

Dit wordt geen gepolijste beschouwing, gepresenteerd in de klassieke vorm van het wetenschappelijk verhaal. Het worden brokstukken, maar de lezer zal er misschien toch wel een lijn in ontdekken, of anders er wel een in aanbrengen. In mijn actief wetenschappelijk werk probeer ik er achter te komen hoe isoleerbare eenheden zoals moleculen samenhangen, opdat de structuur waarvan ze deel uit maken, de hersenen, werkt zoals ze werkt, dat wil zeggen al die dingen doet die we onder andere in psychologische termen plegen uit te drukken. Het oude, het beroemde en beruchte probleem van de eenheden en de totalen. Onze technische benaderingen zijn bijna perfect geworden; bijna al kunnen we een enkel molecuul bepalen, bijna al kunnen we de samenstelling van een klein stukje hersenen bepalen, maar hoe we samenhangen tussen die moleculen, tussen die kleine min of meer homogene deeltjes moeten bestuderen is nog steeds een raadsel. Misschien is er iets verkeerd met onze probleemstelling, misschien zijn we al een aantal eeuwen op de verkeerde weg, of misschien jagen we een onbereikbaar doel na? Wie weet?

'Democritus zat op een steen onder een plataan, zonder kousen of schoenen, met een boek op de knieën, druk bezig met zijn studie en het opensnijden van verschillende beesten. De menigte stond met grote ogen te gapen om getuige te zijn van deze ontmoeting. Na een ogenblik gewacht te hebben begroette hij hem en Democritus groette terug, bijna beschaamd dat hij de naam Hippocrates niet kende of vergeten was. Hippocrates vroeg hem wat hij aan het doen was. Hij antwoordde *dat hij bezig was beesten open te snijden, om uit te vinden wat de oorzaak was van Waanzin en Zwartgalligheid*. Hippocrates loofde zijn werk en zei hem te bewonderen om zijn geluk en vrije tijd. "En waarom?" vroeg Democritus, "heeft u geen vrije tijd?" "Omdat," antwoordde Hippocrates, "ik het te druk heb met huiselijke zaken, ik allerlei dingen moet doen voor mijn gezin, voor de burens en vrienden, omdat ik uitgaven moet doen en er ziekten en sterfgevallen zijn." ' Aldus een citaat uit dat fantastische boek *The Anatomy of Melancholy* van Robert Burton. Dit boek, geschreven in het begin van de zeventiende eeuw, staat vol verhalen, citaten, beschouwingen en uitwijdingen over vrijwel alles waarover maar te schrijven valt.

In het citaat zien we de onderzoeker Democritus die door het opensnijden

van dieren de oorzaak van Waanzin en Zwartgalligheid wil vinden; die oorzaak wil hij door te kijken in die dieren vinden en als hij haar daar gevonden heeft weet hij iets van de Waanzin en de Zwartgalligheid bij de mens. Twee concepten bij elkaar: de waanzin (of elk psychologisch kenmerk?) is iets wat je kunt zien, en mens en dier zijn hetzelfde georganiseerd. De praktische Hippocrates kijkt even toe, heeft geen tijd; hij moet gewoon mensen beter maken, of hij nu weet hoe die mens in elkaar zit of niet.

'Een beer, dien men te München op de anatomie hield, toonde, zoolang hij uitsluitend met brood gevoed werd, een zeer zachten aard; een paar dagen vleeschdieet maakten hem boosaardig, bijtlustig, ja zelfs gevaarlijk voor zijne bewakers. Het is buitendien bekend dat de vis irascibilis der varkens door voeding met vleesch zoodanig vermeerderd kan worden, dat zij menschen aanvallen.

De vleescheters zijn over het algemeen sterker, moediger en krijgslustiger dan de planteneters, die hun ten buit verstrekken. Op dezelfde wijze onderscheiden zich de volken, die van plantaardig voedsel leven, van diegene wier voedsel voornamelijk uit vleesch bestaat.'

Dit schreef Liebig de vorige eeuw in zijn *Chemische Brieven*, in vele talen vertaald, onder andere twee keer in het Nederlands en dus vermoedelijk veel gelezen.

Het citaat illustreert een aantal opvattingen die zeer diep in onze cultuur zitten: in de hersenen zit iets, de vis irascibilis, waar de woede ontstaat en de mate van die woede is van het voedsel afhankelijk, en mens én dier zijn direct met elkaar te vergelijken. Achter dit citaat kun je de volgende opvatting zien of schuiven: de wereld van de stof en de wereld van de geest zijn op dezelfde wijze georganiseerd, elementen uit de wereld van de stof kunnen zonder veel moeite getransformeerd worden tot elementen uit de wereld van de geest. Anders geformuleerd, categorieën of elementen uit de chemische, morfologische, fysiologische of psychologische disciplines kunnen op eenvoudige manier in elkaar worden omgezet. Of Liebig deze opvattingen in deze zin aanhing laat ik hier verder buiten beschouwing.

Dat er gescheiden werelden van de geest en stof bestaan is in het westen een diep gewortelde opvatting; de geest is onstoffelijk en de stof is stoffelijk. Eeuwenlang en zelfs nu nog wel werden en worden diegenen die vinden dat de geest stoffelijk is fel veroordeeld. Toen La Mettrie zijn *L'Homme Machine* in 1747 publiceerde, werden de geestelijken van Leiden bijzonder boos en La Mettrie kon maar beter verdwijnen. Het materialistisch trio van de vorige eeuw, Moleschott, Vogt en Büchner, had welis-

waar in de kleine kring van de gegoede burgerstand vele aanbidders, maar stootte toch op zeer grote weerstand. Nu was hun materialisme in zekere zin ook wel erg platvloers. Het was een materialisme in het platte vlak, de 'immateriële' verschijnselen hier op aarde werden vrijwel direct geïdentificeerd met de materiële verschijnselen zoals we die zien; maar het wat meer dynamisch, dialectisch of historisch materialisme van Marx, Engels kon in het begin ook niet op veel sympathisanten rekenen. Opvallend is ook dat vormen van materialisme zoals dat van Moleschott of Haeckel gemakkelijk over konden gaan in een vage mystische brei, omgezet werden in iets dat je toch wel met de term geest kunt beschrijven. Vreemde vormen van vitalisme duiken ook steeds weer op, vage speculaties over mysterieuze krachten die de eigenschappen van totalen, van samenhangende delen of deeltjes bepalen komen keer op keer weer terug. Teilhard de Chardin hebben we pas achter de rug, en een nieuwe stroom mystisch holisme komt weer opzetten.

