

6

HET BIOLOGISCHE DOMEIN

Is er niets gemeenschappelijks in de wetenschappen – van fysica tot biologie en van de sociale wetenschappen tot geschiedwetenschap – zodat de wetenschappelijke onderneming een bundel losse specialismen moet blijven, zonder verbindingen en in toenemende mate leidend tot het type van de geleerde idioot, die op zijn kleine terrein volmaakt is maar onwetend is en geen benul heeft van de fundamentele vraagstukken die we filosofisch noemen en die voor de mens van de grootste betekenis zijn, in een van de grootste crises van zijn geschiedenis?

Ludwig von Bertalanffy

Het is de geest die een fysiek universum samengesteld heeft dat leven doet ontstaan en uiteindelijk wezens heeft doen evolueren die weten en scheppen.... In hen begint het universum zichzelf te kennen.

Georde Wald

We zijn leden van elkaar
Paulus

Een levend lichaam... is een kunstwerk. De schoonheid ervan schuilt in zijn innerlijke doelgerichtheid.

T. Dobzhansky

Inleiding

Laten we ons nu wenden tot het domein van de natuur dat door de biologie wordt onderzocht, dat van planten en dieren.

De biologie heeft zich ontwikkeld in een hele reeks specialismen – waarvan de enorme wetenschappelijke produktie de mogelijkheden van individuele studie verre te boven gaat. Tegelijkertijd, en niettegenstaande de spectaculaire resultaten van de moleculaire biologie in de twintigste eeuw – zoals de ontdekking van de structuur van het DNA, het kraken van de genetische code en de ontdekking van het mechanisme van de eiwitsynthese – staat de biologie nog in haar kinderschoenen. Dit is zo omdat haar conceptuele kader een controversiële kwestie is en voortdurend veranderingen ondergaat om de stroom van nieuwe gegevens op te kunnen nemen.

De gevestigde biologen zijn mechanicisten of neo-darwinisten, dat wil zeggen, ze bestuderen planten en dieren als moleculaire machines. Deze mechanistisch-reductionistische benadering heeft de genoemde successen opgeleverd, maar is in toenemende mate problematisch geworden. Sommige biologen geloven niet dat de moleculaire biologie alleen in staat is de nog onopgeloste grote vraagstukken van de biologie op te lossen en in feite worden verscheidene alternatieve of aanvullende benaderingen voorgesteld.

We zullen kort een blik werpen op de mechanicistische biologie, alsook op enkele van de nieuwere ontwikkelingen, met name voor zover deze te maken hebben met de centrale theorie van de biologie, die van de evolutie. Het zal duidelijk worden dat de evolutietheorie zelf aan het evolueren is.

We onderstreepten eerder al de vitale en dynamische verbanden van de exacte wetenschap met de religie en met de geesteswetenschappen. Als de *exacte* wetenschap contact maakt met deze andere domeinen, dan zou men des te meer verwachten dat de wetenschappen van het *leven* deel hebben aan deze gemeenschappelijke grond. Want zij zijn gelegen op het kruispunt van verschillende wegen van kennis. Maar tot op heden wordt dit feit nog weinig erkend.

Voor zover de biologie zich heeft gebaseerd op fysische begrippen, heeft ze zulke elkaar overlappende terreinen doen ontstaan als biofysica, biochemie, neurofysiologie en neuro-psychiatrie. Neurofysiologie (de studie van de hersenen en van het zenuwstelsel) en neuropsychiatrie (die zich bezighoudt met zowel de psychische als de organische aspecten van geestesziekte) zijn takken van de geneeskunde, maar de andere twee velden, samen met de genetica (de studie van de erfelijkheid, die tegenwoordig voornamelijk in moleculaire termen beoefend wordt) en de ecologie (de studie van de relaties van een groep of organismen met zijn omgeving), zijn in deze eeuw afzonderlijke biologische disciplines geworden.

De biologie is zelf voortgekomen uit de geneeskunde en de landbouwkunde. In zekere zin zijn de rollen in de twintigste eeuw omgedraaid, omdat fundamenteel onderzoek in de biologie nu tot geneeskundige en landbouwkundige verbeteringen bijdraagt.

Bovendien is de paleontologie (de studie van fossielen), die deel uitmaakt van de evolutiewetenschap, nauw verbonden met de geologie of de wetenschap van de aarde. De technieken van de koolstofdatering, die door chemici ontwikkeld is om de ouderdom van biologische resten te bepalen, is ook van groot nut gebleken in de gebieden van archeologie en antropologie. Een nieuwe wetenschappelijke discipline, de ruimtebiologie, is ontstaan door de activiteiten van wetenschappers en ingenieurs die zich bezighouden met het ruimteonderzoek. Zo loopt het veld van de biologische of levenswetenschappen over in de fysica en de chemie, en omgekeerd; er zijn geen scherpe grenzen meer, maar overal elkaar overlappende domeinen.

Wat betreft de niet-exacte wetenschappen heeft de biologie met religie, filosofie en de geesteswetenschappen de interesse gemeen in het ontstaan en de ontwikkeling van het leven, met inbegrip van de plaats van de mens in het evolutionaire schema – vragen die de biologie in haar eentje niet kan uitmaken of beslissen.

Denk aan de kwestie van het ontstaan van het leven. Net zoals de astrofysici speuren naar het ontstaan van het fysieke

universum, zo speculeren biologen over het ontstaan van het leven. De kosmologische theorie voert gebeurtenissen terug tot de Big Bang en speculeert zelfs over de ogenblikken die eraan vooraf gingen, maar ze probeert niet uitspraken te doen over de betekenis van die gebeurtenissen of over de vraag wat eraan vooraf is gegaan.

De gevestigde biologie neemt aan dat het leven zich ontwikkelde door middel van een fysisch-chemisch proces. Maar deze veronderstelling, stellen wij, is uiterst onwaarschijnlijk. Ongetwijfeld kan het leven niet los worden gezien van zijn fysieke vormen. Maar daaruit volgt niet dat een toevallige ontwikkeling van primitieve vormen het leven deed verschijnen, *alleen* door middel van chemische combinatie. Als dit het geval was, dan zou menselijke vaardigheid en kennis van de chemie in staat moeten zijn het proces te repliceren.

De meeste biologen zijn tegenwoordig van mening dat leven, bewustzijn en denkvermogen bijverschijnselen zijn – afgeleid van de materie. Maar wat *is* materie? Men heeft er terecht op gewezen dat het mechanistic argument ten aanzien van het leven in feite circulair is, want het begint en eindigt met het mysterie van het leven. Zij die het niet eens zijn met de gevestigde biologie zien, zoals we zullen zien, het leven in de materie aanwezig, klaar om spontaan te verschijnen overal waar de omstandigheden er rijp voor zijn, waar voertuigen aanwezig zijn om te gebruiken. De eeuwige wijsbegeerte stelt op haar beurt dat leven en bewustzijn samen met de materie voorkomen, beide zijn impliciet in de kosmos aanwezig.

Bij het bestuderen van organismen als moleculaire machines nemen biologen aan dat het, gegeven voldoende kennis, mogelijk zal zijn organismen volledig in termen van fysisch-chemische processen te verklaren; dat de uiteindelijke reductie van de levensverschijnselen tot de moleculaire eigenschappen van het DNA en verwante stoffen het mogelijk zal maken het geheim van het leven zelf te vinden. Maar naarmate de microbiologie haar onderzoek naar de levende materie voortzet, vindt zij slechts oneindige, ingewikkelde orde die zich open-

Kosmologen denken nu serieus aan ons universum, met al zijn oceanische afmetingen en groepen van zonnen, als gewoon ons eigen dorpje, gewoon een uit vele – misschien wel oneindig veel – heelallen. Ze fonkelen in een superruimte die, in de woorden van Helena Blavatsky 'de speelplaats [is] van ontelbare heelallen, die onophoudelijk verschijnen en verdwijnen,' als 'vonken der eeuwigheid'.

Maar waarom verschijnen deze heelallen? Waarom zet de Onbekende Wortel zijn anonimiteit voldoende opzij om tevoorschijn te komen als sterren en planeten? Noch de kosmologie, noch de theosofie kunnen meer doen dan een hint geven voor een antwoord, zo ver gaat een dergelijke vraag het gewone menselijke denken te boven. De theosofie kan de wetenschap echter aanvullen als het het bewustzijn vanaf het begin samen met de materie aanwezig veronderstelt.

