hippokrates eens een bezoek aan Demokritos bracht, vond hij hem bezig dieren te ontleden. Hij deelde Hippokrates mee dat hij zocht naar de oorzaak van krankzinnigheid, die uit gal zou voortkomen. Dit maakt Demokritos tot het klassieke voorbeeld van de anatoom-fysioloog of fysioloog-anatoom.

In de oudste Griekse overleveringen is de wereld een levend organisme, een 'bezielde' samenhang, een alomvattend, onbegrensd, nooit rustend ontstaan en vergaan, waar de godenwereld deel van uitmaakt. Thales brengt die eindeloze diversiteit tot één causa terug; één oerbeginsel, eeuwigdurend werkzaam; één *arche* doordrenkt alle dingen, levend of dood. Dit is 'het vochtige' (I.3). Dit wil zijn leerling Anaximandros (I.4) aanvaarden, maar toch op een heel bijzondere manier structureren. Het 'vochtige' vindt hij wel te handhaven, maar van de arche-eigenschappen moet de nadruk vallen op het onbegrensd, het vormloze: een *apeiron*. In dit *apeiron* maken zich koppels tegengestelde eigenschappen kenbaar: het vochtige gepaard met het droge, het warme met het koude. De levensverschijnselen, die eeuwige wisselingen, komen voort uit suprematie, nu eens van het ene, dan weer van het andere koppel eigenschappen. De koppels kunnen kiemen, zoals een zaad. Levende en dode stof zijn voor Anaximandros wezenlijk dezelfde, maar hij trekt een scheidslijn. Als een levend organisme sterft, vallen de koppels uiteen en vormloosheid is (voorlopig) het gevolg.

Een leerling van Anaximandros werkte, zoals zijn voorgangers, in Milete, havenstad in westelijk Klein-Azië. Anaximenes (I.5) keek niet meer allereerst naar de zee en de aarde, maar omhoog. De oerstof materialiseert zich; geen mystieke arche en evenmin *apeiron*, maar *pneuma* (lucht) is van alle dingen, dood of levend, het substraat. Anaximenes werd de grondlegger van de Pneumatische School (Empedokles; I.10).

Lucht bevat vocht en droogte, hitte en koude. Men hoede zich echter om de gewone, ons omringende lucht als *pneuma* op te vatten. Veredelde, verfijnde 'lucht' maakt dat een levend wezen leeft en in ons lichaam is, ergens, nog een allerzuiverst *pneuma* aanwezig. Het is de levensadem, de 'ziel'. Een zielpneuma-voorraad bevindt zich onbereikbaar hoog en ver in het uitspannel, waar de alledaagse vervuilde lucht niet doordringt; dit verklaart waarom, als wij leven en ons lichaam tijdelijk een zuchtje zielpneuma herbergt, onze 'ziel' besef heeft van het hemelse.

Anaximenes deed in de 6e eeuw v. Chr. de eerste fysiologische proef: Blaas lucht uit de bijna gesloten mond tegen een vinger. Dat voelt koud aan. Samengeperste lucht is koud. Adem lucht uit met wijd open mond. Dat voelt warm aan. IJle lucht is warm.

In dezelfde eeuw vormt zich de Pythagorische School die de (ongeschreven) leer van Pythagoras (I.6) uitwerkt en naleeft. Meetkunde is hoofdzaak want het natuurgebeuren, het kosmisch bestel, volgt cyclische en vaste, meetbare wegen. Organismen gehoor-

zamen die vaste regelmaat. De mens is een binnenwereld, een microkosmos. Hij bezit organen zoals de macrokosmos die in harmonie hun werk verrichten, doelmatig of schoon zij nu wel van geringe duur zijn.

Een mengsel van vier 'elementen' (volgens Anaximandros) is in elk levend lichaam aanwezig. Is deze *krasis* in evenwicht (*harmonia*), dan is het lichaam gezond, zo niet, dan is het ziek. Tussen de elementen is het onderlinge begrip (*sympathia*) verloren gegaan; de arts moet de harmonia herstellen. Het gezonde lichaam onderhoudt tegelijkertijd een *sympathia* en harmonia met de elementen van de buitenwereld. De Pythagoreeërs experimenteerden voor zover bekend niet met betrekking op fysiologie, ofschoon hun leer daartoe gemakkelijk aanleiding kon zijn.

Alkmaioons fysiologie, rond het begin van de 5e eeuw, kwam in verband met zijn overige werk reeds ter sprake (I.7). Hij constateerde de centrale functie van de hersenen en wist iets van gezichts- en gehoorperceptie: perceptie en verwerking van het waargenomene zijn twee gescheiden processen. Pneuma bleef voor hem, voor zijn tijdgenoten en voor velen daarna, de bron voor alle levensverschijnselen en in verschillende gedaanten zelfs meer dan dat.

Planten kunnen niet denken want ze hebben geen lichaamsholte en zijn uit de menging van de aarde en moeraswater ontstaan; zij bevatten bijgevolg geen lucht, geen pneuma. Dit deelt Diogenes van Apollonia mee. Hij heeft het waarschijnlijk niet zelf bedacht, maar hoe dan ook, dit betekent dat de opvatting dat pneuma in alles, levende wezens en dode dingen, aanwezig is, verlaten wordt. En ook dat waarneembare prikkels door pneuma aangevoerd, overgebracht moeten worden. Door weerkaatsing in het oog kunnen wij zien; Diogenes zegt niets over het ontbreken van lucht in het oog.

Toch blijft pneuma voor 'leven' een centrale voorwaarde. Het komt als 'adem' in de longen en gaat vandaar, vervoerd door het bloed, naar alle lichaamsdelen. Men denkt ermee. Ziekte is een tekort aan pneuma. Dood volgt op het verdwijnen van pneuma.

Herakleitos (I.8), tijdgenoot van Alkmaioon, verwierp de harmonia en de *sympathia* der Pythagoreeërs. Juist controversie veroorzaakt het rusteloze natuurgebeuren; strijd is essentieel. Binnen- en buitenwereld zijn elk een bestel van eeuwig met elkaar botsende tegenstellingen, van eeuwig gaan en komen. Vuur, warmte, is de oorsprong en drager van alle levensprocessen.

Dit uitgangspunt zal vele eeuwen lang een hoofdrol spelen in fysiologisch overdenken.

Weinige jaren later (5e eeuw) doet Parmenides (I.9) op wijsgerig-formele gronden een uitspraak die niet minder invloed zal uitoefenen. Hij kwam tot de conclusie dat een 'leegte', een 'ledige ruimte', ondenkbaar is, er niet kan zijn. Bijgevolg moet elke (vloeistof) die zich verplaatst een andere stof verplaatsen; twee dingen kunnen niet tegelijkertijd dezelfde plaats innemen. Later krijgt deze stelregel de formule *natura abhorrit vacuum*; het wordt de *horror vacui*, de afkeer van het lege, twee duizend jaar een dwingend argument bij het zoeken naar een verklaring van fysiologische verschijnselen.

Anaxagoras (I.11), 5e-eeuwse bioloog die in Athene werkte tot hij met de dood bedreigd werd en moest vluchten, was een geleerde die belangrijk bijdroeg tot de fysiologie. Alle materie, verklaart Anaxagoras, is uit een onvatbaar groot aantal, onzichtbaar kleine deeltjes opgebouwd. Het zijn *spermata*. Zij zijn kwalitatief verschillend, maar zelf onveranderlijk en zij bewegen altijd.

Brood bevat al de verschillende spermata, die ook ons lichaam opbouwen; men kan hen niet waarnemen, zij zijn te klein. Maar door het voedingsproces in ons lichaam

worden zij samengevoegd en daardoor zichtbaar en tastbaar (Galenus, II.17).

Planten zijn in de aarde wortelende dieren (*zoia*); zij ontstaan uit *spermata* die, zwevend door de lucht, door de regen omlaag worden gebracht.

Anaxagoras ontdekte dat vissen door hun kieuwen ademen.

De leer van de panspermie die Anaxagoras ontwierp, speelt in de tachtiger jaren van de 20e eeuw in modern costuum opnieuw een rol bij biologische overwegingen.

Zijn tijdgenoot Empedokles (I.10) wil de diversiteit aan elementaire deeltjes tot vier 'wortels' beperken: vuur, lucht, water en aarde. Vier wortels vormen te zamen elke substantie, levend en dood. De vier elementenleer zal de fysiologie gaan richten tot de 17e eeuw, tot de chemie zich ontwikkelt. En waarnemingen, zo meende Empedokles, komen tot stand omdat (onzichtbare) fijne deeltjes die uit het waargenomene wegstromen, door (onzichtbare) poriën onze zintuigen binnendringen en daar, samen met al aanwezig, sympathiek materiaal, de perceptie veroorzaken.

Het levensbeginsel is lucht en leven gaat onverbrekkelijk samen met ademen, dat is Empedokles met Anaximenes en Aikmaioon eens. Een embryo in de moederbuik ademt niet, leeft dus niet in eigenlijke zin. Als bij de geboorte lucht ingeademd wordt, begint het kind in waarheid te leven, eerder niet. De ziellose plant van Diogenes van Apollonia komt ons weer in gedachten.

Van eeuwenlange actieve invloed bleef Empedokles' stelling, dat de bloedwarmte 'leven' is (*emphyton thermon*). Dit leidde tot de opvatting dat het hart méér dan slechts het knooppunt van het bloedvatenstelsel is. Ook zou het hart dan de voornaamste opslagplaats van *pneuma* zijn, van de ziel. Alle levensverschijnselen behoeven *pneuma* en het bloed vervoert het door het lichaam. Pneuma wordt zichtbaar als de lichte damp, die uit het bloed van het offerdier opstijgt. Empedokles legt de nadruk op pneuma in medische zin en zo ontstaat de Pneumatische School in de geneeskunde en in de fysiologie. Een voorbeeld kan het bloed- en luchtvervoer verduidelijken.

In zijn *Parva Naturalia* citeert Aristoteles hoe Empedokles de ademhaling op zijn gebruikelijke poëtische manier beschreef:

Peri Anapnoes (Over Ademhalen): "Allen ademen dus in en uit. Allen hebben bloedloze, vlezige strengen [slagaderen] die zich door het lichaam uitstrekken; deze bezitten toppen met vele, kleine openingen die de einden van de neusholten doorboren, zó, dat het bloed in hen besloten blijft, maar zij laten lucht gemakkelijk door. Steeds als het lenige bloed zich terugtrekt, zal de aanstormende lucht als een stortvloed volgen, maar als het bloed weer omhoogspringt, blaast de lucht opnieuw naar buiten, evenals wanneer een meisje met een glanzende bronzen *klepsudre* [een waterklok die als een steekhevel werkt] speelt. Terwijl zij een welgevormde hand op de opening van de buis zet, dompelt zij de waterklok in het vloeiende, zilverglanzende water. En de waterstroom zal hem niet binnengaan; de lucht van binnen, die immers de toegangen vult en verspert, houdt hem tegen, totdat zij de snelle luchtstroom laat ontsnappen. Dan wijkt de lucht opzij en het wassende water komt binnen. En zo houdt het water, als het in de diepten van het bronzen vat ligt en de uitgang en monding door mensenhand afgesloten zijn, op dezelfde manier de randen vasthoudend, de lucht in bedwang, als die de krans der toegangspoorten van de klankrijke buis wil binnendringen, totdat het meisje haar handen wegneemt. Dan, omgekeerd, in tegengestelde richting stroomt het wassende water naar buiten, terwijl de lucht naar binnen snelt.

Evenzo gaat het met het lenige bloed dat door de ledematen stroomt. Steeds als

het zich weer in zijn schuilhoeken terugtrekt, stroomt dadelijk lucht met grote snelheid binnen, maar als het bloed weer omhoog springt, stroomt de lucht terug zoals tevoren" . . .

Met deze beschrijving van de ademhaling heeft Empedokles de passage van zowel lucht (gas) als water (vloeistof) door dezelfde transportbaan ('bloed'vat), tezamen met een heen-en-terug-beweging, ingevoerd als een levensproces. Galenus zou dit toepassen op de bloedbeweging der zoogdieren in samenspel met (onzichtbare) poriën. Twintig eeuwen lang beheerst dit model het fysiologische denken. Zelfs Harvey, nog in de 17e eeuw, onttrekt er zich met enige moeite aan.

De Oudheid en de eerste 16 eeuwen van onze jaartelling zijn het tijdperk waarin de natuurwetenschappen met inbegrip van de biologie een verplaatsing van gassen of vloeistoffen door 'poriën' als feit, wanneer dat een veronderstelling steunt, zonder aarzeling veronderstellen; of die poriën nu zichtbaar waren of niet was van ondergeschikt belang. Indien zij voor een sluitende redenering gewenst bleken verschenen zij in het betoog, doelmatig functionerend, tot ieders en vooral Platoons tevredenheid (I.14).

Lezend in de toenmalige verhandelingen ontstaat soms de neiging om, wat ironisch, de vraag te stellen of het niet-zien van die poriën misschien mede een argument kon zijn om het mistrouwen van zintuigelijk waarnemen dat Herakleitos, Parmenides en Platoon bepleitten, te steunen: de onzichtbare poriën wáren er immers. Onze zintuigelijke waarneming blijkt te falen.

De vierde eeuw voor Christus is de eeuw van de grote medicus-bioloog Hippokrates. Zijn school zag *pneuma* als levensadem, als levensbron. *Pneuma* bewerkt alle levensverschijnselen, actief, heersend. Dat betekende een hernieuwd monisme (één levenskracht, één alomvattend principe). Daar sloot zich de opvatting dat planten en dieren dezelfde zijn, gelijk zijn gebouwd en gelijk functioneren, van nature op aan. Dan zijn plant- en dierfysiologie identiek. Ook deze stelregel handhaafde zich tot de 17e eeuw. En de leer van de cel voegt grondbeginselen van de plant- en dierfysiologie weer samen in een nieuw licht in de 20e eeuw (XII).

Aan de leer van Empedokles, die van de vier wortels, had Hippokrates geen behoefte en hij ontwierp een eigenaardige parallel: vier vloeistoffen stellen het levende lichaam samen, het lichaam van de mens: bloed, slijm, gele en donkere gal. Polybos, zijn schoonzoon, vond dit niet bevredigend. Hij voegde aan de lichaamssappen eigenschappen toe en besloot tot: bloed + warm + vochtig, slijm + koud + vochtig, gele gal + warm + droog en donkere gal + koud + droog. Zo komt de sappenfysiologie tot stand (humoraal-fysiologie; *humor* = vocht, sap), die tot de 18e eeuw de zoö-fysiologie en de heelkunde gestuurd heeft.

Een goede sappenverhouding en -samenstelling is *eukrasis*, een slechte *dyskrasis*. *Pneuma* in het hart en voedsel doen warmte ontstaan in de linkerharthelft en daar komt de goede menging tot stand. *Fysis*, een natuurkracht die vaste wegen volgt, regelt een doelgerichte, doelmatige samenhang van de orgaanfuncties.

Alle holle organen hebben aantrekkingskracht (Parmenides!). Sponsachtige organen zuigen stoffen uit de nabijheid op. Organen ontstaan door stremmingsverschijnselen in het bloed, dat voedsel ontvangt uit de darmen, *pneuma* uit de longen en warmte uit het hart, en bloed beweegt zich heen en terug, een golfbeweging, zoals eb en vloed, door het lichaam.

Een buisje verbindt de hersenen met het oog. De voorzijde van het oog is een spiegelend vlies en het beeld van de afspiegeling van de voorwerpen wordt door de hersenen

waargenomen.

De grote betekenis in de geschiedenis van de biologie van de Hippokratische School is mede te wijten aan dit nastreven van waarneming, een voortdurend pogen op grond van waarneming tot een conclusie te geraken, ook al werden de gedachten door vooroordeel vertroebeld. Het waren praktiserende artsen veeleer dan theoretici.

Demokritos heeft in de 4e eeuw een verklaring voor de smaakgewaarwording. Atomist (I.12) tot in de uiterste consequenties, verklaarde hij dat gladde atomen een zoete en puntige, een bijtende of prikkelende smaak veroorzaken en zielsatomen, toegevoegd aan de dode, maken een substantie tot levende stof.

Over Platoon (I.14), de grote wijsgeer uit de 4e eeuw, die ook in onze dagen een centrale plaats bleef innemen, als wijsgeer wel te verstaan, slechts het volgende. Als bioloog was hij van mindere kwaliteit dan zijn tijdgenoten maar door zijn formaat als filosoof kon hij een blinddoek worden voor latere biologen; een bijzonder merkwaardige en leerzame tegenstelling.

Enige voorbeelden uit *Timaios*, voor biologen veruit het belangrijkste boek, dat een gezaghebbende bron van voorlichting bleef tot lang na de Renaissance, citeerde ik en toonde daarmee Platoons kritiekloze, onberaden, teleologische behandeling van fysiologische vraagstukken aan.

3. Fysiologie volgens Aristoteles

Aristoteles was de grondlegger van diverse biologische disciplines. Zijn werk over anatomie werd besproken (V.3); hoofdzaken uit zijn fysiologische geschriften volgen nu. Zonder Platoon met name te noemen, verwees hij vele, vele malen naar diens fysiologische beweringen en vrijwel zonder uitzondering bestreed hij die, hetgeen niet betekent dat hij in zijn pogingen een betere interpretatie van de levensverschijnselen te geven, steeds slaagde.

Ik koos de ademhaling volgens Aristoteles als eerste voorbeeld. Lucht stroomt de longen binnen die afkoelen en daardoor inkrimpen zodat de borstkas kleiner wordt. Lucht stroomt uit de krimpende borstkas naar het hart, gaat het binnen en wordt daar verwarmd. De luchtwarmte bereikt de longen weer en deze zetten uit. De borstkas verruimt. Men moet besluiten – al zei Aristoteles dit niet – dat er een luchtbeweging is die wij nu ademhaling noemen (longen – buitenwereld vice versa) en ook, alternerend en in samenspel daarmee, een inwendige heen-en-terug-beweging tussen hart en longen van de lucht. Deze redenering waag ik, want Galenus durfde die eveneens aan.

Onnodig uiteen te zetten hoezeer Galenus onder de invloed van deze gedachtegang stond en hoe Harvey in de 17e eeuw jaren aarzelde voor hij die theorie overboord waagde te zetten.

Aristoteles brengt het bloedgedrag in verband met de ademhaling. De inademing koelt het bloed af dat zich in de longen bevindt en bijgevolg komt koud bloed in het hart aan dat nu op zijn beurt afkoelt en inkrimpt. Daardoor wordt hartbloed samengeperst, *pneuma* lost er in op en die levensadem verwekt warmte. Het veredelde bloed gaat nu verwarmd uit het nog krimpende hart op weg. Het vitale bloed bevordert de hartslag, de polsslag en de ademhaling (met een leeg hart zou dit alles niet kunnen; een nieuwe bloedtoevoer uit de longen heeft plaats). De polsslag stuwt het bloed door de bloedbanen. Bloedvaten leiden naar alle delen van het lichaam. De allersmalste bloed-

buisjes worden samen met het daarbinnen zijnde bloed tot weefsel, tot 'vlees'.

De bloedwarmte werkt in de maag op het voedsel en veroorzaakt een splitsing in een onbruikbaar en een bruikbaar gedeelte. Het bruikbare deel is vloeibaar en deze voedingsvloeistof stroomt naar het hart via de lever en de milt, terwijl deze intussen ook bloed vormen. Dit ruwe bloed, beladen met voedselstoffen moet in het hart te zijner tijd van *pneuma* voorzien worden en veredeld zijn weg vinden naar alle delen van het lichaam.

De functie van het bloed is meervoudig, meende Aristoteles. Merg (rugge- en beenmerg), vet, melk, zweet, sperma en urine zijn uitscheidingsprodukten van het bloed.

De hersenen zijn een koelend orgaan, zij zijn immers vrijwel bloedloos en koud. Warm bloed stijgt wel naar het hoofd toe, maar onderweg treden uitscheidingen op (bijvoorbeeld neusslijm) en zodoende komt toch betrekkelijk weinig bloed aan, zij het dan wel bloed van de allerzuiverste soort, hoog verfijnd, dat de zintuigen bedient (vandaar dat die in het hoofd zitten). Maar de zintuigen staan niet met de hersenen in open verbinding. Toch bezitten de hersenen een zekere zelfstandigheid want zij kunnen de mate van koeling regelen. Wordt deze zo sterk dat het hart daardoor beïnvloed wordt, dan verliest dit zijn functie van denken en slapen wij in.

Het centraal gelegen hart is de plaats van waarnemen; hier huist de 'waarnemende ziel', de perceptie en, zoals gezegd, het is het orgaan waar de lichaamswarmte gevormd en het voedende bloed uitgezonden wordt.

Bij planten wil Aristoteles evenzo een centrale plek veronderstellen met gelijksoortige functies. Kiemplanten bezitten die in het punt waar wortel en stengel te zamen komen en de cotylen aangehecht zijn.

Aristoteles geeft geen steun aan de aporrhoi-theorie. Zien is niet het gevolg van deeltjes die van voorwerpen afstuiwen, maar het gevolg van een botsing, een beweging die het gezichtsorgaan treft (I.15). Horen ontstaat doordat de bewegende buitenlucht botst tegen in het oor aanwezige lucht. Aristoteles wist van het bestaan van een gehoor-gang, een binnenoer en waarschijnlijk van de 'buis van Eustachius'.

Wat voortplanting betreft zijn testes geen onontbeerlijk orgaan, want vissen en reptielen bezitten die ook niet. Het mannelijk zaad wordt door de zaadleiders afgescheiden (en niet door de hersenen, zoals Platoon beweerd had).

Planten vinden in de aarde de voedselstoffen die zij nodig hebben, gereed om gebruikt te worden, verklaarde Aristoteles. Zij behoeven die slechts in hun lichaam toe te laten. Meststoffen of organische ontbindingsstoffen leveren plantevoedsel dat 'perfekt' is.

De Part. Anim. X, 655 a 29–655 a 37: "Alle dieren hebben in feite, als zij volgroeid zijn, twee lichaamsgedeelten die onmisbaar zijn. Het ene stelt hen in staat voedsel op te nemen terwijl zij met het andere de afvalstoffen kunnen verwijderen. Want zonder voedsel kunnen zij niet in leven blijven noch ook groeien. De planten hebben geen duidelijke plek in hun lichaam waar de overblijvende afvalstoffen verwijderd worden [terwijl zij, ik herhaal het, toch levende wezens zijn]. Welnu, zij putten hun voedsel in volmaakte staat uit de aarde en daarom brengen zij zaden en vruchten voort in plaats van afvalstoffen.

Tenslotte is er bij alle dieren nog een derde lichaamsbestanddeel, dat met de beide andere samengaat en waar het levensbeginsel (*arche*) in schuilt . . ."

Planten leven op een andere manier dan dieren; zij zijn anders van aard en daarom ook anders gebouwd.

De Anima I, 5, 410 b 23: “Planten leven maar ontlene daar noch het vermogen aan om voort te bewegen, noch om op prikkels van de buitenwereld te reageren.”

Aristoteles schreef over de spijsverteringsorganen en hun functie door achtereenvolgens de diergroepen vergelijkend te behandelen. Zij komen aan de orde nadat o.a. longen, bloed, nieren en blaas behandeld zijn. De zoogdieren het eerst, waarbij de mens geheel als een dier tussen de zoogdiervoorbeelden besproken wordt en in relatie met hen. De mens krijgt ter wille van zijn fysiologie geen eigen hoofdstuk.

Daarna komen vogels, vissen, reptielen, koppotigen, schaaldieren, schelpdieren, stekelhuidigen, holtedieren en insecten aan de beurt.

Voor het eerst in de geschiedenis van de biologie horen wij van de merkwaardige magen der herkauwers. Aristoteles beoordeelde hun functie holistisch want hun aanwezigheid wordt gecorreleerd met andere eigenschappen.

De Part. Anim. 674 a 31 – 674 b 17: “De dieren met horens evenwel hebben de twee rijen tanden niet. Ofschoon de kameel geen horens heeft en toch de twee rijen tanden evenmin bezit, dan volgt daar noodzakelijk uit dat hij een maag heeft, zoals hij blijkt te hebben. Inderdaad heeft hij dezelfde maag als de dieren met een enkelvoudige rij tanden en daarbij heeft hij een gebit dat zoals het hunne gebouwd is want met een andere tandenrangschikking zou hij niets weten aan te vangen. Omdat tevens zijn voedsel doornig is en zijn tong noodzakelijk vlezig moet zijn, verhardt de natuur zijn verhemelte, waarbij het aardeëlement van de tanden wordt verwerkt. Trouwens, de kameel herkauwt evenals de dieren met horens omdat hij magen heeft die aan de hunne gelijk zijn.

Elk dezer dieren bezit enige magen, bijvoorbeeld het schaap, het rund, de geit, het hert, en andere overeenkomstige dieren. Omdat de mond zijn taak maar weinig doeltreffend vervullen kan bij de bewerking van het voedsel tengevolge van het ontbreken van tanden, ontvangen die magen na elkaar het voedsel. De eerste het voedsel als grondstof, de tweede na een inleiding van de vertering, de derde na een volkomen verwerking en de laatste als een voedselbrij. Dat is de reden waarom die dieren meer dan één plek hebben waar vertering plaats heeft, meer dan één orgaan. Wij noemen hen pens, netmaag, boekmaag en lebmaag. Wat hun plaats en vorm aangaat, dit zijn zaken die in *Historia Animalium* en in *Anatome* nader beschouwd moeten worden.”

Ik teken aan dat de magen en tanden van de kameel Aristoteles' holistische benadering goed verduidelijken. Hij stelt vast dat de kameel slechts één rij tanden bezit terwijl hij er uitgaande van een algemener bouwplan twee rijen zou behoren te hebben. Dat zou echter niet passen want de reeks magen is daar niet op berekend. Eén rij is dus passend maar dat veroorzaakt dat hij volgens bouwplan één rij onbenut zou laten. Welnu, zijn voedsel is weinig geschikt voor één rij tanden en de niet benutte bouwstof van de principieel toegestane tweede rij dient nu ter verharding van het verhemelte.

De reeks overzichten wordt telkens onderbroken wanneer een bijzonder lichaamsvocht aan de orde komt, om dit dan nader te beschouwen. Aristoteles' betoog in *De Partibus* is “als een koord dat uit gevlochten strengen bestaat”: morfologie en anatomie gaan samen met fysiologie en soms met embryologie of met genetica en steeds met teleologie. Dit maakt de lectuur afwisselend en boeiend. Telkens verschijnen nieuwe aspecten en de lezer wordt gegrepen door het voortschrijdend relaas dat nu eens uitzichten biedt, dan weer situaties beschrijft, of toelicht of verdere verbanden legt. Ik zou veel meer willen citeren dan deze weinig fragmentjes uit *De Partibus*.

De Part Anim. 674 b: “Dezelfde causa veroorzaakt dat vogels een bijzonderheid hebben in hun spijsverteringsorgaan. Vogels hebben immers een mond die al evenmin een functie heeft bij de spijsvertering, want hij is tandoel en zij beschikken over geen middel om het voedsel fijn te maken en te kauwen. Sommige hebben als voormaag een voedselzak die de functie van de mond heeft overgenomen terwijl weer andere een grote *oesofagus* (slok darm), of ook wel een verwijd gedeelte van de oesofagus, dat de maag voorafgaat, waar zij het voedsel dat nog niet verder verwerkt wordt als voorraad bewaren. Nog andere hebben een krachtig gespierde maag, die hen in staat stelt het voedsel dat niet vooraf gekauwd is, langdurig vast te houden en te verteren. Dank zij dat vermogen spierkracht uit te oefenen en de eigen warmte van de maag, vult de natuur het tekort van de mond aan.”

De slotfrase is een toespeling op het evenwicht van de levensprocessen binnen het lichaam, dat van nature hersteld wordt als ergens een tekort optreedt. Dit principe zal in de 19e eeuw Claude Bernards aandacht trekken.

Het verklaren van de doelmatigheid van levensverschijnselen mag niet leiden tot een opvatting dat al dergelijke verschijnselen uitwerkingen van de *causa finalis* (gerichte doelmatigheid; zie I.15) zouden zijn. Het komt voor dat iets geschiedt zonder die directe oorzaak, als een ‘accidens’ zou men bijna geneigd zijn te zeggen. Nut kan als een bijkomstigheid, als een toevoeging toevallig ontstaan, voortvloeiend uit een entelechisch verloop met een doelstelling waar zo’n nuttig effect geen relatie mee heeft. Aristoteles komt tot deze stelling als conclusie van zijn opstel over gal.

Gal heeft soms met de lever te maken, maar, zegt Aristoteles, heel dikwijls ook met de darmen. Degenen die denken dat gal gemoedsbewegingen veroorzaakt, sentimenten zoals verbolgenheid of verbittering, hebben ongelijk want vele dieren hebben geen gal (zoals het paard, de ezel en de zeehond). Ook zijn er dieren, vervolgt Aristoteles, die nu eens veel, dan weer geen gal in het lichaam hebben, zoals muizen en de mens.

“En dan pleegt de onderzoeker die dierexemplaren aantreft met de een of andere eigenschap te geloven dat alle andere exemplaren, zonder uitzondering, diezelfde eigenschap zullen bezitten. Zo bijvoorbeeld ook de schapen en de geiten . . .”

Sommige hebben zo’n overvloed aan gal dat zij als rariteiten gelden, maar andere hebben geen gal. Onderscheid moet men maken tussen gal die door ziekte afgescheiden wordt en die welke zich in de ingewanden verspreidt. De gal die de lever afscheidt is niets dan een afvalstof en bezit zelf geen *fysis*, geen entelechie. Dat is ook het geval met de afzettingen die zich in de maag en darmen vormen. Dit is kort gevat de inhoud van Aristoteles’ inleidende betoog. Nu volgt:

De Part. Anim. 676 b 15-19: “Men versta mij wel: de natuur bedient zich soms van afvalstoffen ter wille van een nuttig doel, maar dat is geen dwingende reden om steeds maar te zoeken naar een doelgerichtheid die deze stoffen eigen zou zijn. Het komt voor dat er een vaste gang van zaken is en dat veel andere feiten daaruit zo maar moeten volgen.”

Hoe verleidelijk het ook is de verstrekkende consequenties van deze redenering uit te werken en deze op de latere biologie te betrekken, ik laat dit nu achterwege (zie XI) en beperk mij tot een overzicht van gegevens.

De bevruchtingsfysiologie naar Aristotelische trant heeft meer dan twee duizend jaar de biologische interpretatie van die verschijnselen beheerst. De volgende citaten geven geen volledige, maar toch een voldoende aanzet voor een begrip van zijn opvattingen.

Gen. Anim. 736 a 1 – 736 a 22: “Sperma is een mengsel van *pneuma* en water [*pneuma* is hier warme lucht], en het is daarom van nature vloeibaar; het bestaat uit water. Ktesias van Knidos vergist zich heel duidelijk wanneer hij over het sperma van olifanten zegt dat dit, als het stolt, zo hard wordt dat het barnsteen gelijkt. Dat is niet zo. Wel is, vanzelfsprekend, de ene soort sperma aardeachtiger dan de andere. Het meest aarde-achtige is eigen aan dieren die vanwege hun lichaamsomvang een grote hoeveelheid van het element aarde bevatten. Sperma is echter dik en wit omdat *pneuma* er mee vermengd is. Herodotos spreekt de waarheid niet als hij zegt dat het sperma van Ethiopiërs zwart is, alsof alles wat aan iemand met een zwarte huid eigen is, ook zwart zou moeten zijn. En dit in weerwil van hun witte tanden, hetgeen hij zelf heeft kunnen zien.

De oorzaak van de witte kleur van sperma is, dat het schuim is, en schuim is wit, en het meeste wit wanneer het uit de allerkleinste deeltjes bestaat, zo klein dat elk belletje op zichzelf niet voor het oog zichtbaar is. Een voorbeeld van zo'n schuimsoort is, zoals reeds vermeld werd, dat wat het opkloppen van olie en water oplevert.

Dat de natuurlijke vorm van sperma schuimachtig is, was naar het schijnt, zelfs in de oudste tijden niet onbekend. In elk geval ontleende de godin die de paring beheerst haar naam aan schuim.”

De verwijzing naar Ktesias die in de vierde eeuw v. Chr. lijfarts van de Perzische koning Artaxerxes was, doelt op de *Indike* waar enige zoölogische gegevens in vermeld werden. Voor Herodotos zie II.3.

De naam van de godin van de liefde (paring) is Afrodite en Aristoteles leidt die naam af van *aphros* (schuim). Tijdens de Renaissance vinden we Afrodite dikwijls afgebeeld ontstijgend aan het schuim der zee (branding).

Met de olie-water-vergelijking heeft Aristoteles de vraag beantwoord waarom sperma zich als een wit schuim voordoet (*pneuma*-gehalte) en hij verklaart elders nog waarom sperma niet kan bevriezen. Lucht (*pneuma*) is onvatbaar voor het koude element (vergelijk met de elementenleer; I.15).

Gen. Anim. 736 a 24: “De volgende vraag die beantwoord moet worden is de volgende. Kies het geval van die diergroepen waar het levenwekkende vocht door het mannetje in het wijfje gebracht wordt. Veronderstel dat dit vocht nadat het zo in het lichaam kwam, geen bestanddeel wordt van het embryo dat ontstaat, maar dat het zijn werking uitoefent door niets anders dan door de *dynamis* [de ontwikkeling oproepende kracht], die het bevat. Uitstekend. Als dit zo is, wat geschiedt dan met het stoffelijke bestanddeel? Dan moeten wij eerst besluiten of dat wat binnen het wijfje vorm aanneemt al dan niet enig bestanddeel daarbij opneemt in dat wat groeit van datgene dat door het mannetje aangevoerd werd. En vervolgens of ‘ziel’ (*psyche*) al dan niet in het sperma aanwezig is. Want ziel is nu juist datgene wat een dier tot dier maakt; juist door het prikkelgevoelige element in de ziel wordt een dier tot dier. En als de vruchtzetting begint, is dan ziel aanwezig en zo ja, waar komt deze vandaan. Niemand zou willen volhouden, dat spreekt vanzelf, dat embryonale groei geheel zonder ziel zou plaats hebben en volkomen van leven verstoken zou zijn, want de bevruchtingsstoffen van dieren zijn evenzeer levend zoals planten zijn, en zelfs zijn zij tot op zekere hoogte vruchtbaar. Daarom blijkt al dadelijk dat zij de voedende ziel bezitten (vergelijk met wat ik opmerkte over ziel in een andere verhandeling, waarom de voedende ziel noodzake-

lijkerwijs het eerst aanwezig moet zijn). Terwijl dieren zich ontwikkelen, verkrijgen zij de ervaringsgevoelige ziel bovendien, met als gevolg dat een dier tot dier wordt. Ik zeg: 'terwijl zij zich ontwikkelen', want is het soms geen feit dat als een lichaam zich vormt, dat tegelijkertijd een menselijk wezen, of een paard, of enige andere diersoort gevormd wordt? Want het einddoel, of de voltooiing, krijgt tenslotte zijn vorm en dat wat voor ieder voorwerp karakteristiek is, is het oogmerk van elk ontwikkelingsbeloop."

Peck meende ten onrechte dat Aristoteles hier de biogenetische grondwet volgens Von Baer (1828) formuleerde (zie XI). Aristoteles gaf vervolgens een formeel logische uiteenzetting, die aantoonde dat de voedende ziel afkomstig is van het wijfjesdier en de groei van het embryo actualiseert. Het mannetje verschafft de ervaringsgevoelige ziel, die door het sperma wordt aangevoerd, en tevens de rationele ziel als het de mens betreft. Deze is in menselijk sperma in aanleg aanwezig. Hoe die potentiële rationele ziel in de mens geactualiseerd wordt, stelde hij niet aan de orde. De rol van de levenswarmte krijgt aandacht in:

Gen. Anim. 736 b 33 – 737: "Steeds bevat sperma iets dat vruchtzetting teweegbrengt. Dit staat bekend als hitte, die echter geen vuur is, noch ook iets dat daaraan gelijk te stellen is, maar *pneuma*, dat door het sperma of de schuimige materie omsloten is, te zamen met de natuurdrijf die *pneuma* eigen is. Deze natuurdrijf is analoog aan de sterrenziel."

Het woord sterrenziel heb ik gekozen voor *stoicheion*, het zogenaamde vijfde element (*quinta essentia*), dat tot de sterren behoort, zonder begin of einde is, en goddelijk. Het begrip komt van Platoon. Sterrenziel maakt een cirkelende beweging (zoals de sterren; vgl. I.14) en Aristoteles veronderstelde dat de *aither* van de voor-Platonische filosofen dezelfde is. Sterrenziel blijft in de opperste lagen van het heelal en heeft op aarde een equivalent: *pneuma*. Sperma voorziet het embryo met *Noes*, d.w.z. met het goddelijke, met sterrenziel.

Gen. Anim. 737 a 1 – 7: "Om deze reden zal uit vuur nimmer enig dier ontstaan en uit vloeistof of vaste stof zal nimmer een dier ontstaan als zij aan vuur blootgesteld zijn. Daarentegen verwekt de hitte van de zon leven en de dierlijke warmte evenzo. En niet alleen doet de dierlijke warmte leven ontstaan door tussenkomst van sperma, maar elke soort natuurlijk afval, wat het ook moge zijn, draagt de oorsprong (*arche*) van leven in zich.

Overwegingen van deze aard tonen ons aan dat de warmte in dieren niet gelijk is aan vuur en dat die warmte niet door vuur ontstaat of gekenmerkt wordt."

