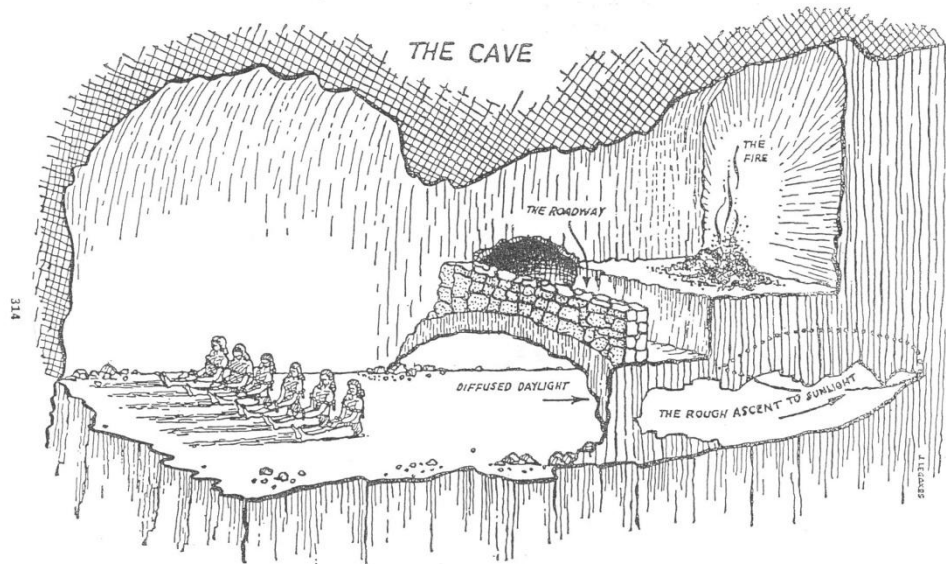


Hoe je de schepping kunt zien

Natuurwetenschappelijk cahier bij "Alom Schepping"



Rinus Vlaardingebroek en Willem Hirs

Voorwoord

In *Alom Schepping*[1] wordt onder meer de betekenis van het begrip schepping in de apostolische cultuur besproken en wordt getracht het apostolische denken en spreken over schepping en daaraan verwante begrippen¹, als levensmacht, liefdemacht en zielenleven, te verhelderen door de onderlinge samenhang ervan te laten zien. In dit cahier willen wij proberen aan te tonen, dat het apostolische gedachtegoed, zoals beschreven in Deel 1 van [1], nergens in strijd is met moderne natuurwetenschappelijke inzichten, die in de 20^e eeuw tot in ontwikkeling kwamen. Die inzichten kunnen ons zelfs tot verwondering brengen over de schepping, zowel het al geschapene als het proces, te meer omdat achter elke nieuwe ontdekking weer verdergaande vragen onze nieuwsgierigheid prikkelen. In [1], p. 31, lezen we hierover: "Vermeersch vindt dat de relativiteitstheorie en de kwantummechanica (de moderne fysica) het einde hebben ingeluid van de mogelijkheid van de mens om op grond van modellen, die aan onze zintuiglijke wereld ontleend zijn, de wereld (schepping) te begrijpen".

In dit cahier willen wij dit inzicht verder uitdiepen aan de hand van ontwikkelingen van de 'moderne fysica' (kwantummechanica en relativiteitstheorie) in de 20^e eeuw. Bovendien blijken modellen, die berusten op klassiek-fysische overwegingen, ook hun beperkingen te hebben. Wij denken hierbij aan de eveneens in de 20^e eeuw ontwikkelde systeemtheorie en de niet-lineaire mechanica ("chaostheorie"), waarbij krachtige computers de analytische wiskunde moeten aanvullen en zodoende nieuw licht op de evoluerende schepping werpen. Door deze nieuwe natuurwetenschappelijke inzichten is ons zicht op het geheel van de schepping, inclusief het ontstaan en de ontwikkeling van de levende schepping, diepgaand beïnvloed [2].

¹ De vraag was uit te gaan van het begrip 'schepping'; niet van 'evolutie'. De voortgaande schepping of schepping als proces wordt in dit cahier ook aangeduid met de term 'evoluerende schepping'.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	2
Inleiding.....	3
1. Natuurwetenschap en schepping.....	6
1.1. Scheppingsbeeld in de renaissance.....	6
1.2. Het verdwijnen van de zekerheid.....	7
1.3. Nieuwe inzichten in de natuurwetenschappen van de 20e eeuw.....	8
1.4. Conclusies bij hoofdstuk 1.....	10
2. De schepping als proces.....	11
2.1. Systeemtheorie.....	11
2.2. Instabiliteiten, chaos en ordening in open systemen.....	12
2.2.1. Chaostheorie, niet-lineaire dynamica.....	13
2.3. Conclusies bij hoofdstuk 2.....	15
3. Scheppingsmacht als levensmacht.....	15
3.1. Het begin van leven op aarde.....	15
3.2. Het evoluerende leven.....	16
3.3. Onze hersenen.....	17
3.4. Conclusies bij hoofdstuk 3.....	19
Slotsom.....	20

Inleiding

Tot ongeveer 1500 heeft in Europa het Bijbelse scheppingsverhaal de denkwereld beheerst. Daarna zijn ook de natuurwetenschappen over de schepping aan het woord gekomen. Het huidige, ontzagwekkende bouwwerk van fysica, chemie, biologie en medische wetenschap en de daaruit ontstane technische toepassingen wekken de indruk dat men op termijn de schepping volledig zal kunnen begrijpen en verklaren. Deze voor de hand liggende gedachte werd en wordt dan ook door velen uitgedragen. De nieuwe fysica, die tot ontwikkeling kwam in het begin van de 20^e eeuw, doet echter betwijfelen of een volledige verklaring van de schepping ooit mogelijk kan zijn. In die 20^e eeuwse 'moderne fysica' werkt men op subatomair niveau met fundamentele onzekerheden en ervaart men het ontbreken van determinisme. Men moet zich baseren op experimentele feiten, die niet door een 'fundamentele theorie' worden beschreven. Maar ook in macroscopisch systemen (bv. het weer), waarin men zou verwachten dat determinisme wel formeel geldt, is de toestand onzeker, omdat men de details van de begintoestand en het tijdsgedrag van het systeem onvoldoende nauwkeurig kan beschrijven. Dat leidt dus tot onzekerheden door onwetendheid en levert onverwachte conclusies (chaostheorie).

Dit alles heeft aanleiding gegeven tot een waaier van visies over hoe je naar de schepping kunt kijken. Aan de ene kant zijn er de creationisten, die op basis van hun geloof geen afstand van het Bijbelse scheppingsverhaal nemen. Aan het andere uiteinde wordt de onvolledigheid van het natuurwetenschappelijk weten aanvaard en voelt men zich deel van een groot geheel, dat zich maar gedeeltelijk door de mens laat duiden. Met een knipoog naar Plato gebruiken we de metafoor van zijn beroemde grot [3]. Bij Plato moesten de mensen zich tevreden stellen met de schaduwen van de werkelijkheid op de wand van de grot, maar de filosofen konden de grot verlaten en het volle licht bereiken. In onze tijd kunnen de wetenschappers nog steeds niet het volle licht buiten de grot bereiken. Zij moeten het doen met de schaduwen van een onbereikbare werkelijkheid en hun aannames omtrent de waarheid daarop baseren. Tussen beide uitersten zijn meerdere visies op de schepping ontwikkeld. In dit artikel willen wij proberen onze persoonlijke, apostolische visie te positioneren en vervolgens te onderbouwen. Apostolischen, en met hen vele anderen, bewonderen de natuurwetenschappen en toepassingen daarvan, die ons ongekende zegeningen hebben gebracht, maar we realiseren ons ook hoe beperkt onze kennis nog steeds is. De vraag of de mens ooit tot een volledig natuurwetenschappelijk beeld van de schepping kan komen, intrigeert ons en doet ons tegelijkertijd spreken van het mysterie van de scheppende levensmacht [4]. Dat betekent natuurlijk niet dat de pogingen om verder in de geheimen van de schepping door te dringen gestopt moeten worden. Bij elk nieuw inzicht wijkt echter de horizon en ontstaan nieuwe vragen. Het 'grote geheel' van de schepping onttrekt zich aan ons op aarde ontstane bevattingsvermogen, de verwondering blijft.

Je kunt de schepping ook anders zien: je kunt je baseren op het geloof in een persoonlijke God, die het heelal als één geheel schiep en sindsdien beheert (creationisme), waarbij dus het bestaan van een evoluerende schepping wordt ontkend. Men kan ook in de verschijnselen die we niet begrijpen op basis van onze huidige wetenschappelijke inzichten, Gods hand zien en spreken over 'intelligent design' (zie [1], p. 49 e.v.).

Sommige fysici hopen op de ontwikkeling van een theorie van alles ('Theory Of Everything') bijv. met behulp van de snaartheorie, die de schepping als proces uiteindelijk zal verklaren. Maar zelfs als dat zou lukken, is die theorie niet fundamenteel, maar hooguit gebaseerd op experimentele vondsten, die (nog?) niet weerlegd zijn. Het menselijke voorstellingsvermogen is fragmentarisch.

Als men accepteert dat de scheppende levensmacht een mysterie blijft, kan men toch weer speculatief te werk gaan. Daarbij werkt men met verre (vaak

oncontroleerbare) extrapolaties van kwantummechanische veldtheorieën, waarin de informatie overal en gelijktijdig aanwezig is. Dit is in tegenstelling tot de formele wetenschappelijke visie [5]. Of men ervaart intuïtief de eenheid van mens, natuur en kosmos, zoals in onze postmoderne tijd bij de New Age beweging, als reactie op monotheïstische godsdiensten, rationalisme of materialisme.

Zij die niet verder speculeren kunnen strikt reductionistisch te werk gaan met directe wetenschappelijke modellen, waarbij ze een God of scheppingsmacht ontkennen, omdat zij vinden dat de schepping volledig is te begrijpen op basis van toevallige mutaties en hun aanpassingsvermogen, zoals Dawkins [6]. Vele anderen, waaronder apostolischen, zijn echter èn reductionistisch èn holistisch georiënteerd¹ en worden als het ware heen en weer geslingerd tussen (natuur)wetenschappelijke nieuwsgierigheid en religieuze verwondering, als het om het besef van schepping gaat.