Robert Ellwood⁴⁵

Zeggen dat alleen de materie bestaat en niet de geest is de meest onlogische stelling die er is, nog afgezien van de resultaten van de moderne fysica, die aantonen dat materie in de traditionele zin van het woord niet bestaat. Want als we geen bewustzijn hadden, konden we geen kennis hebben, van materie, van ons eigen bestaan of van wat dan ook.... Het bestaan van ons eigen denkvermogen is het belangrijkste gegeven van alle ervaring; de rest is afleiding.

W.A. Firsoff⁵¹

Iemands houding ten aanzien van het organische leven weerspiegelt zijn algehele houding ten aanzien van wat zijn gewone denken te boven gaat. De wetenschap van de biologie heeft daarom een cruciale rol te spelen in de evolutie van het menselijk bewustzijn.... Begrijpen dat de natuur op een lering *lijkt* is beter voorbereid zijn voor de denkbeelden en psychologische vormen van een bepaalde heilige leer.

Jacob Needleman¹¹¹

baart als een spiegelzaal; het vindt in de levende wezens het leven niet terug. Het mysterie verdiept zich alleen maar.

Wat dit aangeeft is dat intelligentie en leven *geen* bijverschijnselen zijn en een bijproduct; dat ze niet *de novo* uit chemische stoffen geschapen zijn; maar dat, integendeel, *de mechanismen* van de natuur niet volledig begrepen kunnen worden zonder in beschouwing te nemen wat ze uitrichten in het levende, functionerende schepsel.

Zoals we zullen zien zijn er vandaag de dag heel wat andersdenkenden onder biologen en neurowetenschappers, met inbegrip van enkele bijzonder befaamde individuen (bijvoorbeeld, de bioloog en Nobelprijswinnaar George Wald, de bioloog en Nobelprijswinnaar Barbara McClintock, en de neuroloog en Nobelprijswinnaar Roger Sperry, om er maar een paar te noemen), die overtuigd zijn van het belang van denkvermogen en bewustzijn in de natuur, of onder de indruk zijn van de eenvoud, schoonheid en doelgerichtheid van de natuur.

Het is interessant dat de mechanisticische biologie zich net zo schijnt te ontwikkelen als de hiervoor beschreven fysica van voor het quantum-tijdperk. Dat wil zeggen, zij is enorm vruchtbaar gebleken voor een bepaalde reeks onderzoeken, maar doet uiteindelijk ontdekkingen die onverenigbaar zijn met haar fundamentele begrippenkader.

De wetenschap van de biologie staat nog in de kinderschoenen

De biologie is, anders dan de fysica, grotendeels een beschrijvende wetenschap. Ook bevindt de fysica zich in een meer gevorderd stadium van ontwikkeling in die zin dat zij al een kosmologische wetenschap is, terwijl de biologie zich vooralsnog alleen met het aardse leven bezighoudt.

Een kosmologische biologie zou studie maken van het leven van de hele kosmos, niet alleen maar op de planeet aarde. Zij zou noodzakelijkerwijze in harmonie zijn en samengaan met andere domeinen van denken, met inbegrip van relevante filosofische inzichten, enigszins op dezelfde manier als David

Ik geloof dat er een radicaal verschil bestaat tussen de biologie en de zogenaamde exacte of anorganische wetenschappen, vooral de fysica. In de laatstgenoemde wetenschap postuleren we elementaire deeltjes die noodzakelijk zijn voor de structuur van het universum en de wetten die hun bewegingen beheersen zijn intrinsiek noodzakelijk, en gelden in het algemeen voor het hele universum. De biologie houdt zich echter bezig met de beschrijving en ordening van zeer speciale gedeelten van het universum, die we 'leven' noemen.... Ze is in de eerste plaats een beschrijvende wetenschap als geografie, die zich bezighoudt met de structuur en werking van een aantal merkwaardig georganiseerde entiteiten, op een bepaald moment in de tijd, op een bepaalde planeet. Ongetwijfeld zou er een ware en algemene biologie moeten zijn, maar we beginnen daar nog maar juist een glimp van op te vangen. *Een ware biologie in de volle zin van het woord zou de studie zijn van de aard en de activiteit van alle georganiseerde objecten, waar ze ook maar op deze planeet gevonden kunnen worden en op andere planeten in het zonnestelsel, in andere sterrenstelsels en op alle toekomstige en afgelopen ogenblikken* (cursivering van ons).

J.B. Bernal¹⁰⁶

In de vijftiger jaren opende de komst van de moleculaire biologie de mogelijkheid tot het leggen van de basis voor een theoretische biologie. Maar de moleculaire biologie werd gehinderd door een reductionistische houding en slaagde er niet in een verband te leggen met de verschijnselen van macroscopische orde. De structuur van het DNA en van de genen bevat niet het leven van het organisme dat zich ontwikkelt door gebruik te maken van deze informatie.

Erich Jantsch⁷⁸

Bohms voorlopige theorie van de impliciete en expliciete orde boven de fysica uitstijgt om over te gaan in de metafysica.

In feite werd er meer dan een eeuw geleden al een werk geschreven dat een kosmologisch-biologische theorie presen-

teert – zij het dan door een niet-wetenschapper. Ik doel hier op H.P. Blavatsky's *The Secret Doctrine*, die voor het eerst in 1888 gepubliceerd werd. We zullen dit opmerkelijke werk behandelen als we toekomen aan de centrale theorie van de biologie, de evolutietheorie. Want Blavatsky bracht enkele gedachten naar voren die sterk lijken op enkele theorieën die nu opkomen in de voorhoede van de evolutietheorie.

Ludwig von Bertalanffy heeft erop gewezen dat organismen georganiseerde entiteiten zijn, zowel in structuur als in functie, die blijk geven van hiërarchische orde, differentiatie, wisselwerking tussen ontelbare processen, doelgericht gedrag, negentropische trends en verwante criteria. De moleculaire biologie en haar hulpwetenschappen zeggen in het algemeen niets over elk van deze kenmerken. Velen twijfelen eraan of ze over elk van hen iets zouden *kunnen* zeggen. Volgens Bertalanffy bevindt de biologie zich in feite nog in haar “pre-copernicaanse” stadium. En toch zijn de openbaringen van de biologie zelfs nu al van de grootste betekenis. Zij heeft bijvoorbeeld de dynamische afhankelijkheid en eenheid van het aardse leven vastgesteld (zij het ongewild), op haar eigen ongekende wijze. Tot nu toe was dat een inzicht dat was voorbehouden aan de wijzen en mystici van de wereld.

De biologie onthult de ondeelbaarheid van het leven

De fysica kwam er, zoals we zagen, op onverwachte wijze achter dat materie/energie in de gehele kosmos ondeelbaar is. Biologische gegevens, die alleen op de aarde betrekking hebben, laten op hun beurt zien dat aardse levende materie – de biosfeer – in wezen een eenheid is waarvan de ontelbare facetten *onderling afhankelijk* zijn en voortdurend met elkaar in wisselwerking staan. In de woorden van Harold Morowitz:

Individueen kunnen niet op zichzelf bestaan, dat wil zeggen, een individu van de ene soort kan alleen *bestaan* voor zover hij deel uitmaakt van de voedselketen.