Hiermee beschreef Aristoteles de *generatio spontanea*, de leer die wij nog vele malen in vele verbanden zullen ontmoeten. Het blijkt voorts dat sperma en menstruatiebloed, beide natuurlijke afvalstoffen, het embryo doen ontstaan. Daarmee heeft Aristoteles 'normale' animale voortplanting en *generatio spontanea* tot overeenkomstige voorvalen gemaakt. In het eerste geval zal dierlijke warmte uit afvalstoffen leven oproepen, in het andere de zonnewarmte.

Gen. Anim. 737 a 8 – 17: "Het spermamateriaal dat als het door het mannetje uitgestoten wordt vergezeld gaat door een deel van het zielsbeginsel, dient als overbrenger. Het zielsbeginsel is deels van het materiaal onafhankelijk. Dat geldt voor die dieren die een goddelijk element in zich dragen; datgene is het wat wij *ratio* (*Noes*) noemen. Deels kan het niet daarvan gescheiden worden. Het materiële deel van de zaadvloeistof dat vloeibaar en waterachtig is, lost vervolgens op

en verdampt. Om die reden moeten we niet steeds pogen om het op te sporen bij het wijfje als het naar buiten kwam of verwachten het aan te treffen als bestanddeel van het embryo, als dit vorm aanneemt en zichtbaar wordt. Evenmin als we kunnen verwachten het vijgesap te ontdekken dat de melk doet schiften en stremmen. Het vijgesap ondergaat een verandering. Het blijft niet over als een bestanddeel van de massa die geschift en gestremd is. Zo gaat het ook met zaadvloeistof.”

Deze tekst verklaart waarom Harvey in 1633 toen hij de bevruchte hinden onderzocht, nimmer sperma aantrof. Aristoteles had hem verzekerd, dat zelfs zoeken niets zou opleveren en de reden daarvoor.

Aristoteles vergeleek bevruchting en embryovorming met het stremmen van melk: het is een kaasvorming, bij wijze van spreken. Hildegard van Bingen beeldde dit af en latere commentatoren meenden dat zij deze mening aan Aristoteles ontleend zou hebben. Men zag de tekst Job X, vs 10: “Hebt Gij mij niet als melk uitgegoten en mij als kaas laten stremmen?” over het hoofd. Hildegard zal het bij Job gelezen hebben.

Aristoteles schijnt een overoude traditie in natuurwetenschappelijke termen te hebben weergegeven, want het boek Job is tenminste 600 jaar ouder dan Aristoteles' verhandeling en Aristoteles heeft Job niet gelezen.

Uit het verdere betoog licht ik enige hoofdzaken. Het wijfjesdier is steeds verschafter van het bouw materiaal en het mannetje verschaft aan het materiaal vorm en ziel. “Dat is, naar wij menen, bij uitstek kenmerkend voor de twee seksen”. Het is niet noodzakelijk dat het mannetje een blijvende bijdrage levert, want het is immers niet noodzakelijk dat de werktuigen waarmee een voorwerp vervaardigd werd, dat voorwerp blijven vergezellen, noch is het noodzakelijk dat de maker van het voorwerp daarmee verbonden blijft. Daarom komt de fysieke groei van het wijfje alleen. De Natuur verricht niets dat doelloos is. Aldus Aristoteles.

De uitwerking van de mannelijke zaadvloeistof op het uitscheidingsprodukt van het wijfje in de uterus is gelijk aan die van stremsel op melk. Melk is een afscheiding die levenswarmte bevat, evenals zaadvloeistof en dit laat een homogene vloeistof klonteren, omdat melk en menstruum gelijk van aard zijn. Het zijn beide restprodukten van voedingsstoffen en bloed. Daarom is de werking van zaadvloeistof op de menstruatievloeistof dezelfde als stremsel op melk (analogie geldt als bewijs).

Gen. Anim. 737 a 18 – 34: “Omdat sperma een afvalstof is en het van dezelfde groeidrift voorzien is als die het lichaam groeien doet door middel van de hoogste voeding [bloed], zal het als het de uterus is binnengegaan de afvalstof die het wijfje voortbrengt, doen stremmen en dezelfde groei kracht er op overbrengen als waarmee het zelf toegerust is. Het aandeel van het wijfje is, natuurlijk, eveneens een afvalstof, precies zoals van het mannetje en het bevat alle lichaamsgedeelten in aanleg (*potentia*) maar niets actueels en ‘alle’ betekent met inbegrip van die gedeelten die de twee seksen onderscheiden. En zoals het soms gebeurt, dat onvolwaardige nakomelingen door onvolwaardige ouders voortgebracht worden en soms ook niet, daarom zal de nakomelingschap van een wijfje nu eens vrouwelijk en dan weer mannelijk zijn.

De reden daarvoor is dat het wijfje als het ware een onvolwaardig mannetje is. De menstruatievloeistof is sperma, maar in onvolkomen toestand d.w.z. er ontbreekt één bestanddeel aan: de kiem van de ervaringsgevoelige [animale] ziel. Dit verklaart waarom windeieren wel de vorm van een ei aannemen en bijgevolg het

aandeel van beide seksen bezitten, maar de kiem ontbreekt en daarom wordt het windei geen levend organisme dat ziel herbergt. Dit zielbeginsel moet door het sperma van het mannetje worden aangevoerd en slechts als de vrouwelijke vloeistof dit beginsel ontvangt, zal het tot een volkomen embryo kunnen ontwikkelen [actualisering].”

Aristoteles' verhandeling over de bevruchtingsfysiologie heeft op de biologie een enorme invloed gehad. Ik had reeds gelegenheid bij de bespreking van de 17e-eeuwse biologie hierop te wijzen (V.18,19), maar zal o.m. in het overzicht van de geschiedenis der erfelijkheidsleer er nog meermalen naar verwijzen (IX).

De anatomie en de fysiologie, kortom de biologie der dieren, heeft Aristoteles tot grote hoogte kunnen ontwikkelen, tot een omvattend en samenhangend systeem, tot inzichten en vraagstellingen die enerzijds nieuw waren en anderzijds de biologie van de volgende eeuwen, tot in onze dagen, sterk beïnvloedden.

De voorwerpen die hij bestudeerde maakten zijn werk mogelijk: hun bouw, levensloop en gedrag boden voldoende grondslagen.

Maar het biologische onderzoek van de planten had die armslag niet, omdat de bouw van planten een geheel ander instrumentarium vereist voor een dieper doordringend onderzoek dan alleen een op zichzelf staande beschouwing van het uiterlijk. Het mes alleen is voldoende als instrument voor de studie van de anatomie der dieren. Voor de bouw van de planten is het mes zonder aanvullende technische hulpmiddelen slechts binnen nauwe grenzen toereikend. Het levensgedrag van dieren verschilt wezenlijk van dat van planten: Aristoteles had het overduidelijk aangetoond. Misschien is dit wel de voornaamste reden geweest voor zijn vrijblijvende, als het ware plichtmatige, belangstelling voor planten. Zij leenden zich niet voor zijn wijze van onderzoek: correlatie van het uit- met het inwendige. Het bleef bij een platonische liefde.

Theofrastos (I.16), Aristoteles' vriend, leerling en opvolger, zag zich ten aanzien van de planten die hij onvergelykelijk veel beter bestudeerde dan alle vroegere natuurfilosofen, voor dezelfde problemen, dezelfde barrières geplaatst. Hij heeft dan ook aan de plantenfysiologie nauwelijks iets kunnen toevoegen.

Van fysiologische allure is zijn opvatting dat bladeren niet anders van betekenis zijn dan als bescherming van de vrucht. Deze eerste theorie van de beschermende functie van plantorganen (bladeren, bloembekleedselen) heeft een hoofdrol gespeeld in talrijke beschouwingen van theoretische aard in later eeuwen. Men zag er een uitgangspunt in voor evolutietheorieën.

Bladval treedt bij loofverliezende bomen massaal gelijktijdig op, maar bij groenblijvende bomen traag en bij gedeelten. Men kan bladval vergelijken met het afwerpen van het hertegewei, verzuchtte Theofrastos, en moest het daarbij laten.

Een plant is fysiologisch beschouwd een dier dat met zijn mond in de grond staat; dat was Theofrastos wel met Aristoteles eens. Maar al zijn er grote overeenkomsten in de levensverrichtingen van planten en dieren toch vallen verschillen op. Een dier kan een verloren ledemaat gewoonlijk niet meer vervangen, een plant gewoonlijk wel.

De opvolger van Theofrastos, Stratoon van Lampsakos, die als leider van de Peripatetische wijsgeren en hoofd van het Lykaion (288-270) een pleidooi leverde voor het experiment bij plantenfysiologische studies heeft het, naar het schijnt, bij dat pleidooi gelaten. Fysiologische experimenten zouden zeer wel uitvoerbaar geweest zijn.

Stratoon zou de welbekende formule voor Parmenides' leer van het onbestaanbare van ledige ruimte gevonden hebben: *horror vacui* (afkeer van het lege). Dit geeft aanlei-

ding tot het vermoeden dat hij Parmenides onderwees. Erasistratos heeft samen met hem gestudeerd en diens verklaring voor de aanwezigheid van bloed in slagaderen kan daardoor begrepen worden. De fysiologische onderzoeken van Erasistratos komen in de volgende paragraaf ter sprake. Hij werkte in de 3e eeuw v. Chr., buiten Europa in de Griekse enclave in Egypte, in Alexandrië.

4. *Voorlopers van Galenus: Erasistratos en Asklepiades*

In de derde eeuw v. Chr. zijn Herofilos van Chalkedoon en Erasistratos van Chios de leidende biologen in Alexandrië (II.2). Zij werken omstreeks 270 v. Chr. en hun manuscripten zijn op enkele fragmentjes na verdwenen.

Praxagoras van Kos (ca. 350-300) was de leermeester van Herofilos. Van hem is niet meer bekend dan dat hij zijn leerling overtuigde dat slagaderen lucht bevatten. Herofilos zelf zou als de tekenen niet bedriegen de ontdekker geweest zijn van de ovaria (de latere *testiculi*) en van de *tubus Fallopii* (V.18) en de bouw en functie van de navelstreng bestudeerd hebben. Een boorling ontvangt bij de geboorte en de eerste ademhaling een ziel en is, ongeboren, als een dier te beschouwen.

Over Erasistratos zijn wij veel beter ingelicht dank zij Galenus die hem vele malen uitvoerig citeert, gewoonlijk weliswaar om uit te leggen waarom hij de meningen van Erasistratos afkeurt. Daarmee echter heeft hij het werk van een der beste anatoom-fysiologen uit de Oudheid gered. Dobson (1925, 1927) heeft alle Erasistratos-fragmenten uit Galenus' werk verzameld.

Erasistratos was inwonend chirurg in het Moeseion en had de onovertroffen Bibliotheek bij de hand. Manuscripten van het *Corpus Hippocraticum* (I.13) waren ongetwijfeld aanwezig en zelfs is er reden te veronderstellen dat Erasistratos Hippokratische geschriften meebracht van zijn reizen. Hippokrates en zijn school stonden in het middelpunt van belangstelling; Herofilos schreef het vroegste commentaar op het *Corpus*.

Een recente aanwinst was de verhandeling *Peri Kardies* (Over het Hart), die omtrent 280 op Sicilië geschreven werd, als de tekenen niet bedriegen. De auteur had gevonden dat het hart uit twee gedeelten bestaat, één links en één rechts. In de linkerhartholte huist het verstand, de ratio. Dat was in overeenstemming met het standpunt van Aristoteles. Over de bouw van het hart werd nu een gewichtige mededeling gedaan. Uit elke harthelft ontspringen bloedvaten, grote bloedbanen, en in hun voet, de aanhechting aan het hart, bevinden zich kleppen, kleppen die bloeddicht en luchtdicht kunnen afsluiten.

Hier kan Erasistratos veel aan toevoegen. Hij vindt dat in het hart ter halverhoogte dwarse kleppen aanwezig zijn, die met draadjes vastzitten aan de hartwand, driespitsig in de linkerharthelft en tweespitsig in de rechter-, zodat het hart inwendig in vier ruimtes verdeeld is. Meer nog. Erasistratos leefde en werkte te Alexandrië in het wereldberoemde instituut waar in zijn tijd de pomp werd uitgevonden. Geheel toevallig is het dus niet dat hij constateerde dat door de hartbeweging de dwarskleppen zich openen en sluiten zodat het hart werkt zoals een pomp. Omdat elk vermoeden van een bloedsomloop ontbrak zag noch Erasistratos noch enige latere bioloog de betekenis van deze ontdekking in en hij werd dan ook volledig vergeten totdat Harvey in de 17e eeuw de grote stap vooruit zette.

Hoe verplaatsen de twee voornaamste levendragende stoffen, lucht en bloed, zich

door het lichaam? Lucht door de slagaderen, bloed door de aderen. Het krimpande hart spuit beide het lichaam in.

Als toegewijde aanhanger van de Pneumatische School was Erasistratos nauwkeurig in zijn opgaven over de rol van lucht, van *pneuma*. De ademhaling brengt lucht (adem) en dus ook *pneuma* (levensgeest) in de longen en lucht gaat vandaar naar het hart waar het omgezet wordt in drie kwaliteiten: natuurlijk, levens- en psychisch *pneuma*. Dat laatste stroomt naar de hersenen. Erasistratos weet (door vivisectie) dat de hersenen met het overige gedeelte van het lichaam in verbinding staan: een directe verbinding door zenuwen die van de hersenen uitgaande een fijn netwerk vormen. Zenuwen zijn dunne buisjes. De buisholte behoeft men niet te zien want Platoon had al geleerd dat heel fijne onzichtbare poriën stoffen kunnen doorlaten. Zenuwen als transportbuisjes vinden we nog bij Descartes terug.

Omdat de zenuwen hol zijn kan er *pneuma* door stromen naar een spier, waardoor deze opzwelt en bijgevolg korter wordt. Dit heeft beweging ten gevolge. Zenuwen hebben ook met de werking van de zintuigen te maken.

Levenspneuma uit de linkerhartholte gaat via de aorta en de andere slagaderen door het lichaam. Er moet een verbinding betaan tussen slagaderen en aderen, heel kleine, onzichtbare openingetjes, (synanastomosen zei Erasistratos), en daardoor kan bloed uit de aderen de slagaderen binnen komen.

Bij de gezonde mens gebeurt dat niet. Natuurlijk niet want dan zou immers bloed in de slagaderen de passage van levenspneuma moeilijk of onmogelijk maken: dan is men ziek. Daarom zal uit een slagader die doorgesneden wordt bloed spuiten, want het levenspneuma ontsnapt. Een lege ruimte is onbestaanbaar (Parmenides) en bloed uit de aderen wordt aangezogen. Uit een lekkende slagader spuit bloed, een gave slagader bevat *pneuma*. (Het loont Empedokles' beschrijving van de ademhaling (VI.2) hiermee te vergelijken).

Aderen vervoeren het voedende bloed bevracht met natuurlijk *pneuma*. Het stroomt van de maag naar de rechterhartholte en daar ontspringen slagaderachtige aderen (longslagader) en de holle aderen. Het hart stuwt het bloed daardoor het lichaam in.

Erasistratos merkte nog op dat de wijdte van de vaten verband houdt met de aard en hoeveelheid van de te transporteren stoffen. De spijsvertering komt door de bewegingen van de maag (peristaltiek) tot stand en verharding van de lever veroorzaakt oedeem. Vlees is een vlechtwerk van arteriën, aderen en zenuwen, terwijl uit de fijnste adertopjes voedend materiaal stroomt en de tussenruimtetjes opvult.

Ik merk op dat de fysiologie van Erasistratos het model volgt van zijn in Alexandrië werkende tijdgenoten, die met groot succes bezig waren allerlei technische uitvindingen als werktuigen bruikbaar te maken (bijvoorbeeld de pomp). Hij mag als de eerste iatro-mechanistische bioloog gezien worden (VI.13).

Misschien wel de eerste weloverlegde fysiologische proef ter wereld staat op naam van Erasistratos. Hij zette een vogel in een kooi, woog kooi, vogel, voedsel en excrementen gedurende enige tijd zo goed als hij kon en stelde vast dat een gewichtsverlies optrad. Hoe en waarom en welke stof verdween kon, zo verklaarde hij, alleen in geestelijke zin begrepen worden. Borelli zou in de 17e eeuw dit experiment grootscheeps herhalen (VI.17).

Het wantrouwen en de tegenzin die de ware Romeinen voelden toen de heilkunst en tegelijkertijd de biologie uit de veroverde Griekse gebieden in de Romeinse hoofdstad aankwamen, wist Asklepiades van Pruse (in Bithynië aan de Zwarte Zee) tijdelijk te

overwinnen. Hij moet niet met zijn naamgenoot Asklepiades Farmakioon die in de 1e eeuw n. Chr. een farmacopee in tien boeken schreef, verward worden. Die had voor de biologie geen betekenis, evenmin als zijn verdwenen geschriften.

Asklepiades van Pruse (ca. 124 – ca. 45) vestigde zich in de 1e eeuw v. Chr. in Rome. Hij had in Alexandrië en Athene gestudeerd en werd in korte tijd een der hoogst aangeschreven geneesheren, zeker ook omdat hij zijn kunde goed adverteerde. Zijn devies was *cito, tuto, jucunde* (snel, veilig, en plezierig); zijn voornaamste medicamenten waren wijn en muziek. Een strategie waarmee hij de intelligentsia op zijn hand kreeg was zijn verkondiging van de leer van de Atomisten (Leukippos en Demokritos; I.12), zoals Lucretius die had uitgewerkt (II.10). Het antieke materialisme werd snel populair onder de Romeinen want de Romeinse volksaard was (in de Oudheid) daar geheel mee in overeenstemming.

Samen met zijn leerling Themison van Laodikeia vormde Asklepiades van Pruse de School der Methodici die enerzijds de dogmatici (theoretiserende Hippokratici) meer op de praktijk wilden richten en anderzijds van de platvloerse empirici (II.14) meer diepgang eisten. Veel van hun theorieën of wat daar voor moest doorgaan had succes en restanten bleven in de biologie vele eeuwen lang herkenbaar.

De moleculen, zeggen de methodici, hangen in groepen samen en vormen de weefsels, lichaamsmassa. Het zijn netwerkjjes, doorzeefd met poriën (*poroi*). Te wijde poriën of te nauwe veroorzaken ziekten. Men onderscheide *flux* en *stasis* en die toestanden laten zich vaststellen door de lichaamsuitscheidingen te bestuderen. Een afwijking van het normale is een verschijnsel op zichzelf en de arts moet het symptoom, bij voorkeur op een aangename manier, bestrijden; dan is de ontregeling verholpen. Daarmee zijn de holistische en de vitalistische beschouwingswijzen van het levende organisme verlaten en metabolische vraagstukken een technische, incidentele aangelegenheid geworden. Wij zullen deze leer opnieuw in latere eeuwen aantreffen, bijvoorbeeld in de zeeftheorie van Descartes (VI.16).

Het laat zich veronderstellen dat de on-Griekse en onbiologische aard van de methodici en Asklepiades oorzaken werden van diens falen als bioloog en van de nijldige protesten van Galenus.

5. *Fysiologie volgens Galenus*

In het relaas over de ontwikkeling van de biologie in het algemeen tot de 17e eeuw (I-IV) kwam het werk van Galenus herhaaldelijk aan de orde. De ontwikkelingsgang van de anatomie eiste eveneens veel aandacht voor zijn vondsten en opvattingen. Intussen mag Galenus' fysiologie hier niet ontbreken. Ik heb gepoogd herhalingen te vermijden maar indien de loop der historie in verschillende verbanden gevolgd zal worden blijkt dit niet geheel mogelijk.

Een samenvatting van Galenus' fysiologie vergeleken met die van Aristoteles en Erasistratos toont duidelijke overeenkomsten en verschillen.

Galenus verklaart dat de Aristotelianen discussie hoger schatten dan dissectie; hij daarentegen, wil waarnemen en onderzoeken. Bij voorkeur levende dieren, want dit kan een antwoord geven op fysiologische vraagstukken.

Over Hippokrates is Galenus goed te spreken. "Hippokrates heeft zeker verdienstelijk gewerkt en de wegen bebakend, maar ik heb die geëffend en begaanbaar gemaakt,

zoals keizer Trajanus de heerbanen in het Romeinse rijk”.

Bij een andere gelegenheid noemt hij Hippokrates de ‘Meester’, degene die de ‘fysiologie’ ontwierp. Galenus wijst er dan op dat een levend ding een samenhangend geheel is; dit is primair. Een organisme dat leeft, laat zich niet in delen uit elkaar nemen en elk orgaan kan slechts in relatie met alle andere organen begrepen worden: in zijn rol binnen het bestel. Deze samenhang wordt door *fysis* (= natuur, = leven) beheerst en het veld van studie voor de fysiologie is dus die *fysis*. Overigens blijkt nog dat Galenus onderwerpen die tegenwoordig als fysica gelden tot de fysiologie rekent. Teken hierbij aan dat wat de atomisten (Empedokles c.s.) fysiologie achten, wij als fysica beschouwen; fysiologie in onze en ten dele in Galenische zin is: materie + leven.

Galenus schrijft aan elk levensverschijnsel drie factoren (aspecten, eigenschappen) toe: (1) een *dynamis* (potentieel; het toekomstige); (2) een energie (het heden; de *dynamis* die zich – we zien het – voltrekt); (3) een *ergon* (het produkt of het door *energeia* teweeggebrachte; aanvankelijk is dit toekomst maar het was toch al bekend door wat in het verleden tot stand kwam).

De Pneumatische School aanvaardt Galenus als de juiste, maar hij brengt ingrijpende verfijningen aan en preciseert. *Pneuma* is ongrijpbaar, vluchtig, vloeistofachtig.

De ingeademde lucht + *pneuma* wordt in de linkerhartholte gezogen. Door de slagaderen verplaatst die lucht + *pneuma* zich naar alle lichaamsdelen en vervoert tegelijkertijd de inwendige warmte, die elk levend wezen eigen is. Ook is er een ‘levensgeest’, die uit de meest ijle, meest verfijnde materie bestaat die men kan bedenken. Deze levensgeest of *pneuma* bestaat uit drie componenten (zij worden al bij Erasistratos aangetroffen):

1. *pneuma fysikon* (Latijn: *spiritus naturalis*) bevindt zich samen met het bloed in de aderen, is bron van onbewust leven, zetel of drager van *fysis*, veroorzaker van groei. In de lever gevormd.
2. *pneuma zoötikon* (Latijn: *spiritus vitalis*) wordt niet precies gedefinieerd, is min of meer autonoom, ongrijpbaar, levendrager, overal in het lichaam aanwezig. In het hart gevormd.
3. *pneuma psychikon* (Latijn: *spiritus animalis*) verplaatst zich door de zenuwbuisjes door het lichaam, doet lichaamsdelen bewegen, zintuigen waarnemen. In de hersenen gevormd.

Galenus’ fysiologie is voornamelijk in *De Usu Partium* (Grieks: *Peri Chreias Morion*), d.w.z. Over de Functie der Lichaamsgedeelten, te vinden.

Het inademen koelt het lichaam, voert lucht naar het hart toe en uitademen verwijdert “rook en roet” volgens latere vertalers *fuligo* (kaf), volgens Galenus *lignus*. Het hart maakt warmte terwijl in dezelfde hartruimte lucht en *pneuma zoötikon* worden toegevoegd aan het bloed. Ook wordt het *fuligo* uit het bloed verwijderd, door het samenkrimpende hart via de longaderen in de longen geblazen en daarna uitgeademd. Van de lever stroomt het bloed dat door de lever bereid werd en wel van *pneuma fysikon* voorzien werd maar nog ‘dood’ is, d.w.z. het ware leven ontbeert, naar de rechterharthelft. Het komt aan door de holle ader, aangezogen door de uitzettende hart-helft tijdens de diastole. Het weer samenkrimpende hart stuwt een deel van het bloed via de longslagader naar de longen, maar in het hart wordt het overige bloed ‘levend’, in staat tot doelgericht optreden, tot bewegen en deze veredeling heeft plaats in de linkerharthelft.

Een wand scheidt rechter- en linkerharthelft. Het bloed moet er, dat kan niet anders, doorheen. Galenus wist dat de beide harthelften bij reptielen met elkaar in verbinding staan, ook dat een voldragen mensenembryo een onvolkomen harttussenschot bezit. Hij zag in het harttussenschot van de mens vele diepe groeven en nissen. Een doorgang zag hij niet maar dit was ook niet nodig. Iedereen wist van poriën en zette die in als dat nuttig scheen. Bloed stroomt dus in het hart van rechts naar links (niet terug!) door poriën.

Ik voeg hier namens Parmenides aan toe: er ontstond immers na de systole een lege harthelft (leeg kan niet), dus het ruwe leverbloed stroomt toe uit het rechter- en vult het linker hartgedeelte. Het stroomt bij de volgende systole niet terug, want het is nu levend bloed geworden en handelt doelgericht, dus stroomt niet terug door de poriën.

Wegstromend bereikt het bloed alle lichaamsorganen, die het verbruiken. Een terugstromen van het bloed is Galenus niet geheel onbekend, maar hij laat zich daar niet met duidelijke woorden over uit.

Een bloedbeweging heen-en-terug “zoals in een zeeëngte” zou ondoelmatig zijn, betoogde Galenus. Hij kende de bouw en de functie van de hartkleppen nauwkeurig (niet weinig geholpen door de vondsten van Hippokrates en Erasistratos). De kleppen laten slechts passage in één richting toe, hetzij naar binnen hetzij naar buiten. Als zij open staan zal op het ogenblik dat zij zich weer sluiten een kleine hoeveelheid bloed weer terug kunnen vloeien, “een paar druppels”. Ik denk dat Descartes' bloedbewegingstheorie uit deze opmerking van Galenus voortkwam.

De lever maakt bloed en is daarom de eigenlijke oorsprong van alle bloedvaten. De holle ader is “zoals een boom die zijn wortels in de bodem heeft” (in de lever, waar voedend bloed ontstaat). De aderen zijn te vergelijken met de “takken van de boom”.

De bloedbewegingen komen tot stand door de hartverwijdingen allereerst (zuigwerking). Hart en slagaderen kunnen zich ritmisch samentrekken (bezitten een *vis pulsifica*, een pulserend vermogen) en jagen lichtrood, levendragend bloed voort. In de aderen vloeit het bloed traag en geleidelijk in dezelfde richting. De samentrekkingen van de borstkas (bij het ademen) dwingen het bloed in het longadernet. Tevens blaast het hart *fuligo* of *lignus* naar de longen door de ‘aderlijke slagader’ (wij zeggen ‘longader’): het afval volgt dus de kortste weg naar buiten.

Het enige bloedvat waar een heen-en-weerstream plaatsvindt, is de poortader. Als de maag gevuld is, stroomt voedsel opgelost in het bloed naar de lever. Galenus is niet duidelijk over deze kwestie: gaat voedsel vloeibaar op eigen kracht of samen met bloed op weg? Hij neemt geen duidelijke beslissing.

Als de maag leeg is (en voedsel behoeft) gaat een bloedgift in omgekeerde richting van de lever naar de maag en de darmen.

Galenus onderscheidde twee geheel gescheiden fysiologische bloedfuncties, elk met een eigen bloedvatstelsel en onderling in contact door het harttussenschot en – moet men op grond van Galenus' mededelingen wel veronderstellen – in de longen. Harveys werk bewijst het bestaan van slechts één samenhangende bloedcirculatie. Galenus dacht dat het uitzettende hart de bloedbeweging (in het aderlijk stelsel) tot stand bracht (zuigpomp), terwijl Harvey het samenrimpemde hart als de bewegingsbron aanwees (zuigperspomp).

Het hart is een hol, spierachtig orgaan, legde Galenus uit, geen echte spier want het beweegt uit zichzelf en onophoudelijk; spieren doen dat niet. Functie bepaalt de aard van het orgaan (Aristoteles). Onze opvatting van de hartspier gaat uit van de bouw

(spierweefsel).

Het wandoppervlak van levende organen heeft een bijzondere eigenschap: een selecterend, assimilerend vermogen. Hierdoor oefent het een kracht uit op componenten in de voedingsstof, zoals een magneet ijzer kan laten bewegen en zo ontstaat een 'alteratie', een omzetting. Elk orgaan beschikt over eigen vermogens, eigen 'faculteiten', die aantrekken en afstoten, waardoor de passende voedselbestanddelen al naar behoefte worden verkregen en omgezet om door middel van de *techne*, hoofdkenmerk van *fysis*, groei en onderhoud te verwezenlijken.

De fysiologische begrippen van Anaxagoras (VI.2) zinnen Galenus niet en hij schrijft:

De Fac. Nat. I, ii. 5/6: "Voor het ogenblik behoeven wij slechts de volkomen omzetting [alteratie] van grondstoffen te overdenken. Dat doende zal niemand op de gedachte komen dat brood een soort plaats van samenkomst is van been, vlees, spieren en al de andere lichaamsbestanddelen en dat elk van deze vervolgens in het lichaam afgezonderd wordt en zich bij zijn eigen soort zal aansluiten. Alvorens enige differentiatie zich voltrekt, wordt klaarblijkelijk het brood in zijn geheel bloed.

Hoe dan ook, als iemand gedurende lange tijd geen ander voedsel tot zich neemt zal hij niettemin slechts bloed in al de aderen hebben. En dit ontzenuwt duidelijk de mening van degenen die in onveranderbare grondstoffen geloven. Wat dat betreft ondergaat ook olie een grondige verandering, olie die geheel in de vlam van de lamp verbruikt wordt of blokken brandhout waarbij het wat langer duurt voor zij vuur worden."

Het wil mij voorkomen dat hier voor de eerste maal in de geschiedenis der biologie het assimilatieproces scherp omlijnd en geformuleerd wordt.

Tot zover sluit Galenus zich in grote lijnen bij Platoon, Aristoteles en bij de Pneumatische School aan, zij het dan dat zijn fysiologie beter doordacht is en een leniger structuur bezit. We hebben echter het *pneuma psychikon* nog buiten beschouwing gelaten.

Met het bloed dat naar het hoofd stroomt, komt ongevormd *pneuma* samen met *pneuma zoëtikon* en *pneuma fysikon* aan. In de hersenen vormt zich nu *pneuma psychikon*. Dit verzorgt alle verschijnselen die met zenuwwerking te maken hebben. Het *pneuma psychikon* verzamelt zich in de hersenhollen en aan de basis van de hersenen, in het wondernet (V.11). Van daaruit verplaatst het zich door de holle zenuwen door het hele lichaam.

Galenus had aangetoond dat de zenuwen in hersenen en ruggemerg ontspringen en dat zij de verbinding tussen hersenen en organen onderhouden (V.5). Niet uitsluitend het hart dus als centraal orgaan, maar de hersenen centraal als het op bewegen aankomt. Galenus werd, door deze ontdekkingen en conclusies, de grondlegger van de zenuwfysiologie. Zijn opvattingen bleven onaangetast 1500 jaar van kracht (Harvey en Descartes aanvaardden hen) en eigenlijk slaagde Charles Bell er pas in 1811 in de Galeonische leer over de zenuwfuncties te ontkrachten.

Nog niet tevreden met de greep van de *pneuma's* op het levensgebeuren wil Galenus nog het optreden van een aantal niet omschreven krachten veronderstellen, die elk voor zich een fysiologisch verschijnsel veroorzaken. Hij sprak van een groeikracht, een verduurzamende kracht, een voortplantingskracht, een aantrekkingskracht, een uitstotingskracht en een kleefkracht. Hier denken wij aan vergelijkbare meningen van Empedokles en Herakleitos; in de 10e eeuw ontmoeten we die krachten weer in de ge-

schriften der Ware Broeders (III.5).

Galenus was een aanhanger van de School van Kos (Hippokrates, Polybos) en steunde dus de sappenleer. Uit de maaginhoud zuigen de leveraderen voedsel dat de lever, met de hem eigen warmte, tot bloed omzet. Overschotten gaan als gele gal naar de galblaas en als donkere gal naar de milt. Het bloed bevat rood bloed, gele gal, donkere gal en slijm. Overheerst rood bloed, dan is de mens 'sanguinisch' (optimist, levendig, beweeglijk) en overheerst gele gal 'choleric' (nijdig, opvliegend, sarcastisch). Een overmaat aan donkere gal maakt 'melancholisch' (somber, pessimist, zwartgallig) en aan slijm 'flegmatisch' (berustend, slap, kleurloos). Galenus wijdt een verhandeling aan deze humeuren, *De Temperamentis*, een vraagbaak voor de arts die aan het humeur van zijn patiënt al kon toetsen hoe het met het bloed gesteld was en dientengevolge zijn therapie kon richten op een herstel van het evenwicht tussen de vier bestanddelen.

Galenus schreef twee boeken over de spierbewegingen. De ware spieren zijn de willekeurige (volgens de huidige term). Andere spierachtige weefsels (hart, darm, uterus, blaas) zijn zelfstandig en kunnen zichzelf bewegen. Skeletspieren zijn deels pezig, deels vlezig. Zenuwen dringen door in het gevoelloze, vlezige deel en veroorzaken het bewegen van de spier. Spierbewegingen zijn het die de borstkas laten uitzetten en inzakken, waardoor ademhaling tot stand komt; verwarming en afkoeling zijn de oorzaak niet (Aristoteles vergiste zich).

Omdat de hersenen het denkvermogen bezitten (niet het hart; Aristoteles vergiste zich nogmaals) zijn die het uitgangspunt van de gewilde bewegingen, de plaats ook voor het waarnemen, en het begin van de zenuwen. De spier verkort zich nadat het uit de hersenen toegevloede *pneuma psychikon* dit proces in gang gezet heeft.

In het oog is de lens (het "vochtige kristal") het voornaamste gezichtsorgaan. Daarachter vinden we het glasachtige lichaam en het netvlies. Het bloedrijke netvlies voedt het glasachtige lichaam.

Een kleurige, levendige stijl maakt *De Facultatibus Naturalibus (Peri Fysikoon Dynamoon*, d.w.z. Over de Levenskrachten) voor de bioloog met historische belangstelling ongewoon boeiende lectuur. Met de volgende citaten wil ik Galenus' experimentele vivisectie illustreren te zamen met zijn wijze van theoretisch overdenken. Hij was de eerste onderzoeker die buiten twijfel vaststelde dat de nieren urine produceren en die de blaaswerking kon verklaren. Brocks vertaling van *De Facultatibus* is mij hierbij van veel nut geweest.

De Fac. Nat. I, xii: "En zo wordt het duidelijk dat voeding niet anders is dan een gelijkmaking, een assimilatie, van dat wat voedend is ten behoeve van wat gevoed wordt. Intussen beweren sommigen dat assimilatie in werkelijkheid niet plaats heeft, maar een schijnproces is. Dat zijn degenen die denken dat de natuur niet ambachtelijk is, dat zij geen vooruitziende blik heeft op het welzijn van het dier, en dat zij in het geheel niet vermag uit eigen kracht sommige stoffen om te zetten, andere aan te trekken en weer andere uit te scheiden.

In de heelkunde en in de wijsbegeerte ontstonden, in het algemeen, twee scholen onder degenen die zich duidelijk over de natuur hebben uitgesproken. Nu doel ik, vanzelfsprekend, op diegenen onder hen die weten waarover zij het hebben en die het logische gevolg van hun veronderstellingen doordacht en aanvaard hebben. Wat degenen aangaat die zich daar zelfs geen rekenschap van geven, maar gewoonweg elke babbel die hen voor de mond komt laten horen en die niet standvastig of de ene of de andere school volgen, met dat slag ga ik mij niet

bezighouden.

Wat nu zijn die scholen en welke logische conclusies vloeien uit hun stellingen voort? De ene groep gaat er van uit dat alle stoffen, alle substanties die ontstaan of verdwijnen tevens een samenhangende materie zijn [een continuum of individuüm d.w.z. ondeelbaar zijn] maar die een omzetting [alteratie] kan ondergaan [vitalisten]. De andere groep veronderstelt dat materie onveranderlijk is, niet omgezet maar wel verdeeld kan worden in heel fijne deeltjes die van elkaar door lege ruimte gescheiden zijn [atomisten].”

Galenus werkt deze standpunten nader uit. Hippokrates is vitalist en holist en oogst bijval. De atomisten die lege ruimte erkennen alleen daarom al niet. De twee kemp-hanen, Erasistratos (VI.4) en Galenus zijn immers beiden aanhangers van Parmenides.

Het kan niet anders of wij lezen met verbazing Galenus' samenvatting van de twee scholen, hoe hij zonder enig begrip van scheikunde nauwkeurig het kernprobleem opspooft waar de fysiologisch onderzoekende bioloog mee moet leven totdat vijftien eeuwen later de kennis van elementen en moleculen de fysiologie zou hervormen.