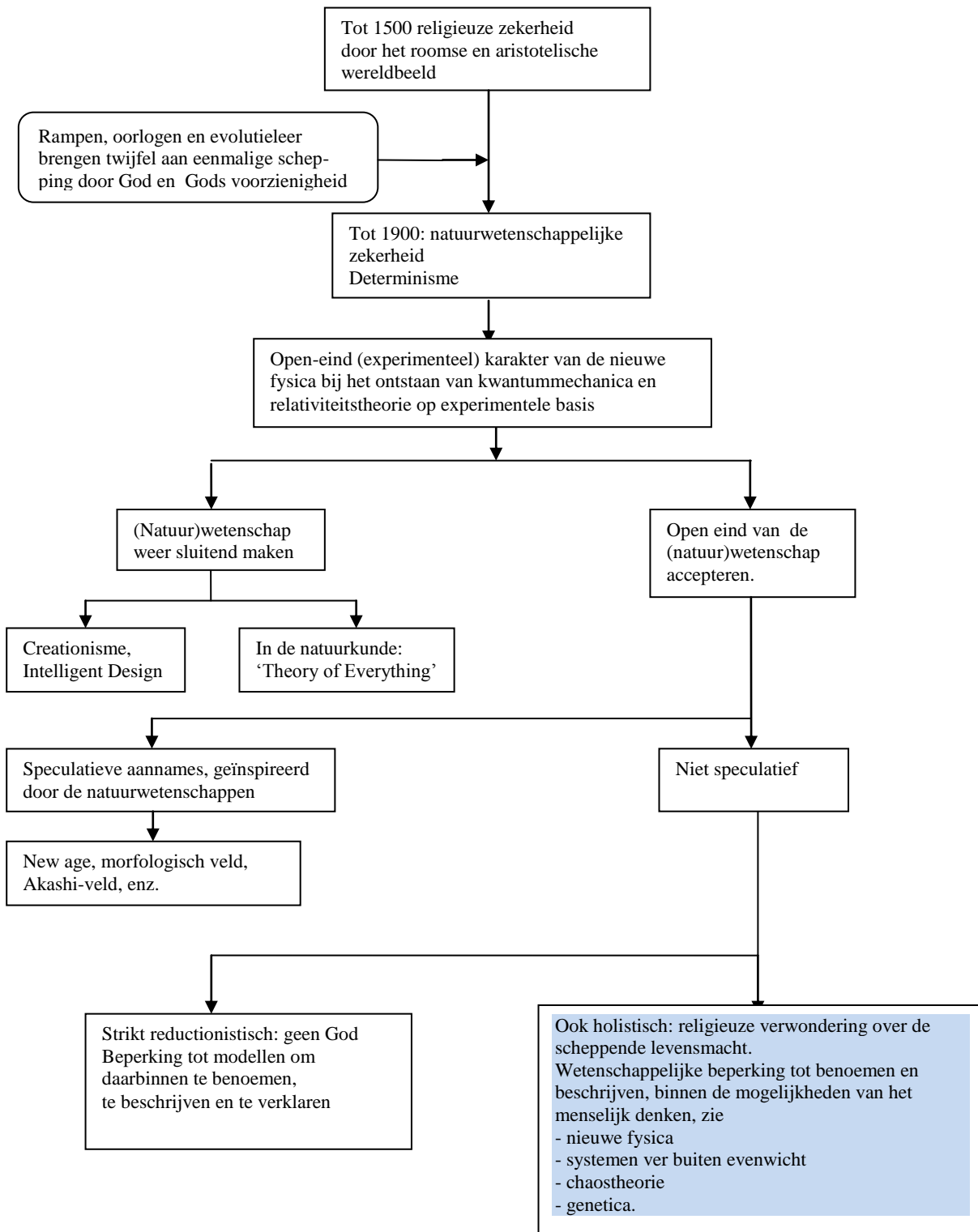
Schema 1 geeft een overzicht van de verschillende standpunten ten aanzien van de schepping, die hierboven ter sprake kwamen en die in de huidige samenleving aan de orde zijn. Dit schema en onze apostolische positie daarin zal in het vervolg van dit cahier verder worden onderbouwd aan de hand van natuurwetenschappelijke inzichten. Natuurwetenschap beperkt zich in dit cahier niet tot de fysica maar omvat alle aspecten van de dode en levende natuur. In de eerste twee hoofdstukken wordt gezocht naar scheppingsprincipes in de fysica, die ook algemener in de schepping herkenbaar zijn.

In hoofdstuk 1, 'Natuurwetenschap en schepping', wordt de ontwikkeling van het denken over het geschapene, zoals dat zich nu aan ons voordoet, beschreven. De aandacht zal daarbij gericht zijn op de beperkingen, die worden ervaren als geprobeerd wordt de fundamentele principes van al het geschapene te doorgronden. Daarbij blijkt dan dat de moderne fysica is gebaseerd op experimentele vondsten, die als zodanig door ons niet te verklaren zijn uit algemeen geldende, meer fundamentele principes. De resultaten van die experimenten moeten (soms voorlopig?) eenvoudigweg worden aanvaard en beschreven. Maar op basis van die aannamen waartoe de experimenten aanleiding gaven, kan men vele andere natuurverschijnselen beschrijven.

In hoofdstuk 2 richten we onze belangstelling op de ontwikkeling van de schepping als proces, waarbij alles met alles samenhangt. Soms kan men een deelgebied nog bij benadering geïsoleerd beschrijven (cartesiaanse methode), maar meestal moet de onderlinge afhankelijkheid van meer (of alle) deelgebieden in de beschouwingen worden betrokken (holistische beschrijving). Dan kan een beroep worden gedaan worden op de systeemtheorie, die halverwege de 20^e eeuw is ontwikkeld om de samenwerking van de verschillende componenten die samen een systeem vormen te beschrijven. Maar zelfs als een proces goed met een (mathematisch) model kan worden beschreven, blijkt vaak dat de beschrijvende wiskundige vergelijkingen zeer instabiel zijn en zo kritisch van de begintoestand en de omgeving afhangen, dat er geen definitieve conclusies kunnen worden getrokken. Dit is een inzicht dat pas kon ontstaan toen de moderne computer ter beschikking kwam en wordt nu beschreven in het vakgebied 'niet-lineaire dynamica' (ook wel chaostheorie genoemd), waaruit we leren dat uit chaos orde kan ontstaan.

In hoofdstuk 3, de levensmacht, zullen aspecten van de levende natuur worden beschreven met als doel in te zien hoe de in de exacte wetenschappen ontdekte principes en processen ook herkend kunnen worden in de levende natuur. Daarbij dienen als voorbeelden het ontstaan van leven, van taal, van abstracte begrippen en van hersenen.

¹ De tegenstelling holistisch/reductionistisch wordt in dit artikel gebruikt voor het aanduiden van een object als geheel dan wel de kenmerken ervan; het verschil tussen benoemen en beschrijven.



Schema 1. Gangbare standpunten over de schepping

1. Natuurwetenschap en schepping

1.1. Scheppingsbeeld in de Renaissance

Rond 1500 ontstond in de natuurkunde een grote activiteit op het gebied van astronomie (de eerste telescopen) en mechanica (valproeven van Galileï, zie bijvoorbeeld [1], p.29). Toch heerste tot aan het einde van de 17^e eeuw nog steeds een overzichtelijk wereldbeeld. Newton schreef, in een poging de resultaten van het experimentele werk van Copernicus, Galileï, Kepler en vele anderen te overzien, zijn beroemde (mathematische) formulering van de wetten van de mechanica in zijn boek, de "Principia" (1687). Daarin werden de experimenteel ontdekte bewegingswetten voor zowel aardse objecten als hemellichamen en hun onderlinge aantrekkingskracht wiskundig geformuleerd. Vanuit een bepaalde gedefinieerde situatie kon de toekomstige situatie, maar ook omgekeerd een vroegere situatie, worden berekend (determinisme). Met Newtons wetten kon de positie van de planeten langs hun banen zowel in de toekomst als in het verleden worden berekend. Een bepaalde situatie kon dus als een gevolg van een voorgaande of een volgende situatie worden herkend. De tijd was 'omkeerbaar' in de wetten van Newton. Daarbij had men het 'ingrijpen van God' niet meer nodig. Newton werd profeet van het 'determinisme', de samenhang van oorzaak en gevolg (causaliteit) in de bewegingsleer. Dat determinisme werd ook toepasbaar gedacht op de Gods schepping, die dus niet (meer) vanuit de hemel kon worden gemanipuleerd. De wereld werd gezien als een gecompliceerde machine die volgens bekende wetten werkt. God heeft die wereld eens geschapen en nu volgt de schepping Zijn eeuwige wetten.

Dat de zwaartekrachtsconstante in de wetten van Newton experimenteel bepaald moest worden en niet berust op een meer fundamenteel inzicht in een scheppingsprincipe dat de zwaartekracht bepaalt, werd destijds nog niet opgemerkt.

Al met al hadden deze ontwikkelingen grote consequenties voor de kerk: het aristotelisch christelijke wereldbeeld, met de aarde als middelpunt van het heelal, moest worden verlaten. De filosoof Descartes nam in zijn boek *Discours de la Méthode* de wiskunde met zijn axioma's als voorbeeld voor zijn beschouwingen. Hij veronderstelde een scheiding tussen de 'attributen' (mogelijkheden) uitgebreidheid (o.a. lichaam) en geest, waarbij de laatste de verbinding met God vormt (bezieling). Bij Spinoza, voor wie de Bijbel niet meer dan een verzameling leerzame geschiedkundige geschriften is, komen alle attributen als één substantie in God bijeen. Samen met de vele, meestal voor mensen onkenbare, attributen zijn de ons bekende attributen, namelijk de uitgebreidheid (lichaam) en de geest, voor hem uiteindelijk dus niet gescheiden.

Toen al vermoedde hij dat vele 'attributen' voor de mens verborgen zouden zijn, iets wat moderne wetenschappers inderdaad ervaren. Zowel Descartes als Spinoza durfde zijn werk uit angst voor een conflict met de overheid die kerk en synagoge ter wille van de politieke rust de hand boven het hoofd hield, nauwelijks te publiceren. Veel van hun werk verscheen postuum, maar zou, evenals dat van de toenmalige natuurkundigen, echter op den duur grote consequenties hebben voor de Kerk, die als gevolg daarvan moest bijsturen.

Het nieuwe aspect in de natuurwetenschap in die tijd was dat men de omringende natuur (men voelde zich nog steeds waarnemer) experimenteel ging benaderen. Men zou dit een wetenschappelijke spiltijd kunnen noemen, die zich hoofdzakelijk tot de westerse (Europese) cultuur beperkte en die aanleiding gaf tot vele nieuwe mogelijkheden en toepassingen [1] p. 29.

Zowel wetenschappelijk als religieus waande men zich niettemin zeker van het gods- en wereldbeeld. In onze tijd is er echter van die zekerheid door nieuwe wetenschappelijke inzichten, maar ook door natuurrampen en politieke/sociale ontwikkelingen, weinig overgebleven.