Geest en stof, of stof en niet-stof, ofwel een vreemd en gecompliceerd dualisme, een dualisme dat zelden precies te beschrijven is. Een precieze beschrijving wordt des te moeilijker als je ook al die opvattingen die je in de populair-wetenschappelijke literatuur tegenkomt erin wilt betrekken. Dikwijls zijn het natuurlijk juist deze opvattingen die een grote invloed hebben.

Wat is stof? Kijk je naar de dingen om je heen, of probeer je met je handen of andere zintuigen de dingen om je heen te onderzoeken, dan zie je allerlei voorwerpen; je kunt die voorwerpen vastpakken, en ze voelen hard of zacht aan: ze bestaan uit materie of stof zeggen we. Op de middelbare school hebben we geleerd dat de voorwerpen op deze wereld uit een ingewikkelde verzameling bolletjes bestaan. Die voorwerpen zijn allen uit een aantal chemische elementen opgebouwd en de kleinste deeltjes van die chemische elementen zijn de atomen. Atomen kunnen aan elkaar geregen zijn tot moleculen, moleculen weer tot grotere aggregaten en die aggregaten of verzamelingen vormen bij elkaar het voorwerp dat we aan het bekijken waren. De eigenschappen van die chemische elementen kunnen we bestuderen door ze te zuiveren. Eenmaal gezuiverd kunnen we via een langdurige delingsprocedure de eigenschappen van de constituerende elementen, de atomen dus, bestuderen. Kennen we die eigenschappen van de constituerende elementen dan kunnen we daar weer de eigenschappen van de samenhangende atomen, van de moleculen, van het oorspronkelijke voorwerp uit afleiden.

Dat is ongeveer wat ik op school geleerd heb, of denk dat ik geleerd heb. Maar wat doe ik nu met de boom die ik hier van uit mijn raam zie? Begin

ik met deling dan krijg ik twee halve bomen, maar die beide helften zijn al niet aan elkaar gelijk. Ga ik lang door met die delingen of zuiveringen, dan zal ik potjes met zuivere koolstof, zuurstof, waterstof en een aantal andere elementen krijgen, maar wat ben ik dan wijzer geworden over die boom? Niet veel, en dus postuleer ik maar een 'onstoffelijk principe' dat boom heet?

Die delingsprocedure is tot op zekere hoogte natuurlijk wel zinvol. Voeren we deze procedure uit met een homogeen systeem, dat wil zeggen een systeem dat opgebouwd is uit identieke eenheden, dan kunnen we de aard van die eenheden via die procedure zeker wel bestuderen, maar dan moeten we met die procedure wel ophouden als we de basiseenheden bereikt hebben. Want we kunnen steeds verder gaan, jaar in jaar uit worden er weer nieuwe nog kleinere deeltjes ontdekt, waaruit atomen zijn opgebouwd. De deling tot het einde toe voltrekken is onmogelijk en zinloos. Zijn er al problemen bij homogene systemen, bij de heterogene systemen zoals de boom en vrijwel elk levend systeem hier op aarde leidt zo'n delingsprocedure tot nog grotere problemen. Via een delingsprocedure is het natuurlijk mogelijk om na zuivering, isolatie of kristallisatie eigenschappen van constituerende elementen, atomen, moleculen, moleculaire aggregaten enz. te bestuderen, maar om de actuele eigenschappen van het intacte systeem te kennen is de actuele vorm van belang, een vorm die pas na een lange periode van groei en ontwikkeling is ontstaan.

Dat harde bolletjes de eenheden zouden zijn waarin complexe organisaties van stof, levend of dood, zijn opgebouwd is natuurlijk een oud idee; men denke aan Democritus, men denke aan de ideale structuren van Plato. Wanneer nu in de zeventiende/achttiende eeuw de moderne natuurwetenschap tot grote bloei komt, zijn het juist die harde bolletjes die veel aandacht krijgen.

In Newton kristalliseren zich een groot aantal opvattingen uit die al lang vaag aanwezig waren, en zijn werk zal eeuwenlang een enorme invloed hebben. Op het einde van de *Opticks* schrijft Newton: 'All these things being considered, it seems probable to me, that God in the beginning formed Matter in solid, massy, hard, impenetrable, moveable Particles, of such Sizes and Figures, and with such other Properties, and in such Proportion to Space, as most conduced to the end for which he formed them; and that these primitive Particles being Solids, are incomparably harder than any porous Bodies compounded of them; even so very hard, as never to wear or break in pieces; no ordinary Power being able to divide what God himself made one in the first Creation. While the Particles continue entire, they may compose Bodies of one and the same Nature and Texture

in all Ages; But should they wear away, or break in pieces, the Nature of Things depending on them, would be changed.'

Vaste, harde bolletjes dus, door de Schepper precies voor het doel waarvoor ze moesten dienen gemaakt, voor een wereld waarin het wezen der dingen onveranderlijk is. Maar zit er niet een dubbelzinnigheid in deze passage? De bolletjes hebben namelijk die eigenschappen die ze moeten hebben om de verschijnselen waarvan ze deel uit maken te kunnen verklaren, met andere woorden gaat het om onafhankelijke eigenschappen van die harde bolletjes of ontlenen die bolletjes hun eigenschappen aan de verschijnselen die te verklaren zijn?

Dit punt wordt door Boyle als volgt geformuleerd: '(I) should therefore rather conceive the matter thus; when divers bodies of differing natures or schematisms come to be associated, so as to compose a body of one denomination though each of them be supposed to act according to its own peculiar nature, yet by reason of the coaptation of those parts, and the contrivement of the compounded body, it will many times happen, that the action or effect produced will be of a fixed nature and, differing from that, which several of the parts, considered as distinct bodies, or agents, tended to, or would have performed.'