De Fac. Nat. I, xii, 27/8: “Iedereen die in staat is de logische gevolgtrekking uit een hypothese te doorzien, zal beamen dat volgens de tweede leer geen substantie bestaat of eigenschap die, hetzij voor de natuur, hetzij voor de ziel typerend is, maar dat alles tot stand komt door stoffelijke partikeltjes, die zelf niet aan verandering onderhevig zijn, maar door de manier waarop zij samengaan. Maar omgekeerd leert de eerstgenoemde theorie dat natuurgedrag niet volgt op partikeltjes-gedrag maar ver voorop gaat en ouder is. Bijgevolg oordeelt de eerste school dat de natuur de lichamen zowel van planten als van dieren bijeenvoegt. Dit doet zij door de *dynamis*-krachten, die zij bezit. Deze zijn enerzijds een aantrekkingskracht en een assimilatievermogen van datgene wat te stade komt en anderzijds een afstotende kracht van datgene wat niet past. Voorts vormt de natuur bekwaaam al wat gedurende het tijdperk van *genesis* ontstaat en ook zorgt de natuur voor de levende organismen na hun geboorte, waarbij weer andere krachten zich aandienen. Met name een toegenegenheid en een verzorging met vooruitziende blik voor het kroost, saamhorigheid en toeneiging tot leeftijdsgenoten. Maar volgens de andere school zijn deze dingen geen wezenstrekken van de levenden en al evenmin is er in de ziel enig ingeboren natuurlijk besef, bijvoorbeeld van sympathie of antipathie, van afwijzing of samengaan, van rechtvaardigheid of onrecht, van schoonheid of afstotelijkheid; al die dingen, zeggen zij, komen in ons tot stand als resultaat van prikkels en door middel van prikkels, en dieren gedragen zich volgens bepaalde ervaringen en herinneringen.

Van deze laatsten hebben er enige zelfs met nadruk beweerd dat de ziel geen ratio bezit, maar dat wij als vee afgaan op de indrukken die onze zintuigen ontvangen en dat wij de *dynamis* ontberen om ook maar iets te weigeren of te ontkennen. Klaarblijkelijk zijn moed, wijsheid, matiging en zelfbeheersing niets dan onzin. Wij hebben elkaar niet lief noch ook onze kinderen en de goden bekommeren zich niet om ons.”

Wij hebben de diversiteit van ‘krachten’ die in levende wezens werkzaam zijn, bijvoorbeeld beschreven gezien door de Ware Broeders (III.5) in de 10e eeuw, achthonderd jaar later. Zij komen talloze malen voor in biologische of fysiologische verhandelingen, eigenlijk tot op de huidige dag (al hebben diezelfde ongrijpbare krachten nu moderne, vertrouwenwekkende namen ontvangen).

Laat ons de weg van Hippokrates volgen, adviseerde Galenus.

De Fac. Nat. I, xii, 29/30: "Hippokrates koos de eerste weg. Hij leert dat materie een en dezelfde blijft maar omzetting [alteratie] ondergaan kan. Het lichaam in zijn geheel bevat het samengaan van stromingen van lucht en vloeistof. De natuur (*fysis*) brengt overal in het lichaam ambachtelijk en welberaden een evenwicht tot stand omdat zij krachten inzet waardoor elk lichaamsgedeelte de sappen aantrekt die het toekomt. Nadat dit gebeurd is, bindt het die sappen aan elk lichaamsbestanddeel terwijl het gedeelte van het sap dat het niet kon opnemen, dat niet vatbaar bleek om een volkomen alteratie te ondergaan en in het lichaamsgedeelte dat gevoed wordt opgenomen te worden, door een uitstotende kracht verwijderd wordt."

De Fac. Nat. I. xiii: "De graad van nauwkeurigheid en waarheid in de leer van Hippokrates kan niet slechts afgeleid worden uit de wijze waarop zijn tegenstanders in botsing met duidelijke feiten komen, maar ook uit verschillende terreinen van biologisch onderzoek – de levensfuncties van dieren enzovoorts. Want degenen die ontkennen dat in enigerlei lichaamsdeel van een dier een kracht schuilt die de hem eigen gaardheid aantrekt, zijn gedwongen om, telkens weer, duidelijke feiten te ontkennen. Daar is, in het geval van de nieren, Asklepiades een voorbeeld van. Dat deze de organen zijn om urine af te scheiden, werd niet slechts door Hippokrates, Diokles, Erasistratos, Praxagoras en alle andere artsen van hoog niveau verondersteld, maar zelfs iedere slager weet hierover mee te praten, omdat hij in feite elke dag zowel de plaats van de nieren en de buis (*oureter*), die van beide nieren naar de blaas loopt voor ogen krijgt, en uit deze plaatsing concludeert hij waartoe zij dienen en hun functie. Laat ons evenwel de slaggers niet volgen, maar vaststellen dat alle mensen die hetzij lijden aan *dysouria* of aan de retentie van urine, zichzelf *nephritici* noemen, nierlijders, als zij pijn in de lendenen hebben en gruis kwijtraken in hun water.

Ik veronderstel niet dat Asklepiades ooit een steen heeft bekeken die een van die patiënten kwijt geraakt was, of opgemerkt heeft dat dit werd voorafgegaan door een felle pijn in de streek tussen de nieren en de blaas, als de steen de ureter passeerde of dat, als de steen de doortocht volbracht had, zowel de pijn als de retentie dadelijk voorbij was.

Dan wordt het de moeite waard om na te gaan hoe zijn theorie de aanwezigheid van urine in de blaas verklaart en men ontkomt er niet aan om zich over de vindrijkheid van iemand te verbazen, die deze brede en duidelijk zichtbare wegen afwijst en andere veronderstelt die smal, onzichtbaar zijn, ja warempel, aan elke waarneming ontsnappen. Zijn mening is, heus, dat de vloeistof die we drinken in de blaas terecht komt nadat hij in damp vervloog en dat, als die damp weer condenseert zodoende zijn oorspronkelijke staat herkrijgt en weer van damp in vloeistof verandert. Hij ziet de blaas gewoon als een spons of een kluit wol en niet als het volkomen afgeronde en gave voorwerp, dat hij is, met twee zeer stevige mantels. Want als wij beweren dat die damp door die mantels heen dringt, waarom zou hij dan het buikvlies (*peritonaios*) niet passeren en het middenrif en vervolgens de hele buikholte en de borstholte met water vullen? 'Maar', zegt hij, 'het buikvlies is minder doordringbaar dan de blaas en daarom houdt dit de damp buiten terwijl de blaas hem toelaat.' Maar als hij ooit de anatomie praktisch beoefend had, dan zou hij geweten hebben dat de buitenmantel van de blaas

uit het buikvlies ontspringt en van nature hetzelfde is, en dat de binnenmantel van de blaas, die de blaas karakteriseert, meer dan tweemaal zo dik is als de buitenmantel.

Evenwel, is het misschien de dikte of de geringe doorsnede van die mantels niet maar de plaatsing van de blaas, die zou veroorzaken dat de damp daar binnen gaat? Integendeel, zelfs al zou het waarschijnlijk zijn om allerlei andere redenen dat de dampen zich daar ophopen, dan nog zou de plaatsing van de blaas alleen al dit verhinderen. Omdat de blaas in het onderlichaam geplaatst is, terwijl dampen van nature de neiging hebben zich omhoog te bewegen. Daarom zouden zij de gehele streek van de borstkas en longen vullen lang voor zij aan de blaas toe zouden zijn."

Galenus werkt de damptheorie verder uit en beredeneert tot welke absurde toestanden deze zou leiden. Zijn enthousiaste betoog leidt hem tot een ontdekking.

De Fac. Nat. I, xiii, 34/35: "Op al deze bedenkingen proberen onze hedendaagse Asklepidioten een antwoord te geven, in weerwil van het feit dat zij onveranderlijk van harte uitgelachen worden door allen die toevallig hun betogen bijwonen. Zo moeilijk valt het om dit waandenkbeeld van die bevooroordeelde partijgangers op te ruimen, dat zo bovenmatig onvatbaar is voor elke zindelijke gedachtegang, en moeilijker te genezen dan alle jeukende eczemen!

Een van onze sofisten, die een doorgewinterde debater was en zo behendig met woorden als men zich maar kan voorstellen, kreeg het eens met mij over deze kwestie aan de stok. Hij werd allerm minst van zijn stuk gebracht door de al vermelde overwegingen en, integendeel, toonde zich verbaasd dat ik poogde met malle bedenkfels klinkklare feiten op hun kop te zetten. 'Want', zo zei hij, 'iedereen kan elke dag met elke blaas duidelijk laten zien, dat als hij met water gevuld wordt of met lucht en daarna van boven dichtgebonden en rondom geknepen wordt, er nergens ook maar een druppel uit komt, en dat daarentegen de gehele inhoud volkomen binnen blijft. En', zo zei hij, 'als nu heus ook maar enige grote en waarneembare buizen er binnen zouden komen, van de nieren afkomstig, zou de vloeistof daardoor, als de blaas geknepen wordt, dan niet weer naar buiten stromen op dezelfde manier als hij binnen was gekomen?'

Met deze profneming liet de sofist het gevolg zien van het feit, dat de ureters enige centimeters in de blaaswand lopen alvorens zij in de blaasholte uitmonden, waardoor zij door druk van binnen uit, gesloten worden.

De Fac. Nat. I, xiii, 35: "Nadat hij onbesuisd deze, en dergelijke, opmerkingen gemaakt had, op een gezaghebbende en luide toon, besloot hij de samenkomst door op te springen en weg te lopen, zodat hij mij liet staan alsof ik volslagen onmachtig was om enig aanvaardbaar antwoord te geven!

In werkelijkheid zijn degenen die slaafs hun partij volgen niet alleen van elk gezond inzicht gespeend, maar zij zijn zelfs niet bereid iets te leren. In plaats van te luisteren naar de reden, zoals zij behoorden te doen, waarom vloeistof de blaas via de ureters naar binnen kan gaan maar niet in staat is langs dezelfde weg de blaas weer te verlaten – in plaats van de ambachtelijke vaardigheid van de natuur te bewonderen – weigeren zij iets te leren. Zij gaan zo ver dat zij smalen en volhouden dat de nieren, evenals vele andere dingen, door de natuur gemaakt zouden zijn zonder enig doel."

Galenus was Aristoteliaan: de natuur verricht alles met een doelstelling. Hij zette zijn

filippica tegen de volgelingen van Asklepiades nog verder voort, maar ging nu proefondervindelijk zijn gelijk bewijzen.

De Fac. Nat. I, xiii, 36: "En zo zagen wij ons gedwongen om hen bij een nog levend dier te laten zien dat de urine goed zichtbaar uit de nieren door de ureters de blaas in stroomt, al konden wij nauwelijks hopen dat dit hun gebazel zou beëindigen.

De manier om dit te tonen is de volgende. Men moet het buikvlies vóór de ureters opensnijden en deze vervolgens met draden dichtbinden. Daarna, nadat het dier weer gesloten is en verbonden, het laten lopen (en het zal geen urine meer lozen). Na enige tijd verwijdert men het uitwendige verband weer en laat zien, dat de blaas leeg en de ureters vol en opgezwollen zijn, zelfs dat zij op het punt staan van barsten. Verwijder nu de draadjes waarmee afgebonden werd en het is duidelijk te zien dat de blaas vol urine stroomt.

Als dit nu volkomen aangetoond is dan moet men, voor het dier urine loost, met een draad de penis afbinden, en daarna aan alle kanten in de blaas knijpen. Wat men ook probeert, geen urine vloeit naar de nieren terug door de ureters. Welnu dan, het wordt duidelijk dat niet slechts in een dood dier maar ook bij een dier dat nog leeft, de ureters geen mogelijkheid bezitten de urine uit de blaas terug te leiden.

Nadat deze waarnemingen gedaan zijn, verwijdert men nu de draad van de penis van het dier en laat hem urine lozen. Daarna bindt men een der ureters weer af en laat de andere urine naar de blaas leiden. Vervolgens na enige tijd verstreken te laten hebben, laat men zien dat de afgebonden ureter nu overduidelijk vol en gezwollen is aan de zijde die het meest nabij de nieren ligt, terwijl de andere ureter – die welke van de afbindende draad bevrijd werd – zelf weer plat en slap is maar de blaas met urine gevuld heeft. Vervolgens moet men de gevulde ureter opensnijden en de urine spuit er uit, zoals bloed bij het opensnijden van een bloedvat. Hierna snijdt men de andere ureter ook door en als dan beide doorsneden zijn, sluit men het dier weer en verbindt het. Als dan voldoende tijd verstreken schijnt te zijn, verwijdert men het verband weer en het zal blijken dat de blaas leeg is en de gehele streek tussen buikvlies en de darmen met urine gevuld is, alsof het dier aan waterzucht zou lijden. Iedereen die dit nu eens met een dier zou willen proberen en onderzoeken, zal, dacht ik, de driestheid van Asklepiades krachtig veroordelen. En als hij dan nog de oorzaak begrijpt waarom niets uit de blaas weer terug in de ureters stroomt, dan denk ik dat hij hierdoor opnieuw overtuigd zal worden van de vooruitziende bekwaamheid die de natuur ons toont, ook als het dieren betreft."

De *causa finalis*, het 'finalisme' in de natuur, voert Galenus tot de feitelijk gecontroleerde beschrijving van de urinevorming en de blaasfunctie. Dit is hem genoeg. Hij vermeldde de technische voorziening, het afsluiten van de ureters in de blaaswand door vloeistofdruk niet. Indien hij deze gezien en doorzien heeft – maar ik veronderstel dat hij het evenmin zag als de sofist – dan bleven zijn conclusie en interpretatie dezelfde. Het technische snuffje is secundair; het natuurverloop levert het juiste inzicht.

De gegeven citaten hebben het model van Galenus' wijze van betogen voldoende verduidelijkt. Hij begint met de vraagstelling. Zijn nieren doelloos? Indien dit zo is, waarom en hoe komt urine dan in de blaas? Daarbij theoretiseert hij uitvoerig en neemt de mening van anderen op de korrel. Hij vermeldt experimenteel onderzoek van de te-

genpartij en beoordeelt dit. Tenslotte toont hij met een goed doordachte reeks experimenten zijn gelijk aan. En besluit dat zijn uitgangspunt, de *causa finalis* die de natuur overal en onveranderlijk inzet, ook hier tot begrip en kennis van feiten leidt. Het is de toepassing van het model dat Aristoteles in de biologie introduceerde.

Uit de hier gegeven citaten en het vroeger over hem meegedeelde (II.5,17; V.5) blijkt de hoge kwaliteit van Galenus' werk, zijn vernieuwende studies, zijn baanbrekend werk als bioloog. Waarschijnlijk zijn die eigenschappen gewichtige oorzaken geweest voor het redden van zijn werk. Van geen andere auteur uit de Oudheid tot de uitvinding van de boekdrukkunst bleef zulk een monumentaal oeuvre behouden. Met uitzondering van Plinius ook verhoudingsgewijs niet, gerekend naar wat overbleef en wat verloren ging. Tijdgenoten moeten begrepen hebben dat aan de resultaten van het werk van een uitzonderlijk begaafde onderzoeker zorgzame aandacht niet mocht worden onthouden.

In de literatuur over historische biologie en geneeskunde werd Galenus gewoonlijk in afkeurende zin besproken. Hij zou de voortgang van de levenswetenschappen benadeeld hebben door zijn anatomische publikaties die op dieren en nauwelijks op mensen betrekking hadden en die het nageslacht (klakkeloos) op mensen richtte. Zijn foute fysiologische opvattingen brachten latere onderzoekers eeuwenlang op een dwaalspoor. Pas Vesalius en Harvey zouden zijn verlamdende gezag in de 16e en 17e eeuw stap voor stap kunnen breken.

Ik veroorloof mij om hier bezwaar te maken tegen deze malle verwijten. Dat de fouten van Galenus dertien eeuwen heersten en geslikt werden komt voort uit de afwezigheid van biologen van zijn kwaliteit die zijn raad om onvermoeibaar en onafhankelijk zelf te zoeken en te overdenken, opvolgden. Galenus die een warm toegewijde Aristoteliaan was, verbeterde de Meester op belangrijke punten, zonder aarzelen. Galenus' voorbeeld vermocht men vele lange jaren niet te volgen, door de tijdgeest, door de aard van de samenleving, door het denkmodel, door het nog niet beschikbaar zijn van benodigde middelen van fysische, chemische en wiskundige aard, maar vooral door de eigen tekorten als bioloog. Galenus behoort tot de grootste biologen. Hem zijn gezag, zijn conclusies en zijn fouten te verwijten, is niet anders dan duizend jaar biologisch falen signaleren.

6. Duizend jaar fysiologie zonder fysis: 3e-13e eeuw

Galenus werd in Pergamon geboren en daarmee was de laatste bijdrage van de kuststreek van Klein-Azië aan de voortgang van de levenswetenschappen geleverd, de cirkel gesloten. De onverklaarde en ongeëvenaarde opbloei van de biologie in het oostelijke Middellandse-Zeebekken was voorgoed ten einde. Duizend jaar nadien zou de overlevering, hoe schamel en misvormd ook, genoeg zijn om de geesten in Italië, Frankrijk, Duitsland en Engeland bezig te houden, om te herkauwen, te hervormen, te heroverwegen, te herzien en vooral te herhalen. Het Midden-Oosten ontwikkelde zich in die periode tot het centrum voor monumentenzorg, tot een schatkamer waar men resten redde, rangschikte en restaureerde.

Na Galenus zijn geen ontwikkelingen in de fysiologie aan te wijzen; zowel in het West- als in het Oostromeinse Rijk komen de biologische wetenschappen tot stilstand en verval: Oorzaken heb ik reeds vermeld (II.18,20,22).

In het Oostromeinse Rijk worden bij uitzondering manuscripten gered omdat zij be-

nut door artsen binnen bereik moesten blijven. Gewoonlijk vrij gebrekkige heruitgaven verschijnen als verhandelingen op naam van Oribasios (4e eeuw), Alexander van Tralles (6e eeuw), Paulus van Aegina (7e eeuw), mannen die ik al genoemd heb om geen betere reden dan dat zij zich de moeite hebben gegeven een bundel farmaceutica bijeen te brengen. Als bloemlezing over plantkunde met nauwelijks enig gegeven van fysiologische aard kwam de *Codex Vindobonensis* al ter sprake (II.4,20).

De glorie van Griekse wereld, de Alexandrijnse Bibliotheek die mogelijk 700 000 boekrollen bevatte toen de Romeinen brand stichtten (48 v. Chr.), bevatte nog restanten toen het Moeseion in 295 verwoest werd en wat gered kon worden in veiligheid gebracht werd elders in de stad. De oude cultuurperiode was voorbij. In 391 verbrandden de christenen wat nog aan een heidens verleden kon herinneren en enige jaren later tot slot de laatste geleerde (een vrouw). In 641/2 bezetten de Arabieren Alexandrië; zij zouden bij die gelegenheid een overschot van de Bibliotheek verbrand hebben. Misschien wel, maar veel kan het niet geweest zijn. In de loop van de 7e eeuw veroverden zij het grootste deel van het Midden-Oosten, met inbegrip van Perzië.

Nestorius, Patriarch van Constantinopel, werd in 431 geëxcommuniceerd vanwege ketterse opvattingen. Hij had o.m. bezwaar om Maria Moeder Gods te noemen. De nestorianen, uit het Oostromeinse Rijk verbannen, vestigden zich in Syrië en vormden wetenschappelijke centra in Edessa en Nisibis. Keizer Zenoon verdreef hen aan het eind van de 5e eeuw (489). Justinianus verjoeg de laatsten uit Byzantium (ca. 540) en deze groep trok naar Perzië waar zij niet ver ten westen van Suza, in Gondeshapur (Jundi Shapur), de toenmalige hoofdstad, de bestaande Medische School in korte tijd tot grote bloei brachten. De Universiteit van Gondeshapur werd vooral dank zij hun toedoen erkend als het hart van de wetenschappen. De zegevierende Arabieren veroverden Gondeshapur in 636 en nadat de Medische School twee van de lijfartsen van Mohammed geleverd had, ontwikkelden de wetenschappen zich daar voorspoedig. De nestorianen vertaalden Griekse manuscripten in het Syrisch (o.a. Hippokrates en Galenus). De Syrische vertalingen werden in het Arabisch overgezet. Aan het einde van de 10e eeuw had Bagdad, de nieuwe hoofdstad, de leiding overgenomen. Gondeshapur is nu volkomen verdwenen. Maar het werk van de nestorianen niet. Zij hebben de Griekse biologie van de ondergang gered.

Er is al aanleiding geweest naar het werk van de vertalerschool in Bagdad te verwijzen (I.15). Omstreeks de 10e eeuw was verreweg het meeste dat uit de Oudheid bewaard was gebleven, zowel uit het West- als uit het Oostromeinse rijk, in het Arabisch vertaald (III.3). Sinds de 6e eeuw droegen de benedictijnen, werkzaam in Zuid-Italië, een steentje bij (III.9). Het werk van de Arabische heelmeesters en de Ware Broeders werd besproken (III.4-7). Over de verhandelingen van Costa, Rhazes, Alhazen en Ibn-al-Nafis nog een slotaantekening.

Costa ben Luca's werk (III.4) bracht de klassieke meningen over de hersenbouw en -functie ter sprake. In Al-Hâvi die als *Continens Medicinae* (Handboek der Geneeskunst) tot in de 16e eeuw in het Latijn vertaald meermalen herdrukt werd, gaf Abu-Bekr-Mohammed-Ibn-Zakariah-ar-Râzf, kortweg Rhazes genoemd (ca. 850-923) aan nog enige min of meer fysiologische gedachten over de hersenen uiting (zie ook III.23).

Costa had twee hersenholten geteld (9e eeuw), Augustinus in de 5e eeuw al drie maar Rhazes telde er vier in de 10e eeuw. Maar nu wilde Rhazes de gebruikelijke indeling: eerste holte voor fantasie en organisatievermogen, de tweede voor denkvermogen en oordeelsvorming en de derde voor het geheugen, wijzigen. De eerste en tweede holte

bestemde hij beide voor de fantasie, in de derde zetelde de *cogitatio* (het redelijk denken) en de vierde is de plaats voor het geheugen. Ik weet niet hoe Rhazes deze functies heeft ontdekt; ik vermoed door *cogitatio*.

Alhazens (III.6) verhandeling over het zien werd als *Opticae Alhazeni* door Vitell(i)us omstreeks 1270 bewerkt en herschreven, een werkstuk aan de universiteit van Parijs verricht. Men had er bijzondere belangstelling voor omdat Alhazen een vurige aanhanger van Aristoteles was (III.19). Alhazen verklaart het zien als volgt.

Een voorwerp zendt stralen uit, die rechtstreeks op de voorkant van de ooglenzen aankomen en daar ontstaat 'zien'. Elk punt van het voorwerp is verbonden met een punt op de lens; het totaal van de bundel stralen is dus kegelvormig (het grondvlak van het uitzendende voorwerp is groter dan de lens). Dat twee ogen het voorwerp als één zien, komt door de kruising van de gezichtszenewen. We zien dan ook pas scherp als beide oogbolkassen op het voorwerp gericht zijn. Ook heeft licht geen tijd nodig om zich te verplaatsen. Een heel verfijnde gas-vloeistof, verwant aan het *pneuma psychikon* (zie VI.5), een *zien-pneuma*, maakt dat het ontvangen beeld tot één waarneming wordt. Descartes (VI.16) dacht over 'zien' bijna evenzo.

In de Arabische literatuur der Middeleeuwen worden drie theorieën over het zien, die in de Oudheid (met varianten) golden, steeds aangetroffen.

1. Volgens Pythagoras. Stralen die van het oog uitgaan treffen het waargenomen voorwerp ('wij werpen een blik').
2. Volgens Platoon. Een 'beweging' van het oog uitgaande en een 'beweging' die het waargenomen voorwerp terugkaatst ontmoeten elkaar in het oog (III.15).
3. Volgens Aristoteles. Een 'beweging' van het waargenomen voorwerp uitgaande treft het oog.

De vierde theorie, die van de deeltjesstroom, poriën en botsing (Demokritos I.12) raakte (voorlopig) op de achtergrond.

Ibn-al-Nafis-al-Qurasi (1210-1288), werkzaam in Damascus en Caïro, schreef in de 13e eeuw commentaren op Avicenna's Canon en op diens Anatomie (III.6). Hij vernam dat in het rechter hartdeel gezuiverd bloed aanwezig is, dat daarna nog in het linker hartdeel van 'levensgeest' voorzien moet worden. Onbekommerd verklaarde hij – met spijt over de mening van 'sommigen' – dat er geen verbinding is, geen bloeddoorlaat tussen beide helften, ook geen onzichtbare. Bijgevolg is de enige weg die het bloed volgen kan door de longen en dit geeft tegelijkertijd gelegenheid tot (grondiger) zuivering.

Pas in 1924 bracht een Egyptische arts (Mohyi-el-Din-el-Tatawi) deze commentaren en duidelijke conclusie in de aandacht. Ibn-al-Nafis gaf een schoolvoorbeeld van logische redenering, die tot een goede conclusie voert. Servetus (V.13) en zijn tijdgenoten vonden hetzelfde door experimenteren; de invloed van Platoons en Galenus' opvattingen maakte voor hen dezelfde gedachtengang als die van Ibn-al-Nafis onaanvaardbaar totdat de harde feiten hen dwongen in te zien. Men mag aannemen dat, als Ibn-al-Nafis drie eeuwen later geschreven had, zijn werk een geheel ander lot beschoren zou zijn geweest en zijn plaats is, door dit onderzoek, door zijn methode en durf, naast Harvey die, gewapend met zeer veel meer kennis, een omvangrijker probleem van dezelfde aard meester werd.

Ter afsluiting van duizend jaar fysiologie noem ik nog de talrijke volksboekjes die *Physiologus* (III.23) heten en die aan de fysiologie niets toevoegden dan verwarring en vergroving. Thorndike (1958) steunt Mâle's mening (1913) dat er in de Middeleeuwen toch een belangstelling voor de natuur bestond en dat deze uit *Physiologus*-uitgaven

zou blijken. Ik kan dit niet inzien en stem in met Albertus Magnus, die de boekjes verachtelijk terzijde schoof al was hij zelf toch, het zij erkend, door hen niet geheel en al onbesmet gebleven (III.19).

7. *Fysiologissingen van Albertus Magnus*

De vier hersenholten die Rhazes aantrof vindt Albertus, graaf van Bollstädt (III.19) toch te veel; hij wil hen, met Augustinus, tot drie beperken maar hun functie vrij ingrijpend wijzigen. Hij meent dat de eerste, voorste holte het reukzintuig herbergt, de tweede het logische denken en bespiegelen en de derde de memoria en reminiscentie (geheugen en beschouwende heroverdenking). Ik merk op dat deze herseninrichting opvallend goed past bij het kloosterleven omdat – ik zeg het zonder spot – het gezichtsvermogen en het gehoor niet in aanmerking komen. Albertus was echter goed op de hoogte met de aanwezigheid van hersen- en ruggemergzenuwen en signaleerde dan ook vanzelfsprekend ernstige dwalingen van Aristoteles die immers de hersenen als een koelingsorgaan zonder veel verdere betekenis had omschreven.

De fysiologie volgens Albertus is vooral te vinden in zijn commentaren op Aristoteles' *Parva Naturalia* en verspreid in zijn grote opstellenbundel *De Animalibus Libri XXVI*. Als het op gezondheid en ziekte aankwam stemde Albertus in met Galenus en Aristoteles en wanneer deze twee autoriteiten elkaar tegenspraken dan volgde Albertus in de regel Aristoteles. Men moet overigens bij het onderzoek der natuur niet blindelings op feiten uit zijn, verklaarde hij, maar eerst en vooral de verheven, bovennatuurlijke oorzaken van de levensuitingen opsporen. Daar vinden we hem dan weer naast Augustinus (II.22).

Eieren, van oudsher handzame en goedkope objecten voor biologisch onderzoek, bestudeerde Albertus en hij ontwikkelde nieuwe denkbeelden.

Volgens de traditie verwoesten donder en bliksem de levenskiemen in bevruchte eieren en vooral kraaiëeieren zijn bijzonder gevoelig. Deze gegevens vermeldde Albertus wel maar hij voorzag ze niet van commentaar. Hij deelde mee, verklaarde niet. Daarentegen had hij wel een verklaring voor een andere eiermerkwaardigheid.

Ronde, brede eieren had Aristoteles gezegd, leveren hanen, de smallere hennen. De Romeinen hadden dit bericht al in de praktijk kunnen toepassen. Horatius gaf de raad (*Saturnalia* II, 4) smalle eieren bij voorkeur te eten want zij smaken beter en zijn voedzamer, de bredere eieren hebben een hardere dooier. Albertus kon Aristoteles ondersteunen (pas in de 19e eeuw wordt het proefondervindelijk geprobeerd en de legende van de brede haan-eieren opgeruimd; het had in de 13e eeuw ook geprobeerd kunnen worden). Welnu, zei Albertus, uit de bredere, rondere eieren komen mannelijke dieren want die eieren benaderen de wiskundig perfecte vorm, de bol, het meest. Dan zullen die ook de meer perfecte dieren, de mannetjes, de hanen, leveren.

De loop van de bloedvaten in de bebroede eieren kon Albertus eveneens in abstracte zin duiden (1260) maar hij kwam daardoor toch tot veel betere conclusies. Hij constateerde dat uit het centrale pulserende punt, het hart, twee bloedvaten ontspringen. Het ene verzorgt de organen die buiten (boven) het dooiervlies liggen en bevat bloed met *spiritus vitalis*. Het andere bloedvat doorboort het dooiervlies en verzorgt de organen die daarbinnen (onder) liggen.

Dan toont Albertus zijn kwaliteit. Hij herkent hetzelfde bouwplan bij de mens (zoog-

dieren) en bij vogels. Dat dooiervlies is te vergelijken met het middenrif (*dyafragma*) van de mens. Bijgevolg laten zich twee groepen organen onderscheiden, één boven het middenrif (hart, longen enz.) en één onder het middenrif (maag, lever, darmen enz.). Boven het middenrif liggen de edele organen, de *spiritualia* en beneden de organen van mindere standing (Platoon).

Laten wij nog glimlachen om Aldrovandi die (in 1597!) Albertus' gedachte nog bijkleurde met de mededeling dat de *spiritualia* van kuiken en kip rechtstreeks afkomstig zijn van het sperma. Dit mag niet verhinderen te erkennen dat Albertus een vergelijking aandurfde tussen mens- en vogelbouw. Daar liet hij het niet bij.

Needham (1934, p. 71/72) die over Albertus Magnus' werk uitvoeriger schreef en mij daarmee van vele hier gebruikte gegevens voorzag, wees op Albertus' voortgezette studie over ei-ontwikkeling waartoe hij visembryonen onderzocht. Hij constateerde dat visembryonen slechts één bloedvat bezitten als verlengstuk van het hart en dat het andere bloedvat dat bij vogelembryonen naar buiten gericht is, bij vissen ontbreekt. De *spiritualia*-voorziening ontbreekt bij vissen. Dat vogelbloedvat noemen sommigen navelstreng omdat hij het bloed naar de buitenlagen leidt maar, verklaarde Albertus, dat is fout. Bij vissen is slechts de dooiergerichte ader aanwezig, die alle lichaamsgedeelten van voedsel voorziet. Kop en ogen vormen zich het eerst, daarna de andere lichaamsgedeelten. De verdere ontwikkeling van het vissenhart beschreef Albertus bevredigend.

Naar het mensenembryo stroomt voedsel toe door het bloedvat in de navelstreng (niet in omgekeerde richting zoals bij het ontwikkelende vogelembryo), voedselvloeistof zoals 'water door een irrigatiegoot' (de klassieke vergelijking). En, zei Albertus, degenen die denken dat een embryo vleesvezeltjes via de navelstreng te eten krijgt, hebben ongelijk.

Een van Albertus' verhandelingen over embryologie, een boekje dat de titel *De Secretis Mulierum* (Der Vrouwen Geheimenissen) meekreeg, had een ongeëvenaard succes. Het werd in alle Europese talen vertaald, verknoeid, vervalst, aangevuld al naar smaak en vraag en in talloze edities, dikwijls onder de naam van Aristoteles aan de man gebracht. Het is tot op de huidige dag hier en daar nog in de handel. In de geschiedenis van de biologie speelde het een rol.

Albertus had over embryovorming dezelfde mening als Aristoteles. Het verschijnsel is een soort stremming. Maar hij deelde mee dat niet het menstruum de bouwstof van het embryo vormt. Er is integendeel een zaadproduktie van de vrouw, te vergelijken met sperma en het stremmen van de vrouwelijke zaadvloeistof tengevolge van de ontmoeting met het sperma is het begin van embryonale ontwikkeling. Deze gedachte ontleende Albertus aan Lucretius (die hem weer van Demokritos had); Galenus geloofde er ook aan.

Het menstruum is te vergelijken met de eidooier en niet anders dan embryovoedsel, aldus Albertus. Hoogst inconsequent wist Albertus echter elders te berichten dat menstruum met marmer vergeleken kan worden en sperma met een man die vormen in het marmer beitelt, een beeldspraak die Buffon in de 18e eeuw weer gebruikt op voorbeeld van Aristoteles.

Maar Albertus' napraten van Lucretius' poëzienswijze had gevolgen. De vergeten veronderstelling die Albertus liet herleven, heeft eertijds vele biologen en tot in onze dagen talloze leken laten geloven aan een zaadvorming door de vrouw.

Over plantenfysiologie had Albertus Magnus de traditionele opvattingen. De wortel is de huisvader van het plantaardig organisme, die zijn zonen en bedienden van voedsel

voorziet, elk het zijne. De wortel zet zich bovengronds voort in de stengel en wordt merg. Hij is daar, merg geworden, te vergelijken met de hersenen. De mergstreng is gelijk te stellen met de ruggestreng van de dieren.

Tevens bevat de plant sap (*succus*) dat de plantdelen in hun mogelijke ontwikkeling in zich bergt (*in posse*). De wortel, stengel en zijscheuten zijn *essentialia*, de organen die het plantlichaam karakteriseren, tot een feit maken (de plant in *actu*, in *esse*). Ten derde zijn er tijdelijke *essentialia*. Zij blijken niet steeds tijdens het leven van de plant aanwezig te zijn, maar zijn wel onontbeerlijk voor zijn voortbestaan (bladeren, bloemen, vruchten, zaden). Bladeren beschermen de vrucht. En ten laatste zijn er toegevoegde organen, niet-*essentialia*, zoals bijvoorbeeld stekels. In zijn studie *De Vegetabilibus* (Over Plantaardige Organismen) gaf Albertus deze scholastieke, keurig geordende visie ten beste die niets aan de bestaande fysiologische opvattingen sinds de Oudheid toevoegde.

Albertus' geschriften bezien van een hedendaags biologisch standpunt zijn voorbeelden van schakels tussen feit en fantasie. Vreemde volksverhaaltjes vermeldde hij zonder bezwaar of kritiek. Hij hechtte er meermalen min of meer geloof aan, dat bewijzen zijn gedrag en zijdelingse opmerkingen. Hij bewonderde en geloofde Aristoteles maar verbeterde hem toch, niet slechts vanwege nieuwe feiten maar ook wanneer zijn geloofsleer dat vereiste.

Hij verwierp het syllogismenmodel volgens Aristoteles dat de scholastiek zich eigen gemaakt had maar stelde structuren daarvoor in de plaats die in de theologie in de mode en allerminst van scholastiek vrij waren, modellen die biologisch beoordeeld niet beter waren, eerder het tegendeel.

Niettemin onderzocht Albertus de natuur, levende organismen, meer en nauwkeuriger dan in zovele eeuwen gewoonte geweest was. Hij keek geïnteresseerd toe en trok meermalen goede vernieuwende conclusies. De levende natuur achtte hij volop de aandacht waard maar terwijl hij zich verdiepte in levensverschijnselen bleef hij de domineerbare theologie onvoorwaardelijk trouw. Hij bewees ongewild dat in de 13e eeuw een samengaan van natuur en buiten-natuur onmogelijk was. Deze tweespalt toonde hij aan en rees daardoor ver boven de eeuwen van effen en tevreden conformisme.

8. *Voorboden in de 15e eeuw: Cusanus en Da Vinci*

De ontwikkeling van de biologie in de 14e eeuw kreeg al enige aandacht (IV.1-4). De theologen William van Ockham en Bartholomaeus Anglicus toonden belangstelling voor biologie maar brachten de fysiologie niet verder (II.19-22). De anatomen Mundinus en de zijnen en hun tijdgenoten leverden niet veel meer of beters van fysiologisch belang; de tijd vereiste visueel onderzoek, geen experimenten.

Ofschoon de 15e eeuw met de Renaissance een veelzijdige opbloei van kunsten en wetenschappen aan de Westerse cultuur toevoegde kon de fysiologie daar nauwelijks aan deelnemen. De onontbeerlijke middelen om verder door te dringen: enige kennis van fysica, van scheikunde, enig instrumentarium om met precisie proefnemingen uit te kunnen voeren, ontbraken.

Desondanks werden de eerste aanzet van de fysiologie in de 16e en de groei in de 17e eeuw aangekondigd in de geschriften en de onderzoekingen van twee geniale vernieuwers, een filosoof en een kunstenaar.

Nicolaus Krebs of Cryfftz, ook Nikolas van Kues of Nicolaus Cusanus genoemd, (1401, Kues bij Trier – 1464, Todi) kreeg waarschijnlijk in Deventer een opleiding, studeerde in Heidelberg (1417), Padua (1423) en in Keulen (1425). Hij bracht het na veelsoortige kerkelijke ambten tot plaatsvervanger van paus Pius II. Als staatsman bevorderde hij een verdraagzaamheid tussen religies. Hij vernieuwde de wiskunde en de wijsbegeerte. Op grond van zijn overdenkingen besloot hij dat de aarde zich verplaatst en dat het heelal oneindig is. Op de voortgang van de biologie in zijn tijd hebben noch zijn werkzaamheid noch zijn ongehoord stoutmoedige stellingen invloed gehad maar zijn theorieën, zijn denkmodellen later des te meer.