1.2. Het verdwijnen van de zekerheid

Het indrukwekkende bouwwerk van Newton begon al in het begin van de 19^e eeuw scheuren te vertonen toen de natuurkundigen in de warmteleer, die werd ontwikkeld in het kielzog van de industriële ontwikkelingen met de stoommachines als energiebron (James Watt, 1769), onomkeerbare processen in de warmteleer ontdekten, die eigenlijk niet in het oorspronkelijke determinisme met zijn omkeerbare tijd passen. De tijd heeft dus in deze processen wel degelijk een richting en de oorzaak van een bepaalde toestand kan vaak achteraf niet meer worden teruggevonden. Zo is bijvoorbeeld aan een kop met lauw water niet na te gaan of die is ontstaan door het mengen van heet en koud water dan wel door het afkoelen van heet water. Bovendien leidde het inzicht in de warmteleer (thermodynamica) ook tot het definiëren van de entropie (Clausius, 1865), een grootheid, die toeneemt met de mate van wanorde in een systeem (Boltzmann, 1884). De warmteleer was oorspronkelijk ontwikkeld in verband met de destijds bekende warmtemachines (stoommachines). Maar uit de theorie bleek veel algemener dat er voor gesloten fysische systemen, die dus niet in wisselwerking met hun omgeving staan, altijd een neiging in de richting van orde naar wanorde bestaat. (Het is wel mogelijk dat in een deel van een gesloten systeem de orde toeneemt, maar dat gaat dan ten koste van de wanorde van de rest van het systeem. Dit gebeurt o.a. bij levende systemen die bijv. voedsel uit hun omgeving tot zich nemen). In een wereld, die men ordelijk geschapen dacht, was dit een revolutionaire gedachte. Uiteindelijk zouden de wetenschappers de twee uitgangspunten (de mechanica van Newton en de warmteleer) als complementaire uitgangspunten beschouwen en zo toch weer een deterministisch wereldbeeld accepteren.

Halfweg de 19^e eeuw formuleerde de Schot James Clark Maxwell zijn beroemde unificatie van elektrische en magnetische velden, gepubliceerd in 1873, gecomprimeerd in een viertal wiskundige vergelijkingen. Daarmee kon hij ook het bestaan van elektromagnetische golven voorspellen. De Duitser H. Hertz toonde als eerste het bestaan van deze golven aan in 1884, en baande daarmee de weg voor de moderne communicatiesystemen, die een geweldige invloed zouden krijgen op de samenleving. Elektromagnetische golven omvatten een breed frequentiespectrum. Naast het zichtbare licht behoren ook infrarode (warmte)straling, radiogolven, infrarood straling, ultraviolet- en Röntgenstraling enz. ertoe. Maxwells op ervaring met geluidsgolven gebaseerde intuïtie suggereerde hem dat ook de elektromagnetische golven zich in een bepaald medium moeten voortplanten. Hij stelde voor dit medium 'de ether' te noemen, omdat het te ijl is om te worden waargenomen. Overigens moet de ether tevens zeer star zijn om de hoge lichtsnelheid te verklaren. Een vreemd medium dus, maar zijn voorstel werd destijds geaccepteerd door de wetenschappers. Einstein zou later aantonen dat met de menselijke intuïtie voorzichtig moet worden omgegaan en dat Maxwells ether niet bestaat.

Van 1831 tot 1836 reisde Darwin rond de wereld en deed uitgebreide waarnemingen aan dieren, planten, zeeleven, fossielen en geologie langs de kusten die het verkenningsschip 'Beagle' aandeed. Daaruit ontstond het inzicht dat levende wezens niet onveranderlijk zijn (en dus niet in 6 dagen geschapen), maar dat nieuwe soorten ontstaan en evolueren al naar gelang de omstandigheden waaraan ze zich moeten aanpassen of waartegen ze zich moeten verdedigen. Zijn boek *On the Origin of Species* verscheen in 1859 [7]. Omstreeks dezelfde tijd verwierf de monnik Mendel zijn eerste inzichten over erfelijkheid, alweer een verwijzing naar veranderlijkheid in de schepping. Hij publiceerde zijn bevindingen onder de titel '*Versuche über Pflanzen-Hybriden*' in 1866 in een vrij onbekend lokaal tijdschrift. Hoewel hij overdrucken rondstuurde, raakten zijn inzichten in vergetelheid. Pas in 1900 werd zijn werk herontdekt en geverifieerd. De evolutietheorie en de variatie door erfelijkheid gaven aanleiding tot opschudding onder vele theologen en gelovigen, die het gesloten beeld van de eenmalige schepping door een persoonlijke God niet konden verlaten. Daarmee was voor hen immers alles 'verklaard'!

1.3. Nieuwe inzichten in de natuurwetenschappen van de 20e eeuw

Aan het einde van de 19^e eeuw geloofde men dus in een machtig wetenschappelijk bouwwerk waarmee de toen bekende eigenschappen van de natuur konden worden beschreven. De fysica werd als een vrijwel voltooide (gesloten) wetenschap beschouwd. Er waren nog wel wat onbegrepen zaken die wat twijfel veroorzaakten, maar die zouden naar verwachting wel snel worden opgelost. Dat was ook zo, maar juist bij deze oplossingen moesten onorthodoxe aannames worden gemaakt en die veroorzaakten het ontstaan van twee volledig nieuwe takken van de fysica, de kwantummechanica en de relativiteitstheorie.

1^e. Het bleek bijvoorbeeld onmogelijk om het experimentele spectrum (verdeling over de golflengten) van een (warmte)stralend lichaam te berekenen, tenzij je aanneemt dat die straling bestaat uit discrete pakketjes met een bepaalde energie-inhoud. De pakketjes moeten meer energie bevatten naarmate de golflengte korter is, dus de frequentie van de straling hoger is (energie per pakketje is $h\nu$, waarbij ν de frequentie is en h de constante van Planck, die ook weer uit experimenten volgt). Max Planck publiceerde zijn (contra-intuïtieve) voorstel in 1900, echter zonder verklaring; voor de waarde van de constante h kon (en kan) geen theoretische grondslag worden gevonden. Er haperde iets in het wetenschappelijke bouwwerk.

2^e. Geluid gaat als golf in de atmosfeer sneller in de richting van de wind dan er tegenin. Dat zou volgens de toen geldende inzichten ook moeten gelden voor licht, dat zich in de 'ether' voortplant. Omdat de aarde door de 'stilstaande' ether rond de zon beweegt zou het licht, dat op de aarde wordt opgewekt, in de richting van de beweging van de aarde langzamer moeten gaan (tegen de ether in) dan loodrecht daarop. Michelson en Morely probeerden dat in 1887 aan te tonen en de uitkomst was negatief: het licht gaat altijd en voor iedere waarnemer met dezelfde snelheid! Er moest dus iets fundamenteels gebeuren met het wetenschappelijke model van straling. In beide gevallen sprak Einstein in 1905 het verlossende woord door de resultaten van de metingen te accepteren (zonder ze te kunnen verklaren op basis van fundamentele principes). Wat de lichtvoortplanting betreft accepteerde hij het experimentele feit dat de snelheid van het licht in vacuüm constant is, onafhankelijk van de snelheid van de waarnemer en de bron. Newtons aanname van de ether bleek dus overbodig. De constante lichtsnelheid gaf aanleiding tot de Speciale Relativiteitstheorie [8] met als beroemd resultaat dat massa en energie equivalent zijn, tot uitdrukking gebracht in de beroemde formule $E = mc^2$.

Bij de interpretatie van het foto-elektrische effect (de emissie van elektronen uit een metalen trefplaat, die beschoren wordt door een lichtbundel) nam Einstein in navolging van Planck aan, dat de lichtbundel bestaat uit discrete pakketjes met energie-inhoud $h\nu$. Als $h\nu$ hoog genoeg is, dus bij voldoende hoge frequentie ν , worden elektronen uit de metalen trefplaat losgemaakt. Men kan licht dus beschouwen óf als een elektromagnetische golf óf als een bundel fotonen, zoals de energiepakketjes in het vervolg werden genoemd, afhankelijk van het gekozen experiment. De natuurkunde leverde voor deze contra-intuïtieve aannames betreffende het duale gedrag van licht geen aanknopingspunten. Louis de Broglie toonde later aan (1924), dat een bundel elektronen ook weer als een golf, met bijbehorende interferentiepatronen, mag worden gezien. Hoe sneller de elektronen zich voortbewegen, des te hoger de frequentie van de equivalente golf (en dus hoe korter de golflengte). De elektronen microscoop, waarmee hoger oplossend vermogen haalbaar is dan met de optische microscoop, is een bekende toepassing.

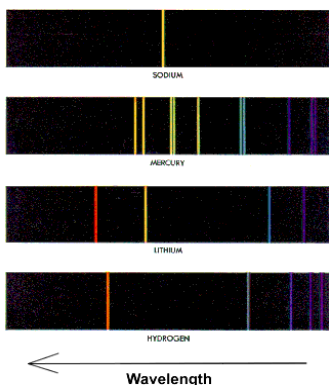


Fig.1 Spectrum van resp. kwik, lithium en waterstof.

Deze duale golf/deeltjes situatie, die voor alle elementaire deeltjes geldt en experimenteel is bevestigd, wordt natuurlijk door het determinisme niet ondersteund. Een

nieuwe natuurkunde kondigde zich aan. Atomen bestaan uit een kern van protonen en neutronen met daaromheen cirkelende negatief geladen elektronen, die de totale positieve elektrische lading van de protonen in de kern compenseren (neutronen zijn ongeladen). Het geheel lijkt dus op een klein planetenstelsel, waarbij de elektronen de 'planeten' zijn en de kern de 'zon'. Maar waarom vallen die elektronen niet door de elektrische aantrekkingskracht op de kern? Een eerste (voorlopig) antwoord kwam met het waterstofmodel van Niels Bohr. Hij postuleerde dat elektronen precies zo snel rond de kern cirkelen dat een geheel aantal van hun equivalente golflengtes op hun omloopbaan passen. Er zijn dus alleen banen met concrete energieën mogelijk. Als een elektron vanuit een baan met hogere energie naar een baan met lagere energie valt, wordt het energieverval, E , omgezet in een foton met energie $E = h\nu$ (ν = frequentie, kleur). Toen men dat rond de eeuwwisseling experimenteel ging bestuderen aan de hand van het uitgezonden lichtspectrum, bleken de atomen en moleculen alleen licht van zeer bepaalde energieën $h\nu$ (frequenties, "kleuren") uit te zenden, zie fig.1, wat alleen kon worden geïnterpreteerd met het bestaan van discrete energietoestanden van atomen en moleculen. Het bekende gele natriumlicht op onze snelwegen is hiervan een bekend voorbeeld.

Men kan zich afvragen waarom bij zwaardere atomen niet alle elektronen direct in de baan met de laagste energie vallen. Het antwoord is verrassend: de elektronen hebben evenals alle andere elementaire deeltjes, nóg een eigenschap, die geen parallel heeft in de klassieke natuurkunde. Die eigenschap heet 'spin', omdat oorspronkelijk werd gedacht dat het elektron als een tol snel rond zijn as ronddraaide ('spinning top'). De meedraaiende lading gedraagt zich dan als een kringstroompje, dat een magnetisch moment veroorzaakt. Vreemd genoeg kan het ontstane magneetveldje maar twee 'richtingen' hebben: 'up' en 'down' in een extern aangelegd magnetisch veld. Alweer iets dat we niet begrijpen, maar op gezag van experimenten moeten aannemen. In één bepaalde energietoestand mogen maximaal twee elektronen en dan nog met tegengestelde spin voorkomen (Pauli verbod). Als er dan bij zwaardere kernen meer elektronen zijn, moeten die zich in hogere energietoestanden ('banen'), verder van de kern verwijderd, bevinden. Als de eigenschap spin niet had bestaan, was de chemische opbouw van de materie niet mogelijk geweest, want chemische binding hangt af van de bezetting van de hoogste energietoestanden (buitenste elektronenbanen). Er is hiermee een ordenend scheppingsprincipe gevonden. We zien en beschrijven het, maar kunnen het niet verklaren op basis van een alomvattende theorie over de fundamentele principes van de schepping.