De samenhang der deeltjes, de vorm en functie van verzamelingen van deeltjes, is die te verklaren uit de eigenschappen van die deeltjes? Dat is het grote probleem, toen en ook nu nog. Newton heeft nogal wat opmerkingen over de aether over 'subtle spirits' gemaakt om die samenhang te verklaren. Newtons theorie over het licht postuleerde dat licht uit deeltjes was opgebouwd. Althans dat leren we. We leren dat Newton die deeltjestheorie aanhing, dat Huygens een golftheorie had, dat Newton tot in de vorige eeuw gelijk had, dat Huygens toen een tijdje gelijk had en dat vanaf het begin van deze eeuw beiden gelijk hebben. Zo speelde die geschiedenis zich inderdaad min of meer gechargeerd af, maar vermoedelijk dacht Newton niet eens dat licht uit deeltjes was opgebouwd, vermoedelijk probeerde hij via die deeltjes een aantal verschijnselen te verklaren, of te 'verklaren'. Overigens, geschiedschrijving in de vorm van gelijk of ongelijk is natuurlijk absurd en creeërt meer problemen dan dat er door opgelost worden.

Even nog terug naar het citaat van Newton. Er lijkt een zeer statische opvatting in verwoord te zijn. De dingen zijn nu eenmaal zoals ze zijn; wat zou er gebeurd zijn als het idee van groei, ontwikkeling of evolutie er toen al geweest was? Waarom waren die ideeën er toen nog niet, waarom moeten we tot de negentiende eeuw wachten om het idee van ontwikkeling (vooruitgang?) zijn zegetocht te zien maken?

Vanaf de tijd van Boyle en Newton gingen wetenschapsmensen de verschijnselen van de dode of levende natuur steeds meer in wiskundige formules beschrijven. Newtons successen hadden indruk gemaakt, en terecht. Deze wiskundige formules bevatten constanten en veranderlijken, de ieder bekende a , b , c 's en x , y , z 's. Deze symbolen worden in die formules op eenvoudige of ingewikkelde manier met elkaar verbonden, bijvoorbeeld door optellen, vermenigvuldigen, differentiëren, integreren enz. enz. Hoe ingewikkeld de formules ook mogen zijn, ze beschrijven relaties tussen min of meer onafhankelijke elementen. Al eeuwenlang worden er harde gevechten geleverd over de vraag of dergelijke formules de verschijnselen beschrijven, *alsof* ze zijn opgebouwd uit die min of meer onafhankelijke elementen, of dat dergelijke formules aangeven *dat* de verschijnselen *inderdaad* zijn opgebouwd uit die elementen. Volgens de laatste opvatting zou uit een volledige kennis van die constituerende elementen zonder veel moeite de verschijnselen verklaard kunnen worden. Eerder in dit verhaal ben ik hier al op ingegaan; nu wil ik aangeven wat de consequenties ervan kunnen zijn als niet duidelijk is welke van de twee opvattingen of vermengingen van die opvattingen gevolgd wordt.

Een voorbeeld, stel dat we een groot aantal waarnemingen hebben over het gedrag van dieren onder een aantal precies gespecificeerde condities. Deze waarnemingen kunnen betrekking hebben op eten, lopen, liggen, enz. als globale categorieën, of uitgesplitst in een aantal kleinere eenheden of categorieën. Op dit materiaal kan men een analyse uitvoeren, bijvoorbeeld een factoranalyse, met papier en potlood, of met ingewikkelde computerprogramma's. Uit zo'n factoranalyse kan volgen dat we het gedrag van het dier kunnen beschrijven met behulp van een aantal behoorlijk constante groeperingen van de gedragseenheden die men tijdens het waarnemen waarnam. Zo'n analyse is uiterst zinvol, al was het alleen maar om daarvoor ingewikkelde en complexe waarnemingen op eenvoudiger manier weer te geven.

Als een groepering van gedragscategorieën of elementen worden wel eens nieuwe eenheden, zoals agresief of seksueel gedrag, ingevoerd; dit zijn dus namen gegeven aan groeperingen van gedragselementen die het resultaat waren van een factoranalyse. Nu kan het gemakkelijk gebeuren dat iemand die niet gewend is aan het uitvoeren van dergelijke analyses en de mogelijkheden en beperkingen er niet van kent, de factoren of groeperingen die uit die analyse komen gaat verwarren met 'op zichzelf' bestaande categorieën en bijvoorbeeld gaat concluderen dat zo'n categorie of samenhang van elementen ook in de hersenen als een te identificeren suborganisatie voorkomt en verder kan hij ook nog aannemen dat die categorieën ook onder andere condities dan die onder welke de waar-

nemingen gedaan zijn, bestaan. Het citaat van Liebig toont deze overgangen op een prachtige manier. Ethologen, maar uiteraard allen die onderzoek uitvoeren waar meer dan één discipline een rol speelt, bezondigen zich aan dit soort overgangen. Het maken van die overgangen is niet zozeer het probleem, het probleem is of een bepaalde overgang al of niet gerechtvaardigd is; voor dergelijke conclusies zijn er namelijk waarnemingen of experimenten nodig die van een andere aard zijn dan de waarnemingen en experimenten waarop zo'n factoranalyse gedaan werd. De moeilijkheid is natuurlijk dat een zuivere en objectieve factoranalyse nauwelijks mogelijk is. We sturen het proces meestal in een bepaalde richting, wat onder andere tot uiting komt in de namen die men soms kiest voor die groeperingen van elementen, bijvoorbeeld agressief of seksueel gedrag.

Van het zien van samenhangen in het gedrag naar het postulaat dat er in de hersenen een identificeerbaar systeem zit dat dit gedrag veroorzaakt, ook onder andere condities dan die van de waarneming, is dus zonder extra informatie ongeoorloofd. Maar waarom doen we het dan toch zo graag en zo veelvuldig? Waarom gaan we dikwijls nog verder en generaliseren we over het hele dierenrijk, de mens inbegrepen? Zonder veel moeite lijken we ervan uit te gaan dat, hoewel we de wereld van de verschijnselen op veel manieren kunnen beschrijven, bijvoorbeeld in biochemische, morfologische, fysiologische of gedragscategorieën, de wijze van organisatie van die categorieën of elementen op elk van die niveaus globaal gezien dezelfde is. Met andere woorden dat we op eenvoudige manier categorieën of elementen van het ene niveau kunnen omzetten of transformeren naar analoge categorieën of elementen op het andere niveau. Bijna zou je zeggen dat al die niveaus hetzelfde zijn, je zou het dan ook 'denken in het platte vlak' kunnen noemen. Monisme is de technische naam, maar er zijn teveel verschillende vormen van monisme om die term nog zinvol te doen zijn. Het befaamde trio Moleschott, Vogt en Büchner van de vorige eeuw is een prachtig voorbeeld, althans zo kun je ze zien en zo werden ze soms gezien. Het beroemde 'Ohne Phosphor keine Gedanken' van onze landgenoot Moleschott is op te vatten als een gelijkstelling van fosfor met gedachten en zo werd het ook door velen opgevat, maar je zou het ook op kunnen vatten als een verkorte versie van: zonder fosfor geen leven, geen groei of ontwikkeling; zonder leven, groei of ontwikkeling geen hersenen; zonder hersenen geen gedachten, maar dan kom je terecht bij de opvattingen van Engels en Lenin en andere marxisten.