Cusanus kwam tot de erkenning dat, hoeveel wetenschap ook ter beschikking komt, hoe diep het inzicht en wijsheid ook mogen peilen toch een domein overblijft waar wij, mensen, niet en nooit in zullen doordringen, waar vragen geen antwoord zullen vinden, geen antwoord dat mensen kunnen verstaan. Te beseffen en te weten dat onoverschrijdbare grenzen menselijk denken en menselijk onderzoek beperken, leidt tot de *docta ignorantia* (1440), tot weten dat men niet weet, beter gezegd, tot weten dat menselijk weten geen bestaansreden heeft in gewesten waarin ons begrijpen niet kan doordringen. Sokrates was de eerste om dit duidelijk te maken wanneer zijn *daimoon* hem toch liet inzien wat voor redenering niet vatbaar bleek.

Naarmate biologen in latere eeuwen met deze leer vertrouwd raakten ontstond een geheel nieuw denkpatroon, een benadering uit een door Cusanus ontworpen gezichtshoek. In de Renaissance was de volmaakte en voltooidde schepping, volmaakt in uitvoering en doelstelling, onderwerp van natuurwetenschappelijke studie geworden. Levende organismen mochten en konden een doel van onderzoek zijn en de resultaten van dat onderzoek, weloverwogen, voerden van nature tot een volstrekt teleologische en deïstische conclusie. Cusanus leerde dat deze slotsom niet de enige behoefde te zijn: vragen en verklaringen mochten uitblijven, open staan. Niet antwoorden was geen falen, niet antwoorden was mogelijk, het kon zelfs gewettigd, het juiste antwoord zijn. Dit verschafte een vrijheid die sinds Platoon en Augustinus niet bevroed kon worden. Cusanus verklaarde de mens gerechtigd te beslissen waar zijn inzicht hem niet meer steunen kon en daarmee bood hij de theoretische biologie een hemelwijde vrijheid van denken aan.

Experimenteren, dat wil zeggen waarnemen en proberen, moeten ons eindeloos meer over de levende organismen leren, moeten helpen om theorieën te controleren: Cusanus wil dit zoals Roger Bacon het ook wilde. Maar tegelijkertijd mag men nimmer uit het oog verliezen dat een vloeiende grens tussen kenbaar en onkenbaar zich zal melden. Er is een gebied waar volmaaktheid, doelgerichtheid, entelechie, Goddelijke of menselijke wetten wél of niet heersen; daarin dringen wij niet door en onze vragen ontvangen daar noch een negatief noch een positief antwoord. Cusanus legde een fundament voor de moderne natuurwetenschap: eerst onderzoeken hoe een levensproces zich voltrekt. Vragen als waartoe, waarom juist zo, blijven open of ontvangen een voorlopig antwoord. De bioloog is niet langer pelgrim, hij wordt ontdekkingsreiziger en tegelijkertijd staat het hem vrij beide te zijn en ook is de een niet minder dan de andere; niemand kan beslissen of de pelgrim en de ontdekkingsreiziger wezenlijk verschillen al volgen zij verschillende wegen.

De uitkomst van een anatomisch of fysiologisch onderzoek behoeft na Cusanus niet bij voorbaat de perfectie van orgaanbouw of een levensproces te bevestigen of te ontkennen. Het constateren is genoeg en voortgezet onderzoek zal meer feiten opleveren, meer kennis, meer wetenschap maar een wetenschap vrij van metafysische dwang, en

meermalen een eindoordeel zonder beslissing.

Voorts verklaarde Cusanus dat alle natuurverschijnselen wel wettelijk zijn, maar anders dan op Griekse, euclidische wijze. Niet elk levensverschijnsel laat zich rechtlijnig, scherp omgrensd, interpreteren; er zijn limietwaarden en grensloze begrenzingen. Hier zouden gedachten van Kepler, Newton en Leibniz op aansluiten en hier kwam een visie ter beschikking, die vooral ook bij talloze fysiologische studies in de 19e en 20e eeuw zijn onmisbaarheid zou aantonen.

Uitgaande van theologische stellingen die hier onbesproken blijven kwam Cusanus tot de leer van het transformisme die o.m. een omwenteling in het natuurwetenschappelijke denken teweeg heeft gebracht. Hij paste het begrip toe op de wiskunde: een cirkel met oneindig grote straal wordt een rechte lijn. Dit verbluffende besluit leert dat twee toch zo duidelijk verschillende figuren elkaar kunnen afwisselen, in elkaar kunnen overgaan als de toenadering maar ver en lang genoeg wordt voortgezet. Toegepast op biologische vragen spreekt het vanzelf dat 19e-eeuwse evolutietheorieën hier rechtstreeks op aanhaakten (al werd het verband gewoonlijk niet doorzien): het model leidde tot een hervorming in het biologische denken.

En wenden wij ons tot de kunst en de biologie, dan is voor 15e-eeuwse fysiologie het universele genie Leonardo da Vinci de meest belangrijke onderzoeker.

Het ontstaan van warmte, de levenswarmte, in het hart werd algemeen als vaststaand aanvaard, sinds Hippokrates deze veronderstelling opperde; voorbeelden heb ik gegeven. Da Vinci constateerde dat door de krachtige hartsamentrekkingen het bloed tegen de oneffen hartwand wrijft. Wrijving wekt warmte op. En deze temperatuursverhoging laat de levensgeest ontluiken. De hartkleppen, opengeduwde door het in het hart aanwezige bloed, worden door de werveling van de uitgestoten bloedgolf weer dichtgeduwde. Dat dichtstoten kan men in de hartklop horen. Alle bloedvaten hebben het hart als uitgangspunt, nimmer de lever (laat Galenus maar praten).

Alhazens beschrijving van het zien (VI.6) keurde Leonardo goed, ofschoon daarin de straalbreking van het licht ontbrak. In de lens, immers, treedt een kruising van de stralen op en dit heeft als resultaat dat het waargenomen beeld rechtop staat en niet omgekeerd. Als de pupil de stralen die binnenvallen zonder meer zou doorlaten, dan zouden zij, kruisend, een omgekeerd beeld opleveren (de werking van de *camera obscura* had hij (weer) ontdekt). Reflex-bewegingen kon Leonardo niet verklaren, maar hij had vermoedens die veel later juist bleken.

Geluid ontstaat in het strottehoofd door openen en samentrekken van de stemspleet. Da Vinci, de voorloper van de fysisch-mechanistische biologie, poogde een apparaat te construeren waar hij de menselijke stem mee zou kunnen nabootsen.

Het is een merkwaardige gedachte, dat een kunstenaar alle wetenschappelijke onderzoekers een halve eeuw voorafgaat en met zijn proefondervindelijke, nieuwe aanpak de 16e eeuw zonneklaar aankondigt. En dat, niettemin, Da Vinci's werk tot 1898 in portefeuille bleef. In 1911 verscheen de prachtige facsimile-uitgave van Da Vinci's aantekenboeken in zes delen met de titel *Quaderni d'Anatomia* (verzorgd en becommentarieerd door Vangenstein, Fonahn en Hopstock).

Het bleek dat Da Vinci gelooft aan de ronde haneëieren (zie Albertus Magnus, VI.7). Zijn opvattingen zijn weer meermalen een mengsel van bijgeloof zo naïef dat wij ons verbazen hoe iemand van zo uitzonderlijke gaven en intelligentie dit ooit geslikt kan hebben. Maar tegelijkertijd vele vondsten doet, nieuwe en niet zelden belangrijke standpunten ontwikkelt die toch meer schijnen te zijn dan een toevallig goed geraden

antwoord.

Conform de klassieke mening denkt Da Vinci dat een placenta met een zaadlob, een cotyledon, te vergelijken zou zijn. Bovendien is er nog een ♂ en een ♀ gedeelte van de placenta. Welk gedeelte wordt nu met de nageboorte uitgestoten? Omdat McMurrich ca. 1930 ontdekte dat op de wereldberoemde tekening van het voldragen embryo in de uterus een placenta afgebeeld staat die geen menselijke maar een hoefdierenplacenta is, blijft mij niets anders over dan te vermoeden dat Da Vinci die net zoals Galenus allerlei dieranatomische bijzonderheden zonder aarzelen op de mens van toepassing achtte, bij die onderscheiding en die vraag zich met een herkauwersplacenta bezig hield, die tweedelig is en daarom die scheiding in ♂ en ♀ toeliet. Terwijl men zich nog verbaast over dit Middeleeuwse gebazel, deelde Da Vinci mee dat het embryo ontstaat uit mannelijke zowel als vrouwelijke zaadvloeistof (resultaat van de beweringen van Albertus Magnus tweehonderd jaar geleden) maar voegde er aan toe dat zowel het mannelijke als het vrouwelijke zaad gelijkelijk aan de embryovorming deelnemen.

De groeiende invloed van de theorie dat biologische vraagstukken kwantitatief bestudeerd moeten worden, bewijst Da Vinci's werk. Hij mat de groeisnelheid van het menselijke embryo en de relatieve maten van verschillende organen en vergeleek die met de volwassen lichaamsbouw.

Talrijke waarnemingen en talrijke gedachten zouden vele jaren later juist blijken te zijn maar niemand wist er van in Da Vinci's tijd. Dat belette de vernieuwingen niet zich door te zetten; enig uitstel misschien tot de tijd rijp blijkt te zijn.

In de 16e eeuw behield de anatomie de leiding maar de fysiologie won zienderogen terrein.

9. *Cesalpino over de fysiologie van planten en mensen: de bloedsomloop*

De plantenfysiologie volgens Andrea Cesalpino (IV.20) die, voor hij lijfarts van paus Clemens VIII werd, hoogleraar in Pisa en in Rome was, geeft een goed beeld van de meningen die in de 16e eeuw de overhand hadden. Planten en dieren laten zich zowel anatomisch als fysiologisch vergelijken. Bloed beweegt zich in het dierenlichaam, sap in dat van de planten. Deze onttrekken dat sap aan de bodem. Het bevat alle voedingsstoffen, niet meer en niet minder, die een plant behoeft en uit de bodem met het sap opneemt. Planten hebben dus geen excrementen. Deze opvattingen volgen Aristoteles nauwkeurig; dit geldt ook voor het volgende.

Het hart is het centrum van het dierenlichaam. Waar is het plantenhart? Cesalpino oordeelt dat een plant een 'hartje' heeft, een *corculum*. Bij een kiemplant is het 't plekje waar de zaadlobben samenkomen, waar het kiemplantje de groei begint. Bij de volwassen plant is het de plaats waar de wortel in de stengel overgaat. Het beginpunt dus van de groei, groei naar boven en naar beneden (dacht Cesalpino). Zoals bij een dier groei naar één richting de kop oplevert zou ook bij planten een kop moeten verschijnen. De kop is het orgaan dat voedsel binnenlaat. Dan moeten de wortels de kop van de plant zijn, want een plant laat zijn voedsel in de bodem binnen door de wortels. Bijgevolg is de plant gelijk aan een dier dat met zijn kop omlaag in de bodem staat.

Bovendien beschikt de plant nog over deelhartjes; die treffen we in de bladoksels aan.

Dit alles met dien verstande dat een dier beweegt en waarneemt en voor zijn levens-

verrichtingen veel meer voedsel en levenskracht behoeft dan een plant. Een plant is daarom veel minder warm en het sap stroomt trager, in de wortel, de stengel en door de bladeren, waar men de aderen heel gemakkelijk kan zien. Overigens hebben bladeren geen andere functie dan de vrucht en jonge groei tegen te veel zon te beschermen. De sapstroom door de wortels loopt door vezels; een wortel lijkt op een kaarsepit en zuigt als een fopspeen, een *bibula natura*, voedingsvocht uit de bodem. Hoezeer planten toch dieren benaderen, kan men aan rankende stengels zien, die als het ware met handen naburige bomen omhelzen (overigens had Cesalpino dit van Cicero nageschreven). Het merg in een plantestengel is met hersenen te vergelijken, en is dan ook het nobelste dat een plant bezit. Het levert zaad en kiem. Cesalpino's werk over plantenmorfologie en -systematiek komt later aan de orde (VIII, X).

Cesalpino kon zich de luchtbeweging in het lichaam niet goed voorstellen. Longen en hart (vooral de linkerharthelft) bevatten lucht (en *spiritus*) en beide organen krimpen en zetten uit in regelmaat, dat wist iedereen. Als de linkerharthelft onreine lucht wegblaast naar de longen om daar met 'rook en roet' (*fuligo*) uitgeademd te worden (VI.5), dan moet het hart in diastole zijn, uitgezet zijn, want anders zijn de sluitkleppen aan het begin van de afvoerende vaten gesloten. En de long moet tegelijkertijd ook uitgezet zijn, anders kan de hartlucht niet naar binnen. Dat betekent dat hart en longen gelijktijdig moeten krimpen en uitzetten.

Omgekeerd zal de verse voorraad *pneuma*-lucht het hart moeten binnenkomen als longen en hart beide ingekrompen zijn, maar dan zijn de toegangskleppen naar de hartholte dicht en bovendien is de hartholte dan klein, misschien wel geheel afwezig. Hippokrates en Galenus hadden de bewegingen van de hartkleppen duidelijk beschreven maar de luchtverplaatsingen in het lichaam werden er allerminst begrijpelijk door.

Gelijktijdig krimpen en uitzetten van longen en hart maakt de luchtuitwisseling tussen hart en longen onmogelijk. Als zij beurtelings krimpen en uitzetten wordt de toestand er niet beter op. Het krimpende hart kan de uit te blazen onreine lucht niet kwijt aan de uitgezette long want de uitlaatkleppen zijn gesloten. De krimpende long ademt uit maar zou nu juist in tegenstelde richting verse *pneuma*-lucht het hart binnen moeten blazen want dat is wijd uitgezet. Dat kan dus ook niet. Daar komt nog bij, betoogde Cesalpino, dat de hartbeweging veel frequenter is dan de longbeweging en dat wij, als we dat willen, het longritme kunnen wijzigen maar het harttempo niet.

Tegen Cesalpino's bezwaren is geen redelijk verweer denkbaar. Ik maak opmerkelijk op zijn argumentatie die zich hoofdzakelijk op de plaats en de functie van de hartkleppen baseert (in *Quaestiones peripatetici* (Vraagstukken over Aristoteles' leer); 1571). Het ogenblik is gekomen waarop Cesalpino de situatie moet samenvatten.

De holle ader leidt bloed de rechterharthelft binnen en de aderachtige slagader leidt het de linkerharthelft binnen. Andere bloedvaten voeren het bloed uit het hart weg. De aorta uit de linkerharthelft en de slagaderachtige ader uit de rechterharthelft. In de monding van al deze bloedvaten bevinden zich vliesjes die bewerken dat het binnengekomen bloed niet terug kan vloeien en het uitgaande niet weer terug naar binnen. Cesalpino beschreef vervolgens hoe het inkrimpende hart de uitlaatkleppen doet uiteenwijken en dat bijgevolg de afvoerende bloedvaten verwijd worden waarna het zich weer verwijdende hart de inlaatkleppen uiteensperst terwijl "het hart wenst" dat de uitlaatkleppen dan gesloten zullen zijn.

Foster, wiens opstel over de bloedsomloop (1901, p. 25-54) ik met veel voordeel raadpleegde, merkte op dat Cesalpino eindelijk, in 1571, met duidelijke bewoordingen mee-

deelde dat het hart door de systole het bloed in de aorta en de longslagader wegperst en door de diastole bloed uit de holle ader en de longader binnenlaat. Zo duidelijk en zo gedurfd had niemand dat eerder gezegd.

Ruim twintig jaar later stuitte Cesalpino op een ander verschijnsel dat hij met behulp van Galenistische theorieën niet kon verklaren. Indien bloed van de lever en de ingewanden naar de ledematen stroomt, zoals Galenus onderwezen had, dan zou een afgebonden ader aan de hartzijde, 'boven' de ligatuur moeten opzwellen. Dat gebeurt niet. Alle barbiers binden boven de insnijding in de ader, als zij aderlaten, af, aan de hartzijde en dan slaagt de aderlating want het bloed hoopt zich beneden, aan het uiteinde van de ledematen op. Het zou net andersom moeten zijn als Galenus het goed had gezegd.

Cesalpino was belesen en theoretiseerde graag. Hij had de vraagstukken verbonden aan de lucht- en bloedbeweging, de bouw en functie van de daarbij betrokken organen niet opgelost maar hield hen in gedachte. Hij vond het antwoord op dezelfde manier als Redi die bij Homerus de tekst las welke hem op het spoor zette en de proeven liet nemen die het geloof aan *generatio spontanea* onherstelbaar zouden aantasten (VI.19). Cesalpino las Aristoteles die in een beschouwing over slapen en natuurlijke warmteverplaatsing de cyclische beweging als *fysis*-verschijnsel uitlegde (warmte/stijgen – koeling/dalen, beurtelings).

Let nu eens op het volgende, zei Cesalpino, denkend aan Aristoteles. Uit de holle ader vloeit bloed de rechterharthelft binnen. Een verbinding met de long is beschikbaar [de longslagader]. Van de long uit loopt een verbinding naar de linkerharthelft [de longader]. De linkerharthelft staat in directe verbinding met de aorta. In de mondingen van deze bloedvaten zijn enige vliesjes zo geplaatst dat zij terugvloeien verhinderen. Zo ontstaat een perpetuum mobile van de holle ader via het hart en door de longen naar de aorta.

Daarmee is de kleine bloedsomloop beschreven. Cesalpino was echter nog niet aan het slot van zijn overdenkingen gekomen. Hij wendde zich weer tot Aristoteles, zijn grote raadsman, en volgens diens richtlijnen overwoog hij dat als de mens wakker is de levenswarmte opstijgt naar de hersenen. Als wij slapen gaat die *spiritus vitalis* de weg terug, naar het hart toe. Daar volgt uit dat als wij waken veel bloed dat de *spiritus*, de levenswarmte, vervoert naar de hersenen gaat en vandaar naar de zenuwen die met *spiritus psychikon* de bewegingen regelen. Als wij slapen zullen de aderen, en niet de slagaderen, die *spiritus* met het bloed naar het hart terugvoeren. De holle ader immers verzorgt de natuurlijke bloedtoevoer naar het hart.

Vervolgens gaf Cesalpino nog gegevens om zijn betoog te steunen: de verschillen in kracht en frequentie van de polsslag en in de vulling van de aderen bij een wakende en een slapende die ieder kan constateren. Zij stemmen overeen met de ontworpen levenswarmtebeweging; een *circulatio* zei Cesalpino.

Dan komt de uitspraak die beslissend is: "Want als wij slapen verlaat de levenswarmte de slagaderen door die verbindende openingetjes die wij *anastomosis* noemen en gaat de aderen binnen en bereikt langs die weg het hart."

Cesalpino ontdekte de grote bloedsomloop omdat verwarming en afkoeling, waken en slapen, in het lichaam de levenswarmte verplaatsen, de *spiritus* of het *pneuma* dat het bloed met zich meevoert. Op grond van die veronderstelling ontdekte Cesalpino op eigen kracht de grote en de kleine bloedsomloop, omdat hij de *spiritus*-verplaatsingen wilde nagaan en begrijpen. Dat gelukte en het bloed vergezelde vanzelfsprekend, die *spiritus*-rondgang. En laten wij nog noteren dat Cesalpino zich met bloedpassage door

het harttussenschot niet bezig houdt en van 'levenswarmte' spreekt, bloed niet met name noemt.

Niemand van zijn tijdgenoten nam notitie van zijn ontdekking en niemand begreep de reikwijdte.

Ibn-al-Nafis ontdekte de kleine bloedsomloop nog weer eeuwen vóór Cesalpino. Beiden kwamen tot hun slotsom als een resultaat van redenering, van theoretisch overwegen, steunend op de waarneming van natuurlijk verlopende verschijnselen, nagenoeg niet door experimenten geholpen. Ik heb al te kennen gegeven waarom Servetus als de ontdekker van de kleine en Harvey als de ontdekker van de grote bloedsomloop mogen gelden. Ibn-al-Nafis, Cesalpino, Servetus en Harvey hebben te zamen deze hoekstenen van de biologie, van de fysiologie, aangedragen en geplaatst.

10. Harvey en de grote bloedsomloop

Een overzicht van het anatomische werk van William Harvey gaf ik in het vorige hoofdstuk (V.19). Hier zullen vooral een aantal citaten uit zijn *Exercitatio* (1628), beroemde teksten, aantonen hoe Harvey bij zijn overwegingen, uitgaande van de anatomische feiten die hij had vastgesteld, de fysiologische aard van de bloedcirculatie centraal stelde. Ook blijkt dat zijn kennis van de bouw van hart en bloedvaten getoetst aan talloze waarnemingen door vivisectie verkregen hem niet voldoende waren. Hij bezegelde de slotsom van zijn betoog met fysische argumenten, met kwantitatieve berekeningen, bewijsgronden die de leer van Galilei en vooral van Francis Bacon voorschreven.

Door het inspirerende onderzoek in Italië stonden het hart en de bloedbeweging sterk in de belangstelling. Harvey was er geschoold en kende natuurlijk het werk en de meningen van de Italianen door en door. Hij had bij Fabrizio de aderkleppen onverbeterlijk leren kennen en hij was van het bestaan van de kleine bloedsomloop goed op de hoogte. Columbo had die nauwkeurig en gedetailleerd beschreven, misschien wel plagiaat van Servetus' geschriften, maar dat verandert niets aan Harveys literatuurgegevens. Vesalius had ernstig getwijfeld aan het passeren van bloed door het harttussenschot. Columbo schreef ronduit en met nadruk dat zo'n passage niet plaats had. Toen Harvey zijn onderzoekingen in Engeland voortzette was hij, naar de feiten uitwijzen, niet door Columbo overtuigd; hij was in twijfel of het tussenschot nu poreus was of niet. Galenus was nog altijd niet geheel ter zijde gezet.

Harveys grootste verdienste acht ik zijn vasthoudende, voorzichtige en methodische onderzoek en zijn onwil om een voorlopige conclusie openbaar te maken alvorens vast was komen te staan dat bewijs onmiskenbaar geleverd was: hij wachtte twaalf jaar met het publiceren van zijn aantekeningen die het gesloten tussenschot en het bestaan van een grote bloedsomloop vermeldden. Met zijn onderzoek heeft Harvey de impermeabiliteit van het harttussenschot en de grote bloedsomloop, die Cesalpino ontworpen had (1571) bewezen.

Al werd het meermalen geciteerd, Harveys klassieke betoog mag hier niet ontbreken. De volgende teksten dank ik aan de Engelse vertaling door R. Willis (en F. S. Bodenheimer).

Exercitatio VIII, p. 45-47: "Tot dusverre verwees ik naar de bloedverplaatsing van de aderen uit naar de slagaderen en beschreef ik hoe het door de werking van het hart bewogen en verspreid wordt. Het zijn beweringen die sommigen, hetzij

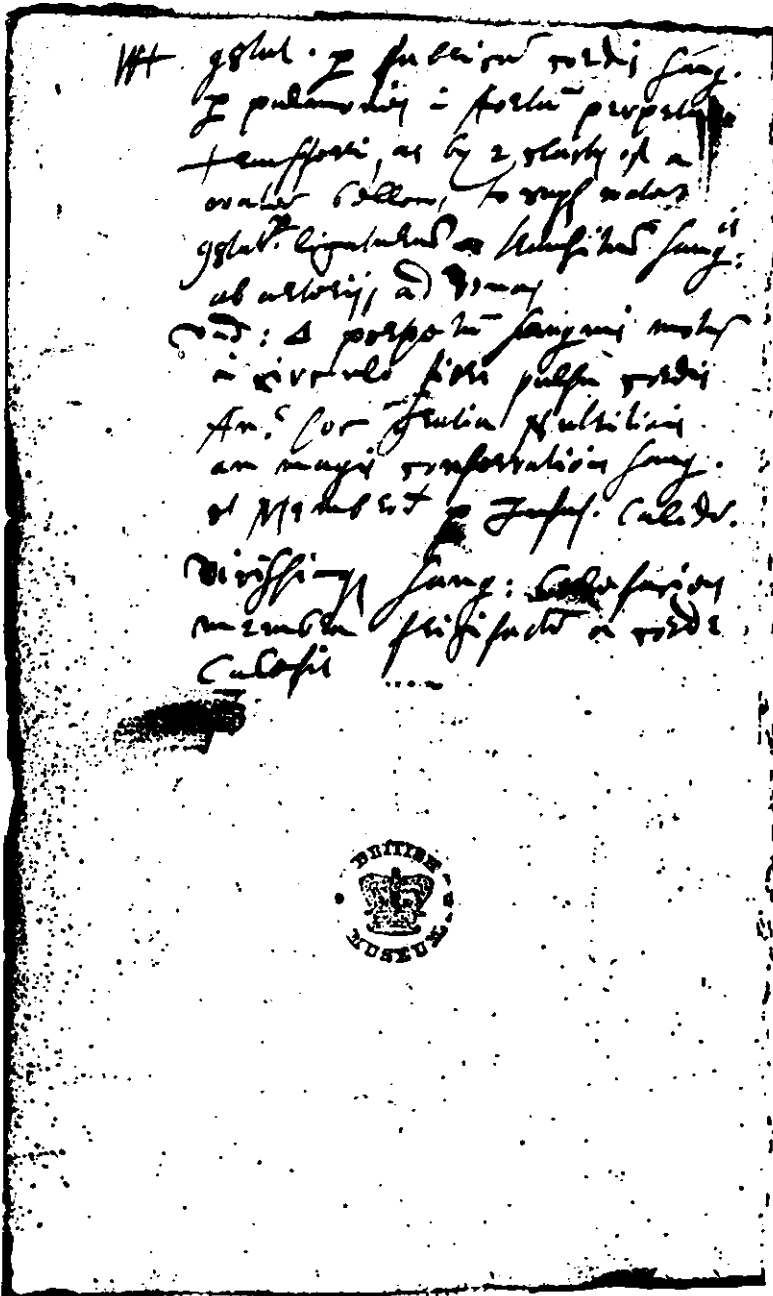


Fig. 43. De meest beroemde pagina uit Harveys aantekenboekjes. In regel 7/8 laten zich de woorden 'sanguinis motus in circulo fieri pulsu cordis' (de bloedbeweging is een kringloop ontstaan door de harteklop) goed lezen. (Uit O'Malley, Poynter & Russell, William Harvey, 1961, p. 193.)

op grond van de gezaghebbende mening van Galenus of van Columbo, hetzij op grond van overwegingen door anderen, zullen willen goedkeuren. Maar hetgene dat nog over de hoeveelheid en oorsprong van het bloed dat die wegen gaat, te zeggen blijft, is zo onverwacht en zo ongehoord van aard, dat ik niet slechts schade voor mijzelf voorzie door de ergernis van enige betrokkenen, maar dat ik terugdeins bij de gedachte dat de mensheid mij als vijand zal bejegenen.

Zo zeer immers beïnvloeden gewoonte en traditie, die als een tweede natuur worden, en leerstellingen die nadat zij geuit en diep geworteld zijn, en eerbied voor de Oudheid, alle mensen. Maar de teerling is geworpen en ik stel mijn vertrouwen in waarheidsliefde en oprechtheid die eigen zijn aan wie heeft leren denken.

En waarlijk, toen ik mijn grote voorraad gegevens bezag die uit vivisecties verkregen waren en waar mijn wikken en wegen uit voortsproot, wat de hartkamers en de bloedvaten die daar binnen komen en er weer uitgaan betrof, of ook de symmetrie en de afmetingen van deze gangen – want de natuur doet niets zonder reden en zou nooit naar verhouding bepaalde afmetingen gegeven hebben als dit zonder bedoeling zou zijn – of tevens de rangschikking en de fijnere bouw van de kleppen in het bijzonder en van de overige delen van het hart in het algemeen, en het verband met nog vele andere dingen bovendien, en ik dit alles zo dikwijls en zo ernstig doordacht en lang in gedachten gehouden heb en voorts bedacht wat de hoeveelheid bloed zou kunnen zijn die verplaatst werd, en in hoe weinig tijd de doortocht van dat bloed zou kunnen plaats hebben enzovoorts, toen oordeelde ik het onmogelijk dat deze hoeveelheid geleverd zou kunnen worden door de sappen van het opgenomen voedsel zonder dat de aderen enerzijds geleidigd zouden worden en de slagaderen anderzijds zouden barsten door de overmaat van toegevoerd bloed, behalve dan als het bloed op de een of andere manier uit de slagaderen zou kunnen ontsnappen naar de aderen en zo naar de rechterharthelft zou kunnen terugkeren. Ik begon te vermoeden dat het misschien wel een beweging, als het ware, in een kring zou kunnen zijn.

Daarna heb ik dit juist bevonden. En tenslotte zag ik dat het bloed door de werking van de linkerkamer in de slagaderen werd geperst en door het gehele lichaam verbreid werd, overal en in alle delen, op dezelfde manier als het van de rechterkamer uit door de longen heen wordt gejaagd. Deze beweging mogen wij een kringloop noemen, op dezelfde wijze als Aristoteles zegt dat de lucht en de regen de kringloop van de hemellichamen nabootsen: want uit de vochtige aarde, die door de zon verwarmd wordt, stijgt damp op. De dampen, die omhoog getrokken worden, verdichten zich en komen omlaag als regen en bevochtigen de aarde weer. Door dit bestel worden generaties levende wezens tevoorschijn geroepen en op dergelijke wijze worden evenzo stormen en kometen door de kringloop voortgebracht, zowel door de nadering als het terugwijken van de zon.

En dit is, als alle tekenen niet bedriegen, wat ook in het lichaam gebeurt. Door de bloedbeweging worden de verschillende lichaamsdelen gevoed, gekoesterd, verlevendigd door het warmere, meer vervolmaakte, schuimende, geestrijke en, als ik het zo mag zeggen, voedende bloed dat, omgekeerd, als het in aanraking met die lichaamsdelen afkoelt, stroperiger en, bij wijze van spreken, krachtloos wordt. Vanwaar het dan naar zijn souverein, het hart, terugkeert, alsof het de bron ware, of het meest innerlijke binnen van het lichaam, om daar weer zijn

toestand van hoogste kwaliteit of volkomenheid terug te ontvangen. Hier herwint het de vloeibaarheid, die vereist is, en het wordt doortrokken met natuurlijke warmte machtig, bruisend, wordt een soort schatkamer des levens, en het geraakt doordrenkt met vluchtige stoffen, men zou kunnen zeggen, met balsem. Dan, van daaruit, wordt het weer uitgezonden en dit alles komt tot stand door de beweging en werking van het hart.

Bijgevolg is het hart het begin des levens, de zon van de microkosmos, net zoals de zon op zijn beurt heel goed als het hart der wereld zou kunnen gelden want door de werking en klopp van het hart beweegt het bloed, wordt het volkomen, is het gereed te voeden, en wordt het beschermd tegen bederf en stolling. Als god van huis en haard, vervult het zijn taak, voedt, koestert en brengt leven in heel het lichaam. Het is daadwerkelijk de grondslag van leven, de oorsprong van alle levensverschijnselen.

Een ader en een slagader, die in de Oudheid beide 'bloedvat' of 'ader' genoemd werden, en dat niet ten onrechte zoals Galenus heeft opgemerkt, omdat de een, de slagader welbegrepen, het bloedvat is dat het bloed van het hart wegvoert allerwege het lichaam door, en de ander of 'ader' zoals wij die nu noemen, het terugvoert van alle kanten uit het lichaam naar het hart. De eerstgenoemde is de afvoerende buis, de laatstgenoemde het terugleidende kanaal, naar het hart, en deze laatstgenoemde bevat het onzuivere, krachtloze bloed, dat geen voedende functie meer overhield, en de eerstgenoemde transporteert het gereedgekomen, volmaakte, bijzondere, voedzame bloed."

Dat was Harveys vondst, beschreven in Renaissancistische stijl. Ofschoon hij dacht dat Galenus een bloedstroom terug naar het hart zou hebben verondersteld (daar is geen bewijs voor) deed dit aan Harveys betoog geen schade. De fysiologie, en daarmee de biologie, was een nieuwe fase in zijn ontwikkeling begonnen.

In hetzelfde boekje van 1628 gaf Harvey een beschrijving en analyse van de hartbeweging waar ik slechts enige hoofdzaken van vermeld.

Exercitatio I, p. 19: "Toen ik begon mij met vivisectie bezig te houden als een middel om de bewegingen en functies van het hart te doorgronden en ik probeerde deze door zelf toe te zien te begrijpen en niet door middel van de geschriften van anderen, vond ik die opgave zo zwaar, zo vol moeilijkheden, dat ik in de verleiding kwam te denken dat de hartbewegingen slechts door God begrepen zouden kunnen worden.

Allereerst valt op, als de borstkas van een levend dier geopend wordt en de kapsel die het hart omsluit, is opengesneden of verwijderd, dat dit orgaan beurte- lings beweegt of bewegingloos is. Nu eens beweegt het en dan weer staat het stil. Deze verschijnselen zijn het duidelijkst bij de koudere dieren, zoals padden, kik- kers, slangen, kleine vissen, krabben, garnalen, slakken en inktvissen. Die afwis- seling wordt begrijpelijk bij warmbloedige dieren, zoals de hond en het varken, als zij nauwkeurig gevolgd worden wanneer het hart begint te aarzelen, langza- mer te bewegen en te sterven. De bewegingen worden dan trager en treden met meer en langere tussenpozen op, waardoor het veel gemakkelijker wordt om waar te nemen en te ontraadselen wat de bewegingen nu eigenlijk zijn en hoe zij volvoerd worden. In de pauzen, evenals tijdens de dood, is het hart zacht, slap, uitgeput, het ligt neer, in rust."

Hij komt tot de ontdekking dat de voelbare (zichtbare) hartklop niet het gevolg is

van de diastole – zoals iedereen ‘vanzelfsprekend’ gedacht had – maar door de systole (en wist niet dat Erasistratos ongeveer 20 eeuwen geleden hetzelfde had gevonden). Harveys beschrijving van het gehele verloop van de hartcontractie is evenwel onvergelelijk veel nauwkeuriger.

En nu, door toepassing van Galilei’s voorschrift de natuur wiskundig te verstaan, kon Harvey een klemmend bewijs geven voor zijn grote bloedsomloop:

Exercitatio IX, p. 48: “Opdat niemand zal kunnen zeggen dat wij slechts betogen, en dat wij lege beweringen op losse gronden aanbieden, en dat wij vernieuwingen aanbrengen zonder dat daar voldoende rechtvaardiging voor is, mogen hier ter bevestiging drie zaken onder de aandacht gebracht worden waaruit, als men hen aanvaarden wil, deze ware staat van zaken onvermijdelijk volgt, en die de kwestie volkomen duidelijk maken.

Ten eerste: het bloed vloeit voortdurend en zonder onderbreking uit de holle ader de slagaderen in tengevolge van de hartslag en in zo grote hoeveelheid, dat het niet beschikbaar gekomen kan zijn uit datgene wat het lichaam tot zich genomen heeft, zoveel zelfs dat de hele bloedvoorraad het hart in korte tijd verlaat. Laat ons eens eens een schatting maken (hetzij door redenering, hetzij door de proef te nemen) van de hoeveelheid bloed die de linkerkamer bevat als hij uitgezet is (en gevuld), bijvoorbeeld twee of drie of anderhalve ounce [1 ounce = 28 g]. In het dode lichaam heb ik twee ounces gevonden. Laat ons op dezelfde manier veronderstellen dat het hart (na samengekrompen te zijn), zoveel minder bevat als het in omvang verminderd is, want daardoor bevat de kamer dan ook zoveel minder ruimte. Laat ons dan veronderstellen dat de bovengenoemde hoeveelheid bloed uit de kamer de aorta in geperst is. Dan mag men toch in alle redelijkheid veronderstellen dat een kwart, of een vijfde of een zesde, of tenminste een achtste deel van het bloed de slagader binnenging. Bijgevolg kunnen we concluderen dat uit het hart van de mens een ounce, of drie, of twee drachms [1 drachm = 1,8 g] geperst worden, en deze kunnen, omdat de kleppen zich sluiten, niet naar het hart terugvloeien.

In een half uur slaat het hart meer dan duizend maal, en bij sommige mensen soms meer dan twee, drie, of vierduizend maal. Vermenigvuldigd dit nu met de drachmen en u zult vinden dat in een half uur door het hart in de slagaderen duizend maal twee of drie drachmen bloed geperst wordt, dat is vijfhonderd ounces, of een naar verhouding andere hoeveelheid bloed, en dat is een grotere hoeveelheid dan in het hele menselijke lichaam aangetroffen wordt.”

De ontwikkeling van de kennis der bloedbeweging kan kort worden samengevat. Erasistratos, Aristoteles en Galenus, en alle andere geleerden tot de 13e eeuw, meenden dat het hart door uit te zetten (passief), bloed aanzoog. Na verdeling van het bloed in het hart, perste het hart het bloed (actief) de aorta (? en de longslagader) in. Het hart is, dacht men, een zuig-perspomp. Galenus liet de lever bloed maken en een voorbereiding geven, waarna het bloed naar het hart stroomt. Aankomend in de rechterhart helft, passeert het het harttussenschot en wordt vervolmaakt in de linkerhelft. Uit de linkerhelft wordt het, nu voorzien van levenswarmte en levensgeest, de aorta ingestuwd door hartcontractie. De longen koelen het hart. Lucht gaat van de longen uit naar het hart toe. En terug. In 1571 kan Cesalpino zich die luchtuitwisseling niet meer verklaren. Na 1628 is het hart nog slechts een perspomp die bloed verplaatst, weliswaar bloed bevrucht met *spiritus*. Het hart verwijdt zich na de pompslag (passief). De pompslag (ac-

tief) is een levensteken, is voelbaar, zichtbaar en hoorbaar. De hartboezems krimpen eerst ineem. Daardoor stroomt het bloed de kamers binnen die onmiddellijk daarna ineenkrimpen. Slagaderen verwijden zich een ogenblik door de voorbij flitsende bloedgolf. Het bloed passeert de longen. Het keert terug naar het hart door de aderen. Er moet een verbinding tussen slagaderen en aderen zijn: bloed gaat van de slagader naar de ader (perswerking). Erasistratos veronderstelde: van de ader naar de slagader (zuigwerking). Het is andersom: Harvey heeft het nauwkeurig uitgelegd.