Planten kunnen niet op zichzelf bestaan behalve door een proces waarbij ze door dieren worden opgegeten, en kooldioxide teruggeven aan het kleine moleculenreservoir in de atmosfeer. Dieren kunnen niet bestaan buiten de voedselketen. De stikstofvoorraad die we gebruiken bereikt ons dankzij honderden organismen die op chemische wijze op een groot aantal manieren stikstof verbruiken.¹⁰⁶

In het onderzoek van de biologie dat de eenheid van het *leven* aan het licht brengt, loopt de biologie parallel aan de openbaring van de fysica van de eenheid van de *fysieke* kosmos. Lees de woorden van de paleontoloog-filosoof-mysticus Teilhard de Chardin:

De rangschikking van de delen van het universum is altijd een bron van verwondering voor de mens geweest. Maar deze toestand blijkt steeds verbazingwekkender te zijn.... Hoe verder en dieper we in de materie doordringen, door middel van steeds krachtiger methoden, des te meer raken we verward door de onderlinge afhankelijkheid van de delen. Elk element van de kosmos is stellig verweven met alle andere... Het is onmogelijk om in dit netwerk te snijden om een deel te isoleren zonder dat het aan alle zijden gerafeld wordt.¹⁶⁰

Biologische data: holisme is overal

Het is een feit dat de biosfeer uit niets anders dan gehelen bestaat die zowel gedeeltelijk autonoom zijn als gedeeltelijk afhankelijk van of ondergeschikt aan grotere gehelen. Jan Christiaan Smuts, de Zuidafrikaanse filosoof-wetenschapper en staatsman, wees hier meer dan zestig jaar geleden op in zijn boek *Holism and Evolution*. Tegenwoordig bevestigt de biologie de waarheid van deze bewering door middel van

haar beschrijving van de organisatie en de dynamiek van “dode” en “levende” materie op aarde.

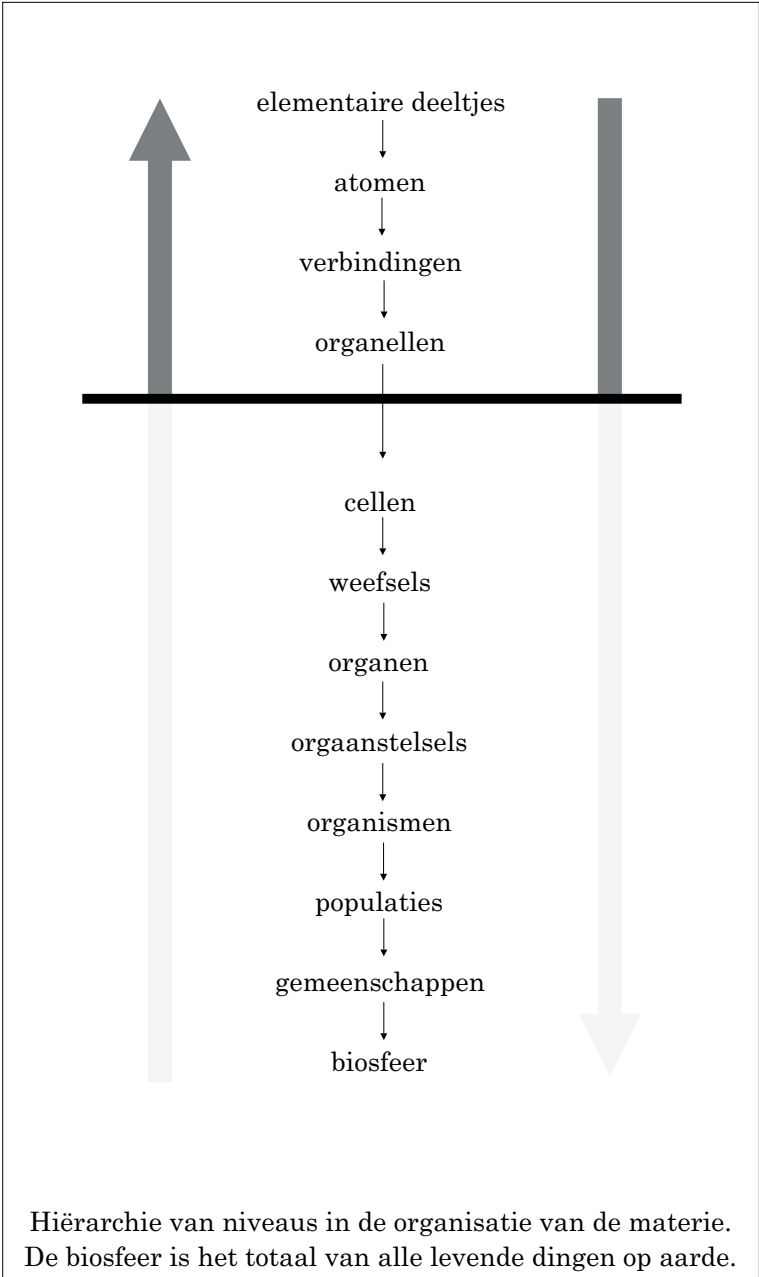
Zo kun je in een biologiehandboek het hiernaast afgebeelde diagram aantreffen. Het kopje, zoals je kunt zien, luidt: “Hiërarchie van niveaus in de organisatie van de materie. De biosfeer vormt het totaal van alle levende dingen op aarde.” In de tekst wordt uitgelegd dat de kleinste structurele eenheden van de materie, met inbegrip van levende vormen, *sub-atomaire deeltjes* zijn. De in grootte daaropvolgende eenheden zijn *atomen*, die elk bestaan uit sub-atomaire deeltjes. Atomen vormen op hun beurt nog complexere combinaties genaamd *chemische verbindingen*, en deze laatste zijn op uiteenlopende wijzen samengevoegd tot *complexen van verbindingen*.

Verder wordt uitgelegd dat deze eenheden beschouwd kunnen worden als successievelijk hogere *niveaus van organisatie* van de materie. “Zulke niveaus vormen een piramide, of een hiërarchie, waarin elk gegeven niveau alle lagere niveaus bevat als bestanddelen en zelf het bestanddeel is van alle hogere niveaus. Bijvoorbeeld, atomen bevatten sub-atomaire deeltjes als bestanddelen en zijn zelf bestanddelen van chemische verbindingen.”

In het diagram wordt de grenslijn tussen niet-levende en levende eenheden (een onuitgemaakte zaak tegenwoordig, in de mening van sommige gerespecteerde wetenschappers, zoals we zullen zien) na de organellen en voor de cellen geplaatst. “Een cel is een specifieke combinatie van organellen, een meestal microscopisch stukje materie dat complex genoeg is georganiseerd om alle benodigdheden te bevatten voor het verrichten van stofwisseling en zelfbehoud.”

Een levend organisme, zo zegt de tekst, moet uit ten minste $\zeta\zeta n$ cel bestaan. “Inderdaad, *eencellige* organismen vormen waarschijnlijk de meerderheid van de levende wezens op aarde. Alle andere wezens zijn meercellig, elk van hen bestaat uit ontelbare met elkaar verbonden cellen.”

Van de onderkant van het diagram naar boven gaand, bevatten opeenvolgende niveaus steeds minder eenheden. “Er zijn minder gemeenschappen dan soorten, minder cellen dan



organellen, en er is maar $\zeta\zeta n$ levende wereld, maar er zijn ontelbaar veel sub-atomaire deeltjes." Bovendien zijn opeenvolgende niveaus in structureel opzicht complexer dan lagere niveaus, voor zover een bepaald niveau de complexiteiten van alle lagere niveaus combineert en een eigen complexiteit daaraan toevoegt. Bijvoorbeeld, "sociale complexiteit komt voort uit de eigenschappen van elk lid-organisme alsook uit de talloze speciale eigenschappen die het gevolg zijn van de wijzen waarop de leden als een gemeenschap georganiseerd zijn."

De tekst zegt meer in het algemeen dat als we van de basis van de piramide naar boven gaan, elk van de volgende kenmerken toeneemt: structurele complexiteit, grootte van de eenheden, energiebehoefte, orde en instabiliteit. Verder wordt gezegd dat deze hiërarchie van niveaus in ruwe vorm de geschiedenis van de materie weergeeft.

Nog iets anders wordt beweed: bij het opkomen van het eerstvolgend hogere niveau moet energie worden verbruikt. "Zulk energieverbruik is de prijs die betaald moet worden voor de nieuwe eigenschappen die op het hogere niveau bereikt worden. Een van deze nieuwe eigenschappen is het verenigd, geïntegreerd functioneren, ten gevolge van de samenwerking tussen de functionele delen. Bijvoorbeeld, als atomen zich eenmaal met elkaar verenigen en verbindingen vormen, functioneren ze gezamenlijk als een enkele 'coöperatieve' eenheid. Evenzo leveren cellen die een meercellige eenheid vormen hun onafhankelijkheid in en worden een coöperatief, geïntegreerd systeem." Dankzij de grotere samenwerking bezit het nieuwe geheel, het nieuwe niveau dat is verschenen, een "toegenomen operationele efficiency" (we zouden zeggen: tegenomen functies en vermogens of een grotere autonomie).