Uiteindelijk leidde het bestaan van de discrete energietoestanden tot de ontwikkeling van de kwantummechanica (kwantum = discrete hoeveelheid) in de jaren twintig van de vorige eeuw (Bohr, Schrödinger, Heisenberg, Pauli, Dirac). Een belangrijke conclusie daarvan is dat de snelheid en de plaats van elementaire deeltjes principieel niet gelijktijdig binnen een bepaalde marge kunnen worden bepaald (onbepaaldheidsrelaties van Heisenberg). Het bovenbeschreven atoommodel van Bohr werd in de kwantummechanica volledig herzien, maar dat gaat buiten het bestek van dit cahier.

Verder bleek, dat er geen objectieve werkelijkheid buiten de waarnemer kan worden vastgesteld. Door te meten wordt het beschouwde object beïnvloed. Strikt genomen zijn we geen onafhankelijke waarnemer, zoals vroeger gedacht werd [1] p 50. De toestand waarin een te meten systeem vóór een meting verkeert, is een willekeurig mengsel (superpositie) van alle mogelijke toestanden van dat systeem. Door te meten wordt daar een niet te voorspellen toestand van uitgekozen. Weg causaliteit, weg determinisme en weg zekerheid! De ervaringen gebaseerd op waarnemingen in onze dagelijkse wereld helpen niet meer bij het bestuderen van (sub)atomaire systemen. Men moest voortaan zijn toevlucht nemen tot statistische beschouwingen en berekeningen van waarschijnlijke waarden. Einstein, die zelf aan de wieg van deze moderne ideeën stond, had hier moeite mee en protesteerde nog vanuit zijn overtuiging dat God niet dobbelt. Maar uiteindelijk moest deze onzekerheid in de natuurkunde, na een lange controverse gedurende de 20^e eeuw, geaccepteerd

worden. Zuiver toeval, niet bepaald door een toestand vooraf, kan worden aangetoond, maar alleen binnen de modellen, waarmee we de natuur zo volledig mogelijk proberen te beschrijven [9].

De nieuwe kwantumtheorie leidde ook tot een lawine aan nieuwe inzichten in de eigenschappen en de bouwstenen van de materie, de krachten die op de materie werken, de chemische bindingen in de scheikunde, de elektronica, de biologie en zelfs in aspecten van het leven [10]. Verder vonden op basis daarvan indrukwekkende technologische ontwikkelingen plaats, die ook nu nog onverminderd doorgaan en onze samenleving diepgaand beïnvloeden. Dit alles voert ons ver weg van het determinisme van de eerdere periode.

Tien jaar na de Speciale Relativiteitstheorie presenteerde Einstein zijn Algemene Relativiteitstheorie [8], waarin zware massa en trage massa, die resp. bij zwaartekracht (gravitatie) en versnelling werkzaam zijn, equivalent blijken. Deze theorie is van groot belang voor ons inzicht in bepaalde eigenschappen van het universum, zoals de oerknal, kromming van de ruimte door aanwezige massa en energie als de oorzaak van de zwaartekracht, zwarte gaten, afbuiging van licht in de gekromde ruimte, enz. [11]. Samen met de kwantummechanica brengt de speciale relativiteitstheorie compleet nieuwe inzichten in de ontwikkeling van het heelal. Ze brengen ook principiële grenzen van onze kennis aan het licht. Vanaf een fractie van een seconde na het ontstaan van het heelal, de 'oerknal', kunnen nu de ontwikkelingen ervan worden gevolgd en aan de hand van onze onvolmaakte fysische modellen beschreven ("verklaard") [12]. Maar de 'oerknal' zelf is wetenschappelijk met de ons bekende natuurwetten niet te bereiken. Het blijft een veronderstelling en de oorzaak en omstandigheden waaronder ons heelal ontstond blijven verborgen, [1] p 31.

Helaas zijn bovendien onze bevindingen geënt op kennis van de ons bekende materie. De uitbreidingssnelheid van het heelal voorspelt echter de aanwezigheid van 'donkere materie' en 'donkere energie'. 'Donker' omdat beiden niet rechtstreeks kunnen worden waargenomen. Niet alles van de schepping is te zien! Indirecte waarneming is echter mogelijk door de beweging van nabije sterren of afbuiging van het licht van erachter liggende sterren. Een van de vele vragen blijft: zijn er dan ook voor de mens verborgen interacties tussen donkere en meetbare materie? Natuurkundigen blijven zoeken naar een overkoepelende theorie (de 'Grand Unifying Theory' genaamd [13]) voor alle wisselwerkingen in de natuur, die naast de al door Newton beschreven zwaartekracht, ook de elektromagnetische kracht en de sterke en zwakke kernkrachten, die resp. de bouw en het radioactieve verval van atoomkernen beschrijven, kan omvatten. Pogingen om dat te bereiken via de snaartheorie, waarin de elementaire deeltjes worden gezien als zeer korte snaartjes die trillen in een 11-dimensionale ruimte, hebben (nog?) geen soelaas geboden [14]. Elke vooruitgang in de richting van de overkoepelende theorie blijkt steeds weer nieuwe vragen op te roepen en het geloof in een uiteindelijke succesvolle afronding ervan schuift steeds voor ons uit.

1.4. Conclusies bij hoofdstuk 1

De schepping is nog steeds anders dan tot nu toe gedacht. Al wat inmiddels bekend, beschreven en verklaard is, is dat binnen het kader van een tot de onderzoeksmethode of anderszins beperkte theorie. Niet alleen de menselijke waarnemingsmogelijkheden maar ook de theorievorming is principieel beperkt. Er is geen overkoepelende theorie als optelsom van alle beperkte theorieën, laat staan een alomvattende theorie die algemeen geldende scheppingsprincipes zou vaststellen. Ware dat wel het geval dan zou dat bovendien het einde van de natuurwetenschappelijke theorievorming betekenen. Al het speurwerk zou toepassing van bestaande kennis worden.

Feitelijk is niet alles van de schepping te zien. Je kunt je als mens tot deze conclusie beperken, maar je kunt je ook diepgaand verwonderen over het feit niet

alleen toeschouwer, maar ook deelnemer aan de schepping te zijn. Het is maar net hoe je het ziet.

2. De schepping als proces

2.1. Systeemtheorie

De grote successen in de klassieke wetenschap berustten oorspronkelijk op de tactiek om verschijnselen of objecten van hun omgeving te isoleren en ze dan diepgaand te bestuderen (de cartesiaanse methode, genoemd naar Descartes). Dat leidde tot grote ontwikkelingen in de kennis van de natuur en leven. Deze tactiek is echter niet bruikbaar bij de ontwikkeling van systemen en het tijdsafhankelijke gedrag ervan (het proces). Systemen berusten op de samenwerking van verschillende objecten ('bouwblokken'), zoals bij computers en netwerken van computers (internet), communicatiesystemen, verkeerssystemen, productiesystemen in een breed gamma van industrieën, medische systemen, enz. Hierbij is de onderlinge wisselwerking van de bouwblokken, die samen het systeem vormen, van primair belang. Men komt er dan niet meer mee met cartesiaans denken. Men moet ook contextueel leren denken, door vanuit de beoogde functionaliteit van het totale systeem de eigenschappen en de onderlinge wisselwerking van de samenstellende bouwblokken met hun componenten te specificeren. Het geheel is daardoor meer dan de som van de samenstellende bouwblokken. Bij de start van de ontwikkeling van een systeem begint men dus niet met het definiëren van de componenten ervan. Men moet eerst een redelijke zekerheid hebben over de haalbaarheid van de beoogde functionaliteit ('feasibility studie'). Daarna wordt de globale opbouw van een dergelijk systeem op het niveau van bouwblokken en hun benodigde functionaliteit bij de onderlinge wisselwerking met de andere bouwblokken vastgelegd (globaal ontwerp). Pas daarna worden de bouwblokken als zodanig ontworpen en een systeem samengesteld.

Voor het beschrijven van levende systemen geldt hetzelfde beeld: een studie van de verschillende organen apart, hoe belangrijk ook, levert een beperkt inzicht in het geheel op. Verder zijn de organen op zichzelf ook weer 'systemen', opgebouwd uit bouwstenen (cellen), die op hun beurt vele chemische processen huisvesten [15], zie hoofdstuk 7. Al de samenstellende delen moeten in hun context worden bestudeerd, zoals ook bij technische systemen, maar die studie van biologische systemen is veel gecompliceerder en roept steeds weer nieuwe vragen op. Het is dan ook interessant te ontdekken dat de systeemtheorie zijn oorsprong vond in het werk van een bioloog, L. von Bertalanffy, rond 1950.

Als illustratie van het bovenstaande zullen we nu een eenvoudig voorbeeld van een mechanistisch en biologisch systeem, n.l. een fiets en de berijder, bespreken.

We beginnen met de fiets. Stel dat die is gedemonteerd tot op de kleinste onderdelen. Al die onderdelen kunnen apart worden onderzocht op bv. vorm, afmetingen, materiaal, hardheid, slijtvastheid. Als de eigenschappen van de onderdelen, de componenten, achteraf bekend zijn zal iemand, die nog nooit een fiets heeft gezien en dus het geheel aan relaties tussen de onderdelen, de structuur, niet kent, niet op het idee komen om er een fiets van te maken. De fiets is meer dan de som van de onderdelen. Die onderdelen kunnen ook voor een andere toepassing worden ingezet. Deze algemene opmerkingen gelden natuurlijk evengoed voor de bovengenoemde meer ingewikkelde systemen, waarin allerlei verschillende bouwstenen (vaak subsystemen) samenwerken. Maar zelfs een gemonteerde fiets, zonder berijder kan nog niet aan zijn bestemming voldoen, nl. de fietser van "A" naar "B" brengen. Samen met de berijder vormt de fiets een min of meer gesloten systeem, dat wel bepaalde relaties heeft met de omgeving (stroefheid van de weg, tegenwind, de voeding en de ademhaling van de berijder):

1^e: De fietser moet energie aan de rijdende fiets toevoegen (trappen), anders valt hij om. De berijder levert die energie op basis van de genuttigde voeding en de ingeademde zuurstof.

2^e: Die energie wordt 'gebruikt' om de tegenwind en de wrijving te overwinnen en het systeem wordt daarom dissipatief genoemd (dissipatie is het verbruiken van energie, dat is: in een minder bruikbare vorm brengen, hier bijvoorbeeld warmte).