De verleiding om te denken in het platte vlak, tot een statisch denken ligt natuurlijk in de cultuur, in de sociale, economische en politieke orde, is het gevolg van bepaalde ideologieën; en waarom ook niet?

Tot de zestiende/zeventiende eeuw was de vier-vochten theorie van Galenus en anderen zeer populair. Ons lichaam zou uit een combinatie van vier vochten, elementen of principes bestaan: de gele gal, bloed, phlegma en zwarte gal. Bloed bestaat, gal ook, dat is duidelijk, maar wat men nu precies onder zwarte gal verstond is niet erg duidelijk. De constituerende elementen van levende organismen waren in die vier-vochten theorie dus deels bestaande en deels gepostuleerde elementen. Eindeloos veel vergelijkingen zijn er op te stellen waarin vier veranderlijken voorkomen; als daar dan nog bijkomt dat sommige van die elementen gepostuleerd zijn, kun je met zo'n theorie vrijwel alles verklaren. De theorie hield het dan ook meer dan duizend jaar vol en leeft nu nog voort in een aantal vormen van 'alternatieve' geneeskunde. Maar worden in de 'echte' geneeskunde ook niet nog erg veel ziekten verklaard door veranderingen in een beperkt aantal elementen die men niet direct kan waarnemen? Hoewel het er dikwijls op lijkt dat de therapie gebaseerd is op het kennen van de oorzaak en de rationele bestrijding of opheffing van die oorzaak, zijn er toch wel erg weinig gevallen waar we dit echt weten. Empirie is de basis van veel geneeskundig handelen, welke theorie je ook maar aanhangt.

Gall was in het begin van de vorige eeuw een beroemd man. Hij en zijn volgelingen hielden overal in Europa lezingen over de nieuwe wetenschap van de frenologie. Die lezingen werden gehouden voor het deftige lekenpubliek. Gall dacht dat het mogelijk moest zijn om uit de uitwendige kenmerken van de schedel conclusies te trekken over de vorm van de hersenen en uit die vorm van die hersenen waren dan conclusies te trekken over psychologische karakteristieken. M.a.w. Gall ging ervan uit dat de morfologische structuur van de hersenen identiek was met de psychologische structuur, of dat de psychologische karakteristieken zich uitten in die morfologische vorm.

Vóór Gall was er al een lange traditie waarin geprobeerd werd psychologische categorieën of eigenschappen ergens in het hoofd te localiseren. In de middeleeuwen dacht men dat de ventrikels, holle ruimten vol vocht, de zetel waren van de geest (figuur 1), later verspreidden de psychologische eigenschappen zich over de hersenen. Het plaatje van Fludd (figuur 2) is bijzonder interessant, omdat de (neo)platoonse opvattingen daarin zo prachtig uitgebeeld worden. De psychologische categorieën die men gebruikt zijn soms van zeer algemene aard en soms zeer specifiek. Bij de frenologen gaat die detaillering tot in het absurde (figuur 3). Je kunt je gemakkelijk van deze oude voorstellingen afmaken en er hartelijk maar ook meewarig om lachen, maar als je dan in recente literatuur tegenkomt dat er een agressie centrum is of zou kunnen zijn, dat de emoties in het

limbisch systeem zitten, dan vergaat het lachen je snel. Of zitten de emoties, min of meer los van andere psychologische categorieën toch in het limbisch systeem? Waarom denk ik dat zoiets niet kan? Op basis van harde feiten?

Gall is niet alleen verantwoordelijk voor de absurditeiten van de frenologen, hij is daarnaast een van de grote pioniers van de moderne hersen-anatomie. Hij was een meester in de ontleedkunde en stimuleerde een aantal mensen die hem zagen werken. Eerst keek men met het blote oog naar ongefixeerde of gefixeerde hersenen, men begon doorsneden te maken en de grof zichtbare structuren in kaart te brengen. Dan begint men de microscoop te gebruiken en steeds meer specifieke kleurmethodes uit te werken. Rond de eeuwwisseling ontwikkelen Golgi en Cajal de zilverkleuring. Die maakte het mogelijk de ingewikkelde en fijnzinnige structuur van zenuwcellen te zien. Zo'n zenuwcel kan op een boom lijken, met aan de ene kant een uitgebreid netwerk van takken, takjes, nog kleinere takjes en een bijna even groot netwerk van wortels, kleine wortels enz. aan de andere kant. Op de takken — de dendriten — eindigen de wortels — de axonen — van andere zenuwcellen. De verscheidenheid van vormen van die zenuwcellen is zeer groot; van mooi, regelmatig en netjes gestructureerd tot warrig en onregelmatig. De hersenen zitten volgepakt, het aantal verbindingen tussen zenuwcellen kan wel 10.000 tot 20.000 bedragen, een complexiteit van een orde die we ons nauwelijks voor kunnen stellen.

Ervaring of beleving is logaritmisch evenredig met de prikkeling van een morfologisch element, zo ongeveer kun je de psychofysica van Fechner uit het midden van de vorige eeuw samenvatten. Prikkeling heeft met energie te maken, of met veranderingen in toestanden waarbij veranderingen in vormen van energie een rol spelen, of die als veranderingen in vormen van energie te beschrijven of begrijpen zijn. Energie-transformaties was een belangrijk wetenschappelijk, technisch en wijsgerig onderwerp in de vorige eeuw. Johannes Müller, Helmholtz, Joule, Mayer, Carnot en vele anderen hielden zich er mee bezig. Dat energie uitgedrukt in fysische categorieën getransformeerd kan worden in psychische categorieën is dan een logisch idee. En Fechner baseerde hierop zijn psychofysica. Nu nog praten we over psychische energie, terecht misschien, maar wat betekent het woord energie in die woord-combinatie? Zoals Fechner het wil (enigszins geschematiseerd): iets dat via een logaritmische transformatie uit de fysische categorie kan worden afgeleid?