De tekst legt verder uit dat een atoom klein en stabiel is vergeleken bij de mens, dat een mens klein en stabiel is vergeleken bij een gemeenschap van mensen en dat de complexiteit van een atoom erg eenvoudig is vergeleken bij de ongelofelijke complexiteit in structuur en functioneren van zelfs minuscule componenten van moleculen, zoals de genen. Op zijn beurt is de structuur en het functioneren van het

menselijk individu ontzaglijk ingewikkeld, en toch is deze betrekkelijk eenvoudig en stabiel vergeleken bij de complexiteit en het functioneren van de menselijke samenleving, die de complexiteit van individuele mensen omvat plus die van de maatschappij.

In dit organisatie-plaatje zijn de ontelbare wezens waaruit de natuur bestaat levende wezens die zowel onderling afhankelijk als tot op zekere hoogte autonoom zijn.* Ze zijn zowel gehelen als onderdelen van grotere gehelen. Dat wil zeggen, elk van hen is assertief en zelforganiserend – houdt zichzelf in stand door een voortdurende uitwisseling van energie en materie met zijn omgeving te onderhouden. De “omgeving” voor ieder wezen bestaat op zijn beurt uit een groter organisme. Zo leven wezens binnen andere wezens. Alle levens zijn onderling verweven en afhankelijk van elkaar.

In zijn assertieve, autonome rol is ieder wezen gericht op zijn eigen vervulling, terwijl in zijn rol als ondergeschikt deel elk wezen in staat is zichzelf te overstijgen in het belang van het grotere geheel. Er moet blijkbaar een dynamisch evenwicht worden bewaard tussen assertiviteit of autonomie en onderwerping aan de behoeften van het eerstvolgende geheel in de hiërarchie.

En door de opoffering, de samenwerking, de zelfoverstijging gebeurt er op het volgende hogere niveau iets nieuws. Dit laatste niveau is niet alleen maar een samenvoeging van eenheden van het lagere niveau. Het is veeleer een nieuwe *integratie*, een nieuwe *vorm*, een nieuw *geheel*, een nieuwe *eenheid*, die groter is dan de som der delen. Als we als voorbeeld nemen het niveau van de chemische verbindingen dan is water zo'n verbinding. Water is, zoals we weten, niet alleen maar een samenvoeging van twee substanties, waterstof en zuur-

* Dit is weliswaar sterk vereenvoudigd en het hiërarchische beeld dat hier wordt geschetst moet begrepen worden als een schema dat een veel ingewikkelder levensechte situatie weergeeft. De bewoners van zelfs de laagste rangen vertonen het meest ingewikkelde gedrag en geven blijk van zulke eigenschappen als voorkeur en afkeer, keuze, enzovoort.

stof, maar een totaal nieuwe substantie. Zouden deze twee gassen alleen maar door elkaar gemengd zijn, dan zou het mengsel uiterst explosief zijn, terwijl de combinatie ervan vuur kan blussen als water.

Twee of meer chemische verbindingen kunnen een identieke chemische samenstelling bezitten maar een verschillende rangschikking van onderdelen. Het is de *rangschikking* of de *structuur* die de fysische en chemische eigenschappen bepaalt. Twee verschillende substanties hebben bijvoorbeeld de formule $C_2H_6O_6$. De ene is ethylalcohol, de bekende alcohol, die een vloeistof is. De andere is dimethylether, een giftig gas. Elk heeft een eigen specifieke rangschikking van atomen binnen de moleculen. De structuur of de vorm is in de eerste plaats verantwoordelijk voor de identiteit van de substantie, niet de materiële bestanddelen.⁵

Zoals al is opgemerkt gebeurt er iets nieuws op het hogere niveau van organisatie en deze gebeurtenis is *niet verklaarbaar in termen van het lagere niveau*. Een weefsel is bijvoorbeeld meer dan de som van zijn cellen. Er wordt dus een sprong gemaakt tussen de niveaus. Dobzhansky heeft over dergelijke kloven of breuken in het evolutionaire proces gesproken (die D'Arcy Thompson eerder had opgemerkt) als vormen van "transcendentie", een term die ook van toepassing is op de overgang naar hogere niveaus van organisatie. Er is geen zuiver logische verklaring voor deze situatie; met het huidige inzicht zou de relatie tussen de niveaus niet kunnen worden voorspeld.

Er is een andere manier om dit te beschrijven: het is een tweevoudig proces van afwisselende differentiatie en integratie. Eerder (in hoofdstuk 1) stelden we voor dat alle creatieve processen afhankelijk zijn van de wisselwerking tussen twee tegenovergestelde polen: hier hebben we een treffend voorbeeld. Zoals Arthur Koestler het heeft uitgedrukt, vertoont de natuur twee tegengestelde neigingen – de ene is een assertieve en de andere een integratieve tendens. Ze heeft een neiging om complexere vormen op te bouwen, door middel van een dynamisch proces van differentiatie gevolgd door integratie op

De onafhankelijke eenheden waterstof en zuurstof worden opgeofferd en opgenomen in het hogere niveau in de vorm van water.... [Deze] elementen... zijn feitelijk geen deel van water. Ze zijn slechts potentieel aanwezig... en kunnen alleen worden teruggewonnen door het water af te breken, dat wil zeggen, te vernietigen.... Hetzelfde geldt voor elke andere scheikundige verbinding tegenover een mengsel. In keukenzout geven zowel Natrium als Chloor hun karakteristieke eigenschappen op bij de vorming van een nieuwe eenheid. De fysische eigenschappen van NaCl verschillen van die van Natrium en Chloor.

Robert Augros & George Stanciu⁵

een hoger punt op de spiraal van het bestaan. En hij toonde aan dat de tweevoudige tendens overal aanwezig is. Overal in de natuur is er competitie en coöperatie. Aan de ene kant wedijveren planten om licht en ruimte, wedijveren diersoorten voor ecologische niches, en binnen elke soort is er competitie om territorium, overheersing, partners en voedsel. Aan de andere kant vertoont de natuur een integratieve neiging variërend van symbiose en kolonialisme tot de samenbindende krachten in troepen en kudden, tot de seksuele banden en sociale hiërarchieën van primaten en mensen.

Er is een andere belangrijke implicatie van de wijze waarop het leven is georganiseerd. De onderlinge verbindingen of transacties of informatiestromen binnen en tussen de niveaus van organisatie zijn ingewikkeld; ze omvatten talloze multi-lineaire verbindingen en een stroom zowel van onderaf als van bovenaf. Terwijl hogere niveaus de lagere niveaus coördineren, beïnvloeden alle niveaus elkaar onderling. Dit is niet een hiërarchie zoals een van bovenaf geleide onderneming; want, zoals gezegd, ieder wezen bezit een bepaalde mate van zelfstandigheid en zijn plaats in de hiërarchie wordt van binnenuit bepaald, niet alleen maar door de druk van buitenaf. Zijn status is de uitkomst van het evolutionaire proces als geheel, dat zich *binnen* de entiteit bevindt, niet erbuiten.

In het groeiende embryo vertakken opeenvolgende generaties van cellen zich in verschillende weefsels, die uiteindelijk in organen geïntegreerd worden. Elk orgaan heeft het tweevoudige karakter een ondergeschikt deel te zijn en tegelijkertijd een autonoom geheel. Het individuele zelf is een organisch geheel, maar tegelijkertijd deel van zijn familie of stam. Elke sociale groep is een samenhangend geheel, maar ook een afhankelijk deel binnen een gemeenschap of natie. Delen en gehelen in de absolute zin van het woord bestaan er niet. Elk *holon* [Koestler schiep dit woord voor entiteiten die zowel deel als geheel zijn] moet zijn autonomie bewaren en uiten maar tegelijkertijd ondergeschikt blijven aan de eisen van het geheel. Zo heeft de assertieve neiging zijn tegendeel in de integratieve neiging om als deel van een groter geheel te functioneren. Janus regeert ook in de onbezielde natuur. Het complementariteitsbeginsel schrijft aan sub-atomaire deeltjes een tweevoudige aard toe. In het universum als geheel wordt stabiliteit bewaard door het evenwicht van tegengestelde krachten: trage, centrifugale neigingen... [tegenover]... de cohesieve elektromagnetische of zwaartekracht. Arthur Koestler⁸⁵