Nog verdient aantekening dat Harvey zich voor zijn discussie over de bloedbeweging bediende van hetzelfde voorbeeld (de cyclus van warmte en koelte volgens Aristoteles) als Cesalpino (VI.9). Ook blijkt uit Harveys beschouwingen hoe weinig hij met een wiskundige benadering vertrouwd was. Zijn becijfering laat zo grote variaties toe dat er nauwelijks een conclusie op mag steunen. De nieuwigheid bij de aanpak, de wiskunde, was een zeer gewichtige verbetering, dat begreep hij, maar hij beheerste de methode niet. Van den Berg wees hier, in breder verband op (1959, p. 49).

Een nieuwe factor bij biologisch onderzoek was de microscoop, primitief nog in zijn dagen maar bruikbaar en in gebruik. Harvey nam zelfs een vergrootglas maar zelden ter hand. Dat de microscoop hem misschien bloedpassages zou kunnen laten zien tussen slagaderen en aderen heeft hij, als de tekenen niet bedriegen, nooit vermoed.

Veertig jaar na de publikatie van *Exercitatio* zouden Malpighi (1661) en Van Leeuwenhoek bloedpassages door haarvaten in levende lijve zien (en Malpighi niet beseffen wat hij zag).

Galenus had dan wel ongelijk, maar Harvey bleef behoedzaam en schreef dat een poreuze aard van het harttussenschot theoretisch niet mag worden uitgesloten (ik vermoed dat hij enigerlei doorgang van *pneuma* of *spiritus* niet bij voorbaat wilde ontkennen). Maar zijn bewijs voor de omloop van het bloed hield hij onverminderd overeind en slagaderen staan met aderen in verbinding: "de feiten die voor de zintuigen duidelijk zijn onderwerpen zich niet aan een vooroordeel noch ook zijn de werken der natuur aan de Oudheid onderdanig".

Misschien mogen we Harveys durf bewonderen dat hij, terwijl hij zich helder bewust was van het ontbreken van die schakel in de keten van zijn feiten (de verbinding slagaderen-aderen), het niettemin waagde te concluderen. Hij zag de bloedsomloop niet maar hij postuleerde op grond van de begeleidende, zorgvuldig waargenomen verschijnselen die geen andere verklaring toelieten. Na vivisecties, experimenterend, kwam hij tot zijn slotsom. En hield vastberaden stand in de storm van kritiek die opstak.

James Prim(e)rose (1592-1659), een in Frankrijk geboren Schot, zojuist in Montpellier gedoctoreerd, opende dadelijk na zijn vestiging in Engeland de aanval met een boekje: *Exercitationes . . . adversus Guilielmum Harveijum* (1630). Iedereen is het er over eens, zegt hij, dat de bloedkringloop een gruwel is, waardeloos en geen bijdrage tot de heilkunst. Primrose was een leerling van J. Riolan Jr (ca. 1577-1657), de deken van de Parijse Medische Faculteit die in 1648 met *Encheiridium Anatomicum . . .* (Bloemlezing over Anatomie . . .) zijn leerling een steuntje gaf. Er is, zei Riolan, een gedeeltelijke circulatie, een zekere connectie, tussen slagaderen en aderen en het harttussenschot is doorlatend. Aderen, slagaderen en de harthelften ontvangen wederzijds bloed en *spiritus* van elkaar door onzichtbare en uiterst fijne doorgangetjes. Dat was wat Galenus had verondersteld. Bovendien, verklaarde Riolan, een bloedcirculatie zoals Harvey zich voorstelt, is tegen de natuur, "*contra naturam*". Dat was een hatelijk verwijt gericht tegen een de natuur zo toegewijde bioloog als Harvey. Harvey ant-

woordde Riolan in 1649 maar had zich de moeite kunnen sparen.

In 1635 verscheen *De Cordis et Sanguinis Motu . . .* (Over de Bloed- en Hartbeweging . . .) door Emilio Parisano, een Venetiaanse arts, een honend opstel bedoeld om Harvey belachelijk te maken (V.19). Tot besluit nog Harveys bezoek aan Neurenberg in de loop van een Europese reis.

Op 20 mei 1636 gaf Harvey een demonstratie, een ontleding ten overstaan van Caspar Friedrich Hoffmann. Deze was in 1572 in Neurenberg geboren en had in Bazel en Padua gestudeerd. In 1606 kwam hij naar Duitsland en vestigde zich als pestarts in Neurenberg. In 1608 werd hij medicus-hoogleraar in Altdorf, waar hij in 1648 stierf. Hij had een grote reputatie als fysioloog en ik denk dat Harvey van harte hoopte hem te overtuigen. Hoffmann had dezelfde opinie als hij over de *testes muliebri*, die Hoffmann *cadavera testium* noemde om daarmee duidelijk te maken dat deze 'kadavers van testes' (de ovaria) met voortplanting niets te maken hadden.

Ten aanschouwe van een groot aantal aanwezigen toonde Harvey de bloedsomloop door verschillende ingrepen zo duidelijk aan dat hij allen overtuigde met uitzondering van Hoffmann die niet ophield tegenwerpingen te maken. Ten einde raad gooide Harvey zijn ontleedmes neer en liep weg.

Enige tijd later schreef Harvey een brief waarin hij hem vroeg als hij dan niet overtuigd wilde worden en ook afkerig was om zichzelf door middel van secties eigenhandig inzicht te verschaffen hij hem althans "zou willen vragen om de ijver van anderen niet te minachten of als een ondeugd aan te merken, en een eerlijk man het vertrouwen niet te weigeren als die toch ook niet onge oefend is of geestelijk gestoord is, aangaande iets dat hij al zo vaak gedurende zovele jaren gecontroleerd heeft." Th. Bartholin noemde Hoffmann een valse bijtende hond en liet zich, na een periode van ongelooft, overtuigen door brieven die in Leiden aan zijn boek toegevoegd werden (V.26).

11. Paracelsus ontwikkelt de profetische fysiologie

Het optreden van Paracelsus (IV.30) vormde de schakel tussen Middeleeuwse en barokke mystiek in de biologie.

Paracelsus wijdde zich, in de leer bij bisschop Trithemius in Würzburg omstreeks 1510, aan de alchemie. Hij had een korte studiebeperiode in Bazel achter zich en was nog geen twintig jaar oud. Bij Trithemius leerde hij de geschriften van Basil Valentin kennen, een benedictijn die in Erfurt rond 1480 de Steen der Wijzen zocht. Hij zou volkomen vergeten zijn als Paracelsus zijn standpunten niet had overgenomen en wereldkundig had gemaakt. Trithemius en de zijnen waardeerden Valentin bijzonder, vermoedelijk omdat deze zich met succes bezig hield om nieuwe medicamenten uit planten en mineralen te bereiden.

Valentin verving de vier klassieke 'elementen' (aarde, vuur, water en lucht) door drie andere; wij zullen ze bij Paracelsus terugvinden. Natuurverschijnselen schreef Valentin toe aan de werkzaamheid van een *archeus*, die vele hulp-*archeussen* ter beschikking had. Het model is Platonisch waar wij de *demi-oergos* al ontmoetten (I.14) en *arche* is ons al sedert Thales (I.3) vertrouwd. Paracelsus' belangstelling voor de chemie is door Valentin en Trithemius gewekt. Hij werd de vurige wilde profeet van de chemische fysiologie, de prediker van Valentins beginselen, die hij echter veel verder uitwerkte.

Nieuwe medicijnen, nieuwe chemische reacties staan op naam van Paracelsus die zijn

vakgenoten verbitterd en vijandig tegenover zich vond ook al gelukte hem soms een onverwachte genezing. Erasmus die steeds min of meer ziek was, wilde hem niet ontvangen.

De elementenleer uit de Oudheid is waardeloos, maakte Paracelsus bekend, de saphentheorie (Hippokrates) eveneens. Zij dienen zonder verwijl te verdwijnen. In feite zijn er drie elementaire substanties: zwavel (*sulfur*), kwik (*mercur*) en zout (*sal*).

Zij symboliseren het brandbare, vervolgens het vochtige, lenige, sublimerende, verdampende (eigenschappen van het kwik) en tenslotte blijft na verbranding of omzetting een restant over: dat is as (zout). Levend of dood, uit deze drie stoffelijke eigenschappen is alles samengesteld; drie beginselen want drie is het volmaakte heilige getal.

Ons lichaam, de microkosmos, herbergt een *archeus*, een alchemist die alle gebeurtenissen en processen in het lichaam regelt. Als de *archeus* verloren gaat is de regelende kracht verloren en de natuurlijke stoffen gedragen zich als dode, doelloos. Ziekte volgt als de *archeus* verkeerd bestuurt. Kiemen kunnen het lichaam binnendringen en de *archeus* in zijn werk belemmeren of dit zelfs verhinderen. Door zich ziekten in te beelden verwekken wij ze want de ziektekiemen worden daardoor in leven geroepen. Wij kunnen de *archeus* met medicijnen behulpzaam zijn maar de sterren hebben hun eigen invloed op de gang van zaken. Paracelsus stelde vast: "De tegenpartij filosofeert maar ik leer uit de natuur."

Paracelsus wees de overlevering uit de Oudheid dat het hart warmte maakt, van de hand. Door de stofwisseling, een soort verbranding, ontstaat overal in het lichaam warmte. In rottende stof ontstaat warmte, leven, en in levende stof huist een *ignis digestionis*, een verteringsvuur.

In 1530 verscheen *Paragranum*, in 1536 *Grosse Wundtarznei*, in 1538 *Defensiones* en *Labyrinthus Medicorum* van de pers. Paracelsus kan men naar believen beschouwen als een grondlegger van de chemie, van de signatuurleer (IV.30) en van de homeopathie. Hij geldt in elk geval voor de meesten als de hoofdfiguur van de iatrochemie, een weefsel van alchemistische, chemische en fysiologische beschouwingen gepaard aan proefnemingen met levende organismen (VI.12). K. Sudhoff verzorgde een uitgave van Paracelsus in 11 delen (1928).

De hemellichamen nemen actief deel aan het natuurleven op aarde. De maan bestuurt de hersenwerking, Saturnus de milt, Venus de nieren, Jupiter de lever en Mars de gal. Weliswaar moet de natuur ons alles aanwijzen en leren maar ontleding van dieren, mensen of planten wees hij af: dat is boeregepruts. Men moet de anatomie door verbeeldingskracht vervangen en zo de geheimenissen van het lichaam doorgronden.

De toch wel gerechtvaardigde kritiek op zijn leven en werken kon niet verhinderen dat Paracelsus enig gehoor vond en een nabloei volgde zijn leiding. Daar gaf ik een overzicht van met gebruikmaking van Arbers samenvatting (IV.31) terwijl Möbius ook enige informatie verschafte. De volgelingen van Paracelsus leverden geen noemenswaardige bijdrage aan de fysiologie. Met één uitzondering: Van Helmont.

12. *Van Helmont verbindt chemie en fysiologie*

De Belg Jan Baptist (ook Joan Baptista) van Helmont (1577, Brussel – 1644, Vilvorde) ziet natuur, mens, kosmos, ziekte en gezondheid evenals zijn voorganger en voorbeeld Paracelsus, in een alomvattende samenhang. Scheikunde is de sleutel tot de kennis

daarover.

Op 22-jarige leeftijd verliet hij als doctor in de medicijnen de Universiteit van Leuven waar hij vijf jaar gestudeerd had en zich in die periode tevens met theologie, plantkunde en rechten had bezig gehouden. Die wetenschappen schenen hem nutteloos toe maar de heelkunde had hem bevredigd. Eigenlijk toch ook niet. Van Helmont heeft nooit regelmatig als praktizerende arts gewerkt. Van onze tijd uit gezien is het duidelijk wat hij beoefenen wilde: biologie, een discipline die toen geen bestaansrecht had.

In het bezit van de doctorshoed ging Van Helmont op reis en bracht studiebezoeken aan Zwitserland, Italië, Frankrijk en Engeland; om welke reden hij Noord-Nederland niet bezocht weet ik niet. Hij verbleef, terug in België, omstreeks 1605 enige tijd in Antwerpen – waar de pest heerste – en in Brussel, trouwde een rijke vrouw en haar bezit gevoegd bij het zijne (hij stamde uit een welgestelde familie) stelde hem in staat zijn verdere leven aan de wetenschap te wijden zonder verplichte dagtaken. Sommige van zijn conclusies veroorzaakten een ingrijpen van de kerkelijke overheid met het gevolg dat hij de laatste jaren van zijn leven huisarrest in Vilvorde opgelegd kreeg.

De onrust van Paracelsus kenmerkt Van Helmont; maar slechts in zijn denken, niet in zijn doen. Hij heeft vijfentwintig jaar Vilvorde niet verlaten en wenste dit niet. De vakken die hij in Leuven had leren kennen, en tevens astrologie, magie, wijsbegeerte, betrok hij nu en dan in zijn werk maar nooit langdurig; Van Helmont was gefascineerd door de fysiologie van de levensuitingen, door het scheikundige gedrag van dode stoffen en van levende. Fermentatie (gisting) wees hij aan als de oorzaak van alle *fysis*.

In het lichaam woont de onsterfelijke ziel. Deze heerst over een levensbeginsel, dat slechts in en samen met het levende lichaam bestaan kan. Het is de *archaeus*, het woord komt van Thales via Paracelsus. *Archaeus* bestuurt onder-archaeussen, residenten die elk een orgaan bewonen (*archaeus insitus*) en dit als bekwame machinisten laten functioneren. Het heeft tot gevolg dat elk orgaan met zijn eigen resident een mate van autonomie bezit. Als nu alle lokale residenten nauwkeurig de opdrachten van *archaeus* uitvoeren, heerst er harmonie in het lichaam en een ongehoorzame resident veroorzaakt, vanzelfsprekend, ziekte.

De naam *archaeus* placht Van Helmont dikwijls te vervangen door het woord *blas*. Omdat hij veel vaker (en beter) in chemische categorieën dacht dan Paracelsus ordende hij de *blas*-hiërarchie doorzichtiger. Er is een *blas meteoron*, die de hemelse zaken regelt, een *blas humanum* die alle lichamelijke functies bestuurt. Een *blas alterativum* beheerst de omzettingen (spijsvertering) en in het algemeen het metabolisme, en een *blas motivum* behandelt alle lichaamsbewegingen. Deze laatste ziet tevens toe op twee ondergeschikten, een *blas* voor de willekeurige en een *blas* voor de onwillekeurige bewegingen.

De nadruk die Van Helmont hiermee legde op het grote verschil tussen willekeurige en onwillekeurige orgaanbewegingen vinden we terug bij Descartes, die Van Helmont gekend heeft; hierover later meer.

Het woord *blas* kan Van Helmont gevormd hebben van het Griekse *basileus*, koning, een afleiding die ik raad want ik ken geen verklaring door Van Helmont zelf gegeven. Met deze afleiding komt, misschien toevallig, ook Basil Valentins naam (VI.11) in het spel, de voorloper van de fysiologische bezigheden van Paracelsus. Ver gezocht is mijn suggestie niet vergeleken bij Van Helmonts afleiding van het woord 'gas', dat de natuurwetenschappen van hem overnamen. Gas, deelde Van Helmont mee, lijkt op 'chaos' en chaos is, net als gas, de vormeloze oorsprong van alle dingen.

Het blassen-bestuur in het lichaam komt 20e-eeuwers vreemd voor, een kinderlijk bedenksel. Ik geloof, ten onrechte. Biologen zijn heden ten dage zo gewend aan het denken volgens moleculaire structuren en om zich elk natuurverschijnsel volgens geformuleerde wetmatigheden voor te stellen, dat zij de activiteiten van *blas* en de zijnen op dezelfde manier beschouwen en dan onvermijdelijk tot een vernietigend oordeel komen. Maar als wij op 20e-eeuwse manier bedenken dat bijvoorbeeld een voorwerp op enige hoogte boven de aarde 'energie' bezit, een energie die door een natuurlijk verschijnsel, vallen, zichtbaar wordt als beweging dan accepteren wij dit, het verborgen aanwezig zijn van die energie in het hoog geplaatste voorwerp, zonder voorbehoud, zonder ongeloof en zonder verbazing. Ik geef in overweging dat Van Helmonts *blas-microcosmos* naar zijn inzicht een levend bestel was dat aan energie-concentraties en activiteits-radiussen gehoorzaamde. Zo gezien zouden veel hedendaagse fysiologen tegen de inhoud van zijn fantasie wellicht weinig bezwaar maken. En zo was inderdaad ongeveer Van Helmonts gedachtengang: het zal nog blijken.

In Van Helmonts werk laten zich allerlei parallellen met dat van Paracelsus onderscheiden (onrust, veelzijdigheid, gebrek aan literatuurkennis, onvoorwaardelijke inzet bij het onderzoek, moedige veronderstellingen), en Van Helmont was evenmin geneigd zich bij gevestigde meningen neer te leggen. Aristoteles had het hart tot centraal orgaan verklaard, Erasistratos de hersenen, Galenus de lever en Van Helmont koos de maaguitgang, de zetel van de opperblas. Het hart is een pomp (dat had Harvey bewezen), de hersenen zijn de bron van lichaamsbewegingen (dat toonde Galenus aan) maar de maaguitgang, de *pylorus*, is de zetel van het leven.

Van Helmont lichtte dit toe. De mens is het enige dier met een *anima sensitiva* en hij alleen kan gearticuleerd spreken en logisch denken en we moeten vaststellen dat planten en dieren die *anima sensitiva* missen [Aristoteles]. Voorts blijkt, zo verklaarde Van Helmont, dat de *anima sensitiva* de *vis vitalis*, de levenskracht voortdrijft zodat deze de *archaeus* doordrenkt. Dat heeft ten gevolge dat de *anima sensitiva* die de *archaeus* opdrachten geeft de *archaeus* laat optreden met inbegrip van de *vis vitalis*. *Archaeus* is de dienaar van de *anima sensitiva* en de ondergeschikte *archaeussen* dienen de hoofd-*archaeus* weer. Op die manier laat de *vis vitalis* zich overal in het lichaam gelden. De *vis vitalis* wordt door het bloed vervoerd en het bloed verkreeg de *vis vitalis* in het hart omdat daar de *spiritus vitalis* die het bloed, komende van de lever al meebracht, in *vis vitalis* wordt omgezet.

De *archaeus* nu (Van Helmont gebruikte in dit betoog 'archaeus' maar het woord mag door 'blas' vervangen worden) die de gevoelens en de bewegingen van het lichaam regelt in overeenstemming met de opdrachten die hem van de hersenen uitgaande via de zenuwen bereiken, zetelt in de maaguitgang: "daar is zijn troon".

Men kan dit gewaarworden omdat diepe ontroering en grote ontsteltenis zich in de maag doen voelen. Het hart van een man wiens hoofd wordt afgeschoten, slaat nog enige tijd daarna, maar een harde stoot in de maag brengt het hart onmiddellijk tot stilstand en veroorzaakt tegelijkertijd bewusteloosheid. Daarom is de *pylorus* de troon, het centrale punt.

Waar zetelt de *anima sensitiva*? In de *archaeus* van de maag. Denk niet, waarschuwde Van Helmont, dat de *anima* daar schuilt zoals in een zak, een cel of in een beurs. Hij verblijft er op een heel bijzondere manier, is wel op die plaats maar is er niet plaatselijk begrensd, niet op een omgrensde plek. De *anima* is een licht en niets in de kosmos gelijk zozeer op de *anima* als een kaarsvlam. Zoals de vlam huist in de kaarsepit zo ver-

blijft de *anima* in de maag. En als ik licht zeg, voegde Van Helmont hier aan toe, dan bedoel ik geen hete vlam, geen hitte die de lichaamswarmte veroorzaakt, want die warmte is niet anders dan een levensresultaat, gevolg van levensverschijnselen, maar niet het leven zelf (vergelijk Descartes' betoog over de ziel; VI.16).

Drie elementen onderscheidde Paracelsus: alle drie fout. Er zijn slechts twee elementen, verklaarde Van Helmont, lucht en water. Dat zijn twee scherp gescheiden stoffen. Water, ook in gasvorm, is steeds duidelijk van lucht verschillend en nooit zullen zij in elkaar overgaan. Elk voorwerp, dood of levend, laat zich in vloeistof, in een vorm van water omzetten, dikwijls pas na toevoeging van hulpmiddelen maar water worden zij ten slotte alle. Gas is in feite, zei Van Helmont, een vorm van water.

Hij gaf er voorbeelden van. Vruchten ontstaan uit water, dat behoeft geen betoog. Als vruchten gisten ontsnapt gas: het kan onmogelijk iets anders dan water zijn. Een gedroogde druif die gedistilleerd wordt wijzigt zich in 'elementair water'. Als een verse druif gekneusd en aan zijn lot overgelaten wordt ontstaat most en water. Als nu een droge druif zonder fermentatie (gisting) in water verandert en een verse door gisting gas oplevert, dan moet dat gas ook water zijn. Fermentatie regeert alle levensverschijnselen.

Koolzuurgas kon Van Helmont op verschillende manieren bereiden. Het verstikken-de gas dat uit brouwerskuipen ontsnapt en zwaarder dan lucht is, heet 'moerasgas'. Onze ademhalingslucht is 'vrije lucht' en het brouwersgas is 'gebonden lucht'.

Zes opeenvolgende spijsverteringsfasen, zes fermentaties moeten wij onderscheiden. De eerste zetelt in de maag, waar de spijsen opgelost worden tot een min of meer doorschijnende pap. Daaropvolgende fasen onderzocht Van Helmont eveneens door op verschillende tijden na een maaltijd te braken.

Zodra de spijspap in de duodenum aankomt, verliest deze zijn zuur en krijgt een zoute smaak. Een nieuw ferment, dat het eerste verjaagt, veroorzaakt deze verteringsfase. De chylus komt nu in de aderen van het buikvlies alwaar een derde ferment zich voltrekt. De lever blaast daarna een eigen ferment in die aderen. De transformatie van voedsel in bloed en vlees wordt voltooid in het hart (vijfde fermentatie). Het beste deel van het bloed gaat nu van de rechterhartholte naar de linker-, alwaar het zich met lucht uit de longen verenigt. Daardoor wordt de levenskracht (*vis vitalis*) gevormd, die naar de organen vervoerd wordt. Daar aangekomen zal deze, al naar de aard van het orgaan en bestuurd door de resident, de soort voedingsstof helpen toebereden (zesde fermentatie), die ter plaatse nodig is. De omvorming van voedselstoffen is steeds het gevolg van 'fermentatie', in de maag door een zuur sap teweeggebracht, dat door de milt afgescheiden werd. Fermentatie is een levensgeheim, autonoom, voorbehouden aan levende stof, en verdunt, lost op, mengt, verwarmt, wijzigt, zet om, al naar wens. De fermentatie is tevens de bron van de lichaamswarmte. Uit de long komt geen 'roet', geen *fuligo*, niets anders dan waterdamp.

Merk op hoe deze volgorde van processen de alchemistische procedure weerspiegelt. Ook hoe de identiteit van 'gas' en water volgens Van Helmont door de moderne chemie bevestigd zou worden: beide bestaan uit zuurstof en water, verschillend gerangschikt maar uit niets anders. Lichaamswarmte het gevolg van voedselomzetting: het was nooit eerder gezegd.

Harveys ontdekking van het gesloten harttussenschot heeft Van Helmont onberoerd gelaten. Het bloed passeert vrijelijk van rechts naar links. En Van Helmont kon er zelfs nog een treffende bijzonderheid aan toevoegen.

De trechtervormige groefjes in het harttussenschot, die met de wijde opening in de rechterhartholte uitmonden en spits toelopen (waarbij men dan geloofd had dat die spits toelopende groefjes zich als porie door het harttussenschot zouden voortzetten en zo de verbinding met de linkerharthelft tot stand zouden brengen), die groefjes kende Van Helmont ook. Zij zijn zo gevormd omdat het bloed van de rechterharthelft vlot naar de linkerhelft moet maar, omdat uit de linkerharthelft toch ook weer *vis vitalis* naar de rechterhelft moet om het daar achterblijvende deel van de bloed ook te voorzien, daarom zijn die doorgangetjes in de linkerharttussenschotwand zo nauw: de *vis vitalis* kan er door maar het bloed kan niet meer terug.

Men moet erkennen dat Van Helmont de 17e eeuw in de ware stijl inzette: met een goed overdacht experiment. In 1600 deed hij 300 pond droge aarde in een ton. Hij plantte er een wilgetak in, die vijf pond woog. Met niets dan zuiver water werd begoten en stof werd tegengehouden. Na vijf jaar woog de wilgetak 164 pond, en de aarde bleek, droog, twee 'onzen' (60 gram) lichter.

Van Helmont besluit dat de wilgetak door het water zwaarder geworden moet zijn, want uit het gewichtsverlies van de aarde kan die gewichtstoename van de wilg niet verklaard worden. Dit resultaat was een triomf: Aristoteles had ongelijk. Planten vinden hun voedsel niet pasklaar in de bodem; zij moeten hun voedsel (uit toegevoegd water) zelf bereiden.

De fantasterijen en goede ideeën van Van Helmont heb ik hier met enig detail vermeld omdat zo goed blijkt hoe een 17e-eeuwer zijn meningen uit de traditie putte, hoezeer hij zelf inzichten ontwierp en hoe hij het experiment welberaden in zijn studies een plaats gaf. Hij was een belangrijke bioloog die de scheikunde en de fysiologie te zamen op weg hielp.

Van Helmont was, men kan het vermoeden, een onbekommerde aanhanger van *generatio spontanea*; later zullen wij hem daarover horen (XI).

Het nagelaten hoofdwerk *Ortus Medicinae* (Tuin der Geneeskunst) publiceerden Van Helmonts kinderen vier jaar na zijn dood, in 1648, te Amsterdam. Aan Van Helmonts fysiologie wijdden Foster (1901) en Pagel (1930, 1944) uitvoerige studies, die ik benutte.

13. Iatrochemie of biochemie; Franciscus Sylvius, De Graaf en Mayow

Als voorbeelden van de groep biologen die fysiologische studies ondernamen in samenhang met scheikundige verschijnselen zijn Valentin, Paracelsus en Van Helmont genoemd. De iatrochemie (een term die van Franse huize is; *iatros* is Grieks voor arts) of biochemie (een tegenwoordig veel gebruikte en doelmatige term) telde natuurlijk veel meer beoefenaren, want de tijd voor de ontplooiing van de scheikunde was aangebroken en de grote betekenis van die wetenschap bij het onderzoek van levensverschijnselen evident. Porta (IV.30; V.22) kan tot de iatrochemici gerekend worden maar dan toch tot het tovenaarsgilde. Porta's oprechtheid lijdt geen twijfel maar de bedoelingen van Nicolas de Blegny waren verwerpelijk. Deze gaf sinds 1679 een maandblad uit met medisch-iatrochemische snufjes maar na vijf jaar van min of meer openlijke kwakzalverij werd de grond in Frankrijk hem te heet onder de voeten en hij vluchtte naar Nederland waar hij zijn praktijken voortzette. Na enige jaren weer in Frankrijk terug stichtte hij in Parijs de Académie Chimiatrique (1694) die na enige jaren samen met zijn stichter roemloos verdween, zonder een bijdrage van enige betekenis aan de biologie te

hebben geleverd behalve misschien het materiaal voor het woord iatrochemie ('chimiatricque').

Keren wij terug naar het midden der 17e eeuw. Biochemisch werk van waarde kwam uit de handen van De la Boë (V.26), Reinier de Graaf (V.26) en Th. Willis (V.25).

Franciscus Sylvius was in geleerde aangelegenheden de naam voor Franz de la Boë (De la Boë lijkt op Dubois en Dubois wordt in het Latijn 'Sylvius'). Hij was sinds 1658 hoogleraar te Leiden nadat hij in Bazel gestudeerd had (tot 1637) en daarna in Parijs en Amsterdam werkzaam was geweest. Van professie was hij chemicus. Hij publiceerde over verschillende chemische onderwerpen en kon aantonen dat zouten samenstellingen waren van zuren en basen (alkali). Sylvius richtte zich meer en meer op fysiologische vraagstukken tijdens zijn werk in Leiden (waar hij tot zijn dood in 1672 bleef). De Leidse universiteit richtte onder zijn leiding een ruimte in voor chemisch onderzoek, een 'laboratorium', een der eerste ter wereld.

Welke rol speelden zuren, zouten, basen bij de spijsvertering? Had Van Helmont terecht fermentatie (gisting) als het alles beheersende verschijnsel, de bewegende oorzaak, onderkend? Zeker was wel dat hij de voortschrijdende kennis van de anatomie onvoldoende in het oog had gehouden (Sylvius was een begaafde anatoom).

Sedert 1628 had de bloedbeweging volgens Galenus afgedaan; Van Helmont had het behoren te weten. Zijn leerling, Sylvius, was een enthousiaste aanhanger van Harvey, bestreed zijn vijanden waar hij maar kon en bereikte dat Harveys leer van de bloedsomloop in korte tijd, althans in Nederland, algemeen geaccepteerd werd.

Voor zover zijn veeleisende ambtelijke plichten hem dat toelieten wijdde Sylvius zich aan de voortzetting van Van Helmonts onderzoek. Hij rekende allereerst af met mystieke interpretaties van fermentatieverschijnselen. Dit waren volledig begrijpelijke processen in chemische zin. Archaeussen en anima's kwamen er niet aan te pas. Er is een minerale gasvorming en een organische. Iedereen kan aan de gasbelletjes zien die in een gistende vloeistof verschijnen dat gas gevormd wordt en niets mysterieus zich voltrekt. Het verloop van de spijsvertering verklaarde Sylvius, kort gevat, als volgt:

Voedsel wordt afgebroken en opgelost enerzijds door hitte (heftig, van korte duur) en anderzijds door fermentatie (water als hulpmiddel, langzaam). Rotting is een voorbeeld van fermentatie. De dood volgt als lucht of voedsel (*pabulum*) komen te ontbreken.

In de maag zijn vocht uit het voedsel, ingeslikte lucht, levenswarmte (uit hart en slagaderen), zout uit het speeksel, te zamen werkzaam bij het oplossen van het voedsel; fermentatie en transmutatie (omvorming) voltrekken zich.

De maaginhoud komt in de darm en nu beginnen het pancreassap (dat zuur is, zegt Sylvius) en de gal, die alkalisch is, hun werk. De twee sappen treffen elkaar en veroorzaken een schuiming. Samen met de vluchtige essenties van de voedingsstoffen, een fijne olieachtige vloeistof en nog wat galzout gevoegd bij een zure essentie in waterige oplossing, worden de voedselbestanddelen in *chylus* omgezet.

Gal en lymfe die het bloed binnenkomen, veroorzaken een soort bruisen (*effervescentia*) en dit wekt de warmte op die het bloed levend maakt, gereed om rond te stromen, gedreven door de explosie van het hart. Sylvius toont door deze constructie dat hij goed belezen is. Hij benut Van Helmonts, Aselli's en Harveys conclusies en ontwerpt een samenhang.

Het veredelde bloed dat de slagaderen naar de hersenen voeren, ondergaat daar een vorm van distillatie, zoals bij de azijnvorming (wijngeest) optreedt en zo ontstaan de

levensgeesten. De zenuwen geleiden deze naar alle lichaamsdelen en langs zenuwknopen komen zij weer in de lymfe en het bloed terug.

Merk op hoe Sylvius de *anima* volgens Van Helmont niet afwijst maar hem laat ontstaan op dezelfde plek als Van Helmont aanwees en hem van dezelfde kracht voorziet, echter nu als gevolg van chemische reacties.

De term *effervescentia* die Sylvius gebruikt voor een (verondersteld) schuimen komt in de 17e-eeuwse literatuur snel in de mode. Descartes betrok uitvoerig en in detail schuimingsverschijnselen onder dezelfde naam bij zijn biologische beschouwingen (VI.16). Het trekt de aandacht dat gistende most Van Helmont inspireerde tot zijn iatrochemische theorieën en dat daarna, met Sylvius en Descartes, velen dit verschijnsel eveneens als argument benut hebben voor verschillende biologische processen. Tevens dat de geboorte van de wijn talloze gevolgen van mythologische, etnische, religieuze en literaire aard heeft gehad. Wijn was het voornaamste geneesmiddel van Hippokrates. Een biohistorisch onderzoek over deze samenhang dat waarschijnlijk een veel wijder terrein zou bestrijken dan literatuur en biologie en waarschijnlijk ook de grenzen van de 17e eeuw ver zou overschrijden schijnt mij een gewichtige bijdrage te kunnen leveren aan een *metabologica* van biologische begrippen.

De ontdekking van de onderkaakspeekselklier (door Wharton in 1656; VI.17), en de oorspeekselklier (door Steno in 1661; V.26,30) bracht Sylvius op het spoor van de speekselwerking bij de spijsvertering. Nooit eerder had iemand speekselreacties vermoed. Sylvius bestudeerde de speekselwerking zo goed hij kon maar de chemische kennis van zijn dagen was ten enenmale ontoereikend om tot bevredigende conclusies te kunnen geraken. Hij overschatte de speekselwerking zoals hij ook zijn principe van effervescentie steeds te pas en te onpas in het geding bracht.

In 1642 had J. G. Wirsung, hoogleraar te Padua, in de wand van de twaalfvingerige darm nabij de uitmonding van de galgang een openingetje ontdekt, de monding van een buisje dat naar de pancreas leidde en daar na vele fijne vertakkingen in het klierweefsel verdween. Het buisje voerde een kleurloos vocht af naar de darm dat een zilveren naald deed verkleuren. Wirsung had deze pancreasafvoergang bij alle dieren die hij onderzocht had, gevonden.

De Graaf wist met groot talent – want het is een moeilijke operatie – bij honden een buisje – de holle schacht van een eendeveer – te bevestigen dat hem in staat stelde pancreassap in een flesje op te vangen. Zelfs kon hij eens pancreassap van een plotse-ling gestorven matroos in handen krijgen. Het bleek voor zover hij kon controleren niet van dierlijk pancreassap te verschillen. De Graaf kwam tot de conclusie dat pancreassap zuur was en bleef daarna eigenlijk steken want de verwachte reacties (effervescentie) wekte het niet op. Overigens: pancreassap is alkalisch. Hij publiceerde in 1664 een artikel over zijn resultaten, heeft ongetwijfeld langdurig met Sylvius over de pancreaswerking gedelibereerd maar tot duidelijke gevolgtrekkingen kwamen zij niet, konden zij met de middelen waarover zij beschikten ook niet komen.

Een Zwitser, J. C. Peyer (1653, Schaffhausen – 1712, Schaffhausen) maakte in 1677 de ontdekking bekend van een groot aantal kliertjes op de binnenwand van de darmen en trok de conclusie dat de werking van het pancreassap veel minder ver reikend was dan Sylvius en De Graaf betoogd hadden. Toen volgde, in 1682, de studie van J. C. Brunner (1653, Dieffenhofen – 1727, Mannheim), hoogleraar te Heidelberg, een vriend van Peyer, die eveneens klieren in de darmwand ontdekt en beschreven had. Brunner deelde mee dat hij bij honden de pancreas verwijderd had (met uitzondering



Fig. 44. Experimenten over het pancreassap. (Uit R. de Graaf, *De Succo Pancreatico*, 1664). (Universiteitsbibliotheek, Leiden.)

van de laatste lob die “zo diep ligt dat het mes daar niet in kan doordringen”. De dieren herstelden, schenen geheel gezond en gedroegen zich normaal (al urineerden zij meer dan gewoonlijk maar dat vond Brunner niet van betekenis). Sylvius en De Graaf hadden dus kennelijk ongelijk met hun mening over de grote rol die pancreassap bij de spijsvertering zou spelen. De belangstelling voor pancreas was hierna geweken en pas in de 19e eeuw zou de pancreasfysiologie weer onderzocht worden.

Terwijl de iatrochemici op het Continent zich vooral met de spijsverteringschemie bezig hielden, had in Engeland gelijk geaard onderzoek plaats over de ademhaling.

Na Harveys werk over bloedsomloop en ademhaling bleef in Engeland een aantal onderzoekers bezig met vragen waar Harvey nog geen afdoende antwoorden op had kunnen geven. Vele gegevens die ik in de volgende samenvatting heb verwerkt, dank ik aan Fosters opstellen (1901), die een veel uitvoeriger en gedetailleerder overzicht geven dan hier mogelijk was.

Fabrizio (V.18) schreef in 1599 een verhandeling die in 1603 verscheen *De Respiratione et ejus Instrumentis* (Over de Ademhaling en zijn Organen). Lucht, verklaarde Fabrizio, komt de longen en het hart binnen door het inademen. In het hart regelt de lucht de warmte en neemt overtollige stoffen op. Bovendien brengt de lucht het materiaal mee dat in het hart de *spiritus animalis*, de levensgeest, opwekt. Daarna wordt de lucht uitgedemd en helpt daardoor de overtollige stoffen verwijderen. De uitademing volgt op druk van binnen uit en de inademing is in het geheel geen geheimzinnig gebeuren, het is gewoon het opvullen van een leegte. Door de aderlijke slagader wordt de lucht uit de longen het hart binnengezogen. Iedereen kan dit begrijpen want als die aderlijke slagader [*vena pulmonalis*] er niet was dan zou de lucht in de borstkas terecht komen. Bij een andere gelegenheid legde Fabrizio uit dat de long door het edelste en zuiverste bloed gevoed wordt uit het hart via de slagaderlijke ader [longslagader]. Zijn mening was de heersende aan het begin van de 17e eeuw in weerwil van de publikaties van Cesalpino en anderen.