3^e: Waarom blijft de rijdende fiets overeind? Omdat de fietser een afwijking uit de verticale stand naar rechts corrigeert door een beetje naar rechts te sturen, waardoor fietser en fiets

weer in de verticale stand terugkomen. Dat heet tegenkoppeling: de afwijking van verticaal wordt tegengewerkt. De fiets en zijn berijder blijven dus verticaal door steeds, bijna ongemerkt, corrigerend bij te sturen, dankzij aanpassing van de hersenen

4^e: Ze zijn dan in een verticale dynamische evenwichtstoestand, ver van de toestand van statisch evenwicht bij snelheid nul (waarbij geen energie wordt toegevoegd en berijder op de grond moet steunen om niet om te vallen). Wij doen dat corrigeren onbewust, maar zouden we bij een afwijking van de verticale toestand naar rechts naar links sturen, dan wordt de afwijking van de verticale toestand juist groter en ontstaat er bij ver naar links sturen de kans dat de fiets en zijn berijder op catastrofale wijze naar een statisch evenwicht terugkeren (omvallen). In dit geval spreken we van meekoppeling: de afwijking van de verticale situatie wordt nu juist groter.

5^e: Tenslotte moeten de versleten onderdelen tijdig worden vervangen.

De inzichten in het besproken voorbeeld zijn op veel gecompliceerdere wijze ook van toepassing op grotere systemen, waarin veel elektronische, mechanische of chemische componenten samenwerken, zoals dat bij grote industriële en publieke systemen het geval is, en bij levende "systemen" (bijvoorbeeld het lichaam). In de systeemtheorie wordt het geheel van het systeem onderzocht inclusief de onderlinge relaties van de bouwblokken, waarin de actieve componenten worden toegepast. We sommen de vijf fundamentele systeemeigenschappen op:

1. Er moet energie of materie door het systeem worden geleid, er is dus wisselwerking met de buitenwereld (open systeem).
2. Die energie wordt gedeeltelijk gedissipeerd (in een toestand gebracht waarin we er weinig meer mee kunnen doen), in het geval van de fietser door tegenwind, wrijvingswarmte, slijtage in onderdelen, enz. (dissipatief systeem).
3. Besturingsmechanismen zijn mee- en tegenkoppeling, zoals in het voorbeeld beschreven.
4. De (open) systemen zijn ver buiten statisch evenwicht in een dynamische evenwichtstoestand.
5. De onderdelen moeten vervangen worden na slijtage. Levende systemen (bijvoorbeeld de fietser) vernieuwen zichzelf.

Dit contextuele denken over het voorbeeldsysteem (fiets en berijder) en de genoemde grotere systemen, is ook van toepassing op zowel veel grotere, als op veel kleinere schaal, zoals een holistisch beeld van de aarde (Gaia theorie [15], p 99 e.v.) of de biologische cel [15], hfst. 7. Naast de karakterisering: 'dissipatief systeem' gebruikt men de aanduiding 'open systeem', omdat energie- en materie-uitwisseling met de omgeving kenmerkend zijn.

2.2. Instabiliteiten, chaos en ordening in open systemen

De stabiliteitseigenschappen van open systemen zijn pas in de tweede helft van de 20^e eeuw boven water gekomen.

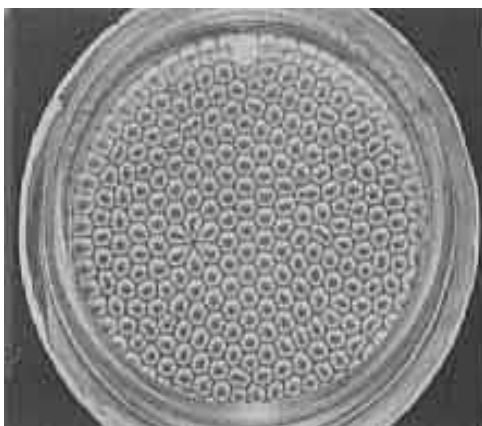


Fig. 1. Bovenaanzicht van een Benard cel.

Een eenvoudig voorbeeld is de Bénard-cel: een platte ronde doos gevuld met een vloeistof. Warmt men de bodem op (er wordt dus energie toegevoerd), dan ontstaat bij geringe warmtetoevoer een temperatuurverschil over de doos, waardoor thermische geleiding door de vloeistof ontstaat. Bij hogere warmtetoevoer ontstaat zogenaamde vrije convectie (stroming) van de vloeistof, in het midden stijgt verwarmde (lichtere) vloeistof op, geeft de warmte af aan het (doorzichtbare) deksel om kouder (en dus zwaarder) weer langde de buitenkant omlaag te gaan. Convectie resulteert in een effectievere warmteoverdracht dan geleiding en verlaagt dus het aangelegde temperatuurverschil tussen bodem en deksel (het systeem verzet zich tegen de opbouw van een

temperatuursverschil). Bij een bepaalde kritische waarde van de warmtetoevoer breekt ineens het convectiepatroon in de vloeistof op in aaneensluitende zeshoekige gebiedjes (veel kleiner dan de doos, zie fig.2) waar de warme vloeistof in het centrum opstijgt en langs de zeshoekige begrenzing weer omlaag gaat. Er is een samenhangend (coherent) systeem van meerdere gelijkvormige zeshoekige gebiedjes (zoals een honingraat) ontstaan. Dit is een voorbeeld van ordening in een vloeistof van aanvankelijk onafhankelijk van elkaar bewegende watermoleculen. Hierbij is de warmteoverdracht door de vloeistof beter en het ontstaan van een temperatuursverschil effectiever tegengewerkt. Hieruit blijkt experimenteel dat een open systeem (ver buiten statisch evenwicht) plotseling in een andere geordende toestand kan overspringen. Als de warmtetoevoer nog groter wordt ontstaat turbulentie, een ongeordend proces. Daarbij is het warmtetransport nog effectiever. Er zijn dus afwisselend toestanden van orde en chaos, afhankelijk van het temperatuursverschil tussen bodem en deksel.

Er zijn in de natuur veel voorbeelden van overgangen van orde naar chaos maar ook vice versa. Bijvoorbeeld het inschakelverschijnsel van lasers, die bij een bepaalde kritische waarde van de toegevoerde (pomp)energie in plaats van niet gebundeld (incoherent) licht plotseling zeer nauw gebundeld (coherent) licht gaat uitzenden is een voorbeeld van een overgang van wanorde naar orde. Die coherente lichtbundel, maakt het uitlezen van de kleine putjes in een CD mogelijk, zodat men van onvervormde muziek kan genieten. Ook is geleiding van gemoduleerd coherent licht langs een glasfiber mogelijk (glasvezelcommunicatie). Juist deze open, dissipatieve systemen komen overvloedig voor in zowel de 'dode' als de 'levende', natuur en bieden via hun toestandsveranderingen een mogelijkheid voor toenemende ordening in de evolutie [16], [17].

2.2.1. Chaostheorie, niet-lineaire dynamica

In de 60er jaren van de vorige eeuw had Lorenz, een weerkundige van het Massachusetts Institute of Technology in Boston, een stelsel vergelijkingen voor het weersysteem opgeschreven, afhankelijk van o.a. luchtdruk, temperatuur en windsnelheid, waarmee hij het weer in de komende weken meende te kunnen voorspellen. Omdat die vergelijkingen te gecompliceerd waren om met de bekende analytische methoden op te lossen werden ze in een grote computer geprogrammeerd en werden er zogenaamde numerieke oplossingen gegenereerd. Lorenz ontdekte dat die oplossingen zeer kritisch afhangen van de begincondities: zeer kleine wijzigingen in de begintoestand kunnen uiteindelijk totaal andere oplossingen tot gevolg hebben. Lorenz uitte zijn verwondering hierover met de vraag: "Kan het fladderen van een vlinder in Brazilië een orkaan doen losbarsten in Texas?" De begincondities voor het weersysteem kan men slechts met beperkte nauwkeurigheid op een beperkt aantal plaatsen op het land en nog minder op zee en in de atmosfeer door metingen te weten komen. Dus het weer is maar beperkt voorspelbaar, zoals we in ons deel van de wereld maar al te goed weten [18], hfst. 2. Lorenz' studie markeerde het begin van de chaostheorie, [15], hoofdstuk 6 en [16], momenteel wat exacter aangeduid als 'niet-lineaire dynamica'.

Eeuwenlang heeft de analytische wiskunde veel bijgedragen tot het kwantitatief beschrijven van natuurkundige verschijnselen. Het toepassen van de wetten van Newton is daar het overtuigende voorbeeld van. Maar zelfs een eenvoudige wrijvingsloze slinger (bijvoorbeeld in een uurwerk) kan alleen bij kleine uitwijkingen worden beschreven door een gelineariseerde vergelijking, bij wat grotere uitwijking is de bewegingsvergelijking al niet meer lineair en moeten er numerieke oplossingen worden gezocht.

Begincondities

Die grote afhankelijkheid van de begincondities die Lorenz ontdekte blijkt ook al op te treden in zeer eenvoudige situaties, zoals de beweging van een dubbele slinger. Hierbij is aan het uiteinde van een enkelvoudige slinger een tweede slinger opgehangen. Beide slingers zijn wrijvingsloos. Geeft men beide slingers een bepaalde uitwijking (begintoestand), dan kan de beweging als functie van de tijd numeriek, op basis van de wetten van Newton, berekend worden. Als men daarna

een tweede experiment start met een begintoestand die een fractie afwijkt van die bij het eerdere experiment, dan lijkt de uitgerekende beweging nog een korte tijd op de beweging van het eerste experiment, maar na enige tijd ontstaat een toenemende afwijking ervan en spoedig lijken de bewegingen in de twee experimenten in het totaal niet meer op elkaar; het lijkt wel 'chaotisch'. Een mooie demonstratie van de beweging van een dubbele slinger is te zien op internet (zie onder "dubbele slinger"). Hoewel de systemen deterministisch zijn, moeten de begincondities vaak beter bekend zijn dan onze meetinstrumenten en meetmogelijkheden toelaten. Deze 'deterministische chaos' betekent een nieuwe onzekerheid bij het beschrijven en voorspellen van de evolutie van de schepping.

Overgang naar nieuwe toestand, bifurcatie

Naast grote afhankelijkheid van de begincondities vertonen open systemen ook plotselinge overgangen naar een andere toestand met andere eigenschappen, zoals bij de Bénard-cel. Zulke overgangen treden op als de externe omstandigheden (uitgedrukt in de beschrijvende parameters van het model) zich wijzigen en worden 'bifurcaties' genoemd.