Evolutionaire [vooruitgang] naar hoge organisatieniveaus heeft als voordeel dynamiek en autonomie... [het nadeel] is toenemende kwetsbaarheid. De lichaamstemperatuur van zoogdieren ligt bijvoorbeeld dicht tegen de bovengrens aan van voor de meeste levende vormen van protoplasma toelaatbare temperaturen. Ook worden de overlevingskansen op dramatische wijze verkleind: terwijl een koudbloedig organisme een groot aantal temperaturen kan verdragen, moeten warmbloedige dieren in staat zijn hun lichaamstemperatuur te houden binnen een paar graden van de norm, of ze gaan te gronde. De biologische evolutie gaat in de richting van steeds dynamischer en autonomer soorten. Tegelijkertijd gaat ze in de richting van soorten die uiterst complex en kwetsbaar zijn, gedwongen om zich te verlaten op delicate overlevingsfuncties die bij de hogere soorten niet alleen genetisch gecodeerd en overgeërfd gedrag omvatten, maar ook ervaring die in het leven van het individu vergaard is. Ervin Laszlo⁸⁸

Terwijl een trend van de evolutie loopt in de richting van een toenemende zelfstandigheid en capaciteit, worden deze eigenschappen gewonnen ten koste van een grotere kwetsbaarheid. Denk maar eens aan de kwetsbaarheid van een mens vergeleken bij die van een amoebe!

Een belangrijke implicatie van het diagram op blz. 145, dat we als voorbeeld hebben gebruikt, is de onderlinge afhankelijkheid van de fysieke, biologische en sociale (met inbegrip, waar het de mens betreft, van de psychologisch-cultureel-spirituele) niveaus van bestaan. In dit opzicht hangt dit schema samen met religieus-filosofisch-psychologische grondbeginselen met betrekking tot de onderlinge afhankelijkheid van en de wisselwerking tussen bestaanstoestanden. Tenslotte, door de wederzijdse doordringing van alle leven op deze planeet te suggereren (waarbij dit op een nieuwe wijze tot uitdrukking wordt gebracht), hangt het schema samen met de oeroude mystieke waarneming dat het Al in alles is en alles in het Al.

De aarde als levend wezen

We zagen dat de rangschikking van dode en levende materie op aarde door en door holistisch van aard is, een rangschikking van gehelen binnen grotere gehelen – waarbij gehelen elkaar dus doordringen. Is de aarde zelf een organisch, ondeelbaar geheel?

De conventionele biologie accepteert een dergelijk idee nog niet, maar het is naar voren gebracht door de chemicus James Lovelock, die er voor het eerst op kwam door het ruimteonderzoek, en zijn medewerker de microbioloog Lyn Margulis.^{93, 94} Lovelock noemt zijn theorie de Gaia-hypothese, naar Gaia, de aardgodin van het oude Griekenland.

Dat de aarde een levend wezen is werd in oudere beschavingen aanvoeld en is in feite een grondbeginsel van de eeuwige wijsbegeerte; dit wordt uitvoerig uiteengezet in Blavatsky's *The Secret Doctrine*; de aarde wordt voorgesteld als een op zichzelf staand levend wezen dat gedurende miljoenen

Bezien van de afstand van de maan is het verbazingwekkende aan de aarde, het adembenemende, dat ze leeft.... Als je lang genoeg kon kijken, zou je het wervelen zien van de grote massa's witte wolken, die de half-verborgen landmassa's gedeeltelijk bedekken. Als je gedurende een zeer lange, geologische tijdsperiode had gekeken, zou je de continenten zelf hebben zien bewegen, uit elkaar drijvend op hun schollen, drijvend gehouden door het vuur eronder. Het ziet er zo georganiseerd en zelfstandig uit als een levend wezen, vol van informatie, op prachtige wijze in staat om te gaan met de zon.

Lewis Thomas¹⁶¹

De aarde *is* ons, ze is niet van ons. We zijn aardlingen. Fysiek en spiritueel zijn we verweven met de levende processen van de planeet zelf. Samen met de zee, de lucht, het zonlicht en andere levensvormen hebben we deel aan wat een levend systeem lijkt te zijn met planetaire afmetingen, Gaia. Dit systeem is zo verenigd dat de bioloog Lewis Thomas ons vertelt dat de beste analogie met de biosfeer van de aarde die is van een enkele cel. We zijn een integraal onderdeel van deze levende cel, onderhouden door zijn energiestromingen en organisatiepatronen. En het is niet alleen ons lichaam dat deel heeft aan dit leven; de menselijke geest zelf hangt voor wat betreft zijn vitaliteit af van de blakende gezondheid van de natuurlijke wereld.

Elias Amidon & Elisabeth Roberts¹

jaren geëvolueerd is en nog steeds evolueert.

Voor een korte samenvatting van de Gaia-hypothese kunnen we een uitspraak lenen van Fritjof Capra's boek *The Turning Point*: "De planeet is niet alleen vol van leven maar lijkt zelf een levend wezen te zijn. Alle levende materie op aarde, samen met de atmosfeer, de oceanen en het vaste land, vormen een complex systeem dat alle kenmerkende patronen van zelforganisatie bezit. Het bestaat in een opmerkelijke, voortdurend wankele chemische en thermodynamische toestand, en is in staat, door een reusachtige verscheidenheid aan pro-

cessen, de planetaire omgeving zo te reguleren dat optimale voorwaarden voor de evolutie van het leven in stand gehouden worden.... De aarde is dus een levend systeem; ze functioneert niet alleen *als* een organisme maar lijkt feitelijk een organisme te *zijn*, een levend, planetair wezen.”²⁷

De conceptualisatie van de aarde als een levend wezen is nu een dringende, praktische aangelegenheid geworden. De godsdiensthistoricus Thomas Berry maakt dit duidelijk: “Zorg voor het welzijn van de planeet is de enige zorg die naar wij hopen de volkeren van de wereld in een internationale gemeenschap samen zal brengen. Omdat de aarde als een absolute eenheid functioneert, brengt iedere functiestoornis van de planeet elk volk op de planeet in gevaar.”¹⁸⁵

De systeembenadering: een nieuw perspectief

Ludwig von Bertalanffy stelde, bij zijn speurtocht naar een verklaring voor de vraag hoe organismen in staat zijn zichzelf in hun omgeving in stand te houden, een krachtige, nieuwe benadering voor die bekend is geworden als de Algemene Systeemtheorie, hoewel het niet zozeer een theorie is alswel een andere manier om de wereld te bezien. Volgens de systeembenadering is de wereld niet een toevallig samentreffen van atomen, maar een grote organisatie waarin niets afzonderlijk begrepen kan worden, maar alles moet worden gezien als onderdeel van een dynamisch proces. Het organisme-model dat Bertalanffy voorstelde is het open systeem, in tegenstelling tot het machine-model, dat een gesloten systeem is dat tot stilstand komt als het niet van buitenaf van energie wordt voorzien.

Ervin Laszlo, die de systeembenadering in verband bracht met de filosofie en met de sociale wetenschappen, licht deze nieuwe richting als volgt toe: “In plaats van naar ÇÇn ding tegelijk te kijken en op zijn gedrag te letten als het aan een ander ding wordt blootgesteld, kijkt de wetenschap nu naar een aantal verschillende en met elkaar in wisselwerking staande

dingen en let ze op hun gedrag *als geheel* onder verschillende invloeden.... Dit is wat we ook in het dagelijks leven doen, als we erover nadenken.... We doen hetzelfde... als we bedrijven zien als gezelschappen in plaats van individuele arbeiders en bestuurders. In feite doen we het ook met naties... We hebben het ook daar over internationale blokken.”⁸⁸

In een artikel dat Bertalanffy enkele jaren geleden schreef vatte hij de systeembenadering als volgt samen:

De moderne heroriëntatie in het denken, de nieuwe modellen, lijken gebaseerd te zijn op het systeembegrip.... Op schetsmatige wijze gekarakteriseerd: de procedure van de klassieke wetenschap was waargenomen verschijnselen te herleiden tot afzonderlijke elementen; deze kunnen dan worden samengesteld, in de praktijk of in gedachten, om het waargenomen verschijnsel weer te geven. De ervaring heeft geleerd dat deze isolatie van delen en ketens van oorzaken en hun samenvoeging en rangordening op grote schaal werkt, maar dat we nu, in alle wetenschappen, geconfronteerd worden met problemen van andere aard. We worden geconfronteerd met gehelen, organisaties, wederzijdse wisselwerkingen van vele elementen en processen, systemen – aan welke uitdrukking je ook de voorkeur geeft. Ze zijn in wezen niet optelbaar, en kunnen daarom niet op adequate wijze met behulp van analytische methoden bestudeerd worden. Je kunt ze niet opdelen in afzonderlijke elementen en oorzakelijke ketens. Vergeleken bij de benadering van de klassieke wetenschap vereisen ze nieuwe concepten, modellen, methoden – of het probleem nu een atoomkern is, een levend systeem of een bedrijf. Wederzijdse wisselwerking in plaats van lineaire oorzakelijkheid; georganiseerde complexiteit in plaats van de optelling van ongeërichte en statistische gebeurtenissen – hierdoor worden ruwweg de nieuwe problemen gekarakteriseerd.¹⁹

In een echt systeem... volgen niet alle eigenschappen uit de eigenschappen van de componenten en hun combinaties. Macroscopische eigenschappen zijn vaak niet het gevolg van statische structuren, maar van dynamische wisselwerkingen die zich zowel binnen het systeem afspelen als tussen het systeem en zijn omgeving.... Een mens die verliefd wordt – misschien maar eens in zijn leven – verandert het leven van de gemeenschap waarvan hij of zij deel uitmaakt. Zulke overwegingen wijzen al op het feit dat een systeemvisie vanzelf voert tot een dynamisch perspectief. In het algemeen wordt een systeem waarneembaar en definieerbaar door zijn wisselwerkingen.

Erich Jantsch⁷⁸

Zo zien we dat de systeemtheorie het hiërarchische principe nader uitwerkt en uitbreidt door te laten zien dat de complexe wisselwerkingen tussen verschillende niveaus van organisatie ten dienste staan van het geheel dat ze vormen.

In hetzelfde artikel bespreekt Bertalanffy zijn concept van een open systeem. Hij begint met het stellen van de vraag: Wat is het verschil tussen een normaal levend organisme en een ziek of dood organisme? Zijn antwoord is dat er vanuit het gezichtspunt van de fysica of de scheikunde geen enkel verschil bestaat:

Want vanuit het gezichtspunt van de 'gewone' fysica en scheikunde is een levend organisme een samenvoeging van een enorm aantal processen die, gegeven voldoende werk en kennis, omschreven kunnen worden met behulp van chemische formules, vergelijkingen uit de fysica en de wetten der natuur in het algemeen. Natuurlijk verschillen deze processen in een levende, zieke of dode hond, maar de wetten van de fysica zeggen ons niets over dat verschil; ze zijn niet geïnteresseerd in de vraag of honden dood of levend zijn. Dit blijft zo zelfs als we de laatste resultaten van de moleculaire biologie in ogenschouw nemen. Het ene DNA-molecuul is evengoed als elk ander... geen ervan is beter, gezon-

der of normaler dan een ander.¹⁹

Bertalanffy definieert een open systeem door het gegeven dat het materie uitwisselt met zijn omgeving, dat het blijft bestaan tijdens de invoer en uitvoer, opbouw en afbraak van zijn materiële bestanddelen. De toestand van een open systeem is er een van *uit-evenwicht*, in de taal van de thermodynamica, terwijl een gesloten systeem zich in een toestand van *bijna-evenwicht* of *evenwicht* bevindt. (De term “evenwicht” verwijst naar de toestand waarin bruikbare energie verlaagd en verbruikt is tot een toestand van maximale entropie of volledige desintegratie.) Voorbeelden van een gesloten systeem zijn een stoommachine of een rots of een kop koude soep.

Het diagram met het hiërarchische schema van organismen dat we bespraken, kan nu even goed beschreven worden als een schema van natuurlijke of *open* systemen. Met andere woorden, cellen, planten, dieren, mensen, naties zijn alle open systemen. Zoals we in het diagram zagen, zijn dit gehelen binnen grotere gehelen en we kunnen ze evengoed beschrijven als open systemen binnen open systemen.

De systeembenadering is tegengesteld aan die van het reductionisme. Dat wil zeggen, ze ziet gehelen als primair, en delen als secundair – als subtotalen van gehelen. Dat is zo omdat de betreffende wetenschappers inzien dat de delen – of het nu gaat om cellen, genen of elementaire deeltjes – alleen op adequate wijze begrepen kunnen worden in de context van het systeem waarvan ze een integraal deel vormen. Ze los van hun context onderzoeken betekent het vermogen verliezen om de coördinerende activiteit van het gehele systeem te begrijpen.²⁷

De wetenschappen van complexiteit

De algemene systeemtheorie en de cybernetica hebben sinds de zestiger jaren geleid tot de ontwikkeling van een hele nieuwe groep van specialismen, de wetenschappen van com-

plexiteit. De cybernetica is de algemene analyse van controle- en communicatiesystemen, zowel in levende organismen als in machines. De belangrijkste grondlegger ervan was de wiskundige Norbert Wiener.

De wetenschappen van complexiteit houden zich bezig met de verschijning, ontwikkeling en het functioneren van complexe systemen, ongeacht het onderzoeksdomein waartoe ze behoren. Ze omvatten de niet-evenwicht thermodynamica (die ontwikkeld is door Aharon Katchalsky, Ilya Prigogine en hun volgelingen), de cellulaire automatentheorie (met als pionier Johann von Neumann en verder ontwikkeld in de autopoïetische systeemtheorie van Humberto Maturana en Francisco Varela) alsook de catastrofetheorie en de dynamische systeemtheorie (die ontwikkeld is door René Thom, Christofer Zeeman, Robert Shaw, Ralph Abraham en anderen). Binnen de dynamische systeemtheorie is een belangrijke nieuwe tak opgekomen: de chaos-wetenschap, die hierna afzonderlijk besproken zal worden.

De wetenschappen van complexiteit zijn bruikbaar op vele verschillende terreinen, zoals de ecologie, de planologie, de communale en institutionele ontwikkeling, en de socio-economische planning. Hun brede toepasbaarheid vormt een weerspiegeling van de fundamentele homologie (werkelijke gerelateerdheid) van de dynamiek van zelforganisatie op vele niveaus. In de woorden van Erich Jantsch: “Deze homologie maakt het mogelijk de evolutie te beschouwen als een holistisch verschijnsel dat op dynamische wijze vele niveaus met elkaar verbindt.”⁷⁸

Omdat de wetenschappen van complexiteit veel te maken hebben met onze heelheidsthese, zullen we enige tijd besteden aan de bespreking van het werk van Ilya Prigogine, een van de grondleggers van de concepten die aan dit terrein ten grondslag liggen.

Orde door fluctuatie

Prigogine, een in Rusland geboren Belg, had lange tijd de theorie van de thermodynamica bestudeerd, die zowel de fysica als de scheikunde omvat, toen hij een probleem begon te onderzoeken dat sinds de tijd van Charles Darwin onopgelost was gebleven. De vraag was: Hoe verzoenen we het feit van de evolutie van de natuurlijke soorten (die een feit is) met de tweede wet van de thermodynamica (ook een feit) die stelt dat het universum “uitdooft” (wat bekend staat als de wet van de toenemende entropie)? Met andere woorden, de evolutie bewijst dat soorten steeds complexere vormen tot ontwikkeling brengen, wat in tegenspraak lijkt te zijn met de conclusie van de tweede wet dat alles uiteindelijk moet ontaarden in een doodse gelijkvormigheid. De gebruikelijke verklaring hiervan is geweest dat plaatselijke afname van entropie gewonnen wordt ten koste van een algehele toename. Prigogine slaagde er, geholpen door verscheidene anderen, tenslotte in deze tegenstrijdigheid op te lossen. (Een belangrijke doorbraak vond plaats in 1967.)