Nadat Harvey het ware verloop van de bloedstroom had aangetoond, bleef de vraag te beantwoorden wat nu plaatsgreep in de longen bij de passage van het bloed. Het hart een perspomp, de longen een blaasbalg. Of hadden zij nog een andere functie? Wat gebeurde met het bloed, dat donkerrood de longen binnenging en lichtrood naar het hart terugkeerde? Galenus had die kleurwijziging al opgemerkt, Van Helmont had het bevestigd maar niemand wist er veel mee aan te vangen.

Op 24 oktober 1667 toonde Robert Hooke de leden van de Royal Society een hond met een zover opengelegde borstkas dat geen beweging van de borstkaswand meer mogelijk was en bijgevolg geen wijziging van de longinhoud. Hooke blies met behulp van blaasbalgen een ononderbroken luchtstroom door de longen en door gaatjes die hij in de longen geprikt had, kon de ingeblazen lucht weer ontsnappen. Het dier stikte niet. Hooke bewees hiermee dat contact met lucht voldoende was om het bloed gereed te maken voor zijn functie tijdens de rondgang door het lichaam. Longbewegingen zijn daartoe overbodig: luchtverplaatsing door de long is genoeg.

Twee jaar later publiceerde Richard Lower (V.22) *Tractatus de Corde* (Verhandeling over het Hart). Hij vulde Harveys werk over de hartbouw en -functie aan (en verbeterde en passant diens rekenfouten). Lower begreep de betekenis van de dikke slagader- en de dunne aderwanden, dacht na over de gewijzigde kleur van het bloed en kwam na zorgvuldige berekeningen tot de slotsom dat de kleurwisseling in de longen moest plaatshebben, daar alleen, en het gevolg is van het contact met de ingeademde lucht.

Experimenterend met honden zoals Hooke had gedaan kon Lower constateren dat het bloed in de linkerharthelft donker van kleur werd als het dier stikte nadat de luchttoevoer achterwege bleef.

Lower zette na verdere proefnemingen de stap die hem tot iatrochemicus maakte. Hij concludeerde dat door de aanraking met lucht de bloedkleur zich niet alleen wijzigt maar dat bloed "frisse lucht" opneemt. Hij merkte op: "Waar een vuur goed kan branden daar kunnen wij goed ademen." Lower en zijn tijdgenoten beschouwden de atmosferische lucht als een eenheid, een element, een 'gas', niet als een mengsel. Behalve Hooke. Hooke had in 1667 met het instinct dat begaafde biologen zo dikwijls eigen bleek te zijn, goed geraden. Hij had als commentaar bij zijn proeven met vuur en dieren in ruimten waar lucht van buiten geen toegang kreeg, opgemerkt dat een vlam, of gloeiende houtskool, een deel van de lucht verbruikten, een luchtbestanddeel dat hij *menstruum* noemde en liet het daarbij. Hij bracht het verschijnsel niet in verband met de ademhaling van een dier.

Lower had in Oxford gewerkt en John Mayow (1643, Londen – 1679, Covent Garden) zette daar zijn werk voort. In 1668 publiceerde hij een bundel van vier opstellen en bewees wat Hooke geraden en Lower bijna ontdekt had. Tijdens de ademhaling wordt een deel van de lucht in het bloed opgenomen. Sylvius had (in Leiden) over die mogelijkheid nagedacht maar was niet tot een duidelijke uitspraak gekomen.

Mayow formuleerde zijn gedachten in het opstel *De Sal nitro et Spiritu nitro-aereo* (en liet door die titel zien dat hij Sylvius' werk kende en waardeerde). Hij schreef: "De lucht die ons omringt . . . is met een *nitrum*-zout doordrenkt, overal, ik wil daarmee zeggen met een levendragende, vurige en uitermate krachtig fermenterende *spiritus*." Die *spiritus* wilde hij *sal-nitreo-aereum* noemen of anders *spiritus igneo-aereus* (de vertaling van zijn omschrijving). Met 'zout' bedoelde Mayow elke stof die niet onmiscbaar een metaal of een vloeistof is. Zout kon een residu, as, of van allerlei zijn. *Nitrum* ontstaat bij compostvorming, kan door indampen en oplossen gewonnen worden en het bestaat uit *sal fixum* uit de aarde en *spiritus acidus* uit de lucht. Dat was de uitleg van Sylvius. Maar, zei Mayow, die *spiritus acidus* kan niet zo maar in de lucht verblijven, hoe fijn verdeeld ook want het is een bijtende vloeistof die vuur dooft en die doodt. Daarom is *spiritus acidus* in de lucht met zout verbonden en dat moet *sal-nitreo-aereum* heten, nitraatachtig luchtzout.

Vlammen worden door dit zout gevoed want het is een actief deel van de lucht. Een lange reeks van proeven bewijst Mayow dat verbranding niet door het toetreden van het *nitrum*-zoutdeel van de lucht plaats heeft maar door het *igneo-aeriale* gedeelte van de lucht. Verbrandende stof verenigt zich met het *igneo-aeriale* bestanddeel van de lucht. Daarmee was Mayow de ontdekker van zuurstof als bestanddeel van de atmosferische lucht geworden, een biologische vondst van de eerste orde, een eeuw voordat Lavoisier door chemische experimenten tot dezelfde conclusie kwam. Mayow deed zelf het experiment dat Lavoisier ook zou uitvoeren. Hij verbrandde antimonium met behulp van geconcentreerd zonlicht (loupe) en stelde vast dat het verbrandingsprodukt zwaarder geworden was: verbranding is opnemen van een deel van de omringende lucht.

Na dozijnen proeven bepaalde Mayow het volume lucht dat door ademen verbruikt wordt op ongeveer een kwart gedeelte. Dieren en mensen kunnen dit luchtbestanddeel geen ogenblik missen en zelfs kunnen planten niet groeien zonder dat *igneo-aereum*. Mayow overwoog dat zelfs planten ademen moeten; naar het schijnt hebben zij een of andere behoefte om lucht binnen te zuigen.

De beschrijving van Descartes (VI.16) van de hartwerking en de bloedverplaatsing wees Mayow resoluut af. Vul het hart van een pas gedood dier met water en het zal samentrekkend het water uitstoten. Geen sprake van een effervescentie of 'explosie' van schuimend bloed.

Mayows verbazende bijdrage aan de voortgang van de fysiologie werd volkomen vergeten totdat Foster zijn verdiensten in herinnering bracht als ontdekker van zuurstof en de rol die zuurstof speelt bij de ademhaling en het ontstaan van de lichaamswarmte.

Mayow publiceerde na zijn eerste bundel niets meer; een vijftwintig-jarige bioloog had een der grootste vondsten van de 17e eeuw veel te vroeg gedaan.

14. Kepler verbindt fysica en fysiologie

Johannes Kepler (1571, Weil – 1630, Regensburg) steunde Bacons en Galilei's methode. Wetenschappelijk gecontroleerde waarnemingen moeten de waarde van elke veronderstelling aantonen, dat wel, maar hij hield zich met de sterren bezig en daar kan een vroeg-17e-eeuwer niet mee experimenteren. Kepler werd de vermaarde ontwerper van de planeetbewegingen. Tegelijkertijd zag hij geen beletsel om de Pythagorisch-Platonische vijfvoudige harmonie der sferen als goed gefundeerd te aanvaarden. Maar: alles in de natuur laat zich wiskundig verklaren, elk verschijnsel is berekenbaar. Waar materie is, is wiskunde (V.21).

Kepler werkte deels in de 16e, deels in de 17e eeuw; zijn biologische studies verschenen in de 17e. Hij schreef twee verhandelingen over het gezichtsvermogen, die klassiek werden, *Paralipomena in Vittelionem seu Astronomia pars Optica* (1604) en *Dioptrice* (1610). Het oog blijkt te accomoderen en de pupil daarbij te vernauwen. Het netvlies is de plaats van waar de lichtstralen samentreffen en een omgekeerd beeld vormen. Kepler richtte zich vooral, corrigerend, tegen Vittelio en Porta (IV.30), die al eerder ter sprake kwamen. Na Keplers werk werd de methode van de studies over het gezichtsvermogen verfijnd in overeenstemming met de technische mogelijkheden.

Kepler leefde hetzelfde gevaarlijke leven als zijn tijdgenoten-astronomen, als Copernicus en Galilei. Zijn moeder werd – dank zij goede relaties – nog juist niet als heks verbrand en Kepler werd buiten de stadsmuur begraven omdat hij protestant was.

De gevolgen van de mathematisch-empirische beoefening van de biologie zijn meer-malen uitvoerig beschreven; hier volgen nog enige fysiologische onderzoeken in de 17e eeuw, die deze bijzonder duidelijk demonstreren. Het werk van Harvey was daar eveneens een voorbeeld van (VI.10).

15. Santorio voorziet de fysiologie van de statistische methode

De fysiologie van de mens was het arbeidsveld van Santorio Santorio (alsook Sanctorius Sanctorius), die in Capodistria (Triëst) in 1561 geboren werd en in Venetië in 1636 stierf. Na een opleiding in Padua (de universiteit die Venetië beheerde) vestigde hij zich als arts in Venetië, aanvaardde een professoraat in theoretische heilkunde in Padua omstreeks 1612, maar ofschoon hij veel weerklank vond bij zijn werk, hij keerde naar Venetië terug, waar hij woonde en werkte tot zijn dood.

In de periode dat Santorio in Padua doceerde was Galilei, drie jaar jonger dan hij,



Fig. 45. Weegschaal. (Uit S. Santorio, *De Medicina Statica Aphorismis*, 1641.)

daar eveneens werkzaam en het wekt geen verbazing dat meten en wegen Santorio de grondslagen voor zijn onderzoek verschaften. Hij deed hetzelfde experiment als Erasistratos met zijn gekooide vogel (VI.4) maar koos zichzelf als proefobject.

Dertig jaar bracht hij op een speciaal geconstrueerde weegschaal door. Hij sliep, at en dronk, kortom woonde op zijn weegschaal. Voortdurend werd zijn lichaamsgewicht gecontroleerd, het gewicht van voedsel en afgescheiden excrementen en de verschillen in gewicht op verschillende tijden. Santorio kwam tot het resultaat dat het lichaam onophoudelijk iets aan de omgeving afstaat, gewicht verliest dat niet uit de gevonden gewichtsgegevens verklaard kan worden. Hij besloot dat een gezond lichaam ruim 1 kg in 24 uur aan gewicht verliest, door een *perspiratio insensibilis*, een onmerkbaar zweten, merkwaardig genoeg precies dezelfde term als die Erasistratos in het Grieks voor zijn vogel gebruikte. Toch is het wel zeker dat Santorio nimmer van Erasistratos meer geweten heeft dan Galenus meedeelde. De tweëntwintig delen Galenus zouden eens zorgvuldig gecontroleerd behoren te worden of misschien toch de proef met de vogel vermeld wordt.

Met behulp van een *pulsilegium*, een polsslagteller die hijzelf bedacht, deed Santorio onderzoek over de pols- en hartslag, en hij gebruikte een thermometer om lichaamstemperaturen te kunnen volgen. Men kan vermoeden dat Galilei bij het bedenken en vervaardigen van Santorio's thermometer betrokken is geweest.

Honderden korte uitspraken en conclusies bundelde hij als *Ars de Statica Medicina*, een boek dat in 1614 verscheen en in vele talen vertaald vele heruitgaven beleefde. Zijn keuze van objecten (polsslag, ademhaling, lichaamstemperatuur) en zijn techniek voor het onderzoek sloten nauwkeurig aan bij die van Cusanus (VI.8). Zijn methode – statistisch en vergelijkend fysiologisch onderzoek – zou vooral in de 19e eeuw grote opgang maken en grote resultaten opleveren.

Niet zonder een glimlach denken wij terug aan deze eerste diëtist in de geschiedenis die als juiste leefregel adviseerde om gezeten in een stoel op de weegschaal, nadat deze was ingesteld om bij de juiste gewichtstoename in beweging te komen, de maaltijd te gebruiken zodat de eter automatisch gewaarschuwd werd als de toegestane hoeveelheid verorberd was.

16. Een groot wijsgeer theoretiseert over biologie: Descartes

En Descartes? Zijn fysisch onderzoek stond op hoog peil. Hij ontdekte de straalbrekingswetten die Snellius ook vond. Filosofie en wiskunde plaatsten hem vooraan, bij de grootsten van zijn tijd. Hoe viel zijn onderzoek uit van biologische vraagstukken, zijn poging de levensverschijnselen fysisch-mathematisch te verklaren?

Wat zijn lichaamsbouw aangaat, moet de mens iatromechanistisch beschouwd worden. Als een standbeeld, of beter nog, een door God uit aards slijk gemaakte machine. God heeft ons zoals een uurwerk in elkaar gezet en het lichaam functioneert zoals een automaat.

Les Passions de l'Âme, Art. 6 . . . “en wij zijn van oordeel dat het lichaam van de levende mens evenveel van dat van een dode mens verschilt als een horloge of een andere automaat (dw.z. een machine die zichzelf beweegt), wanneer het opgewonden is en een drijfveer in zich bergt om mechanisch de bewegingen waartoe het vervaardigd werd, uit te voeren, door middel van de vereiste onderdelen om

zijn taak te verrichten, en hetzelfde horloge (of een andere machine) als het kapot is en de drijfveer om het lopende te houden niet meer werkt.”

Descartes' fysiologie is grotendeels te vinden in *Traité de l'Homme* (1648). Van de iatrochemici wilde hij niets weten. Over de bloedbeweging had hij de volgende opvattingen.

In de hartwand wordt hitte opgewekt en als het bloed zich nu in een van de beide hARTHelften bevindt, dan wordt het warm, verhit en het zet uit. Iedereen kan zich daarvan vergewissen als bijvoorbeeld bloed of een andere vloeistof in een zeer hete kom gedruppeld wordt. De druppels schuimen en zetten uit (1637). Ik sta er stom verbaasd van, schreef Descartes, als ik overweeg dat iedereen toch altijd geweten heeft dat het hart het warmste lichaamsorgaan is en dat warmte het bloed doet uitzetten, dat niemand eerder heeft bedacht dat dit de oorzaak is van het uitzetten van het hart.

Harveys boek over de bloedsomloop was twintig jaar eerder verschenen. Descartes kende het, meer nog, hij nam het voor Harvey (lauwtjes) op tegenover diens vijanden. In weerwil van zijn krijgshaftig verleden (V.21) was Descartes nimmer een strijder (hij koos het hazenpad toen zijn grote voorganger Galilei in moeilijkheden geraakte).

Zijn beschrijving van de hartbeweging en toelichting daarop wijken dus volkomen van die van Harvey af. De bloedsomloop, daarentegen, beschreef hij volgens Harvey (*Pass. de l'Âme*, Art. 7), en toch zweeg hij over Harveys vondst: het ontbreken van de poriën in het harttussenschot. Behoedzaam omzeilde hij die kwestie. Dat gelukte Descartes in zijn relaas over de hartfunctie en het gelukte ook in de volgende redenering, die verklaren kan waarom hij de klassieke poriën in het hart zwiJgend uit de weg gaat.

Het bloed, verklaart Descartes, druppelt gestaag het hart binnen, links en rechts, in de boezems komend uit de holle ader en de longader en daar verhit en verfijnt de levenswarmte het bloed en maakt dat het opschuimt. De hartwand oefent tegendruk uit op het bloed en dit duwt de aderkleppen in de doorgang van de toevoerende aderen dicht. En steeds onder spanning, duwt het de kleppen van de slagaderen open. Alle arteriën schieten tegelijkertijd vol en ziedaar, de polsslslag. Als de hartbeweging ontstaat zoals Harvey beschreven heeft, dan “is dat nog moeilijker te begrijpen dan alles wat hij beweert dat zich door die hartbeweging zou voltrekken”. Neen, de warmte en de uitzetting van het bloed daardoor, dát veroorzaakt de hartbeweging.

Descartes heeft de hartcontracties nu fysisch-mechanisch verklaard. “Het vlees van de long is zo losjes en zacht en wordt zozeer doorlucht door de ademhaling, dat naarmate de bloeddamp die uit de rechterhartholte ontsnapt en de slagader binnengaat, die de anatomen longslagader noemen, in de long aankomt, de damp zich verdikt en weer tot bloed wordt. Daarna zal het druppelsgewijs in de linkerhartholte vallen.” Samen met het in het hart veredelde bloed, stijgt naar de hersenen een gasachtige vloeistof van nobele aard op, en daar wordt het tot een zeer fijne en ijle stof, eigenlijk “une flamme très pure et très vive”. De slagaderen eindigen rondom een klein kliertje, dat ongeveer in het midden van de hersenen ligt. Daar hebben die slagaderen een zeer groot aantal kleine gaatjes waardoor de allerfijnste bloeddeeltjes passeren en die klier binnen gaan; die gaatjes zijn zo klein, dat niets anders dan die allerfijnste *spiritus animalis* erdoor kan. Dit kleine kliertje is de pijnappelklier (epifyse).

Men staat, dit lezend, versteld. Het fameuze wondernet is, zij het niet met zoveel woorden en wat verschoven toch functioneel in ere hersteld.

En Descartes liet de poriën, overal waar hem dit paste en geheel volgens de traditie sinds Platoon, Galenus en de hunnen, een rol spelen, een fysiologisch hulpmiddel, dat

allerwege met instemming begroet werd. De 'zeeftheorie' om klierwerkingen te verklaren, begint bij Descartes en houdt tot het einde van de 18e eeuw stand, een karakteristieke fysisch-mechanistische benadering van de levensprocessen.

De redeneertrant, die Empedokles toepaste op de ademhaling (I.10), staat bij Descartes herboren voor ons. Harveys afwijzing van de harttussenschotporiën was Descartes niet sympathiek en hij zweeg er over. Hij bedacht onbekommerd grote of kleine poriën, als dit zijn betoog kon steunen.

De vondst van Erasistratos (II.2) en van Harvey, dat de hartslag door de systole veroorzaakt wordt, was rechtstreeks in tegenspraak met Descartes mededeling, dat de diastole, de expansie van het hart door het verhitte, opbruisende bloed, dit teweegbracht. Maar Descartes liet zich evenmin door Vesalius' betoog over de fysieke behuizing van de ziel van zijn stuk brengen (V.11). Onderzoek, waarneming, stoorden zijn biologische redeneerlust niet, noch ook zijn vier uitmuntende 'règles', die de Sokratische dialectiek samenvatten en die al geciteerd werden (V.21).

Volgen we nu de fijnste deeltjes *spiritus animalis* op hun weg: zij komen in de pijnappelklier binnen en behouden de snelheid van bewegen, die zij al bezaten bij aankomst. Van daar uit gaan zij de hersenholten binnen en daarna de zenuwen, nauwe buisjes, die van de hersenen naar de spieren leiden. Bij de spieren aangekomen, doet de *spiritus animalis* deze van vorm veranderen en de ledematen bewegen. Hoe moeten wij ons dit voorstellen?

Alle waarnemingen, beelden, geluiden, of welke aard van perceptie ook, komen van de buitenwereld onze zintuigen binnen. Wij registreren die met de hersenen. Daar komen alle indrukken bijeen. Van zintuigen uit leiden zintuigzenuwen alle gewaarwordingen naar dat meest centrale orgaan in de hersenen, waar de slagadertjes al *spiritus animalis* opsloegen. Het is een knobbeltje boven op het dak van de derde hersenholte, zoals gezegd, de pijnappelklier.

Dat is precies boven "de doorgang van de voorste hersenholten naar de achterste, waar de 'esprits' passeren op hun weg van de voorste holten naar de achterste". Wij hebben deze Middeleeuwse veronderstelling genoemd. De ziel heeft daar, zegt Descartes, zijn 'siège principal', zijn residentie, want van die plek uit kan hij de esprits heel gemakkelijk bereiken en regelend besturen.

En bedenk, betoogde Descartes, dat onze zintuigen dubbel zijn. Twee oren leiden geluid naar binnen, beide ogen zien eenzelfde beeld, dat zich dus verdubbelt. Er moet daarom een enkelvoudig orgaan zijn, waar die tweevoudige waarnemingen tot een enkele versmolten worden. Welnu, er is één pijnappelklier waar onze ziel werkzaam is. En iedere waarneming zal de ziel een beweging doen veroorzaken, omdat hij een wilsbesluit neemt naar aanleiding van elke waarneming. Op dat bevel van de ziel vloeit, via de hersenporiën en de zenuwen de *spiritus animalis*, die hersendamp, naar een spier; het werd reeds vermeld. Men zou de hersendamp volgens Descartes eigenlijk wel 'pneuma' willen noemen.

Het bloed, meende hij, kan ook zielsopdrachten overbrengen maar het is vooral belast met het vervoer van levenswarmte, een soort vuur dat in het hart verwekt wordt en dat alle bewegingen gaande houdt. De esprits veroorzaken dus, na zielsbevel, de bewegingen. Descartes heeft er bewijs voor. Bedenk eens hoe bewegingen in kracht en in toelag verschillen.

Les Pass. de l'Âme, Art. 15: "En deze ongelijkheid kan voortkomen uit de verschillen in de samenstelling van de componenten die hen veroorzaken. Dat is ken-

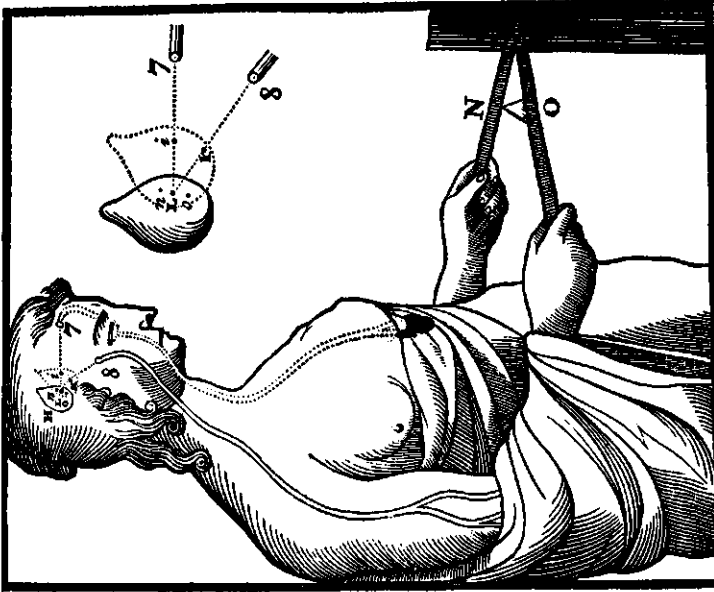


Fig. 46b. Descartes laat de pijnappelklier (H) naar behoefte kantelen en zich verplaatsen om waarneming en beweging op lager niveau te verklaren. Via 8 ontvangt de pijnappelklier bericht van de aanraking met het stokje O van een paal en dit is oorzaak van een verschuiving en vooroverbuigen van de klier zodat het oog (via 7) zich omlaag richt en vervolgens naar hartelust de stand van stokje N kan regelen. (Uit Rothschuh, 1969; Biohistorisch Instituut, Utrecht.)

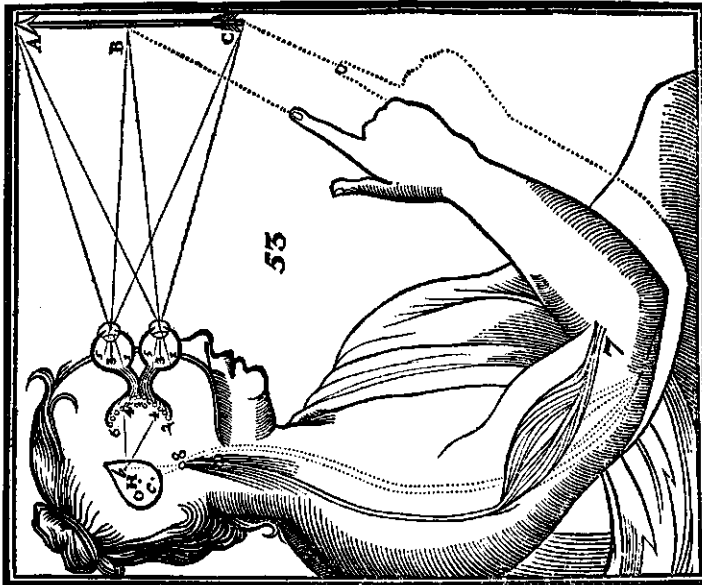


Fig. 46a. De functie van de hypofyse of pijnappelklier (H) bij het bewegen van de spieren ten gevolge van 'zien', door Descartes schematisch verduidelijkt. Recht vooruitziende worden de gezichtsimpresies van het visuele beeld ABC in de ogen gebundeld, via de zenuwbuisjes die in de hersenholte uitmonden (6-4-4-2) naar de pijnappelklier (H) overgebracht en dan stroomt 'spiritus' naar de armspieren. Via buis 7 zwellen en verkorten die als spiritus via 8 wegstroomt verslappen zij en worden zij langer. De arm beweegt op en neer. (Uit Descartes, *Tractatus de Homine*, 1664; Uni versiteitsbibliotheek, Leiden.)

nelijk het geval bij hen die veel wijn gedronken hebben. De dampen van de wijn gaan snel het bloed binnen en stijgen op naar het hart en vandaar naar de hersenen, waar zij zich in esprits transformeren, esprits die veel sterker en veel overvloediger zijn dan de esprits die er gewoonlijk worden aangetroffen en daardoor zijn zij in staat het lichaam te laten bewegen op allerlei zonderlinge manieren.”

Wijngesest ontregelt, maar ook de normale *spiritus animalis* laat zich differentiëren.

Les Pass. de l'Âme, Art. 16: “Bovendien verdient het aandacht dat onze lichaamsmachine zo gebouwd is, dat alle wijzigingen die in de loop van de esprits teweeggebracht worden, kunnen veroorzaken dat zij sommige poriën van de hersenen wijder openen dan andere, en omgekeerd. Dat heeft als gevolg dat als een of andere porie meer of minder geopend is dan gewoonlijk door de inwerking van de zenuwen die de zintuigelijke waarneming verzorgen, dit de route van de esprits enigermate verlegt. In feite worden zij de spieren binnen geleid, die bestemd zijn om lichaamsbewegingen te effectueren, op de wijze waarop zij gewoonlijk in beweging gezet worden terwille van zo'n beweging. Uiteindelijk zullen alle bewegingen die we maken zonder dat onze wil daaraan bijdraagt (zoals meermalen voorkomt als we ademen, lopen, eten en kortweg alle bewegingen die wij en de dieren beiden overeenkomstig verrichten) van niets ander afhankelijk zijn dan van het samenspel van onze ledematen en van de weg die de esprits, welke van nature door de hartwarmte aangedreven worden, door de hersenen volgen, zowel in de zenuwen als in de spieren, op dezelfde manier zoals het bewegen van een horloge veroorzaakt door alleen de kracht van zijn veer en door de vorm van zijn rader-tjes.”

Terwijl Descartes, als het biologie betreft, er lustig op los fantaseerde, stelde hij niettemin in zijn laatste werk, *Les Passions de l'Âme* (1649), duidelijk nogmaals aan de orde, dat bewegingen willekeurig of onwillekeurig kunnen zijn.

Van den Berg zag Descartes als de ontdekker van de reflexbeweging (1961, p. 212) en citeerde de treffende beschrijving daarvan (*Pass. de l'Âme*, Art. 13). Descartes echter, die dergelijke verschijnselen meermalen vermeldde maakte hen nimmer los van onwillekeurige bewegingen zoals hartslag of zelfs lopen, of van reacties op prikkels (geur, geluid, koude) en ik denk dat Canguilhem (1970) terecht besloot, dat Descartes wel signaleerde en beschreef maar het bijzondere van de reflex niet onderkende: het was een onwillekeurige beweging zoals vele andere. Van veel meer belang dan deze prioriteit is dat Descartes nadrukkelijk staande hield dat alle waarnemingen – zij komen alle van de buitenwereld naar ons toe en gaan binnen – de hersenen passeren en dat een aantal niet de pijnappelklier zullen aandoen, maar een kortere weg volgen. Dat wordt de aanzet tot nadere studie van de reflex en van de werking van het sympathisch zenuwstelsel.

Tenslotte noteer ik nog dat volgens Descartes de ziel met het gehele lichaam verbonden is, aanwezig in alle lichaamsdelen en ondeelbaar. Een halve ziel of een stukje ziel is onmogelijk. De ziel is na een amputatie niet kleiner geworden. En als de lichaamsmachine breekt, neemt de ziel in zijn geheel afscheid (Art. 30).

Maar onze gemoedsaandoeningen, ons willen en onze menselijke ratio huizen in de pijnappelklier. Dieren hebben geen pijnappelklier (dacht Descartes) en bijgevolg geen wil, geen gevoelens, geen besef, zoals wij. Willis (V.25) constateerde echter al spoedig (1664) dat dieren wel degelijk een pijnappelklier bezitten.

Maar door de (veronderstelde) afwezigheid van die klier, dat centrum van perceptie, gevoelens, willen, beseffen, ondervinden dieren dus geen pijn, verklaarde Descartes.

Zij nemen waar, doch de waarnemingen gaan de hersens door naar de spieren, zoals dit in het boven gegeven citaat beschreven wordt. Daar komt geen zielsreactie aan te pas.

Als een schaap in het maanlicht een wolf ziet, zal het beeld in het oog van het schaap de *spiritus animalis*, de 'liquide très subtil', in beweging zetten en tot in de kleinste vezeltjes doen doordringen zodat het dier zijn spieren beweegt en op de vlucht slaat.

Deze veronderstellingen vinden gehoor. N. de Malebranche (Parijs, 1638 – Parijs, 1715), volgeling van Descartes, filosoof, theoloog en wiskundige van wereldfaam, met een voortdurende belangstelling in biologie, die omstreeks het begin van de 18e eeuw in Europa een grote rol speelde, vertolkte Descartes' inzichten.

"Dieren zijn zonder verstand of bewustzijn in de gebruikelijke betekenis. Zij eten zonder eetlust, zij schreeuwen zonder pijn, zij groeien zonder dit te begrijpen, zij begeren niets, zij vrezen niets, zij beseffen niets. Indien zij zich misschien eens zo gedragen dat dit verstandig schijnt, dan is dat het gevolg van een lichaamsinrichting, die God zó heeft besteld, dat ter wille van zelfbehoud zij redeloos, zuiver mechanisch, alles ontlopen wat hen dreigt te verderven."

Deze opvattingen hebben aanmerkelijk bijgedragen aan de alle redelijke proportie te buiten gaande rage waarmee vivisectie in de 18e en 19e eeuw beoefend werd.

De spijsvertering berokkende Descartes evenmin grote moeilijkheden als de zenuwfysiologie. Het zijn eveneens processen die door warmte en mechanica begrijpelijk worden. In de maag van de mensmachine dringen allerlei vloeistoffen door tussen de voedseldeeltjes; zij duwen die uiteen, roeren hen om en verwarmen hen. Die verwarming lijkt op het "roeren van ongebluste kalk door water". Zodoende worden maag en darmen actief gemaakt. Het voedsel verteert, d.w.z. verdeelt zich in twee gedeelten: het afval (dat verwijderd wordt) en het voedzame, dat veel fijner verdeeld, onbegrijpelijk vele gangetjes passeert en dan in de grote ader aankomt, die naar de lever voert. En daar is de wijdte van de poriën beslissend voor wat binnenkomt en buiten blijft. Zowel de wijdte van de vaten als de wijdte van de poriën regelen voor elk orgaan zijn aandeel in voedingssap. Men weet niet waar men zich meer over verbazen moet, over zo'n botte toepassing van vooroordeel als het fysiologie betreft door een genie als Descartes, of over zijn tijd, die verrukt was over zijn 'gloednieuwe', maar in wezen meer dan 1500 jaar oude, fysiologische theorieën.

Als vierendertig-jarige begint hij zich met anatomie en fysiologie bezig te houden. Hij bezoekt slaggers en ziet hoe zij dieren ontleden. Zelf onderzoekt hij, door vivisectie, de hartbewegingen en -functies. Hij voert de klassieke studie over de ontwikkeling van het kuiken binnen het bebroede ei uit.

Bronnen van informatie daarbij zijn Galenus en vooral diens 'nazaat' Jean Fernel (1497, Clermont-en-Beauvaisois – 1558, Parijs). Fernel was wiskundige, astronoom en arts en zijn *Physiologia* (in 7 'boeken', 1542) werd het standaardleerboek tot in de 17e eeuw. Even onbekommerd als Descartes over Fernels mededelingen fantaseerde, borduurde Fernel voort op Galenus' studies, en voegde vele versieringen toe.

Noch zijn lectuur noch zijn waarnemingen belemmeren Descartes in zijn betoog dat zijn twijfelingen uitmuntend verbergt. De ganse dierfysiologie beschrijft hij, poriën openend en sluitend, zevend, *spiritus* producerend en vervoerend, temperatuur inzetend naar believen: een machinist die alle kranen en verbindingsbuizen laat functioneren zonder ze gezien te hebben, en dit zonder schroom of twijfel. Bewegende partikel-tjes, groot en klein, die zich wiskundig gedragen, veroorzaken alle natuurverschijnselen. Laten wij de wetten van vuur, water, hemellichamen, lucht doorgronden (in plaats

van de Aristoteliaanse dagdromen) en de kennis daarvan zal ons meester en eigenaar maken van de natuur (rendre comme maîtres et possesseurs de la nature; 1637). Bacon had het in 1620 precies zo gezegd.

De geschriften van Descartes over metafysica, wiskunde (hij schiep de analytische meetkunde) en muziek verschaften hem een wereldnaam en een blijvende plaats in de cultuur van het Westen. De tweeslachtigheid van zijn theorieën bood steun aan materialisten (zoals Diderot en Marx) die daarin een voortzetting zagen van de opvattingen van o.a. Demokritos, Lucretius en Galilei. Anderzijds bevorderden zijn idealistische en spiritualistische standpunten de ontwikkeling van wijsgerige stelsels zoals van Bergson en Husserl.

Dit dualisme – streng gescheiden materiële en geestelijke werelden – typeert Descartes, zowel zijn leven als zijn werk (V.21). Het weerspiegelde zich in de ontwikkeling van de biologie. Enerzijds besturen zijn richtlijnen voor onderzoek, zijn geadviseerde methode en zijn leer van de wetenschappelijke twijfel veel biologisch denken tot heden toe maar omgekeerd verloren zijn biologische beweringen hun invloed binnen honderd jaar, na een korte zegetocht. Talloze biologen hebben in de loop der geschiedenis de nadruk gelegd op de noodzaak een theorie of conclusie te baseren op degelijk en feitelijk onderzoek en niemand met meer nadruk dan Descartes. Niettemin is mij geen geval bekend waar theorie en praktijk in het werk van één geleerde zo volkomen elk een eigen weg gingen.

17. Borelli: de biofysica. Glisson en Wharton

Giovanni Alfonso Borelli (1608, Napels – 1679, Rome) kenschetste de fysiologie als een onderdeel van de fysica dat zich bijzonder leende voor verfraaiing en verrijking door middel van de wiskunde. Naast zijn wiskundige en fysische onderzoeken en medische werk – die wij niet zullen bespreken – was Borelli een geboren biofysicus die grote nadruk legde op de biomechanica; hij geldt als de voornaamste iatrofysicus.

Na in Rome wiskunde gestudeerd te hebben werd hij in Messina als hoogleraar benoemd (in mathematica), omstreeks 1640. Borelli was zo geboeid door Galilei's wiskundige ontdekkingen dat hij van universiteitswege Galilei mocht gaan bezoeken. Het betekende een reis naar Florence. Hij kwam te laat. Galilei stierf korte tijd na zijn aankomst.

In Messina teruggekeerd bestudeerde Borelli de pestepidemie van 1647-1648 op Sicilië. Hij kwam tot de conclusie dat de ziektekiemen zich door de lucht verspreidden.

Pisa kreeg in de vijftiger jaren een bloeiende universiteit dank zij de krachtige steun van de De Medici's. Borelli begon zijn professoraat (wiskunde) te Pisa in 1656. Malpighi kwam een paar maanden later uit Bologna dat in biologische zaken Pisa als een gelijke moest erkennen. Zij werden vrienden en werkten samen (Malpighi keerde na drie jaar weer naar Bologna terug). Borelli moet voor zijn spier-studie door Malpighi's microscopen gekeken hebben. Zij beiden en als derde bioloog Redi die twintig jaar jonger dan Borelli was (VI.19) maakten bij de oprichting deel uit van de Accademia del Cimento (V.22) die in 1657 werd opgericht. Borelli werd in feite leider van de Accademia.

Hij zou een driftige, norse, sombere man geweest zijn, boers in zijn optreden. Vermoedelijk wilden zijn tijdgenoten hiermee zeggen dat hij zich onverbiddelijk aan zijn werk wijdde en sociale verplichtingen daarvoor liet wijken en dat hij de strijkages en de

façade van de kleine Pisa-gemeenschap rond de De Medici met moeite verdroeg, dat de zuiverheid van de wiskunde die Borelli gehoorzaamde en vereerde de goede verstandhouding met praatjesmakers belemmerde. Na twaalf jaar Pisa keerde Borelli terug naar Messina (1668). Ik denk dat hij daar gelukkig was: druk bezig met literatuurstudies, geologie (uitbarsting van de Etna), geschiedenis, en boven alles met zijn meesterwerk *De Motu Animalium* (Over het Bewegen der Dieren). De politiek maakte een eind aan zijn vrijheid. Hij zou bij een samenzwering betrokken zijn geweest om Sicilië onafhankelijk te maken. Borelli vluchtte naar Rome in 1674; tijdige vlucht is de enige uitweg als een geleerde zich door politici bedreigd ziet.