We beschrijven hier globaal het voorbeeld van de ontwikkeling van het aantal vissen (populatie) in een vijver met beperkte voedingsmogelijkheden, als gevolg van het aantal nakomelingen per ouderpaar (groefactor). Het probleem wordt beschreven met de 'logistische vergelijking', waarvan de uitkomst hierna wordt geschetst, zie bijvoorbeeld [18], p. 53-60, en [16], p. 69-77. Bij zeer lage groefactor sterft de populatie natuurlijk uit. Bij voldoende groei ontstaat een stabiele evenwichtstoestand, aangegeven door een constant populatieniveau links in fig. 3. Als de groefactor boven een bepaalde waarde (punt 1 in fig. 3) komt, is er te weinig voedsel beschikbaar en neemt vispopulatie af. Maar omdat er daardoor het jaar daarna minder voedsel wordt geconsumeerd kan de voorraad weer toenemen, zodat de populatie weer kan gaan groeien. Er is dus nu een toestandsverandering (bifurcatie) opgetreden in punt 1. Het ene jaar de populatie hoog en het volgende jaar laag, enz. De periodiciteit (herhaling van dezelfde waarde) is dus twee jaar geworden. Bij een weer hogere groefactor (punt 2) treedt weer een bifurcatie op en wordt de periodiciteit zelfs vier jaar: een hoog jaar, dan laag, dan weer (minder) hoog, en tenslotte een minimum. Bij punt 3 is de periodiciteit zelfs 8 jaar en bij punt 4 ontstaat complete "chaos". De populatie in een bepaald jaar wordt niet meer herhaald. Maar bij de groefactor behorend bij punt 5 zien we weer een witte band met een periodiciteit van drie jaar. Die markeert dus een bifurcatie van een chaotische toestand naar een geordende toestand. We spreken hier van 'deterministische chaos', omdat de toestand in principe kan worden berekend als de begintoestand en de systeemp parameters (hier groefactor) met voldoende nauwkeurig bekend zouden zijn. Zo'n overgang vanuit chaos naar een geordende toestand geeft weer ruimte voor het ontstaan van nieuwe ordening en dus voor het scheppen van nieuwe mogelijkheden vanuit het bestaande, zelfs vanuit 'chaos'. Het is niet mogelijk om een wiskundige beschrijving van deterministische chaos in levende systemen te geven, maar sommige principes worden nu enigszins herkenbaar.

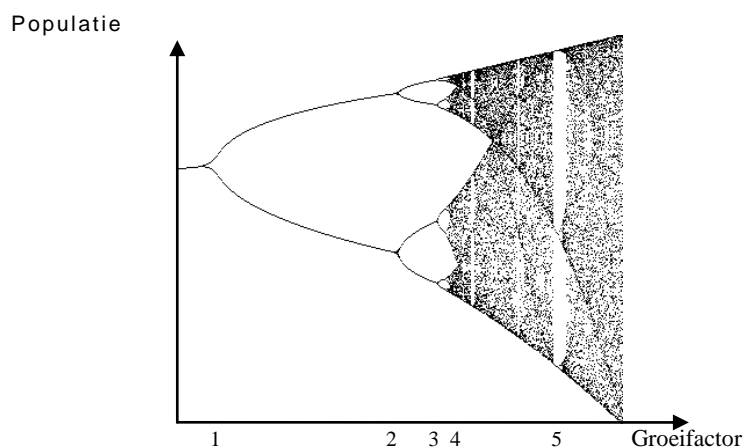


Fig.3. Bifurcaties (tweesplitsingen) in de oplossing van de logistische vergelijking voor het populatieniveau Bij beperkte voedselvoorziening. Let op de witte banden met orde in een chaotische omgeving.

Hoe is het mogelijk dat er overgangen zijn van een toestand van chaos naar een toestand van ordening? Eerder bleek dat in gesloten systemen de entropie (de mate van wanorde) de neiging heeft toe te nemen tot maximale wanorde is bereikt. Voor een begrensde open systeem hoeft deze wet echter niet te gelden als het is ingebed in een groter systeem, dat als geheel wel als een gesloten systeem kan worden beschouwd. De entropie van het begrensde systeem kan dan afnemen (waardoor de interne orde ervan, de opbouw en de organisatie toeneemt), terwijl de totale entropie en dus de wanorde in het geheel toeneemt. Dat opent de mogelijkheid tot het ontstaan van nieuwe geordende deelstructuren (met lagere entropie [17]). Schepping van nieuwe ordening in begrensde systemen, vanuit een bestaande minder geordende situatie, is daardoor mogelijk. De natuur kent vele voorbeelden.

Levende systemen zijn altijd open systemen en zijn dus afhankelijk van dit principe voor het evolueren en het voortbestaan van hun geordende structuren [15] en dus is energie-uitwisseling met hun omgeving essentieel.

2.3. Conclusies bij hoofdstuk 2

Scheppingsprocessen zijn veel gecompliceerder dan mensen kunnen bevatten. De Wereldgezondheidsorganisatie onderscheidt enkele tienduizenden ziekten, daarmee illustrerend hoe moeilijk het is ziekteprocessen in levende biologische systemen strikt reductionistisch te beperken tot een paar honderd basisvormen, vergelijk [19]. Maar ook relatief eenvoudige kunstmatige systemen, zoals constructies van verschillende bouwblokken (bijvoorbeeld fietsonderdelen) vereisen minimaal een – holistisch – beeld van het geheel om tot de ‘uitvinding’ van de fiets te kunnen komen. Open systemen, die in een zich wijzigende omgeving zijn ingebed, kunnen om vaak niet te achterhalen redenen sprongsgewijze veranderingen ondergaan. Daarbij kan dan soms de interne orde toenemen.

Ondanks dat de wet van toenemende entropie betekent dat een gesloten systeem op de duur een toestand van maximale wanorde zal bereiken, blijkt dat in een open deelsysteem binnenin het gesloten systeem toch intern orde uit die toenemende chaos geschapen te kunnen worden. Levende organen zijn altijd dergelijke deelsystemen.

Je kunt je beperken tot de klaarblijkelijke gang van zaken in de natuur: het is complex, maar we hebben er al veel van in de gaten. Je kunt je er ook diepgaand over verwonderen dat er in diverse processen een scheppende kracht werkzaam lijkt en dat mensen van die kracht in uitvindingen/constructies gebruik maken. Bij levende systemen spreken apostolischen van de scheppingsmacht als bron van de scheppende kracht.

3. Scheppingsmacht als levensmacht

3.1. Het begin van leven op aarde

Aan het ontstaan van het leven op aarde is een chemische evolutie voorafgegaan. Toen 3,7 miljard jaren geleden uit een gloeiende klomp om de zon draaiende materie de scheiding tussen de ijzeren kern en de mantel van de aarde was ontstaan, leken de aardse omstandigheden niet op de huidige. Miljoenen jaren van heftige regenval en hevige onweersbuien in een zeer hete, natte atmosfeer of in de kolkende zeeën (er was nog geen vrije zuurstof (O_2) en dus ook geen ozonlaag (O_3) die de infrarode straling van de zon kon absorberen), waren een ideaal milieu voor de vorming van, eerst nog eenvoudige, chemische verbindingen. De atmosfeer, uitgestoten door vulkanen, bestond uit methaan (CH_4), ammoniak (NH_3), zwavelwaterstof (H_2S), kooldioxide (CO_2), waterstof (H_2) en stoom (H_2O). Men speculeerde eerst dat deze elementaire gassen eenvoudige organisch-chemische verbindingen vormden onder de boven geschetste barbaarse omstandigheden. Uit experimenten onder zo goed mogelijk vergelijkbare omstandigheden, bijvoorbeeld het experiment van S.L. Miller en H. Urey in 1953, waarbij dezelfde situatie in een retort werd nagebootst, bleek dat het ontstaan van aminozuren en andere organisch-chemische verbindingen, die later de bouwstenen voor het leven zouden worden, mogelijk is. Achteraf bleek echter dat de hoeveelheid methaan en

ammoniak in de atmosfeer waarschijnlijk te gering was. Een recentere theorie voor het ontstaan van de eerste vormen van leven is dat onderzees vulkanisme ('black smoker') op de oceaانبodem wellicht het milieu schiep waarin de eerste aminozuren konden ontstaan. Daarvoor bestaan sinds kort experimentele aanwijzingen. Mogelijk leverden ook uit de ruimte komende organische verbindingen een bijdrage. Evenals bij de moderne fysica, verdwijnt hier het spoor in de mist.

Vermoedelijk al na een paar honderd miljoen jaren na het ontstaan van de aarde waren uit dit alles zeer elementaire vormen van leven ontstaan, micro-organismen met afmetingen van ongeveer een miljoenste meter. De cellen waren omgeven door een celmembraan, zie [20] p. 28 e.v. en [21] p. 90 e.v., met specifieke transport-eigenschappen, die het contact met het omringende milieu beheersten. De micro-organismen vernieuwden voortdurend hun eigen interne structuren (vgl. 'bouwblokken' bij systeemtheorieën, hfst. 2.1) en konden zichzelf herscheppen (reproduceren).

Cyanobacteriën, ten onrechte ook wel blauwalgen genoemd, ontvingen in de voor ons giftige atmosfeer hun energie uit fotosynthese, waarbij de energie van de zonnestraling, samen met water en kooldioxide de voedingsstof glucose en vrije zuurstof opleverden. Daardoor konden de cellen zich voeden, componenten vervangen en zich vermenigvuldigen, totdat er zoveel waren dat door de daarbij vrijkomende zuurstof in de atmosfeer de cellen zichzelf vergiftigden (oxideerden) en dreigden uit te sterven.

Dit gevaar werd ondervangen door het ontstaan van een nieuw soort cellen, die juist zuurstof nodig hebben. De energie voor de vele processen in een 'nieuwe' cel wordt nu geleverd door het omgekeerde fotosyntheseprocess [21]: voedingsstoffen zoals glucose vormen samen met vrije zuurstof door verbranding water, kooldioxide en energie, die in verschillende vormen vrijkomt (chemische energie, beweging, elektrische energie en warmte). Die voedingsstoffen werden verkregen, doordat de 'nieuwe' cellen en micro-organismen het merendeel van de oorspronkelijke cellen gingen fagocyteren en verteren.

Vervolgens is tussen enkele van de oorspronkelijke eencelligen van vóór de zuurstofcrisis een innige samenwerking (symbiose) ontstaan: "opgegeten" cellen kregen binnen hun 'gastcellen' functies die beiden ten goede kwamen. De bekendste voorbeelden zijn de mitochondriën ('energiecentrales'), maar er zijn er veel meer binnen de cellen van het latere leven. Zo is een heel nieuwe categorie cellen ontstaan: de eukaryoten. Ook de mens bestaat uit eukaryoten. Symbiose is dus ook een belangrijk mechanisme in de evolutie. Veel soorten micro-organismen kunnen bovendien stukken DNA uitwisselen, en daarmee de erfelijke eigenschappen veranderen.

3.2. Het evoluerende leven

De thans levende hogere diersoorten zijn opgebouwd uit miljarden cellen. Binnen de cel bestaat een eigen microkosmos en vindt een onvoorstelbaar groot aantal organisch-chemische processen plaats in de verschillende organellen. Zo worden nieuwe eiwitten opgebouwd door het aaneenrijgen van de eerdergenoemde aminozuren. De bouw instructies (de aminozuurvolgorde) voor de eiwitten worden afgelezen vanaf boodschapper RNA-moleculen, die de codes bevatten die zijn overgeschreven van DNA. RNA en DNA zijn verschillende typen nucleïnezuur. De energie voor al deze processen wordt geleverd door fotosynthese bij planten of verbranding van voedingsstoffen bij dieren, zie 3.1. We zien dus in iedere cel een open systeem ver buiten statisch evenwicht.