Volg je deze lijn van redeneren tot zijn uiterste consequentie door, dan hebben ook planten een ziel, en Fechner schreef inderdaad een boek met als titel: 'Nanna oder über das Seelenleben der Pflanzen' (1848). Zelfs

stenen hadden een ziel of geest, een thema van veel boeken in de vorige eeuw, een thema dat steeds maar weer terug komt als een cyclisch fenomeen. Mystiek of iets dat daar op lijkt als consequentie van een eng en zinloos monisme?

Toen duidelijker begon te worden dat de zenuwcel een belangrijk structureel element van de hersenen of van elk zenuwstelsel was, probeerde men op een enkele cel of op groepen van zenuwcellen de psychofysische uitgangspunten toe te passen; de anatomische indelingen van de frenologen werden vervangen door celgroepen. Een stap in een goede richting, maar het basispostulaat was en bleef onvruchtbaar.

Ik heb welbewust de psychofysica van Fechner geplaatst in de ontwikkeling van ideeën over energietransformaties; over die energietransformaties hier toch nog een korte uitweiding. De discipline die zich met die transformaties bezig houdt noemen we de thermodynamica, volgens vrijwel iedereen een moeilijk en abstract vak. De thermodynamica nu die in de vorige eeuw tot zeer grote ontwikkeling kwam wordt de reversibele of omkeerbare thermodynamica genoemd, omdat die thermodynamica zich specifiek bezig houdt met processen die omkeerbaar zijn, met cyclische processen dus. In de regel kiest men dan systemen die volstrekt of zo volstrekt mogelijk geïsoleerd zijn van de omgeving; een beperking nodig om kwantitatieve relaties vast te stellen tussen de verschillende parameters of eigenschappen van dat systeem. Wiskundige bewerkingen zijn namelijk voor gesloten systemen veel gemakkelijker dan voor open systemen, die niet omkeerbaar zijn. Biologische systemen groeien en ontwikkelen, zijn zeker niet omkeerbaar. Wanneer we over hersenprocessen in energetische termen willen praten en onder die hersenprocessen ook psychologische processen verstaan, dan komen we met de reversibele thermodynamica niet ver. [De irreversibele thermodynamica is pas laat, in het midden van deze eeuw, tot grote bloei gekomen, maar in de meeste opleidingen begint men nog met de reversibele thermodynamica, want die irreversibele thermodynamica is zo moeilijk! Dat moge zo zijn, maar het psychologisch effect is groot en misschien toch wel desastreus te noemen.]

Maar welke weg moeten we dan wel volgen? Hoe komen we er dan wel achter wat er allemaal in de hersenen gebeurt? Wat gebeurt er dan toch allemaal in die hersenen waardoor we denken, of denken dat we denken, waardoor we genieten, waardoor we verdrietig zijn, waardoor sommigen aan 'Waanzin en Zwartgalligheid' lijden? Hoe komen we daar dan toch achter? De specifieke vraag die centraal staat in dit betoog is: hoe kunnen we uit biochemische, morfologische of andere gegevens meer te weten komen over de psychologie van de mens, zoals die opgegroeid, op een

gegeven moment is? Ik heb geen antwoord, en ik vraag me ook af in hoeverre de antwoorden die tot nu gegeven zijn geldig zijn.

Een voorbeeld van een conditie waarbij het lijkt alsof we een goed antwoord hebben. Iemand met een genetische afwijking zoals phenylketonurie is, indien hij niet behandeld wordt, zwakzinnig. Bij phenylketonurie patiënten ontbreekt er een enzym: het phenylalanine hydroxylase. Er is geen enkele reden om aan te nemen dat eventuele zwakzinnigheid of zinnigheid van iemand direct afhankelijk is van de hoeveelheid van dat enzym. De produkten van dat enzym, in eerste instantie tyrosine, zijn ook in het geheel niet direct betrokken bij processen die met de intelligentie in ruime zin te maken hebben. Wat we weten is dat iemand die geen phenylalanine hydroxylase heeft zich, kennelijk op zo'n manier ontwikkelt dat er iets mis gaat, en wat er mis gaat is nog volstrekt onbekend. We weten dus dat er iets verkeerd gaat en weten niet waarom er iets verkeerd gaat; de oorzaak van de zwakzinnigheid is dus nog steeds een raadsel. Wat zou Democritus gedacht hebben als hij met zijn dissectie techniek gevonden had dat het enzym phenylalanine hydroxylase er niet was?

In de volgende paragraaf zal ik een aantal facetten behandelen van het zoeken naar de chemische geheimen van leren en onthouden, een fascinerend thema, waarin feit en fictie al eeuwenlang in wisselende verhoudingen door elkaar heen verward worden.

'Ik bezocht ook de school voor wiskunde, waar de leraar zijn leerlingen onderwees volgens een methode die wij ons in Europa nauwelijks kunnen



Figuur 1: Een houtgravure uit *Trilogium animae* van Ludovicus Pruthenus uit 1498

voorstellen. Stelling en bewijs werden keurig op een dunne ouwel geschreven, met inkt die vervaardigd was van een op het brein werkende tinctuur. De student moest deze doorslikken op de nuchtere maag, en dan drie dagen daarna slechts op water en brood leven. Naarmate de ouwel verteerd werd, steeg de tinctuur naar zijn brein, de stelling meevoerende. Maar de methode heeft tot dusver niet aan de verwachtingen beantwoord, deels door een fout in de hoeveelheid of de samenstelling, en deels door de onhandelbaarheid van de jongens, die de pil zo walgelijk vinden, dat ze meestal wegsluipen en hem uitspuwen voor hij zijn werk kan doen; ook heeft men hen er nog niet toe kunnen brengen zo lang te vasten als het recept voorschrijft.' Dat schreef Swift in het begin van de achttiende eeuw in zijn *Gullivers Reizen* in de hoofdstukken gewijd aan de wetenschap bedreven in de academie van Lagado, een prachtige satire.