Kort gezegd, men ontdekte dat terwijl in gesloten systemen entropie en daardoor de wanorde toe moet nemen door onomkeerbare processen, in open systemen “er niet alleen sprake is van de produktie van entropie door onomkeerbare processen, maar ook van het transport van entropie door de invoer van materie als potentiële drager van vrije energie of negatieve entropie.”¹⁹ Op deze wijze vertonen organisme-achtige systemen een negentropische trend; ze “voeden” zich inderdaad met negatieve entropie en kunnen daardoor zelfs verder gaan in de richting van toenemende differentiatie en organisatie, zoals het geval is in de biologische verschijnselen van ontwikkeling en evolutie.

Zo wordt de schijnbare tegenspraak tussen anorganische en organische domeinen opgelost. Zoals Bertalanffy het uitdrukte: “Volgens het tweede principe van de thermodynamica gaan fysieke gebeurtenissen in de richting van toenemende entropie, dat wil zeggen, toestanden van toenemende waar-

schijnlijkheid en afnemende differentiatie. Organismen kunnen zich in de richting van afnemende waarschijnlijkheid en toenemende differentiatie ontwikkelen, omdat ze open systemen vormen, die materie met hun omgeving uitwisselen.”¹⁹

Het feit dat instabiele structuren in een chemisch milieu kunnen voorkomen was ontdekt door twee Russische onderzoekers in 1958 (in wat genoemd wordt de Belousov-Zhabotinsky reactie). Deze ontdekking leverde nieuwe inzichten op in de dynamiek van deze spontane vormen – vormen die nogal verschillen van “gewone” reacties. Toen Prigogine met zijn onderzoekingen begon, zag hij in dat leven en niet-leven beide in instabiele situaties verschijnen en dat zulke situaties overal aanwezig zijn.²⁰

Prigogine noemde die instabiele vormen “dissipatieve structuren”, om aan te geven dat deze om hun vorm te kunnen behouden voortdurend entropie moeten verbruiken om te voorkomen dat ze terechtkomen in de evenwichtstoestand (die ze “doodt”). En hij noemde de dynamiek van zulke structuren “orde door fluctuatie”.

In essentie stelt Prigogine’s theorie dat de beweging van energie door een dissipatieve structuur resulteert in fluctuaties. Als deze klein zijn veranderen ze niet de structurele integriteit van het systeem. Maar als het systeem ernstig verstoord raakt, kan het, in de woorden van Prigogine “ontsnappen naar een hogere orde”. (Het is suggestief dat deze theorie strookt met het psychologische inzicht dat stress creatieve gevolgen kan hebben.)

Ken Wilber heeft opgemerkt dat het werk van Prigogine in de categorie valt van pogingen die erop wijzen dat de reductionistische wetenschap op zijn retour is, en die laten zien dat de fysica en de andere gebieden zich openstellen voor de notie van een eindeloze vernieuwing en creativiteit binnen natuurlijke processen. Dissipatieve structuren zijn geen echte *verklaringen* van leven of bewustzijn, zoals soms wordt beweerd, maar veeleer *beschrijvingen* van wat er met materie moet gebeuren opdat hogere ordes zich kunnen ontplooien. Prigogines vergelijkingen verschaffen de wiskunde die de evolutie moge-

lijk maakt van hogere, meer georganiseerde toestanden uit minder complexe structuren. Of, zoals Wilber het uitdrukt, Prigogine beschrijft “de complexiteit van materiële verstoringen die het leven of *prana* in staat stellen door – maar niet uit – de materie te verschijnen.”¹⁷⁴

De theorie van Prigogine wordt momenteel toegepast in een verscheidenheid van terreinen, van de voorspelling van patronen in de stroom van het verkeer tot de studie van cellulaire fluctuaties zoals deze verband houden met de oorzaak van kanker. “De gedragswijzen die afgeleid kunnen worden uit de theorie [van de dissipatieve structuren] werden onlangs bevestigd in tal van niet-lineaire trillingsverschijnselen van fysieke, chemische, biochemische, elektrochemische en biologische aard.”⁷⁸

Prigogine ontving in 1977 de Nobelprijs voor scheikunde, die hem hoofdzakelijk werd toegekend voor zijn theorie van de dissipatieve structuren. Bij de prijsuitreiking stelde het Nobel-comité: “Prigogine heeft op fundamentele wijze de wetenschap van de onomkeerbare thermodynamica herzien. Hij heeft deze een nieuwe relevantie gegeven en theorieën ontworpen om de brug te slaan over de kloof die bestaat tussen de biologische en sociaal-wetenschappelijke velden van onderzoek.”¹⁶⁷ Zoals René Weber schrijft: “[Prigogine] hoopt aan te tonen dat zelfs sub-atomaire deeltjes onderworpen zijn aan zijn wet van de dissipatieve structuren, net zoals macro-processen dat zijn, en dat alle materie in het universum daardoor gekenmerkt wordt door responsiviteit, creativiteit en – in die zin – door dialoog.”¹⁶⁷

Prigogine is zich ten volle bewust van de immense implicaties van zijn werk, want hij schrijft aan het eind van zijn boek *Order Out of Chaos*: “We kunnen het oude *a priori* onderscheid tussen wetenschappelijke en ethische waarden niet langer accepteren.... Tegenwoordig weten we dat tijd een constructie is en daarom een ethische verantwoordelijkheid met zich draagt.... Als gevolg daarvan is individuele activiteit niet tot betekenisloosheid gedoemd.”¹²⁷

Orde, chaos en heelheid

Zijn alle natuurlijke manifestaties eigenlijk van ordelijke aard? Zijn zelfs wanordelijke verschijnselen paradoxalerwijze aan orde onderhevig? De nieuwe chaos-wetenschap antwoordt hierop bevestigend. Maar voordat we die wetenschap behandelen kan het goed zijn om kort stil te staan bij de betekenis van orde en chaos zelf.

Het is duidelijk dat een of andere notie van orde onmisbaar is voor elke vorm van begrip en betekenis. Orde en betekenis gaan in feite hand in hand en ze ontstaan altijd in een bepaalde context, of dat nu de kosmische, de tijdelijke, de tijdloze, de psychologische, de sociale of de natuurlijke orde is.*

Het woord “chaos” is afgeleid van het Griekse woord *chairo*, dat de Leegte of de Grote Diepte of de Afgrond betekent. Het lijkt te verwijzen naar een toestand die aan de manifestatie voorafgaat, de toestand waarvan in Genesis wordt gezegd: “Duisternis was op de vloed.” In Genesis wordt ook de term “wateren” gebruikt. Equivalente termen komen ook in andere tradities voor. De Sanskriet-term *Akasha*, afgeleid van de stam *kash*, schijnen, betekent prekosmische of primordiale substantie. Volgens Lama Govinda duidt *Akasha* op een actieve, zo niet creatieve eigenschap van de ruimte, iets wat in verband staat met beweging, trilling of straling. Blavatsky stelde de Leegte gelijk aan de Universele Ruimte. In deze tradities is de Leegte niet een leegte maar een grenzeloze volheid. Als zodanig bevat zij alle mogelijkheden die in een gemanifesteerd universum tot ontplooiing komen of kunnen komen; het is de volheid die het dynamische wereldproces mogelijk maakt. Vanzelfsprekend zijn dit niet de gewone gebruikswijzen van het woord “chaos”; gewoonlijk betekent het eenvoudig een toestand van wanorde. In feite zal ik straks betogen dat het bestaan, individueel en collectief gezien, in wezen *niet* een chaos is, ondanks de onmiskenbare persoonlijke en maatschappelij-

* Voor een stimulerende verhandeling over orde, zie Bohm & Peat, *Science, Order and Creativity*.¹⁶

ke wanorde, als met chaos de afwezigheid van orde bedoeld wordt; dat, integendeel, de onevenwichtigheden en disharmonieën die we ervaren zelf het bewijs vormen voor de werking van een innerlijke orde (deze paradoxale stelling is de uitkomst van de kosmisch-metafysisch-morele wet die karma heet, het onderwerp van hoofdstuk 15).