De nieuw gevormde eiwitten zijn bestemd om de bestaande eiwitten te vervangen (de cel creëert zichzelf opnieuw = 'autopoïese'), om de celdeling tot stand te brengen en talloze andere interne processen te reguleren, en om de eventuele externe producten van de cel (bijvoorbeeld hormonen) aan te maken. De genetische

informatie zorgt voor de reproduceerbaarheid van de cellen, alleen bij uitzondering treden mutaties op. We kunnen hierin een ordenend scheppingsprincipe zien, waardoor dat wat verworven is niet verloren gaat. De cel kan als eenheid ontsnappen aan de eerdergenoemde toename van entropie (afname van orde), doordat er energie en/of materie-uitwisseling van de cel met de omgeving plaatsvindt. Het geheel van de cel en haar omgeving gehoorzaamt de wet van toenemende entropie, de orde van de cel kan echter toenemen ten koste van toenemende wanorde in de omgeving.

De aarde was waarschijnlijk gedurende 2,5 miljard jaar omringd door een laag vol van eencellige wezens, n.l. bacteriën. Afhankelijk van de soort komt er binnen een tot enkele uren een nieuwe generatie bij, zodat er veel mogelijkheden voor evolutie van de genetische informatie van de bacteriën waren, ook omdat ze gedeelten van elkaars genetische informatie konden uitwisselen.

Wij willen in dit cahier niet proberen de evolutietheorie te beschrijven. Over het ontstaan van meercellige planten en dieren bestaat een uitgebreide (wetenschappelijke en populaire) literatuur [22]. Het neo-darwinisme staat daarin centraal. Daarbij leren we onder meer dat verandering van levensvormen wordt teweeggebracht door mutaties van het DNA onder invloed van kosmische stralen, 'lees en schrijffouten' en andere ongelukjes, waardoor genen worden veranderd. Ondanks een uitgebreide toolkit voor het corrigeren van 'lees- en schrijffouten' bij de reproductie van DNA blijven toch fouten (mutaties) over. Die gevolgen kunnen zonder merkbaar effect blijven, of negatief zijn (bv. kanker), maar ook nieuwe mogelijkheden openen. De eerder genoemde symbiose en DNA uitwisseling zijn echter ook mogelijkheden tot het ontstaan van nieuwe levensvormen. Het blijkt uit recente experimenten verder dat er ook niet-genetische vormen van erfelijkheid zijn. Onze hersenen hebben zich ook niet genetisch aangepast aan nieuwe behoeften. Men noemt dit epigenese [23].

3.3. Onze hersenen

In de hersenen werken tientallen miljarden neuronen samen. De hersencellen bestaan uit een enigszins bolvormig cellichaam met een diameter van enkele tientallen microns (één micron is één miljoenste meter), met aan de ene kant een bosje vertakte zenuwvezeltjes, de dendrieten, en aan de andere kant een axon. De signalen, die via de dendrieten van andere neuronen binnenkomen, worden samengevoegd in het cellichaam. Als daardoor het potentiaalverval over de celwand stijgt dan ontstaat er een korte puls met lengte 1 milliseconde. Die puls plant zich door het axon voort naar het uiteinde ervan. Het axon kan enkele millimeters tot een meter lang zijn en kan zich ook weer vertakken. Het axon eindigt bij dendrieten van andere neuronen, zodat elk neuron met vele andere

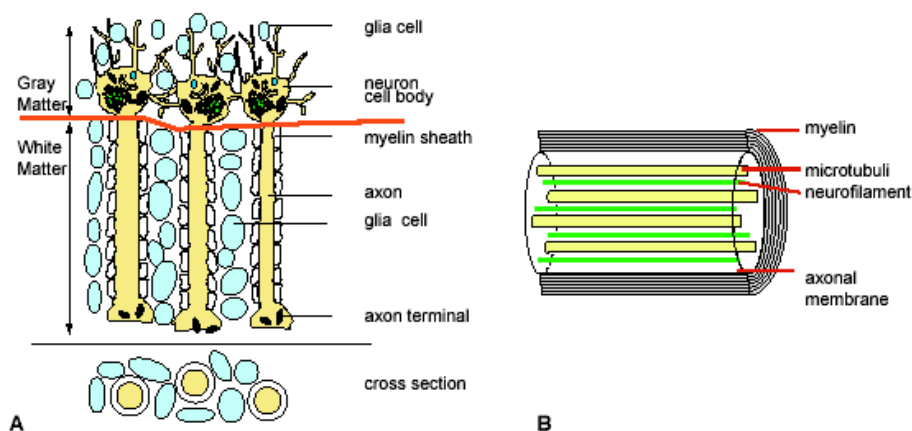


Fig. 4. Schematische opbouw van de hersenen, neuronen geel, glia cells (glia cellen) blauw. A: overzicht, boven de rode lijn de cortex gray matter (grijze stof) waarin de dendrieten te zien zijn. Onder die lijn de axonen (axonen) en glia cells. B: Opbouw van de axonen, de transporteurs van informatie, omgeven met myeline (de witte materie). Bij de terminal zit de synaps (spleet) die de aansluiting op volgende neuronen vormt.

neuronen verbonden is en signalen kan overbrengen. Dit contact is niet direct maar gaat via een smalle spleet, de synaps, waarin onder invloed van de actiepotentiaal een chemische stof, de neurotransmitter, wordt uitgescheiden in de synapsruimte, die bijdraagt aan de mogelijke activering van dat volgende neuron. Nieuwe neuronen ontstaan niet meer in volwassen hersenen (behalve in de hippocampus, waar o.a. het kortetermijngeheugen zetelt, zie Wikipedia). Het aantal dendrieten kan echter wel toenemen, waardoor nieuwe verbindingen kunnen worden gelegd. Bovendien kunnen de contacten via de synapsen zich intensiveren onder invloed van herhaald aanbod van gelijke informatie, zodat de communicatie over en weer tussen (bepaalde) neuronen wordt versterkt. Daardoor ontstaat de mogelijkheid tot leren en geheugenvorming gedurende de gehele levensloop. Al deze processen wekken onze verwondering. Groepen van gekoppelde neuronen (neurale netwerken of -patronen) worden via de zintuigen en via nauwelijks bekende transformaties, gecorreleerd met externe gebeurtenissen en ervaringen. Bijvoorbeeld, een optisch beeld van een waarneming wordt gefragmenteerd opgeslagen in meerdere neurale patronen. Maar het wordt toch als een volledig beeld ervaren. Zo kan een dier langs een omweg zijn prooi benaderen. Dat verraadt een vorm van primair bewustzijn en van geheugen.

Een uiting van dat geheugen vormen de 'spiegelneuronen'. Als een dier een bepaalde activiteit verricht, bijvoorbeeld kijken of bewegen, dan zien we op een hersenscan in een specifiek gebied de hersenen oplichten. De neuronen in dit gebied zijn dus op dat moment actief. Als bijvoorbeeld een aap een pinda opraapt dan is een gebied in de motorische schors, dat boven een van de oren ligt, actief. Dit feit is al langere tijd bekend. Maar als een andere aap ziet dat de eerste aap een pinda opraapt (of zelfs al bij het gaan oprapen) gaan er in zijn hersenen op dezelfde plek in zijn motorische schors ook neuronen 'oplichten'. Men noemt deze neuronen 'spiegelneuronen', en die zijn nog niet zo lang bekend! Het gedrag dat bij een ander dier geobserveerd wordt, wordt gespiegeld in de hersenen. Er moet dus een soort van geheugen van vroegere ervaringen aanwezig zijn, zodat herkend wordt wat een ander dier doet of gaat doen, zie [24]. Ook bij mensen is dit verschijnsel ontdekt. Houdt dit verband met het inlevingsvermogen en de medemenselijkheid?

Na wat verteld is over de Bénard-cel, waarin onder invloed van een opgelegd temperatuurverschil, plotseling geordende patronen, zie fig. 2, of 'chaos' kunnen ontstaan, is het aannemelijk, dat we bij de hersenen met miljarden neuronen te doen hebben met een vergelijkbaar, maar nog gecompliceerder systeem, dat met niet-lineaire dynamica zou moeten worden beschreven (als dat voor miljarden neuronen uitvoerbaar zou zijn!). Hoewel het gedrag niet kwantificeerbaar is, moeten we bij de beschrijving van het gedrag van hersenen ook rekening houden met gevoeligheid voor input en bifurcaties, die bij dit soort niet-lineaire systemen verwacht kunnen worden. Een trouwe hond kan plotseling agressief worden, zonder dat wij een aanleiding kennen. Zulke effecten maken de studie van de functies van de hersenen uiterst gecompliceerd.

Er zijn dus mechanismen, die reacties op bekende situaties vasthouden, een 'geheugen', vastgelegd in bepaalde neurale netwerken (patronen). Wordt een bepaald neurale patroon gemakkelijker gevormd, als dat al eens eerder aanwezig is geweest? Is dan een leerproces mogelijk, worden synapsen, die eerder gebruikt waren, in het vervolg gemakkelijker overbrugd? Hebben we te doen met een dynamisch proces, dat steeds door ervaringen wordt aangevuld en met de toename aan primair bewustzijn weer op nieuwe situaties kan reageren? Hoe kon dit alles ontstaan? Vragen, vragen en nog eens vragen. We zien het maar we doorgronden de werking van onze hersenen nog steeds nauwelijks. Ons rest alweer verwondering. Overigens, net als bij de kwantummechanica worden de hersenen van een proefpersoon beïnvloed door ze te bestuderen.

De werkzaamheid van de hersenen is bij dieren al niet te overzien, bij de mens zijn de hersenen en de werkzaamheid ervan nog eens essentieel epigenetisch

uitgebreid met mogelijkheden voor taal, kennis, gevoelens en emoties. En ook met de gave van het combineren, plannen maken, bedoelingen formuleren, enz.

Volgens wetenschappelijke (fenomenologische) studies is de geweldige uitbreiding van de werkzaamheid van menselijke hersenen vooral te danken aan de ontwikkeling van de taal, die waarschijnlijk ontstond om reële objecten, prooi of gevaren te duiden, maar waarmee uiteindelijk (via metaforen) ook abstracte begrippen konden worden uitgedrukt. Hoe de taal in het prille begin van de mens tot stand kwam, zal wel altijd in nevelen gehuld blijven. Uit proeven met chimpansees, die dezelfde voorouders als de mens hebben, is duidelijk geworden dat ook zij onderling communiceren en wel met gebarentaal. Met subtiele gebaren van de handen, gecombineerd met geluiden, worden allerlei boodschappen overgebracht. Pogingen om ze te leren spreken faalden. Maar een menselijke gebarentaal, die de laatste honderd jaar door en voor dove mensen is ontwikkeld, bleek voor communicatie van en met chimpansees bruikbaar. Het blijkt bovendien dat de subtiele gebaren vanuit hetzelfde deel van de cortex worden bestuurd als van waaruit de mond en tongbewegingen voor de spraak worden gestuurd. Men vermoedt dat een dergelijke gebarentaal bij mensen ongeveer 200.000 jaar geleden overging in spreektaal, tegelijk met het ontwikkelen van de eerste gereedschappen [20] blz. 59 e.v.