De laatste tien jaar verschijnen er regelmatig berichten in de wetenschappelijke pers dat men in staat was uit hersenen van dieren die iets specifiek geleerd hadden een stof te extraheren die, gegeven aan dieren die nog niets geleerd hadden, dat wat geleerd was overbracht. Die dieren deden meteen wat ze moesten doen, wisten wat ze moesten weten, gewoon door het stofje dat ze kregen toegediend; verdere moeite overbodig. Zou de wiskundeleraar van Swift dan toch op het goede spoor gezeten hebben? Die verhalen kwamen altijd heel snel in de dag- en weekbladpers. Je ontmoet veel mensen die ze geloven, het kost me regelmatig moeite duidelijk te maken, dat de experimentele evidentie voor die claims zeer gering is, dat de hele zaak vermoedelijk pure onzin is en nergens op berust; de reactie van velen blijft: 'maar het zou toch kunnen?'

De opvatting dat iets wat geleerd wordt in een discreet pakketje ergens wordt opgeslagen en dat zo'n pakketje identiek is met wat onthouden wordt zit kennelijk diep in onze cultuur, zo diep dat het aanvechten van die stelling nogal wat woede oproept.

In het voetspoor van Lamarck ontwikkelde zich in de vorige eeuw de opvatting dat informatie die van buiten kwam of intern gegenereerd was, opgeslagen werd op dezelfde wijze als de genetische informatie. Men dacht daarbij aan een of ander molecuul, dat aan het nageslacht kon worden doorgegeven. Op deze wijze zou ervaring van ouders op kinderen worden overgebracht, iets dat we zo duidelijk om ons heen zien.

Als in de eerste helft van deze eeuw het langzamerhand duidelijk wordt dat genetische informatie, behalve door spontane mutaties, niet te veranderen is, verdwijnen de moleculaire geheugentheorieën. Er wordt een tijdlang nog wel regelmatig onderzoek verricht naar morfologische aspecten van het geheugen, maar veel meer toch niet. Opvattingen over het geheugen hebben meestal de vorm dat er ergens als gevolg van de binnenkomen-

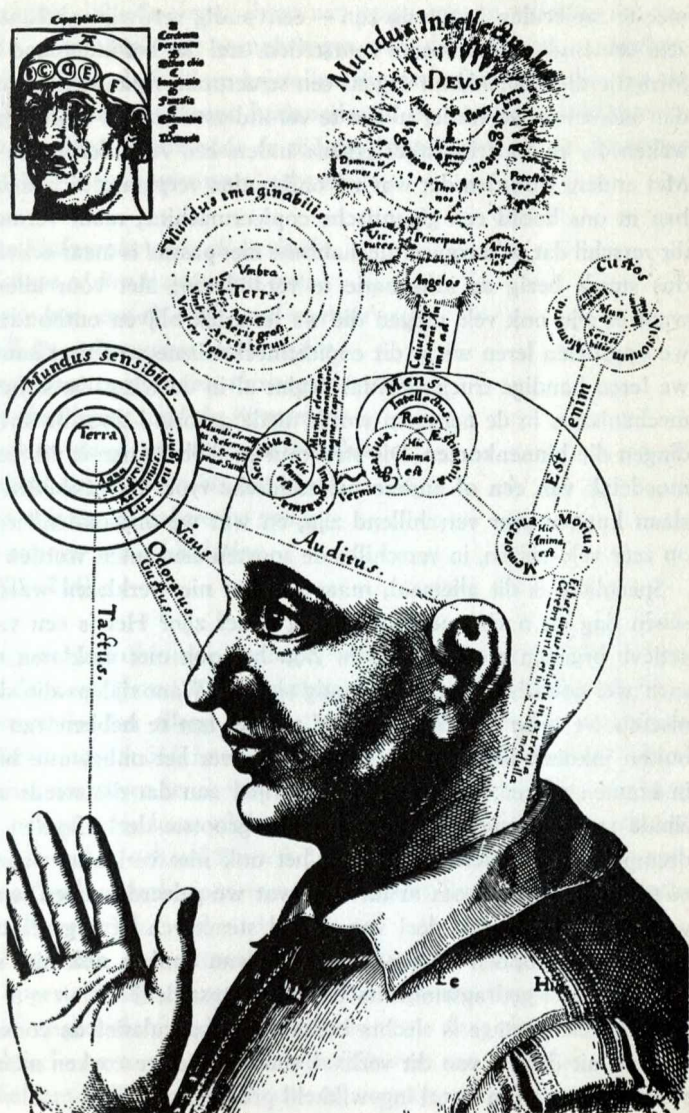
de informatie veranderingen optreden, ofwel als bepaalde kringstroompjes, ofwel als veranderingen in de connecties tussen zenuwcellen. Veel harde informatie is er echter niet.

Om een curieuze reden komen in de jaren zestig weer die simpele opvattingen naar voren, dat informatie opgeslagen wordt in discrete moleculen, die zelfs overgebracht kunnen worden. Ik heb al vermeld dat er eigenlijk nauwelijks experimentele evidentie voor die opvatting is geweest.

De laatste jaren komen opvattingen over blijvende veranderingen in de structuur weer sterk naar voren. In de meeste theorieën gaat men ervan uit dat er ergens in het zenuwstelsel als gevolg van binnenkomende informatie veranderingen optreden in een verbinding tussen zenuwcellen. Deze verandering in die verbinding zal dan tot gevolg hebben dat als dit netwerkje deel wordt van een groter netwerk tijdens leren of herinneren, dat dan die nieuwe informatie gebruikt wordt. Er zijn inderdaad aanwijzingen beschikbaar dat er als gevolg van leren en onthouden langdurige veranderingen in het zenuwstelsel optreden, dat is natuurlijk niet zo verbazingwekkend, we weten immers dat we dingen onthouden. De vraag is dus: wat voor veranderingen? En dan lijkt het erop dat er erg veel verandert en dat is ook weer vreemd, want als alles maar blijft veranderen, waar blijven dan de dingen zitten? Want daarvan zijn we toch overtuigd, de dingen die we onthouden, zitten ergens netjes opgeslagen, als in een fotoboek, of in een bibliotheek.

Ik zal overigens verder in dit verhaal leren en onthouden opvatten als die veranderingen in het zenuwstelsel die optreden als gevolg van uit de buitenwereld komende informatie, als gevolg ook van intern gegenereerde informatie, waardoor het toekomstig handelen, de toekomstige structuur, op min of meer onomkeerbare manier verandert. Dat wat we onthouden is o.a. een functie van wat we al onthouden hebben en van hoe we ons zenuwstelsel gebruiken. De term plasticiteit van het zenuwstelsel is geschikt om deze veranderingen aan te duiden. Het lijkt me nu dat een biochemicus zich beter af kan vragen wat de moleculaire verschijnselen zijn die de basis van die plasticiteit bepalen, dan met de concrete inhoud van het leren/onthouden. De eerste benadering gaat er fundamenteel vanuit dat we de verschillende niveaus van beschrijving of bestudering niet met elkaar moeten verwarren via een keuze van elementen of eenheden waarin men werkt; bij de tweede benadering kun je die verwarring nauwelijks nog vermijden.