Christina van Zweden – die Descartes meer dan twintig jaar geleden naar Stockholm haalde – had in 1654 afstand van de troon gedaan om haar eigen leven te kunnen leiden. In Rome gevestigd wilde zij daar kunsten en wetenschappen bevorderen. Borelli benoemde zij tot haar lijfarts en hij moest tevens lezingen houden voor Christina's vriendenkring. Dit verschafte Borelli een klein inkomen dat hij kon aanvaarden zonder zich te schamen en het gaf hem tegelijkertijd de mogelijkheid aan zijn boek te werken. In 1677 stal zijn huisbediende al wat hij bezat met uitzondering van zijn manuscripten. Christina kon geen uitkomst meer bieden en Borelli zocht zijn toevlucht in een klooster waar hij de kost kreeg in ruil voor wiskundelessen. Op 31 december 1679 stierf hij. Zijn boek had nog geen uitgever.

Niettemin verscheen het jaar na zijn dood, in 1680, het eerste deel van *De Motu Animalium*. Een prelaat had het van een voorbericht voorzien dat Borelli prees als een trouwe zoon van de Kerk die de leer had hooggehouden in alle zaken van astronomische aard (Galilei, Borelli's leermeester, was niet vergeten). Het tweede deel van *De Motu* verscheen in 1681.

Bij Descartes had Borelli gelezen dat mensen en dieren lichamelijk niets anders dan machines zijn en bijgevolg had hij zich in het bewegingsmechanisme van de machines verdiept. Zijn proefnemingen betroffen het bewegen van ledematen, ademhalingsmechanica (en -fysiologie), hartarbeid, bloedbeweging, spijsvertering van vogels (en andere dieren), vliegen en zwemmen.

Lichaamsbewegingen zijn van uitwendige of inwendige (fysiologische) aard. De uitwendige betreffen vooral skelet en spieren. Spieraanhechting en spiercontracties veroorzaken beweging. Een spier, betoogde Borelli, gedraagt zich zoals een touw dat nat gemaakt wordt. Het dikkere, verkortende touw zal een zwaar gewicht opheffen. Dit model beheerste Borelli's studies over spierwerkingen.

De mathematisch-mechanische werking van de spiercontractie moet onderscheiden worden van de aard van het samentrekken, een levensverschijnsel dat het gevolg is van zenuwwerking.

Over de spierbouw had Steno twee artikels geschreven (V.30) en Malpighi was een behulpzame collega. Borelli bevestigde Vesalius' mening die Steno onderschreven had dat spiervleesweefsels contraheren. Het *caro*-gedeelte van de spier krimpt samen en niet de pees- en bindvezels of membranen. De spierstructuur waartoe Borelli besloot is juist gebleken. De huidige anatoom gebruikt een gewijzigde nomenclatuur voor de samenstellende delen en kent fijnere details dank zij betere technische mogelijkheden maar aan Borelli's ontwerp behoefde geen wijziging te worden aangebracht.

Voortbordurend op het beeld van het natte touw en op de suggesties van Descartes schreef Borelli dat spieren door samentrekking het levende lichaam doen bewegen en dat deze samentrekking slechts tot stand kan komen door een ruimtelijke toevoeging,

niet door een onstoffelijke agens dat zoals een ondeelbare punt geen afmetingen bezit. Spierweefsel heeft drie dimensies en als het opzwellt, dikker en groter wordt, moet materiaal toegevoegd worden. Het is de gedachte die Descartes geopperd had.

Door een experiment liet Borelli zien dat geen 'gas' of *spiritus* aansprakelijk kon zijn voor spiercontractie. Maak overlans insnijdingen in de spieren van een levend dier en houdt het onder water. Het zal wild spartelen. Dan zouden uit de spieren vele gasbelletjes moeten ontsnappen. Dat gebeurt niet. Bijgevolg geen effervescentie, opschuimen, *spiritus* enzovoorts.

Om de spier samen te laten trekken is een *succus nerveus* noodzakelijk, een zenuwvocht, ongetwijfeld een zeer subtiële en vluchtige stof, erkende Borelli, maar een vloeistof. Geen gas, niet luchtachtig maar vloeistofachtig, zoals wijngeest (alcohol). De *succus nerveus* gaat van het oppervlak van het lichaam, waar van buiten af ontvangen waarnemingen aankomen, langs zenuwen naar de hersenen. Daarna van de hersenen naar de spieren, die daardoor gaan bewegen. Maar *succus* heeft ook een voedende en vormende functie. De *succus nerveus nutritivus* zorgt voor de voedselvoorziening van de organen omdat het door het bloed aangevoerde voedsel door de *succus* geactiveerd en gevormd wordt. *Succus nerveus spirituosus* werkt ter plaatse, chemisch of meer waarschijnlijk, fysisch, nooit op een afstand. Daarmee distancieerde Borelli zich van Fabrizio en anderen die de *spiritus animalis* of, al naar het viel, een *aura vitalis* of een *aura seminalis* te hulp riepen om verschijnselen 'op afstand' begrijpelijk te maken. *Succus nerveus seminalis* werkt dan ook, verklaarde Borelli, ter plaatse, verzorgt de voeding en zaadvorming bij planten en dieren.

Succus wordt via de zenuwen getransporteerd maar niet omdat zenuwen buisjes zijn maar omdat zij te vergelijken zijn met een vliertak; zij zijn niet hol maar bevatten merg. Het merg zuigt zoals een spons de *succus* op. Een proef met een schapemaag demonstreerde Borelli's gedachte. Men vult de schapemaag met spons, laat hem dan vol water zuigen en een trilling veroorzaakt aan het ene maageinde doet zich voelen aan het andere.

Berekeningen wijzen uit dat vaste verhoudingen bestaan tussen spierkracht en gewichtsverplaatsing. Een mens zal nimmer kunnen vliegen. De cijfers wijzen het uit.

Hoeveel arbeid verricht het hart, de werkzaamste spier van ons lichaam? De spiermassa van het hart is ongeveer gelijk aan die van de twee onderkaakspieren samen. Daarmee moet de bewegende bloedmassa in gang gehouden worden, de bloedvaten doorstromen en de haarvaten. Borelli besloot na vele berekeningen dat de uitgeoefende hartkracht ongeveer 60 000 kg zou moeten zijn. De linkerhartkamer heeft een wat hogere temperatuur dan de rest van het hart en daar wordt dus het meeste werk verzet. De kamer kan 1000 kg omhoog houden.

Het hart veroorzaakt een bloedbeweging volgens de opvattingen van Harvey en de opschuimingstheorie volgens Descartes (VI.16) wees Borelli af. Het hart werkt als een wijnpers en perst tengevolge van spiercontracties van de wanden. Ademhaling is een spierwerking in samenhang met druk en tegendruk van binnen- en buitenlucht. In de longen neemt bloed uit de lucht niets op, niets in chemische zin, geen *sal igneo-aereum* (Mayow; VI.13). Wel komen luchtdeeltjes in het bloed binnen tijdens het verblijf in de long, lucht die oplost in vloeistof (maar lucht blijft) en zo, in oplossing, door vliesjes, longblaaswandjes, kan passeren. Daar zijn geen poriën voor nodig en zo neemt bloed in de long lucht op: mechanisch-fysisch.

Lucht is dan ook de allereerste noodzaak om te leven; hart- en bloedwerking staan op

de tweede plaats. Malpighi had betoogd dat de wisselende druk in de longen diende om de bloedbestanddeeltjes beter te laten mengen maar daar maakte Borelli op vrij onheuse manier bezwaar tegen. Zijn relatie met Malpighi heeft hij, onnodig en onnuttig geschaad.

De mechanica van de spijsvertering had eveneens Borelli's aandacht. Hij ging uit van de gespierde en hoornige maag van vele vogels die in staat zijn daarmee hard voer te verbrijzelen. Kalkoenen kregen holle loden bolletjes en doosjes te slikken, en glaskralen, en Borelli vond die voorwerpjes in de excrementen vergruizeld en geplet terug. De spijsvertering van dieren die zo'n spiermaag bezitten (roofvogels, vissen, dolfinen) geschiedt door middel van spijsverteringssappen. Borelli maakte berekeningen hoe groot de kracht moet zijn om hazelnoten of glaskralen in de spiermaag te kraken.

De zeeftheorie van Descartes om klierwerkingen te verklaren volgde Borelli trouw en met voordeel. Uit een vloeistof verdwijnen fijne deeltjes die een geperforeerde wand kunnen passeren terwijl de grovere deeltjes achterblijven.

Onder leiding van Borelli ontleedde Laurentio Bellini (1643, Florence – 1703, Florence) een hert dat de hertog van Toscane op jacht gedood had. Het blijkt dat het nierweefsel uit talloze fijne buisjes bestaat die in het nierbekken uitmonden. Borelli en Bellini kunnen verklaren dat de haarvatstagadertjes in de nierschors bloed aanvoeren waar het vrij komt. Nu gaat het waterachtige bestanddeel de nierkanaaltjes in en het overige de haarvatadertjes. De onderzoekers hadden geen geringe steun van Malpighi's recente vondst dat de nierslagadertjes met de nierkluwentjes in open verbinding staan (V.23). De grootte en vorm van de bloedsamenstellende deeltjes veroorzaken dat slechts het waterachtige bloedvocht de nierkanaaltjes binnengaat. Met spiervezels hebben die kanaaltjes niets te maken want zij zijn de weg die de urine volgt. Bellini weet het zeker nadat hij de vloeistof heeft geproefd. In 1662 verscheen zijn verhandeling *De Structura Renum* (Over de Bouw van de Nieren), een opmerkelijke prestatie voor een zo jonge man.

Drie jaar later ontdekte Bellini op de tong de smaakpapillen, die Malpighi op eigen kracht ook ontdekt had.

Borelli's biofysische methode vond navolging. Dit leidde tot ontsporingen. A. Pitcairn (1652-1713) betoogde dat de maag, het middenrif en de ingewanden al het voedsel vergruizelen zodat het oplost en daarmee is de spijsvertering voltooid. Digestieve chemisch-fysiologische processen spelen geen rol. Maar anderen verbeteren en verdiepen Borelli's methode (Boerhaave in de 18e eeuw) terwijl in de 19e eeuw belangrijke resultaten volgen (Weber).

Het is karakteristiek dat Sylvius (VI.13) de aloude spiritussen vervangen had door chemisch werkzame stoffen en Borelli door fysisch actieve stoffen; de spiritualiteit van de spiritussen liep kennelijk ten einde.

In Engeland werkten twee tijdgenoten van Borelli in het grensgebied van anatomie en fysiologie en benaderden spiercontractie en klierfysiologie op overeenkomstige manier.

Francis Glisson (1597, Rampisham, Dorset – 1677, Londen) was dadelijk overtuigd van de verdiensten van Harveys werk over de bloedsomloop en de eerste om de nieuwe leer te verkondigen. Hij had in Cambridge klassieke talen gestudeerd en daar Grieks gedoceerd maar ging in Londen medicijnen studeren. Hij was een enthousiast lid van het Invisible College en werd medeoprichter van de Royal Society (V.22). Glisson bracht zijn leven in Engeland door, met tussenpozen in Colchester, in Londen en zo nu en dan ook in Cambridge waar hij hoogleraar in de medicijnen was sinds 1636.

De biologie dankt aan Glisson het begrip 'irritabiliteit', het vermogen van dierlijk weefsel op een prikkel te reageren. De aard van de prikkel moest Glisson in het ongewisse laten maar zijn aanwezigheid laat zich onmiskenbaar vaststellen.

Na een brede vergelijkend-anatomische studie van de lever bij verschillende diergroepen (1654) verklaarde Glisson dat gal in de lever verhevigd wordt afgescheiden en door de galblaas in het darmkanaal uitgestort na geprikkeld te zijn door opgenomen voedsel.

Borelli's *succus nerveus* is een verkeerde veronderstelling. In 1677 verscheen *De Ventriculo* (een reeds in 1662 geschreven verhandeling) waarin Glisson de proef beschrijft die Borelli's vergissing aangaande de spierwerking aantoont.

Een zwaar gespierde arm wordt ingesloten in een met water gevulde, aan alle zijden gesloten buis die van een stijgbuis is voorzien. Als de bezitter van de arm de spieren balt, daalt het water in de stijgbuis, laat hij daarentegen de spieren verslappen dan zal het water in de stijgbuis omhoog gaan. Spieren worden bijgevolg wanneer zij zich samentrekken niet volumineuzer maar hebben een verminderde inhoud. Daarmee waren Descartes' en Borelli's beweringen over spiercontracties ontzenuwd al hadden zij nog niet afgedaan.

Veel jaren werkte Glisson aan een boek waar hij zijn geloofsbelijdenis als bioloog in neerlegde. Het verscheen in 1672 met de titel *Tractatus de Natura Substantiae Energetica*. Aristoteles' denkwijze bleef Glisson levenslang toegedaan maar diens causa's wilde hij hervormen. Allereerst is er *Natura*, de natuur, die de bron is van alle materie, alle plantaardig en alle dierlijk leven, de verwekker van de materiële, de vegetatieve en de animale geaardheid. Mij is geen vergelijkende studie van Glissons biologie-theorie en Spinoza's filosofie bekend; het zou de moeite waard kunnen zijn. Zij stierven in hetzelfde jaar.

De bouw en functie van klieren hadden de aandacht van Thomas Wharton, de veel jongere vriend van Glisson, die in 1652 als praktizerende arts in Londen voor de Londense geneesheren college's gaf. Zijn voordrachten werden gebundeld en verschenen in 1656: *Adenographia* (Beschrijving van de Klieren).

Voor Wharton is 'klier' een term die zowel hersenen, als de tong, bloedvaten, zenuwen en lymfevaten dekt en met inbegrip van de klieren in de huidige begrenzing.

Het trekt de aandacht dat noch Glisson noch Wharton de microscoop gebruikten die toch met zulke spectaculaire successen in de Royal Society benut werd.

Wharton trof klieren met en zonder afvoergang aan. Bloed komt door een arterie naar een klier en als deze een afvoergang bezit zal het bloed stoffen afstaan die daarna door de klieruitgang ontsnappen. Een voorbeeld daarvan is de onderkaakspeekselklier die Wharton voor het eerst beschreef waarbij hij aantoonde dat speeksel werd afgescheiden (VI.13). Toch is de aanwezigheid van zenuwvertakkingen in klieren veel belangrijker dan de bloedvoorziening, oordeelde Wharton. Nu zag hij twee mogelijkheden. Als de klier een afvoergang heeft kan de klier de *succus nerveus* zuiveren en het bij die zuivering verwijderde vocht door de afvoergang laten verdwijnen. Als de klier geen afvoergang heeft dan zal het afvalvocht door de aderen of de lymfe worden weggevoerd maar, meende Wharton, toch zou ook de klier wel eens een stof kunnen afstaan aan de *succus nerveus* waardoor deze versterkt, krachtiger, zou worden. Hiermee had Wharton de grondslagen voor de klierfysiologie gelegd.

18. *Mariotte en Malpighi; de plant- en dierfysiologie vergeleken*

De nieuw ontdekte bloedsomloop bij dieren wekte het vermoeden dat bij planten evenzo een kringloop van voedend sap te vinden zou zijn. Inderdaad verklaarde Johann Daniel Major (1634, Breslau – 1693, Stockholm), hoogleraar te Kiel, in 1665 dat dit het geval was. Een vergissing voortvloeiend uit de overoude opvatting dat dieren en planten zomaar vergeleken kunnen worden.

Edmé Mariotte (1620, Dijon – 1684, Parijs), een abt met bijzondere biologische talenten, werkte lange tijd samen met de Parijzenaars (V.22). Met Perrault probeerde hij door ringvormige insnijdingen in takschors – zoals men bloedvaten onderbreekt bij dieren – die sapcirculatie aan te tonen, maar slaagde daar niet in (zie ook V.31). Naast belangrijke andere ontdekkingen komt Mariotte de erkenning toe dat hij de voedingsfysiologie van planten vernieuwd heeft, voor het eerst een goede grondslag heeft gegeven. Zijn denkbeelden passen bij die van de biochemici.

Sinds Aristoteles was de geleerde wereld overtuigd dat een plant uit de bodem alle stoffen opnam die hij voor groei en bloei benodigde. Een plant was als het ware een dier met de mond in de aarde (I.16; VI.9). Door verschillende mengsels van de opgenomen stoffen kregen de planten zelf een andere smaak of geur. Mariotte wees deze gedachte af. In 1679 verklaarde hij (*Sur le Sujet des Plantes*) dat planten ‘zout’, salpeter, zwavel, aarde en water uit de bodem opnemen. Met behulp hiervan vormt de plant zelf allerlei stoffen, verschillende stoffen, elke plant volgens zijn aard. Die stoffen maken groei mogelijk, voeden en veroorzaken smaak en geur.

Dat moet wel, betoogde Mariotte, want talrijke planten staan heel dicht bijeen op een klein bodemoppervlak en geuren en smaken verschillend. Ze hebben verschillende medicinale uitwerkingen en zij bevatten stoffen die men in de bodem niet aantreft. Enten leveren een ander produkt dan de onderstam. Planten verwerken de opgenomen bodemstoffen zelfstandig, wijzigen die.

Voeding en ontwikkeling zijn fysische en chemische processen. De plantenpsyche volgens Aristoteles is iets waar geen mens iets van begrijpt.

Drie vormen van materie moet men onderscheiden: grove, fijne en de allerfijnste (onzichtbare, meest subtiele) stoffen. Zij trekken elkaar aan, verenigen zich en worden nieuwe stoffen. Een verbrandende of ontbindende plant valt uiteen in de oorspronkelijke samenstellende materievormen (kringloop).

Lengtegroei ontstaat door sapdruk. Deze constateert men want melksap komt bij verwonding naar buiten en bij het ‘bloeden’ van planten. De druk ontstaat omdat de stoffen de plant binnenstromen en niet meer kunnen ontsnappen. Wel is er transpiratie. Mariotte deed goede pogingen om deze te meten (1667). Toch blijft voor hem die sapdruk een onvoldoende verklaard verschijnsel.

In 1699 nam John Woodward (1665, Derbyshire – 1728, Londen), die aan het Graham College in Londen verbonden was en heilkunde doceerde, Mariotte's transpiratieproeven opnieuw ter hand, maar zonder succes. Hij verwierf echter een plaats in de geschiedenis der biologie omdat hij de methode van watercultures bij het voedingsfysiologische onderzoek van planten als eerste toepaste.

In de 18e eeuw werd Mariotte's onderzoek over sapdruk en transpiratie door Chr. Wolff en Stephan Hales voortgezet (VII).

Diktegroei, veronderstelde Mariotte, is het gevolg van het aanzwellen van het stengelmerg. Hierover liet hij zich niet verder uit. Waarom Sachs (VII) meende dat Ma-

riotte zijn mergtheorie aan Aristoteles ontleende – die immers de planten ‘ziel’ in het merg had geplaatst – begrijp ik niet. Mariotte was niet van zins Aristoteliaans te denken en Aristoteles heeft zich bij mijn weten niet over diktegroei bij planten uitgelaten. Misschien bedoelde Sachs dat Aristoteles de vegetatieve psyche met groei liet samengaan en in het merg huisvestte maar dit raakt Mariotte’s opvatting niet. Zijn betekenis is juist dat hij door zijn fysiologisch-chemische verklaring van de groei der planten de verouderde mening van Aristoteles ontcrachtte.

Volgens een gangbare gewoonte van zijn tijd schreef Mariotte zijn wetenschappelijke mededelingen in de vorm van brieven. Zij verschenen onder de titel *Essais sur la Végétation des Plantes* ruim dertig jaar na zijn dood (in 1717). Hij blijkt de eerste bioloog geweest te zijn die begreep waarom periodiek uitdrogende plassen zich zo snel groen kleuren. Het is het gevolg van door de lucht vervoerde kiemen. Ongetwijfeld heeft hij die inval aan Perrault te danken, de geestdriftige aanhanger van de panspermie-theorie (V.31).

Hoe verplaatst het voedende sap zich? Mariotte en Perrault hadden de vraag niet beantwoord. Malpighi (V.23) vergeleek het met de bloedbeweging, want het sap verplaatst zich zowel omhoog als omlaag. Planten hebben vaten, buisjes, in de bast en in het hout. Bijzondere buisjes kunnen bijzondere dingen bevatten, bijvoorbeeld melksap of hars. Maar de gewone houtvaten bevatten lucht. Planten moeten ademen, net zoals mensen en dieren. Ook bestaat hout goeddeels uit vezels. Deze geleiden het voedende water, dat door de wortels naar binnen stroomt. Het is te vergelijken met een wiek of kaarsepit. Het water kan onbeperkt hoog stijgen want het gaat druppeltje voor druppeltje. Ook oefent de buitenlucht druk uit in samenwerking met de lucht in de houtvaten, zodat de vloeistof voortgeperst wordt.

Zonlicht stooft in de bladeren de sappen, die de houtvezels toevoeren, en dit veredelt het sap. Malpighi heeft nimmer een sap-omloop bepleit, maar hij werd wel meermalen zo geïnterpreteerd. Zo bijvoorbeeld Hotton (de opvolger van P. Hermann te Leiden, X), die in zijn inaugurele rede (1695) de planten een ononderbroken sapkringloop toeschreef, waarbij hij naar Malpighi en Grew verwees als de ontdekkers van deze overeenkomst in de fysiologie van plant en dier. Hotton legde uit hoe de ringvaten (tracheïden) en vezels, die lucht bevatten en zich ritmisch samentrekken, daardoor het plantesap voortstuwen, zoals bij dieren de bewegingen van de borstkasbeenderen het transport veroorzaken.

Malpighi bestudeerde dwarsdoorsneden van *Castanea*-takken en maakte met behulp van zijn microscoop uitstekende tekeningen. Met tussenpozen van een jaar of een half jaar volgde hij de takontwikkeling en vond dat elk jaar een nieuwe houtige ring, buiten de vorige om, wordt toegevoegd. Het lijkt op beendergroei, oordeelde Malpighi. Het eerste weefsel (spint) is met ‘vet’ (*adipes*) te vergelijken en de witte lagen zijn *alburnum* (talk).

Om het verband tussen voeding en groei na te gaan maakte Malpighi insnijdingen in de bast van verschillende bomen in verschillende seizoenen, maar zijn methode gaf geen mogelijkheid om tot een duidelijke slotsom te komen.

Meeldraden (vgl. Camerarius, VI.20) hebben invloed op de zaadproductie, want zij ontdoen het voedingsap van bestanddelen die zaadzetting verhinderen. Na zuivering komt het verbeterde sap bij het vruchtbeginsel aan. Het is, schreef Malpighi, misschien niet ongepast om, in overdrachtelijke zin, het ontluiken van de bloem als een maandelijks zuivering op te vatten.

Malpighi bevrijdde zich nimmer van de vooropgezette wens om met elke interpretatie van de functie van organen die hij beschreef, de gelijkgeaardheid van plant en dier te illustreren. Hij publiceerde zijn opvatting van de meeldraadfunctie in 1675.

Minder dan 20 jaar later is Camerarius gereed met zijn experimenteel bewezen conclusie, dat de meeldraden dezelfde functie hebben als dierlijke mannelijke geslachtsorganen. Het schijnt aannemelijk dat juist Malpighi die ontdekking zou gedaan hebben. Misschien versperden de misères van zijn latere leven (V.23) hem daartoe de weg.

19. Redi en de *generatio spontanea*

Ofschoon Francesco Redi (1626(7)-1693(8)) zoveel anatomisch onderzoek deed dat hij onder de 17e-eeuwse anatomen een ruime plaats verdient, is toch zijn werk veeleer fysiologisch van aard, fysiologisch in de klassieke, ruime omschrijving. Hij studeerde in Pisa en in Florence waar hij lijfarts van de groothertog van Toscane, stichter van de Accademia del Cimento (V.22) werd. Redi was niet alleen arts, maar ook de literatuur genegen en de biologie toegewijd. Hij oordeelde onafhankelijk, kritisch, waagde het theorieën te poneren, maar eiste dat hijzelf de experimentele bevestiging zou leveren en hij werkte zonder af te laten, zoveel en zo lang als hij vermocht. Die laatste karaktertrek was in de 17e eeuw geen uitzondering.

Aristoteles had beweerd dat de ezel de enige viervoeter zonder luizen was. Redi beeldde meer dan levensgroot een fraaie luis af die hij op een ezel gevangen had en noemde die *Pediculus asini* (ezelsluis). Ongetwijfeld wilde hij 'asinus' slechts met de luis in verband brengen, maar kritiek op Aristoteles was geen middel om aangenaam te midden der collegae te kunnen leven.

In 1664 publiceerde Redi over de gifklier van een adder, *Vipera aspis* (Coiter had die in 1572 al goed getekend), maar hij toonde nu aan dat het gif niets met de gal van de adder had uit te staan en bovendien dat het slechts werkzaam is als het in de bloedbaan van zoogdieren binnenkomt.

Lezend in zijn *Ilias* vond hij het vreemd dat Achilles aan Thetis vroeg het dode lichaam van zijn vriend Patroklos tegen de vliegen te beschermen (boek XIX), omdat hij niet wilde dat zij het lijk zouden aantasten. Wist Achilles dan niet dat vliegen (door *generatio spontanea*) 'vanzelf' uit rottend vlees ontstaan?

De proeven die Redi nu onderneemt zijn zeer eenvoudig en zeer afdoende. Hij legt stukken vlees deels in open, deels in met perkament gesloten en deels in door mousseline-gaas overdekte potten. Het blijkt hem dat vliegen open potten binnen gaan, eieren op het vlees leggen, dat uit de eieren larven komen, die verpoppen, en dat daarna weer dezelfde vliegen verschijnen. De vliegen pogen door het gaas te komen, slagen daar niet in en leggen eieren op het gaas. Geen maden ('wormen' was de gebruikelijke naam) onder het gaas, wel rotting en geen vliegen. Voor de met perkament afgesloten potten tonen zij geen belangstelling.

Bewezen is dat de 'wormen' in rottend vlees verschijnen uit de eieren, die vliegen er gedeponereerd hebben en anders niet. Harvey (V.19) had gelijk. Redi is en blijft 'ovist'.

In 1688 verscheen zijn boek over de voortplanting van de insekten (in het Latijn, 1686, te Amsterdam) in het Italiaans: *Esperienze intorno alla generazione degl' Insetti*.

Uit Bodenheimers (Engelse) vertaling van Redi's *Esperienze* het navolgende:

"Al zal ik mij onderwerpen aan verbeteringen door iemand wijzer dan ik, als ik

onjuiste opmerkingen zou maken, wil ik mijn geloof te kennen geven dat de aarde, nadat hij de eerste planten en dieren had voortgebracht, aan het begin in opdracht van de almachtige Schepper, sindsdien nimmer enigerlei planten of dieren gemaakt heeft, hetzij volmaakte of onvolmaakte, en dat alles wat wij in het verleden of in deze tijd leerden kennen, slechts voortkwam uit de zaden die de planten en dieren eigen zijn, die op deze wijze door eigen middelen hun soort in stand hebben gehouden. En al is het een alledaagse waarneming dat talloze wormen in dode lichamen en rottende planten verschijnen, ben ik geneigd te menen, ja geloof ik, dat deze wormen alle voortkomen door uitzaaiing, en dat de rottende massa waar zij in gevonden worden geen andere functie heeft dan als een plaats te dienen, een doelmatig nest, waar de dieren hun eieren in leggen in de broedtijd, en waar zij dan tevens voedsel vinden. En iets anders, beweer ik, ontstaat er nooit ofte nimmer in.” . . .

“Na deze dingen overdacht te hebben, begon ik te geloven dat alle wormen die in vlees aangetroffen worden, stamden van wat vliegen hadden laten vallen en niet voortkwamen uit de rotting van het vlees, en ik raakte nog meer in die veronderstelling gesterkt toen ik bemerkte had dat voor het vlees wormstekig werd, vliegen er boven zwierden, van dezelfde soort als degene die er na verloop van tijd uit te voorschijn kwamen. Een veronderstelling is voos zonder een experiment dat het bevestigt.

Midden juli legde ik daarom een slang, wat vissen, enige alen uit de Arno en een pak vlees van een kalf in vier grote wijdmondsflessen. Toen ik deze goed had afgesloten en verzegeld, vulde ik hetzelfde aantal flessen maar liet deze open. Al spoedig werd het vlees en de vissen in deze laatste flessen wormstekig en vliegen vlogen af en aan. Maar in de gesloten potten zag ik geen enkele worm ofschoon vele dagen nadat ik het dode vlees erin had gelegd, voorbij gegaan waren. Op de buitenkant, op de perkamenten afsluiting, was nu en dan een vlieg-excrement te zien of een made die ijverig zocht naar een spleetje waardoor hij naar binnen zou kunnen om daar voedsel te vinden. Met deze experimenten nog niet tevreden deed ik vele andere proefnemingen, in verschillende seizoenen, en gebruik makende van verschillende potten. Om niets onbeproefd te laten, liet ik zelfs stukken vlees begraven maar al bleven zij weken ondergronds toch brachten zij nimmer wormen voort hetgeen steeds het geval was als vliegen de mogelijkheid hadden om op het vlees te gaan zitten.”

Athanasius Kircher (1605-1680) kapittelde Redi. Allereerst al wegens zijn gebrek aan eerbied voor Aristoteles, maar bovendien omdat Athanasius toch recepten gegeven had om met verschillende mengsels van modder, excrementen en plantedelen (Paracelsus, IV.30; VI.11) naar wens kevers, vlinders en andere insekten te kweken. Insekten ontstaan wel degelijk uit organische stoffen, uit rotting, uit lichaamsvochten. En hoe dan met de insekten uit gallen, uit vruchten en de ingewandswormen?, vroeg Athanasius.

De aanwezigheid van wormen in andere levende dieren of mensen moet verklaard worden door de aanwezigheid van een ‘zaad’, in lucht, water of voedsel, dat ingeademd of ingeslikt wordt. Insekten uit planten verschijnen uit vruchten, knollen of gallen nadat insekten eieren achterlieten, antwoordde Redi.

Dat kon hij niet bewijzen. Redi opende ca. 20 000 gallen en tenslotte veronderstelde hij een of andere ‘natuurkracht’ die de insekten verwekt. Dit onbevredigende resultaat kan Redi aangevuurd hebben tot zijn verdere, veelzijdige en bekwame onderzoek. In

1684 verscheen zijn uitstekende boek over “levende dieren die zich in levende dieren bevinden”.

Zijn speurtochten leverden hem het gezochte niet op, maar verrijkte de biologie met beschrijvingen van meer dan 100 soorten parasitaire wormen en met vele nieuwe anatomische gegevens, want Redi liet niet na deze te vermelden bij zijn zoeken naar de levenscyclus van de parasieten.

In één geval had hij succes: zijn anatomie van de spoelworm (*Ascaris*) bewees dat zij genitalia bezitten en eieren bevatten. Géén *generatio spontanea* voor de spoelworm!

Redi ontleedde vele zoogdieren (o.m. leeuw en beer), vogels (o.m. arend) op zoek naar parasieten, in nieren, spieren, levers en zwemblazen. Hij onderzocht met dit doel schaaldieren (kreeften) en weekdieren en werd daarmee de eerste bioloog die dat veld van onderzoek betrad. De cysticerken van de blaaswormen herkende hij als een fase in hun levenscyclus: de vroegste afbeeldingen zijn door hem getekend (1684).

Een stadium in het leven van de zuigwormen (Trematoda) herinnert aan hem: de ‘rediën’ (Filippi, 1837).

Wel had Redi de *generatio spontanea* of *aequivoca* teruggedrongen naar het domein van de microscoop (Van Leeuwenhoeks *animalcula*, V.28), wel waren de biologen, misschien in meerderheid, bij het aanbreken van de 18e eeuw overtuigd dat kikkers, padden, slangen, alen en insekten niet zo maar uit rottende materie ontstaan, maar er bleven vragen te beantwoorden, juist na het nieuwe uitzicht dat Redi opende.

20. Camerarius ontdekt de seksualiteit van de planten

In alle historische studies over botanie komt het onderzoek van Rudolf Jacob Camerarius (1665-1721), hoogleraar te Tübingen, met nadruk ter sprake. Verslagen van de proeven die hij tussen 1690 en 1694 uitvoerde, publiceerde Camerarius in de *Ephemeredes* van de Academia Leopoldina (V.22). Hij had sinds 28 december 1691 de seksualiteit bij planten onderzocht en vatte zijn resultaten samen in een brief, gericht aan zijn collega Valentini, te Giessen, getiteld: *De Sexu Plantarum Epistola* (1694).

Camerarius werkte eenvoudig, doelmatig en zonder noemenswaard instrumentarium. Hij had de gave heldere uiteenzettingen te geven, onbevangen te denken en te doen; zijn aanpak en zijn experimenten herinneren aan Redi.

Hij had opgemerkt dat een moerbeiboom elk jaar vrucht droeg, maar alle vruchten bleven steriel. In de nabijheid was geen katjesdragende moerbeiboom te vinden, dat wil zeggen een boom die nimmer vrucht draagt. De ♀ moerbeiboom zette vrucht in weerwil van de afwezigheid van een ♂ exemplaar. Dat verschilde van het verhaal van Plinius over de dadelpalm.

Zijn nieuwsgierigheid is gewekt. Hij isoleert twee vruchtdragende *Mercurialis annua*-planten door hen binnenshuis te zetten. De planten gaan door met bloeien, vruchten verschijnen maar ontwikkelen slecht en verdrogen. Camerarius snijdt de ♂ bloeiwijzen van *Ricinus*-planten af in een vroeg stadium. De ♀ bloeiwijzen op de plant zetten geen vrucht. Maïs vult zijn waarnemingen aan: door de bundel zijdeharen af te knippen van de jonge ♀ maïskolven blijven deze steriel. Korrels worden niet gevormd. Hij betoogde als volgt:

“Laat ik met de beschouwing van planten beginnen door naar de bloemen te kijken. Deze zijn de voorlopers van de zaden en zij hebben twee eigenschappen:

kroon en meeldraden. Als de laatste volledig ontwikkeld zijn, zijn zij anders gekleurd en eigenlijk een soort zakje of doosje. Elk staan zij op een draadje of steeltje en zij spleeten open. Op dat tijdstip zijn zij met een fijn, gelijkmatig poeder gevuld, dat naar buiten komt. Dit poeder kleurt de neus geel wanneer men aan een roos of lelie ruikt. Indien het op de hand uitgesmeerd wordt, blijkt het fijn en meelachtig te zijn en onder het microscoop wordt het zichtbaar als talrijke korreltjes, voor elke plant van een karakteristieke vorm en van sommige is het oppervlak stekelig.

De meeldraden omringen de stijl, die een verlenging is van het vruchtbeginsel. In vele bloemen treft men meeldraden en stijl aan, als de bloem nog gesloten is, alsof zij aan elkaar kleven, maar als de knop zwelt gaan zij uiteen en elk staat apart als de bloem open is. De stamper of stampers, al naar de plantensoort, zijn altijd dicht bij de meeldraden en zodoende kan het niet anders of het gevorkte einde moet door de meeldraden vroegtijdig en rijkelijk bepoederd worden.

Op het strekken van de kroonbladen en van de meeldraden volgt weldra hun dood. Daarna zwelt het lagere, blijvende deel van de stamper terwijl het bovenstuk verschrompelt. Uitgaande van deze waarneming opende ik een grote vlinderbloem, voor het ontluiken, om in dat vroege stadium de peul te kunnen bestuderen, die uitgroeit nadat de bloei beëindigd is. Tegen het licht gehouden, of onder de microscoop was het mogelijk kleine, groene blaasjes te zien, door de buitenwand, in een enkelvoudige rij op de naad van de jonge peul. Door de waarnemingen voort te zetten bij verschillende bloemen bleek dat deze blaasjes niets anders dan de hulsjes waren van de toekomstige zaden. En zo vinden we de primordia van de vruchten in de bloemen. Bijgevolg zouden we evenveel vruchten mogen verwachten als tevoren bloemen aanwezig waren, als niet sommige bloemen zouden afvallen of afgerukt worden door allerlei voorvallen eer rijping optreedt.

Bij sommige planten zijn de meeldraden zover van de stampers verwijderd dat zij een eigen orgaan vormen, dat verschrompelt zonder vrucht te vormen, terwijl op enige afstand de stamper en de zaadbeginsels zich ontwikkelen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de maïs.

De uitstekende pluim op de top van de stengel van dit graan is zo goed bekend dat een gedetailleerde beschrijving overbodig is. Na het verleppe en verdrogen van deze pluim zonder dat zaden zich vormen, vormen de dikke cilindrische kolven zich lager aan de stengel. De korrels daarvan zijn door enige bladeren omhuld en van elke korrel uit komt een lange draad, die op een staart lijkt en het poeder ontvangt.