Door de geweldige epigenetische uitbreiding van onze hersenen met informatie-uitwisseling op vele neuronale niveaus ontstonden nieuwe mogelijkheden van samenleven, van vooruitzien en plannen maken, en groeiden de mogelijkheden om abstracte begrippen te beschrijven, zoals in wetenschappen als de filosofie.

Momenteel is er een snelle groei van kennis betreffende de ontwikkeling van hersenfuncties gaande mede dank zij nieuwe diagnostische methoden als functionele MRI. Daarbij wordt in kaart gebracht welke delen van de hersenen actief zijn bij het verrichten van een bepaalde taak door de wijziging in de bloedtoevoer naar die delen zichtbaar te maken. We leren bijvoorbeeld dat bij de opgroeiende mens verschillende vaardigheden niet tegelijkertijd ontstaan, iets wat het, tot nu toe vaak onbegrepen, pubergedrag kan verklaren [25]. Maar deze experimenten moeten worden aangevuld met opvoedkunde en psychologie om relevante conclusies te kunnen trekken. De hersenen van een proefpersoon worden beïnvloed door ze te bestuderen. Zoals bij de kwantummechanica is onafhankelijke waarneming onmogelijk. Het al of niet bestaan van een vrije wil is nog steeds een punt van discussie [26].

Daarmee is de grens van het gebied bereikt waarbuiten met de methodes van de natuurwetenschappen de verschijnselen niet meer kunnen worden verklaard. In de mens- en cultuurwetenschappen heeft die experimentele methode zelden een wetmatig karakter en is psychologische, sociale en culturele kennis meer van belang voor een zich oriënterend mens. Voor verdere bespreking daarvan verwijzen we naar [1]. De mens als deelnemer aan de schepping kan met zijn hersenen zelf orde scheppen.

3.4. Conclusies bij hoofdstuk 3

Het leven herschept zichzelf telkens weer en ook in nieuwe vormen. De evolutie vertelt ons van het ontstaan van leven dat glucose en zuurstof opleverde en van nieuw leven dat omgekeerd juist glucose en zuurstof verteerde. Er is in de levende cel een genetische informatie aanwezig die voor de reproductie ervan zorg draagt, maar door mutaties en symbiose ook nieuwe levensvormen kan scheppen. Door de hersenen kunnen mensen ordenen, iets nieuws scheppen. De mens is een schepsel dat scheppend deelneemt aan de schepping. Wij zien dat deelnemerschap als ultieme opdracht om van je leven het beste voor de schepping te maken. Dat is meer dan alleen maar toeschouwen.

Slotsom

Net als vele anderen bewonderen wij de natuurwetenschappen, waardoor de mensheid de schepping veel beter heeft leren kennen en gebruiken. Maar we erkennen ook de grenzen van die kennis en kunnen ons diepgaand verwonderen. Ons wereldbeeld is open, niet-speculatief en holistisch, zie schema 1 en zie de conclusies aan het eind van elk hoofdstuk. Scheppingsprocessen zijn veel gecompliceerder dan mensen kunnen bevatten. Het leven herschept zichzelf telkens weer en ook in nieuwe vormen. We kunnen dat zelf ook! Om het onbespreekbare bespreekbaar te maken, spreken we van een wondere scheppingsmacht.

De beperkingen van het menselijk voorstellingsvermogen van de schepping zijn in dit cahier belicht. Voor de experimenteel gevonden uitgangspunten van de moderne fysica bestaat geen fundamentele verklaring. Er is geen wetenschappelijke methode beschikbaar om te onderzoeken wat er vóór de oerknal was, buiten onze ruimte-tijd, wat 'spin' is en waarom het licht zich in twee gedaanten manifesteert, laat staan om na te gaan wat scheppingsmacht is. Men zit als het ware gevangen in de 'grot van Plato' (zie inleiding). Wij, mensen, moeten ons in het wetenschappelijk onderzoek, evenals in het dagelijks leven, beperken tot de manifestaties van die oorzakelijke wereld in onze beleefbare wereld en van daaruit onze toepasbare kennis en levenshouding opbouwen om onze unieke bijdrage aan de evoluerende schepping te kunnen leveren.

Het wetenschappelijk onderzoek zal doorgaan, met nieuwe hypothesen om een groter gebied van de natuur en samenleving in kaart te brengen. Daar is natuurlijk niets op tegen, als het resultaat maar wordt onderworpen aan een toetsing aan de vroeger bevestigde (experimentele) resultaten. De eerdergenoemde aanname van Max Planck, waarbij het licht werd gedacht te zijn opgebouwd uit fotonen met discrete energie, $h\nu$, werd bevestigd doordat de daarbij gevonden stralingswet met de meetresultaten klopte. Een recent voorbeeld is de theorie van Higgs over de massa van elementaire deeltjes, die al een halve eeuw oud is. Zolang, bijv. met de nieuwe deeltjesversneller bij het CERN in Genève, niet het higgsboson is ontdekt, wordt Higgs' theorie over de massa van elementaire deeltjes niet ingepast in de erkende natuurwetenschap en wordt die, hoe nuttig ook, nog steeds als hypothetisch beschouwd (zie Wikipedia).

Bij de discussie over systemen en hun eigenschappen ontstond het inzicht dat orde uit chaos kon ontstaan. Zo konden nieuwe levensvormen ontstaan ondanks de entropiewet.

Tenslotte: men kan de schepping zien als een voortdurend proces, dat door zijn complexiteit in zijn geheel of in onderdelen (voor zover mogelijk) niet alleen reductionistisch maar ook holistisch moet worden benaderd. Niet dat zoiets kwantitatief mogelijk is, zie bijvoorbeeld [15] p.107 over een sterk vereenvoudigd 'systeemmodel' van de aarde, het Gaia model, maar het geeft toch meer gevoel voor de voortgang in de schepping. De mens kan scheppend deelnemen aan het scheppingsproces. Wij zien dat deelnemerschap als ultieme opdracht om van je leven het beste voor de schepping te maken.

Referenties

- [1] Willem Hirs, *Alom Schepping*, Het Apostolisch Genootschap, Baarn, 2009, www.apgen.nl
- [2] M.T. Vlaardingerbroek, *Een Zoektocht naar God*, Het Apostolisch Genootschap, Baarn, 2004, laatste versie 2010, www.apgen.nl
- [3] J. Gaarder, *De Wereld van Sofie*, Houtekiet, Antwerpen, 2010, ISBN9789052409870.
- [4] Brochure van Het Apostolisch Genootschap, Baarn, 2 November 2008, www.apgen.nl
- [5] E. Laszlo, *Kosmische Visie, Wetenschap en het Akasha Veld*, Ankh-Hermes, Deventer, 2004, ISBN 90-202-8359-6
- [6] Richard Dawkins, *God als Misvatting*, Nieuw Amsterdam, Amsterdam, 2006.
- [7] Charles Darwin, *Over het Ontstaan van Soorten*, Nieuwezijds, Amsterdam 2007, ISBN 9789057122545.
- [8] A. Einstein, *Mijn Theorie*, Unieboek/het Spectrum, Utrecht 1997, ISBN 90-274-5758-1
- [9] John H. Conway and Simon B. Kochen, *Free Will Theorem*, Foundations of Physics, 36 (2006), 1441-1473. Zie ook Wikipedia, 'Free Will Theorem'.
- [10] Gerard 't Hooft, *Bouwstenen van de Schepping*, Amsterdam 1992, ISBN 90-5333-081-x.
- [11] Steven Hawking, *Het Universum*, Bert Bakker, Amsterdam 2001, ISBN 90-351-2364-6.
- [12] Steven Weinberg, *The First Three Minutes*, London 1977. ISBN 0.00.654024.4. www.iot.org.br/.../wp.../weinberg-steven-the-first-three-minutes-ingles.pdf
- [13] Steven Weinberg, *Dreams of a Final Theory*, Hutchinson Radius, New York, 1992, ISBN 0-679-41923-3.
- [14] Brian Greene, *The Elegant Universe*, Random House, New York, 2000, ISBN 0-375-70811-1.
- [15] Fritjof Capra, *The Web of Life*, Flamengo, London 1997. ISBN 0.00.6547516.
- [16] James Gleick, *Chaos, Making a new Science*, Penguin Books, New York, 1987. ISBN 978 0 14 311345 4.
- [17] I. Prigogine en I. Stengers, *Orde uit Chaos*, Bert Bakker, Amsterdam 1993. ISBN 90-351 0959-7.
- [18] H. Tennekes e.a., *De Vlinder van Lorenz*, Kon.Bibliotheek, Den Haag, 1990, ISBN 90-6834-064-6.
- [19] *Tiende Revisie van de Internationale statistische classificatie van ziekten en met de gezondheid verband houdende problemen*, ICD-10, vertaling, Zeist 1997, drie delen. ISBN 90 76116 01 6, 4 en 2; zie ook <http://www.rivm.nl/who-fic/ICD.htm>.
- [20] Fritjof Capra, *De Eenheid van Leven*, Kosmos, Utrecht/Antwerpen, 2002. ISBN 90 215 3249 2.
- [21] J.D. Fast, *Materie en Leven*, Spectrum, Utrecht/Antwerpen, 1982,
- [22] Bill Bryson, *Een kleine geschiedenis van bijna alles*, Atlas, Amsterdam/Antwerpen, 2004, ISBN 90 4501474 2
- [23] Eva Jablonka & Marion J. Lamb, *Evolution in Four Dimensions*, MIT Press Cambridge, Mass, 2005. ISBN 0 262 10107 6.
- [24] Margriet Sitskoorn, *Het Maakbare Brein*, Bert Bakker, Amsterdam 2007, ISBN 978903561 3036 4.
- [25] E. Crone, *Het Puberende Brein*, Bert Bakker, Amsterdam 2008, ISBN 978-90-351-3269-6.
- [26] www.Wikipedia.nl artikel: *Vrije Wil*.

© M.T. Vlaardingerbroek, W.M. Hirs

E-mailadressen: rvlbroek@planet.nl, w.hirs@inter.nl.net

Over de auteurs:

Dr. Rinus Vlaardingerbroek was vanaf zijn geboorte (1931) lid van de Hersteld Apostolische Gemeente. Kort na de tweede wereldoorlog ontstond uit die gemeente Het Apostolisch Genootschap. Hij voltooide de studie van natuurkundig ingenieur en promoveerde in 1959 op een studie van actieve componenten voor communicatie systemen, een werkterrein dat tot 1985 zijn activiteitsgebied zou blijven en dat later ook werd uitgebreid met optische communicatie. Daarna verlegde hij zijn wetenschappelijke belangstelling naar het ontwerpen en realiseren van MRI systemen. Na pensionering kreeg het onderwijs in de applicatie van die systemen zijn volle aandacht.

Dr. Willem Hirs (1939) is sinds 1970 lid van Het Apostolisch Genootschap. Als medisch socioloog verzorgde hij publicaties over classificaties en terminologie in de gezondheidszorg.