Nu een zeer fundamentele eigenschap van hersenweefsel, of beter van elk levend systeem: de kleine en grote moleculen die de structuur van een cel uitmaken worden met uitzondering van het DNA — de genen uit de celkern — continu vernieuwd en het DNA bevat de informatie over de structuur van die moleculen. Maar hoe blijven dan structurele veranderingen



Figuur 2: Een figuur uit een boek van Fludd uit 1619

gen op basis van die plasticiteit, van leren/onthouden behouden? Ze zouden binnen enkele weken — dat is ongeveer de gemiddelde tijd dat de meeste moleculen aanwezig zijn — eenvoudig verdwijnen? Laat ik hier een zeer eenvoudig mechanisme voorstellen: stel dat het inderdaad zo is dat informatie die binnenkomt ergens een structurele verandering teweeg brengt, dan behoeven we verder alleen te veronderstellen dat binnen globaal twee weken die verandering weer ergens anders een verandering aanbrengt, enz. Met andere woorden dat wat we onthouden verplaatst zich steeds; we hebben in ons hoofd een gigantische copieermachine, maar vermoedelijk met dit verschil dat zo'n copieermechanisme niet passief is maar actief. We blijven dus steeds bezig de informatie te veranderen; niet voor alles natuurlijk, want er zijn ook vele dingen die we letterlijk blijven onthouden. Wanneer we opgroeien leren we in dit copieermechanisme structuur aan te brengen, we leren handige trucjes en dat begint al in de wieg. De structuur van de mechanismes in de hersenen wordt mede gevormd door de structuur in de dingen die binnenkomen. Die structuur in de hersenen is vrij complex, vermoedelijk van een of andere hiërarchische type. De eenheden die we opslaan kunnen zeer verschillend zijn, en wat we onthouden/leren zal zeker op zeer vele wijzen, in verschillende soorten elementen worden opgeslagen.

Speculatie is dit allemaal, maar zou het niet verklaren waarom de hersenen dag en nacht metabolisch erg actief zijn? Het is een van de meest actieve organen die we kennen. Zou het ook niet verklaren waarom het toch wel goed is dat we regelmatig slapen? Want tijdens die slaap reorganiseren we onze hersenen, zonder te veel last te hebben van wat er van buiten inkomt. Zouden de opvattingen over het onbewuste hier ook niet in kunnen passen, want er is geen twijfel aan dat die steeds aan de gang zijnde reorganisaties zich voor het allergrootste deel afspelen beneden de drempel van het bewustzijn. Zou het ook niet verklaren dat we dikwijls zo'n moeite hebben om af te leren wat we geleerd hebben, want dat wat we geleerd hebben is deel van zoveel structuren of organisaties en blijft maar actief; zouden we langs deze lijn van denken ook niet solidere opvattingen over gedragsstoornissen kunnen opstellen?

Deze hele passage is slechts bedoeld om speculatief de consequenties te trekken uit de rest van dit verhaal, om een weg te zoeken naar een betere benadering van een nogal ingewikkeld probleem.

Het Newtoniaanse wereldbeeld is in de natuurkunde al lang verleden tijd geworden; de harde bolletjes zijn vervangen door velden en golven, de vaste en eeuwige eenheden zijn veranderlijk en een functie van de tijd geworden. Maar in de biologie, in de levenswetenschappen en de populaire cultuur lijken die harde bolletjes een taai leven te leiden. Weinig lijken we

ermee te kunnen verklaren, maar ze geven ons wel het gevoel van zekerheid, van duidelijkheid. Dit, gekoppeld met het (neo)-platonisme in zijn zeel vele varianten, lijkt de wetenschapsman nogal eens te verleiden tot onverantwoorde uitspraken. Het terugbrengen van de geest tot overzichtelijke moleculen, bijna de heldere kristallen die een afbeelding zijn van de sterren aan het firmament, roept herinneringen op aan de microkosmos-macrokosmos analogieën van vóór de tijd dat John Donne in 'An Anatomy of the World, The First Anniversary' schreef:

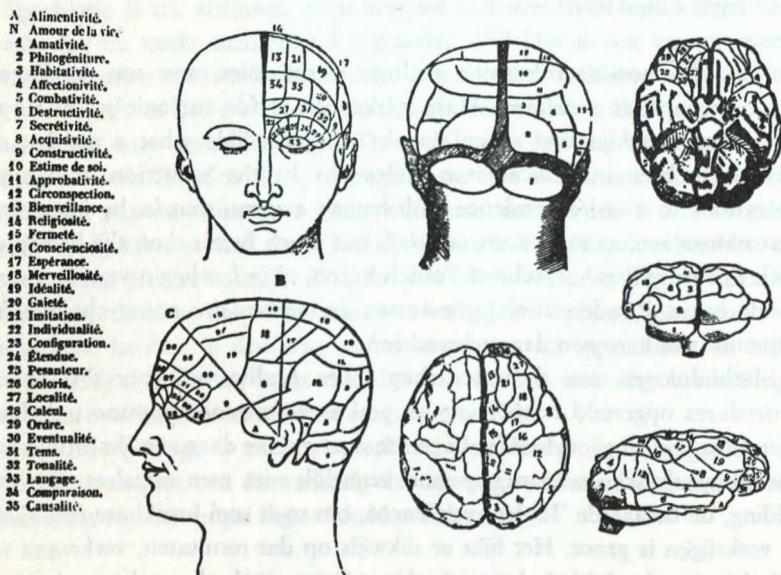
*And new Philosophy calls all in doubt,
The Element of fire is quite put out;
The Sun is lost, and th'earth, and no man's wit
Can well direct him where to look for it.
And freely men confess that this world's spent,
When in the Planets, and the Firmament
They seek so many new; then see that this
Is crumbled out again to his Atomies.
'Tis all in pieces, all coherence gone;
All just supply, and all Relation.
(regel 205—214).*

De microkosmos-macrokosmos analogie werkte niet meer om de dingen van deze aarde te verklaren. Maar werken die zelfde analogieën wel als ze op aardse verschijnselen alleen slaan? 'It is incredible what a number of idols have been introduced into philosophy by the reduction of natural operations to a correspondence with human actions, that is, by imagining that nature acts as man does, which is not much better than the heresy of anthropomorphists,' zo schreef Francis Bacon, al in het begin van de zeventiende eeuw. Zouden analogieën tussen de moleculaire en psychologische structuur van hersenen dan wel werken?