In sommige planten ontmoeten we een andere verhouding tussen de meeldraden en de zaden. Bij *Mercurialis* en de hop dragen sommige planten bloemen en andere zaden. En als we de rijpe zaden in de bodem laten kiemen, bemerken wij dat er twee vormen uit ontstaan, die niet te onderscheiden zijn en dezelfde naam hebben, totdat het ogenblik komt waarop zij zich gereedmaken voor de voortplanting. Dan kan een ieder zien dat de ene slechts bloemen draagt, dat wil zeggen meeldraden, en dat deze zonder vrucht of zaad blijven terwijl de andere vruchten draagt, maar zowel de kroonbladen als de meeldraden volkomen mist.

In de tweede groep planten die bloemen en vruchten op dezelfde plant dragen, maar gescheiden, heb ik gemerkt hoe schadelijk het verlies van meeldraden voor

de planten is. Als ik bij *Ricinus* de ronde bloemknoppen verwijderde voor dat de meeldraden zich ontplooiden en er voor waakte dat geen nieuwe zich zouden ontwikkelen, kreeg ik nimmer van de overblijvende, niet aangeraakte zaadknoppen volkomen zaden, maar de lege zaadhuiden bleven hangen, verschrompelen en verdroogden. Met maïs verging het mij evenzo. Toen de groeiende kwasten vroeg afgesneden werden, verschenen twee aren die geen enkel zaad bevatten en niets anders dan een groot aantal lege zaadhuiden.

De moerbeiboom en het bingelkruid zijn een voorbeeld van de derde groep planten, waarbij vruchten en bloemen op gescheiden planten voorkomen. Een moerbeiboom die geheel alleen stond, zonder een ander exemplaar in de buurt met bloemen, droeg bessen die evenwel geen enkel zaad bevatten. En van *Mercurialis* droeg het zaaddragende gedeelte veel vruchten, maar nimmer een kiemend zaad als hij van de overige bloeiende planten gescheiden bleef. Het schijnt dus gerechtvaardigd om aan de meeldraden de functie van ♂ geslachtsorganen toe te schrijven en het zaadbeginsel met zijn stempel en stijl als het ♀ geslachtsorgaan te beschouwen.

Maar al hebben wij op deze wijze de sexuele verschillen in planten aangetoond, toch blijft het verloop van de voortplanting onduidelijk. Om dit moeilijke vraagstuk op te kunnen lossen zou het wenselijk zijn om door middel van de lynx-ogen der microscopisten te vernemen wat in de korrels van de meeldraden schuilt, hoe ver zij in het ♀ orgaan doordringen, of zij zonder vormverandering op de plek aankomen waar zij zich met de zaadbeginsels verenigen, en wat zij uitscheiden tijdens dat voorval."

In de slotparagrafen verklaarde Camerarius dat de werkelijke bevruchting raadselachtig blijft, terwijl hij vermeed partij te kiezen tussen ovisten en animalculisten. Belangrijker is nog, dat hij het bevruchtungsverloop bij planten homoloog acht met dat van dieren. Hoever dringen de stuifmeelkorrels door? Veranderen zij van vorm? Wat scheiden zij uit? Dat waren de drie actuele vragen van de fysiologie der zoölogische bevruchting. Planten bezitten geslachtsorganen, evenals dieren; is het bevruchtingsproces identiek?

In Camerarius' tekst komt het in zijn tijd heersende tekort aan terminologie en morfologische kennis naar voren; hij verwarde 'vrucht' en 'zaad', hij beschreef stempel, stijl en vruchtbeginsel onvoldoende. Het begrip 'bloeiwijze' was hem vreemd. Hij onderscheidde echter planten met meeldraden en stamper te zamen in de bloem, met meeldraad- en stamperbloemen op één plant, en planten met of meeldraad- of stamperbloemen. Ik denk dat niemand voor hem deze indeling duidelijk voor ogen stond.

In een nabij verleden waren mededelingen over de functie van stuifmeel gedaan.

In 1672 had Grew (V.24) veel aandacht aan stuifmeel gewijd. Waarom had God stuifmeel geschapen? Als voedsel voor insecten. En Grew beloofde dat hij nog een reden bekend zou maken, en wel een minstens zo belangrijke. Daar wilde hij later nog eens op terug komen. Die terughoudendheid kan nauwelijks anders begrepen worden dan uit Grews onzekerheid.

De herziene uitgave van *The Anatomy of Vegetables Begun*, in 1682, bevatte Grews conclusies. Met behulp van de microscoop worden stuifmeelkorrels zichtbaar, kleine balletjes, verschillend in grootte en uiterlijk, al naar de plantesoort. Zij vallen op de 'uterus' van de bloem, bevruchten deze op dezelfde manier als bij copulerende dieren en zijn het 'mannelijke' van de bloemen.

Had Grew intussen *Methodi Herbariae* van Zaluziansky gelezen, dat al in 1592 verschenen was? Adam Zaluziansky (1558-1613) had, nadat hij de plaats van de botanie als onafhankelijke wetenschap naast de medicijnen bepleitte, voor het eerst in de geschiedenis, ronduit gezegd dat stuifmeel onontbeerlijk is om vruchten te laten ontstaan na zovele eeuwen lang vage opmerkingen over 'stof', dat vrucht helpt aanzetten.

Zeker is dat Grew in november 1677 van Van Leeuwenhoek een brief over de *animalcula* ontving en over de bevruchtende uitwerking die zij schenen te bezitten en zeker is ook dat Grew er niets van wilde weten. In 1679 had Van Leeuwenhoek het pleit gewonnen (de facto, niet wat zijn theoretische overwegingen betrof (V.28): Grew was ovist). Heeft Grew hier een 'analogie' tussen stuifmeelkorrels en animalcula (in 1682) op gebaseerd? Hoe dan ook, Camerarius kwam tot eensluidende conclusies. Met dit verschil: hij stelde met eenvoudige, voor de hand liggende experimenten de nieuwe opvatting op de proef.

In de zeventiger jaren had Jacob Bobart, curator van de botanische tuin in Oxford (? - 1679, Oxford) bij *Lychnis dioica* vastgesteld, dat als stuifmeel de ♀ plant niet bereikte, geen vruchtzetting oprad. Het is waarschijnlijk dat Grew en Bobart met elkaar over de kwestie gesproken hebben. Bobarts proef trok nauwelijks de aandacht en oogstte geen bijval, kennelijk ook niet van Grew.

John Ray (1627-1705), een Engelse bioloog, wiens leven en werk later aan de orde komen (X), had het werk van zijn landgenoot Grew aandachtig gevolgd. Maar hij erkende dat planten in veel gevallen met hermafrodiete dieren vergelijkbaar waren, had opgemerkt dat sommige planten éénslachtige bloemen droegen en dat, in zo'n geval slechts ♀ bloemen vrucht konden voortbrengen (1686, 1688).

De sekse-bepaling bij planten in de laatste decennia van de 17e eeuw is een perfect voorbeeld van een ontwikkeling, stap voor stap, tot een gefundeerde, scherp omlinjende kennis. Het is een karaktertrek van iedere biologische ontdekking dat als de vondst vast is komen te staan hij uitgangspunt voor verder onderzoek wordt. Een biologische slot-som is nooit een slot.

Het verdient aandacht en een aantekening, dat een biologische ontdekking van groot gewicht steeds door enige onderzoekers die elk op eigen wijze tot een overeenkomstige gevolgtrekking komen, binnen een kort tijdsbestek komt vast te staan.

Overigens leidt de gang van zaken tot enige vragen. Waarom verrichten noch Grew, noch Ray, noch zovele andere, warm geïnteresseerde biologen experimenten zoals Camerarius, niet eerder, niet véél eerder?

Plinius had ze kunnen uitvoeren. Wat ligt ten grondslag aan het uitblijven van begrip van de seksualiteit van planten tot het einde van de 17e eeuw?

Camerarius overwoog en beproefde op een allereenvoudigste manier. Uit het geciteerde verslag van zijn onderzoek blijkt evenwel dat hij onbevooroordeeld waarnam, de feiten zorgvuldig verzamelde en objectief samenvoegde. Dat leidde zonder omwegen tot een duidelijke, bindende conclusie. Dat beleid onderscheidt Camerarius van zijn voorgangers op dit terrein en maakt hem tot de grondlegger van de bestuivingsbiologie en de leer van de seksualiteit der planten.

In de Oudheid kende men mannelijke en vrouwelijke getallen, meetkundige figuren, voorwerpen (edelstenen), metalen. In vele talen zijn bergen, rivieren, bomen vrouwelijk, en zon, hemel en geluid mannelijk. Biologen aarzelden soms niet, nog in de 17e eeuw, om te verklaren dat mannelijke planten vruchten dragen. Nog heden ten dage levert rond de Middellandse Zee dezelfde eikeboom 'mannelijke' en 'vrouwelijke'

kurk, d.w.z. de eerste grove buitenlaag en de later geoogste, fijner gestructureerde binnenlagen.

Welke redenen zijn voor deze volkse mystiek te vinden? Het schijnt een biologisch probleem bij uitstek en misschien is het zelfs meer dan dat. In een later hoofdstuk (IX) zullen wij dit onderwerp opnieuw bezien.

Literatuurkeuze

Hier volgen enige titels van algemene, historische overzichten die meestal tevens naar andere bronnen van informatie verwijzen. Deel 2 bevat een definitieve literatuurlijst met meer titels.

- Anker, J. & S. Dahl, 1944. *Leven en wetenschap*. Nederlandse bewerking door H. Engel. Thieme en Cie, Zutphen.
- Asimov, J., 1966. *Biologie in hoofdlijnen*. Wereldbibliotheek. Nederlandse vertaling van *The wellsprings of life*. New American Library, Mentor Books, 1963.
- Bodenheimer, F.S., 1958. *The history of biology*. Dawson & Sons, Londen.
- Burkhardt, R., 1907, 1921. *Geschichte der Zoologie und ihre wissenschaftlichen Probleme*. 2e Editie met H. Ehrhard, 2 delen, 1921. Göschen, Leipzig.
- Butterfield, H., 1957. *The origins of modern science, 1300-1800*. Bell, London.
- Carus, J.-V., 1872. *Geschichte der Zoologie bis auf Johannes Müller und Charles Darwin*. Oldenbourg, München.
- Crombie, A.C., 1959. *Medieval and early modern science*. 2 delen. Doubleday, Garden City, N.Y.
- Daumas, M., 1957. *Encyclopédie de la pléiade. Histoire de la science*. Gallimard, Parijs.
- Diels, H., 1934-1936. *Die Fragmente der Vorsokratiker*. 3 delen. Weidmann, Berlijn. Hereditie met W. Kranz, 3 delen, 1959-1960.
- Figuiet, L., 1868-1883. *Vie des savants illustres depuis l'antiquité jusqu'au dix-neuvième siècle avec l'appréciation sommaire de leurs travaux*. 5 delen. Hachette, Parijs.
- Gilson, E., 1971. *D'Aristote à Darwin et retour. Essai sur quelques constantes de la biophilosophie*. Vrin, Parijs.
- Gomperz, T., 1896. *Griechische Denker. Eine Geschichte der antiken Philosophie*. Leipzig. Herdruk bij De Gruyter, Berlijn & Leipzig, 1922-1931.
- Greene, E.L., 1909. *Landmarks of botanical history I. Prior to 1562 A.D.* Smithsonian Misc. Coll., vol. 54, no 1870. Washington D.C.
- Jessen, K.F.W., 1864. *Botanik der Gegenwart und der Vorzeit in kulturhistorischer Entwicklung*. Brockhaus, Leipzig. Herdruk *Chronica Botanica*, Waltham, Massachusetts, 1948.
- Kirk, G.S. & J.E. Raven, 1957. *The pre-Socratic philosophers: a critical history with a selection of texts*. University Press, Cambridge.
- Louis, A., 1977. *Geschiedenis van de plantkunde (Eerste periode)*. Story Scientia, Gent-Leuven.
- Meyer, E.H.F., 1854-1857. *Geschichte der Botanik*. 4 delen. Borntraeger, Königsberg.

- Herdruk Asher en Co, Amsterdam, 1965.
- Möbius, M., 1968. *Geschichte der Botanik*. Fischer Verlag, Stuttgart.
- Nordenskiöld, E., 1946. *The history of biology*. Tudor Publishing Company, New York, N.Y. Engelse vertaling van *Biologins Historia*, 3 delen, 1920-1924.
- Rádl, E., 1905-1909. *Geschichte der biologischen Theorien*. 2 delen (deel 1 herzien, 1913). Engelmann, Leipzig.
- Sachs, J., 1875. *Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860*. München.
- Sarton, G., 1952. *Horus: a guide tot the history of science*. *Chronica Botanica*, Waltham, Massachusets.
- Sarton, G., 1955. *The appreciation of ancient and medieval science during the Renaissance*. Pennsylvania University Press, Philadelphia, Pennsylvania.
- Singer, C., 1928. *From magic to science*. Benn, Londen.
- Singer, C., 1959. *A short history of scientific ideas*. Oxford University Press, New York N.Y. & Londen.
- Sirks, M.J. & C. Zirkle, 1964. *The evolution of biology*. Ronald Press, New York, N.Y.
- Smit, P., 1974. *History of the life sciences*. Asher & Co, Amsterdam.
- Tannery, P., 1887. *Pour l'histoire de la science hellène. De Thalès à Empédocle*. Alcan, Parijs. Heruitgave Gauthier-Villars, Parijs, 1930.
- Zeller, E., 1919-1932. *Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwicklung*. 6 delen. Herdruk Olms, Hildesheim, 1963.

Register van persoonsnamen

Cursief gezette nummers verwijzen naar illustraties.

- Abdallatif ben Jusuf 140
 Abelard 171
 Abu Ali al Hussain Ibn Abdallah Ibn
 Sinâ el Bochara, zie Avicenna
 Abu al Walid Mohammed ibn Achmed
 ibn Mohammed ibn Rosjd, zie Aver-
 roës
 Abu Bakr Mohammed Ibn Zakarijja, zie
 El-Razi
 Abu Behr Ahmed ben Ali el Kasdani,
 zie Ibn Wahshijah
 Abu Bekr Mohammed Ibn Zakariah ar
 Râzf, zie El-Razi
 Abu Mohammed Abdallah Ben Ahmed,
 zie Ibn-el Baithar
 Abu Uthman Ibn Bachr 131
 Abu Zeid Honein 131
 Achellini, Alessandro 244,245
 Acosta 213
 Adelard 149-152
 Aelianus 112-115,123,193,206
 Aemilius Macer 89,96,148
 Aethelhard, zie Adelard
 Aetios van Amida 118
 Africanus, Johan Leo 210
 Agassiz 60
 Agesilas 114
 Aillianos, zie Aelianus
 Akroon 20
 Alarik 126
 Albert de Grote, zie Albertus Magnus
 Albert von Bollstädt, zie Albertus
 Magnus
 Albertus Magnus 48,125,126,158-163,
 175,203,357-359
 Aldhelm 141
 Aldrovandi 194,204,205,220,264
 Aldus Manutius 47,102
 Aléchamps, d' 207,208,263
 Alexander de Grote 45,66,85
 Alexander van Myndus 113
 Alexander van Tralles 118,355
 Alfons VI 140
 Alhasan ibn Mohammed Alwazzan
 Alfâsi, zie Africanus, Johan Leo
 Alhazen 137,356
 Al-Jahiz 131,132
 Alkmaioon 20,53,116,223,332
 Alpino 211
 Ambrosius 123
 Amyntas II 45
 Anaxagoras 25,28,29,124,227,332,333
 Anaximandros 14,15,53,65,331
 Anaximenes 16,53,331
 Andernach 206,245,247
 Andernacus, Guintherus (Quinterius),
 zie Andernach
 Anderson 183
 Andrea Amodio 168
 Andreae 288,320
 Andreas 81
 Andromachos 87,90
 Andronikos 47,67
 Anguillara 201
 Anicius Olybrius 87
 Anne 302
 Anselmus 124
 Apellikoon 47
 Apollodoros 82
 Appolonius van Tyana 114

- Apuleius, Lucius 115
 Apuleius madaurensis 115
 Apuleius platonicus 115
 Apuleius, Pseudo-, zie Pseudo-Apuleius
 Aranzi(o) 256
 Arber 6,180,198,202,209,210,217,372
 Archagathos 235
 Aristarchos 253
 Aristoteles 12,44-52,53,54-63,64,65-77,
 98,175,196,223-233,254,261,263,266,
 275,277,278,283,296,330,333,335-343,
 349,356,357,364,367,396
 Armato, d' 294
 Arnaldus 141
 Aromatari 272
 Arrianos Alexandrinos 85
 Arrianos van Nikomedia 85
 Artaxerxes 339
 Aselli 269,276,328
 Asklepiades Farmakioon 345
 Asklepiades van Pruse 85,344,345,351
 Asper 192
 Assyriërs 8
 Athanasius, zie Kircher
 Athenaios 81,83
 Augustinus 38,80,117,123-126,129,133,
 151,172,175,357
 Augustus 89
 A(u)rantius, zie Aranzi(o)
 Averroës 138,139,172,177
 Avicenna 55,136,137
 Azzolino 239
- Bach 311
 Backer 212
 Bacon, Francis 279,280,285,288
 Bacon, Roger 174-176,280,294,360,390
 Baer, von 308,340
 Barbaro 102
 Barbosa, Duarte 211
 Bartholin, Caspar 322
 Bartholin, T. 238,305,322,371
 Bartholomaeus Anglicus 179
 Basileios 118,119,121-123
 Bauhin 118,203,245
 Bausch 319
 Bell 348
- Bellaert 179
 Bellini 295,393
 Belon 199,205,206,259,260,261,262
 Benedictus 127,140
 Berengario, zie Carpi, da
 Berg, van den 116,153,238,239,252,
 270,277,388
 Bergson 390
 Bernard, Claude 256,338
 Bidloo 310
 Bitaud 158
 Blaes 305,322
 Blasius, zie Blaes
 Blegny, de 376
 Bliemetzrieder 153
 Bobart 402
 Bock 184
 Bodaeus a Stapel, E. 74
 Bodaeus a Stapel, J. 74
 Bodenheimer 84,129,131,188,365,397
 Boë, de la 245,305,307,377,378
 Boehme 311
 Boerhaave 237,311
 Boëthius 151
 Bonifacius VIII 239
 Bontius 304
 Borelli 265,287,344,390-394
 Bourignon, de 311
 Boyle 271,282,283,288,301,308
 Bremekamp 204
 Brock 349
 Broecke, ten 211
 Brook 110
 Brosse, de la 216
 Brunfels 182,183
 Brunner 378
 Buffon 31,98
- Caesalpinus, zie Cesalpino
 Calixtus II 172
 Calvijn 26,258,259
 Camerarius, Joachim 189
 Camerarius, Rudolf Jacob 396,397,
 399-402
 Cammermeister, Joachim, zie Camerarius
 Campani 294
 Camper 303,310

- Canano 249
 Canguilhem 388
 Carolus Stephanus, zie Estienne
 Carpi, da 238,243,244
 Carrichter 218
 Carus 167,320
 Casserio 253,268,269
 Casserius, zie Casserio
 Cato 235
 Cato, Marcus 235
 Celsus 80,93,95,233
 Cesalpino 70,203,204,220,272,362-364,
 369
 Cesi 286,296
 Chalcidius 44
 Chauliac, Gui de 262
 Christiaan IV 322
 Christina van Zweden 281,391
 Chrysippos van Knidos 110
 Chrysippos van Tarsus 83
 Chunrad von Maidenberg, zie Megen-
 berg
 Ciba 220
 Cicero 47,225,363
 Claudius 82
 Clemens IV 174
 Clemens VIII 203,240,362
 Clemens XI 258
 Clusius 196,198,199,200,206,210,213,
 263
 Coiter 258,264-266,329,397
 Colbert 292
 Cole 236,273
 Colombo 80,203,254-256,259,365
 Colonna 202,203,286
 Columbo, zie Colombo
 Columbus, zie Colombo
 Columella 92
 Columna, zie Colonna
 Commodus 105,106,112
 Constantinus Africanus 143,144
 Copernicus 252,278
 Copho 237
 Cordus, Euritius 188
 Cordus, Valerius 187-190,259
 Costa ben Luca 133,134,160,355
 Cowper 310
 Cratevas, zie Krateuas
 Crombie 104,125,153
 Cromwell 276
 Cryfftz, zie Cusanus
 Culpeper 294
 Curio 259
 Cusanus 215,280,360
 Cuvier 58,60,115
 Cyrillus 118
 Damokrates, zie Demokrates
 Darwin 22,26,27,40
 Delaunay 84,118,219
 Demokrates 89,90
 Demokritos 30,31,52,61,85,108,151,
 172,223,277,335,345,356
 Descartes 278,281-284,292,303,344,
 347,356,378,384-386,387,388-390
 Devic 131
 Diderot 390
 Diederici 134
 Diels-Kranz 27,28
 Diogenes van Apollonia 21,332
 Diogenes Laërtios 20
 Diokles 68,81
 Dionysios 87
 Dioskorides 86,87,101,102,182,187,197,
 207
 Divini 294
 Dobson 343
 Dodart 326
 Dodoens, zie Dodonaeus
 Dodonaeus 196,197,209,210,216
 Dorstenius 189
 Drebbel 294
 Dryander 245
 Dubois, zie Sylvius
 Duclos 326
 Dürer 182,192,243
 Durante 202
 Duverney 311,327
 Ebers 8
 Ecluse, Charles de l', zie Clusius
 Egenolff 189,196,207
 Eichmann, Johann, zie Dryander
 Elizabeth I 279

- El-Nafis 131,365
 El-Razi 131,132,355
 Empedokles 24,25,27,31,34,52,53,78,
 124,281,333
 Ent 276,291
 Epikoeros 31,91,108
 Epikrates 37
 Erasistratos 79,80,233,238,327,343,344,
 346,369,370,384
 Erasmus 198,245,372
 Eratosthenes 79,124
 Ernout 98
 Estienne 245,249,265
 Euritas 18
 Eustac(c)hio, Bartolomeo, zie Eustachius
 Eustachius 256,258
 Everaert 189

 Faber 287
 Fabricius 64,265-267,269,270,309,380
 Fabrizio, zie Fabricius
 Faenias, zie Fanius
 Fal(l)op(p)io, Gabriel(I)e, zie Fallopius
 Fallopius 254,256,265
 Fanius 67,81
 Febvre 43,195
 Fée 92
 Ferdinand 201,213
 Ferdinand, keizer 218
 Fernandez, zie Hernandez, Francisco
 Fernel 389
 Filinos 94
 Filippi 399
 Filippos van Macedonië 45
 Filolaos 17
 Fisalogus 165
 Flavius Arrianus, zie Arrianos van
 Nikomedia
 Flavius Philostratus 114
 Foster 255,259,267,298,327,363,376,
 380,382
 Frankenau 328
 Frans I 124
 Frederik II 142,155-157,162,262
 Froben 196
 Fuchs 184,185,186,187,193
 Fülmauer 185

 Galenus 25,87,103,104,107-111,176,
 233,235-238,244,246,249,252,253,255,
 267,271,327,330,335,345-354,364
 Galilei 40,271,277-279,281,286,385
 Garcia 200,211
 Garmann 324
 Gaza, Theodorus 74
 Geoffroy 308
 Gerard(e) 209,210
 Gerbert 130
 Gerhard 140
 Gesner 85,191-193,194,212,245,304
 Ghini 202,203,208,220
 Gilbert, William 278
 Gilles 205,206
 Glisson 393,394
 Gollancz 153
 Gordon 262
 Graaf, de 305,307,316,378,379,380
 Grew 296,298,299,300,301,316,401,402
 Gronovius 206
 Gualterus 219
 Guthrie 12
 Guyénot 273

 Hales 395
 Haller 301,328
 Ham 316
 Hamy 206
 Hanno 83
 Haroen-al-Rasjid 47
 Hartmann 319
 Hartsoeker 294
 Harvey 56,259,269-276,280,286,295,
 296,298,307,309,314,316,324,327,341,
 347,365,366,367-371
 Haskins 156
 Hegel 22
 Hekscher 306
 Helmont, van 245,372-376
 Henri II 206
 Herakleitos 21,22,51,53,332
 Heraklides 88
 Hermeias 45
 Hernandez, Francisco 213
 Hernandez d'Oviedo y Baldy 213,287
 Hero 151

- Herodotos 84,85,230,339
 Herofilos 79,81,95,233,238,343
 Herpyllis 45
 Hesiodos 10,11
 Heuvelmans 194
 Hhonian 131
 Hildegard 144,146,147,148,341
 Hippokrates 32,33-35,53,62,103,147,
 234,331,334,346,350,351,363
 Hippolytos 116
 Hoffmann 371
 Homeros 10,11,50
 Hooke 289,290,291,298,299,316,317,
 380,381
 Hooykaas 171,172,230,231,282,284
 Horne, van 305,307,324,327
 Hotton 319,396
 Hoyle 107
 Hrabanus 143
 Hunger 117
 Hunter 329
 Husserl 390
 Huygens 282

 Ibn-al-Haytham, zie Alhazen
 Ibn-al-Nafis 259,272,356
 Ibn-el-Baithar 139,140
 Ibn Washijah 131,132
 Imperato Ferrante 290
 Innocentius XII 294
 Isidoor 128
 Isingrin 185,196

 Jacob van Maerlant 164
 Jacobsen 322
 Jacobus a Voragine 167
 Jahia Ibn al Batriq 47
 James I 200,273
 Jaussen 294
 Jeanne de Bourgogne 242
 Jessen 7,119,134,135,215
 Job 146,147,322,341
 Johannes von Cuba, zie Johann
 Wonnecke von Caub
 Johann Wonnecke von Caub 180,181
 Johannes van India 170
 Johannes Platearius 167

 Johannitius 131
 Jolive 327
 Jones 233
 Jordanus Catalanus 171
 Julia Domna 114
 Juliana Anicia 87
 Julianus 118
 Jung 320-322
 Jungius, zie Jung
 Justinianus 126,130,355

 Kain 184
 Kalkar, van 247,250
 Kandel, David 184
 Kant 29
 Karel de Grote 169
 Karel I 273,276
 Karel V 213,254
 Karneades 38
 Kepler 382
 Kerkring 324
 Kircher 398
 Konchlas 89
 Kopf 131
 Koutjahi, zie Quthami
 Krafft 10,27
 Krateas, zie Krateuas
 Krateuas 85,86,87,117
 Kratylos 36
 Krebs, zie Cusanus
 Ktesias van Knidos 85,339
 Kühn 88,103
 Kyber, David 184

 Lamarck 26,49,85
 Lancisi 258
 Lavoisier 2
 Leclerc 326
 Leeuwenhoek, van 289,290,291,294,
 298,302,314-318,370,402
 Leibniz 261
 Leo I 139
 Leo X 201,210
 Leukippos 30,345
 Lind & Roofe 243
 Linnaeus 54,217,321
 Linschoten, Jan Huyghen van 211

- Lister 302,318
 Littré, Alexis 293
 Lobelius, zie Obel, de l'
 Locke 139
 Lodewijk XI 164
 Lodewijk XII 216
 Lodewijk XIV 292,326
 Lodewijk de Vrome 143
 Loe, van der 196
 Lonitzer 189
 Louis, P. 49,92,118,180,223,228
 Louvois 293
 Lower 301,380,381
 Lucretius 31,91,345
 Luther 196,277
 Lyell 40,120
 Lyte 197,209

 MacCurdy 257
 Macer Floridus 148
 Magelhaes 211
 Magentius Maurus, zie Hrabanus
 Major, Johann Daniel 395
 Mâle 356
 Malebranche 389
 Malpighi 33,289,291,293-296,297,298,
 308,370,390,393,396
 Manfred 157
 Manfredi, Hieronymo 244
 Mantegna 243
 Manuel 170
 Maranta 202
 Marcellus Empiricus 127
 Marchant 326
 Marco Polo 170
 Marcus Aurelius 105,108,112
 Marinos 233,237
 Mariotte 292,326,395,396
 Martyr, Pedro 213
 Marx 390
 Mattheus, zie Johannes Platearius
 Mattheus Sylvaticus, zie Pandectarius
 Mattioli 103,193,201,209
 Maximiliaan 197,218
 Maximiliaan II 201
 Mayow 289,291,381
 Mc Murrich 362
 Medici, Cosimo de 286,390
 Medici, Ferdinand II de 287
 Medici, Leopold de 287
 Meigenberg 164,179,180
 Melanchton 198,212
 Mendel 63
 Menedesmos 37
 Men(t)zel 319
 Mersenne 291,292
 Méry, de 293
 Messer Millione, zie Marco Polo
 Metrodorus 87
 Meyer 88,129,133,140,214
 Meyer, A. 185
 Meyer, A.W. 274,302
 Michelangelo 243
 Millington 299
 Mithridates VI Eupator 87
 Möbius 7,91,188,207,298,299,372
 Mohammed 130,355
 Mohyi-el-din-el-Tatavi 356
 Monardes 213
 Mondeville, Henri de 262
 Mondino de Luzza, zie Muninus
 Montaigne 214
 More 288
 Morphus 110
 Moufet 192
 Mozes 107,119
 Mucianus 98
 Muffet, zie Moufet
 Mulkay 4,5
 Müller, J. 63,64
 Müller, Jacob Theodor, zie Taber-
 naemontanus
 Mundinus 203,222,240,241,242,243
 Muralt 319
 Mussenbroek, van 310

 Naber 219
 Nearchos 85
 Neckam 164,165
 Needham, J. 55,145,147,271,283,295,
 296,358
 Needham, W. 302
 Nero 82,87
 Nestorius 129,355
 Newton 27,29,283,284
 Nicola di Conti 171

- Nicolaas IV 262
 Nicolaas V 74
 Nicolaus Damascenus 131,160,168
 Nicot, Jean 212
 Niger 102,103
 Nikandros 82,89,102
 Nikolas van Kues, zie Cusanus
 Nikomachos 45,66
 Nissen 32
 Noach 184
- Obel, de l' 189,196,200,210
 Occam, zie Willem van Ockham
 Ôdo 148
 Odorico de Pordenone 170,171
 Olaus Magnus 194
 O'Malley, Poynter & Russell 366
 Oparin 107
 Oppianos van Apamea 115
 Oppianos van Silicië 114,115
 Oribasios 118,355
 Ornstein 292
- Pa(a)uw 305,306
 Pagel 376
 Paludanus, zie Broecke, ten
 Pamfilos 83,88
 Pandectarius 181,219
 Paracelsus 7,65,214-216,218,371-373
 Parisano, zie Parisanus
 Parisanus 275,276,371
 Parmenides 23,40,53,332,334,342,344,347
 Pasteur 107
 Paulus van Aegina 118,355
 Paulus III 278
 Pausanias 20
 Pavo, zie Pa(a)uw
 Pearson 115
 Peck 48,49,56,340
 Pecquet 292,305,327,328
 Pena 200
 Penn 192
 Pepin 98
 Perikles 28,84
 Perrault, Cl. 291,292,325,326,395,396
 Peter de Grote 308
 Petit 7,59,84,98,106,131,204
- Petit et Théodoridès 7
 Petrarca 172
 Petrus Gyllus, zie Gilles
 Petrus Peregrinus 174,176
 Peyer 378
 Philips van Nassau 184
 Philips II 213
 Philymenos 115
 Picus 314
 Piero Giacosa 183
 Pierre de Maricourt, zie Petrus Peregrinus
 Pigafetta 211
 Piso 304
 Pitcairn 393
 Pius II 360
 Plantijn 196
 Platearius 181
 Platoon, 36,38,40,41,43-45,49,50,76,228,230-232,238,334,336,340,356
 Platter 245
 Plinius, Caius P. Caecilius Minor 96
 Plinius, Caius P. Secundus Major 81,87,95,97,98,101,124,148,233,235
 Ploetarchos 29
 Polybos 334,349
 Popper 1
 Porphyrius 185
 Porta, della 216,286,376
 Portal 263
 Praxagoras 343
 Prester John 170
 Priest 209,210
 Primrose 370
 Pseudo-Apuleius 115,117
 Ptolemaeus 278
 Ptolemaios II Filadelfos 79
 Ptolemaios IV Filopater 81
 Pylades 110
 Pyrrhus 106
 Pythagoras 11,17-19,21,22,53,75,90,331,356
 Pythias 45
- Qostha ibn Luqâ, zie Costa ben Luca
 Quthami 133
- Rabanus, zie Hrabanus

- Rabelais 208,263,288
 Rádl 192
 Rafaël 231,243
 Raimondo dei Luzzi, zie Mundinus
 Ramusio 170,210
 Rathke 295
 Rauwolf 210,220
 Ravelingen, van 196
 Ray 289,291,303,402
 Recchi 213
 Redi 107,268,287,295,390,397
 Retz 92
 R(h)abanus, zie Hrabanus
 Rhases, zie El-Razi
 Rhazes, zie El-Razi
 Rhodion, zie Rösztlin
 Rinio 168
 Riolan Jr 370
 Rivius 207
 Robert van Sicilië 181,219
 Rondelet 200,204-206,262,263
 Rondibilis 263
 Rösztlin 189
 Ross 276
 Roth 190,207
 Roths Schuh 387
 Rudbeck 310,322,327
 Ruellius 207
 Rufinus 167,168
 Rufus 233
 Ruini 265
 Rumphius 305,318,319
 Ruysch 306,308,309,310
 Ryff, zie Rivius

 Sachs 395,396
 Saint Denis, de 101
 Salomo 184
 Salviani 205,257
 Sanctorius, zie Santorio
 Santayana 55
 Santorio 79,382,383,384
 Sarton 1,2,7,236
 Schotten & Rihel 196
 Schrön 192
 Schulz 147
 Schweinfurth 220
 Scot 137,155,157,158

 Scriboni(an)us Largus 82
 Seleukos Nikator 233
 Seneca 6,93,149
 Senn 21
 Septimius Severus 114
 Serapio 181
 Serapion van Alexandrië 94
 Sergius Ben Elias, zie El-Razi
 Servetus 220,255,258,259,356
 Severino 277,298,329
 Sextus Empiricus 108
 Sextus Papirius Placidus 118
 Sibthorp 103
 Sierp 143
 Simon Cordo 167
 Simplicios 27
 Singer 7,80,86,87,144,146,239,244,297
 Sirks 7
 Sixtus IV 240
 Sixtus VI 118
 Smith 8
 Snellius 384
 Soemeriërs 8
 Sofisten 21
 Sofokles 97
 Sokrates 35,36,41,42,46,49,61,76,360
 Sontheimer 139
 Speckle 185
 Spencer 22
 Speusippos 37,44,67,76
 Spieghele, van den 276,277,296
 Spigelius, zie Spieghele, van den
 Spinoza 282-284, 394
 Stelluti 286
 Steno 193,230,287,292,301,307,322,
 323,324,325,378
 Stensen, zie Steno
 Stoffler 143
 Strabo 143
 Stratoon 342
 Sturm 319,320
 Sudhoff 143,372
 Sulla 47
 Swammerdam 172,272,295,310,311,
 312,313,314,315,326,329
 Sylvester II 130
 Sylvius, Franciscus, zie Boë, de la
 Sylvius, Jacobus 237,245-247,254

- Tabernaemontanus 189,190
 Tempier 159,177
 Tenore 92
 Tertullianus 116
 Thales 12,15,53
 Themison 345
 Théodoridès, zie Petit
 Theodosius 128,129
 Theophrastos 13,45,47,64,65-77,81,
 82,98,123,276,299,342
 Thévenot 311,326
 Thévet, André 212
 Thoekidides 29
 Thomas, Johann 192
 Thomas van Aquino 159,163
 Thomas van Cantimpré 163
 Thorndike 105,111,144,153,158,164,
 168,356
 Thurneisser zum Thurn 218
 Timaios 36
 Timotheus van Gaza 118
 Titiaan 250
 Toetmosis III 8
 Torre, Marcantonio della 243
 Tournefort, de 293
 Tournon, de 206
 Tozzetti 288
 Tragus, Hieronymus, zie Bock
 Trajanus 346
 Tricot 59
 Trithemius 372
 Tulp 304
 Turner, R. 216
 Turner, William 208,209
 Tyrannion 47
 Tyson 302,304
 Tzetzes 37

 Urbanus VIII 278

 Valenciennes 60
 Valentin, Basil 371,373
 Valentini 399
 Vangensten, Fonahn & Hopstock 361
 Varignana 239,240
 Varro 91,234
 Vergilius 92,148
 Vesalius 187,238,246,247,248,249,250,
 251,252-255,258
 Vicq-d'Azyr 280
 Vigevano, Guido van 241,242,243
 Villard de Honnecourt 169
 Villon, A. de 158
 Vincent van Beauvais 143,164
 Vincentius Bellovacensis, zie Vincent
 van Beauvais
 Vinci, da 240,243,257,261,361,362
 Virgilius, zie Vergilius
 Vitell(i)us 356
 Vitruvius 151

 Wale, de 305
 Wallace 22
 Weismann 56,107
 Wepfer 319
 Wesel, Andries van, zie Vesalius
 Weyditz 182
 Wezel, Andries van, zie Vesalius
 Wharton 378,394
 Wickersheimer 241
 Willem III 310
 Willem de Zwijger 200
 Willem van Moerbeke 47
 Willem van Ockham 177,178
 William van Conches 153,154
 William de Saliceto 239,244
 Willis, R. 365
 Willis, Th. 291,301,329,388
 Willoughby 291,302
 Wilson 294
 Winckler 218
 Wirsung 378
 Wolf, Kasper 191
 Wolff, Chr. 395
 Wood & Fyfe 157
 Woodward 395
 Wotton 205,208
 Wren 291,301

 Xenofanes 3,23
 Xenofoon 36
 Ximenes 213
 Ximenes, aartsbisschop 149

 Zaluziansky 402
 Zenoon 24

Zenoon, keizer 355
Zwinger 245
Zwingli 191