Nu is het zo dat de wetenschap zich heeft gebaseerd op de orde en de regelmaat die ze in de natuur aantreft. Maar hoe zit het met de vele onregelmatigheden in de natuur? De nieuwe chaos-wetenschap, die een zijtak is van de dynamische systeemtheorie (zelf weer een van de wetenschappen van complexiteit), gaat juist over deze categorie verschijnselen: onregelmatigheden. De chaos-wetenschap ontdekt dat ook onregelmatigheden niet vrij zijn van ordening, dat zelfs schijnbaar chaotische processen zoals weerpatronen en turbulentie in vloeistoffen bij nader inzien subtiele ordeningspatronen vertonen. De chaos-wetenschap ontdekt, zoals James Gleick in zijn boeiende inleiding tot deze nieuwe discipline uitlegt, universele wetten die heersen over chaos of wanorde.⁵³ Het is een wetenschap die bepaalde gevoeligheden vereist, zoals een oog voor patronen, een oog voor het geheel. Terwijl de klassieke wetenschap systemen analyseert in termen van hun bestanddelen (of het nu quarks, chromosomen of neuronen zijn), letten de chaos-wetenschappers op het geheel.*

Men heeft wel gezegd, vertelt Gleick, dat de nieuwe chaos-theorie de derde grote revolutie in de moderne wetenschap vertegenwoordigt, na de quantummechanica en de relativiteitstheorie. Omdat de bijzondere notie van orde op een be-

* De dynamische systeemtheorie stelt dat dynamische systemen uit hun evenwicht worden gebracht door het verschijnen of verdwijnen van wat genoemd worden 'attractoren'. Dit zijn 'complexe en subtiel geordende structuren die het gedrag bepalen van schijnbaar willekeurige en onvoorspelbare systemen. Verschillende soorten chaotische attractoren zijn tot nu toe ontdekt. Zelfs een chaotische attractor veroorzaakt niet een volkomen willekeurige chaotische fase, en het betreffende systeem gaat door de fase heen naar een nieuwe stabiele toestand, die onvoorspelbaar is maar zowel geordend als creatief' (Laszlo, *Evolution*⁸⁸).

paald terrein van inzicht uiterst fundamenteel is, kunnen we heel goed begrijpen waarom de chaos-wetenschap, die een nieuwe vorm van orde heeft ontdekt, een revolutionair karakter moet hebben. Denk bijvoorbeeld aan de hiervoor beschreven diepgaande maatschappelijke verandering die ontstond toen de moderne wetenschap opkwam en het idee introduceerde van een orde die radicaal verschilde van dat wat de middeleeuwse maatschappij kende.

De natuur is vol van systemen die nooit een stabiele toestand bereiken – die zichzelf *bijna* herhalen maar dat nooit *helemaal* doen – bijvoorbeeld het weersysteem, fluctuaties in dierlijke populaties, en niet-periodiek terugkerende epidemieën. De chaos-theorie stelt modellen op voor het gedrag van de betreffende systemen, en levert de wiskunde die nodig is voor het met elkaar in verband brengen van onregelmatigheid en onvoorspelbaarheid. Ze gebruikt voor dit doel niet-lineaire wiskundige vergelijkingen – dat wil zeggen, vergelijkingen die relaties tot uitdrukking brengen die niet strikt proportioneel zijn.

De chaos-wetenschap houdt zich bezig met de dynamiek van de vorming van patronen. Hoewel deze in ruimte en tijd veranderen, ontdekt de chaos-wetenschap universele wetten van patroonvorming en heeft ze speciale technieken ontworpen om ze te bestuderen.

IJskristallen vormen hiervan een goed voorbeeld. Gleick schrijft: "IJskristallen vormen zich in de turbulente lucht met een bekende vermenging van symmetrie en toeval, de speciale schoonheid van zesvoudige onbepaaldheid... Als water bevriest, zenden kristallen punten [dendrietten] uit; de punten groeien, hun grenzen worden instabiel en nieuwe punten schieten aan de zijkant naar buiten."⁵³ Gleick legt uit dat een natuurlijke moleculaire symmetrie in het geval van ijs een ingebouwde voorkeur geeft voor zes groeirichtingen. Een van de fysieke krachten die in het spel zijn is de verspreiding van de hitte die vrijkomt als water bevriest. Maar de fysica van de hitteverspreiding slaagde er niet in een volledige verklaring te geven voor de patronen van sneeuwvlokken die onder de

Waar de chaos begint, houdt de klassieke wetenschap op. Want zolang als de wereld fysici heeft gekend die de wetten der natuur onderzoeken, heeft ze geleden onder een speciaal soort onwetendheid omtrent de wanorde in de atmosfeer, de turbulente zee, de fluctuaties van dierenpopulaties in het wild, de trillingen van het hart en de hersenen. De onregelmatige kant van de natuur, de discontinue en grillige kant – deze zijn voor de wetenschap raadselen geweest, of erger, monsterlijkheden.

Maar in de jaren zeventig vonden enkele wetenschappers in de Verenigde Staten en Europa een weg door de wanorde. Het waren wiskundigen, fysici, biologen, scheikundigen, die allemaal verbanden zochten tussen verschillende vormen van onregelmatigheid. Fysiologen vonden een opvallende orde in de chaos die zich kan voordoen in het menselijk hart, de hoofdoorzaak van plotselinge, onverklaarbare dood. Ecologen verkenden het ontstaan en vergaan van mottenpopulaties. Economen groeven gegevens op over oude prijzen van aandelen.... De inzichten die ontstonden voerden direct naar de wereld der natuur – de vorm van wolken, de weg van de bliksem, de microscopische vertakkingen van bloedvaten, de groepering van sterren in het heelal.

James Gleick⁵³

Chaos is een afkorting geworden voor een snelgroeiende beweging die de structuur van de gevestigde wetenschap aan het veranderen is.... Op elke belangrijke universiteit en elk belangrijk onderzoekscentrum houden theoretici zich in de eerste plaats met chaos bezig en dan pas met hun eigen specialismen.... De nieuwe wetenschap heeft een eigen taal voortgebracht, een elegant jargon over *fractals* en boomstructuren, intermittenties en periodiciteit, gevouwen handdoek-diffeomorfismen en gladde spaghetti-afbeeldingen. Dit zijn de nieuwe elementen van beweging, net zoals in de traditionele fysica quarks en gluons de nieuwe elementen van de materie zijn. Voor sommige fysici is chaos een wetenschap van processen in plaats van toestanden, van worden in plaats van zijn.

James Gleick⁵³

microscopie werden gelegd. “Onlangs hebben wetenschappers een manier uitgewerkt om een ander proces erbij te betrekken: oppervlaktespanning. *De kern van het nieuwe sneeuwvlok-model is het wezen van chaos: een delicaat evenwicht tussen krachten van stabiliteit en krachten van instabiliteit; een machtig spel van krachten op atomaire schaal en krachten op de schaal van alledag*” (cursivering toegevoegd).⁵³ Iedere sneeuwvlok is uniek. “De uiteindelijke sneeuwvlok legt de geschiedenis vast van alle veranderlijke weersomstandigheden die ze heeft meegemaakt, en de combinaties kunnen wel oneindig zijn.”⁵³

Een paar van deze beweringen over de chaos-theorie moeten opwindend zijn voor iedere onderzoeker van het holisme. Zoveel lijkt samen te komen – het idee van een toenemende schaal en van de interactie en wederzijdse doordringing van deze dimensies, het idee dat dynamische processen altijd gehoorzamen aan noodzakelijkheid of universele wetten als ze vormen en patronen scheppen, de uniekheid en toch universaliteit van elk moment en elke manifestatie van de natuur. Zo is het duidelijk dat de chaos-wetenschap op zijn eigen wijze samenhangt met en steun levert voor het oude idee van chaos als een toestand die vol is van oneindige mogelijkheden voor orde, schoonheid en betekenis.

Chaos-wetenschappers vermoeden, als ze computersimulaties van dendrietengroei bezien, dat ze spoedig hun wetenschap ten nutte zullen kunnen maken voor de biologie; ze zien algen, celwanden, organismen ontspruiten en zich delen. Vele nieuwe toepassingen wenken of zijn al gevonden. “Wetenschappers gebruiken de fysica van dynamische systemen om het menselijk immuuniteitsstelsel te bestuderen, met zijn miljarden componenten en zijn vermogen tot leren, geheugen en patroonherkenning en ze bestuderen tegelijkertijd de evolutie, in de hoop universele aanpassingsmechanismen te vinden. Zij die deze modellen opstellen zien snel structuren die zich verdubbelen, met elkaar wedijveren en evolueren door middel van natuurlijke selectie.”⁵⁵

We zijn nu eraan toe om de evolutietheorie te behandelen.