Methodologen van de wetenschap zullen beslist wel voorschriften en procedures opgesteld hebben om de praktische wetenschapsman te helpen niet al te veel ongeoorloofde dingen te doen, maar daar zijn de problemen van de praktische wetenschapsman kennelijk niet mee opgelost. De verleiding, de befaamde 'Idolen' van Bacon, om toch snel bruikbare resultaten te verkrijgen is groot. Het lijkt er dikwijls op dat resultaten, verkregen via primitieve reductionistische methoden, of met methoden gebaseerd op de 'microkosmos-macrokosmos' analogie zo snel aanslaan, zo snel door velen meteen begrepen worden dat je er bijna niet aan kunt ontkomen. Beweer je op slechte en onvoldoende experimentele gronden dat schizofrenie veroorzaakt wordt door een rare catecholamine metaboliet, door een gebrek

aan GABA of door een vreemde stof, dan lijkt zo iets snel een hard experimenteel feit. Zeg je dat schizofrenie iets zeer ingewikkelds is en niet veroorzaakt wordt door een enkel stofje dan halen velen hun schouders op. Beweer je dat het IQ voor een zeer groot deel erfelijk is, dan word je snel geloofd, zie Burt c.s., ook al zijn de gegevens waarop die conclusie gebaseerd is verre van betrouwbaar. Beweer je echter dat het IQ de resultante is van aanleg en omgeving, in continue interactie van het begin af aan, dan doe je moeilijk. Het IQ is een factor, de beroemde g-factor, de genen zijn ook factoren en dus . . .

Wetenschap wordt bedreven in een bepaalde samenleving, in een bepaalde cultuur en in die cultuur leven een aantal (voor)oordelen die van lange tijd geleden komend toch een grote invloed hebben, in de goede en slechte richting; met bepaalde vormen van simplistische analogieën zouden we op moeten houden, tenzij in de literaire zin waarbij duidelijk is wat met de analogie bedoeld wordt.



Figuur 3: Een figuur uit *Dictionnaire du phrenologie, et de physiogomie* van T. Thoré uit 1836

Literatuur

Alles wat ik in dit verhaal naar voren heb gebracht met literatuur-verwijzingen staven is onmogelijk. De volgende opsomming is misschien wel nuttig voor de lezer. *The Anatomy of Melancholy* van Robert Burton is verkrijgbaar in de Everyman, Dent editie; een uittreksel is in Nederlandse vertaling verschenen bij de Arbeiderspers, 1969 als *Melancholie der Liefde*. Het citaat staat op blz. 12 van de Nederlandse editie en op blz. 48 van de Engelse editie. Het citaat van Liebig staat in deel 2 van *Chemische Brieven*, 1862, blz. 153, Oomkes, Groningen. Het citaat van Newton komt uit *Opticks*, Dover reprint, blz. 400. Het citaat van Boyle heb ik gehaald uit: *Ideas of Life and Matter*, deel 1, blz. 286 van T. S. Hall, University of Chicago Press 1969. Dit tweedelig werk geeft een zeer breed overzicht en is bijzonder informatief. Het is onlangs, onder een andere titel, bij dezelfde uitgeverij als paperback verschenen. Over Moleschott, Vogt en Büchner, zie *Schriften zum Kleinbürgerlichen Materialismus in Deutschland*, Akademie Verlag 1971, twee delen met inleiding van Dieter Wittich. Een diepgaande Nederlandse studie over Moleschott ontbreekt nog; Moleschott moge dan geen befaamd en origineel wetenschapsman geweest zijn, hij vertegenwoordigt een soort denken dat diep in onze cultuur zit.

Elke medische geschiedenis behandelt Galenus, een zeer bruikbare monografie is *Galenism. Rise and Decline of a Medical Philosophy* van O. Temkin, Cornell University Press 1973. Over Gall en een aantal andere hersenwetenschapsmensen uit de vorige eeuw, zie de bijzonder belangrijke studie van Robert M. Young, *Mind, Brain and Adaptation in the nineteenth century*, Oxford University Press 1970. In *An Illustrated History of Brain Function* van E. Clarke en K. Dewhurst, Sandford Publ., Oxford 1972, komen prachtige platen en instructieve teksten voor.

Het citaat van Swift komt uit *Gullivers reizen*, Manteau, Brussel 1974, blz. 206. Voor het slot heb ik gebruik gemaakt van: *The Breaking of the Circle* van Marjorie Hope Nicolson, Columbia University Press, New York 1960, een prachtig boek, zoals alles wat deze schrijfster geschreven heeft. Verder A. O. Lovejoy, *The Great Chain of Being*, Harvard University Press 1936, vele malen (ook in paperback) herdrukt.

Over de hiërarchische structuur van de stof, in het bijzonder toegepast op biologische problemen, zie: *Order and Life* van J. Needham, 1936, herdruk MIT Press 1968 en van dezelfde schrijver: *Integrative Levels* 1937, herdruk in *Time, the refreshing River* 1943 en in *Moulds of Understanding* Allen & Unwin 1976. Zie ook J. Woodger, *Biological Principles*, Routledge & Kegan 1929, herdruk 1967. Een aantal verhalen in *Studies in the Philosophy of Biology* Eds. F. J. Ayala en T. Dobzhansky, Macmillan 1974, zijn ook wel nuttig.

Over de moderne hersenwetenschappen verschijnen zeer regelmatig diepzinnige en populaire boeken; een bijzonder aardig boek is dat van Steven Rose: *The Conscious Brain*, Penguin 1976. *De Pil van Doornroosje* van R. H. van den Hoofdakker, Van Gennep 1976 is essayistisch van aard en zeer waardevol.

Tot slot wil ik hier ieder bedanken die invloed op mij heeft uitgeoefend.

De illustraties zijn afkomstig uit: *An Illustrated History of Brain Function* E. Clarke en K. Dewhurst, Sandford Publ., Oxford 1972.