

WERELDBEELDEN III

De bitterzoete smaak van de wereld.
Wereldbeeld en zingeving.

1. Een wereld in evolutie.

De tijd waarin we leven voert dynamiek, verandering, vernieuwing en innovatie hoog in het vaandel. Het vooruitgangdenken overheerst nog steeds en van het nieuwe wordt verwacht dat het beter is dan het oude. Men is niet langer meer genoodzaakt om de veranderingen machteloos te ondergaan maar stimuleert ze ook zeer bewust en doelgericht. Zolang de mens niet met zijn beperkingen geconfronteerd wordt lijkt de wereld wel volledig beheersbaar en maakbaar. Het hoeft geen betoog dat de snelle wetenschappelijke, technologische en economische ontwikkelingen een grote invloed hebben op de wereld. Dit geldt eveneens voor politieke stromingen en sociale vernieuwingsbewegingen. Ook op het culturele vlak volgen modes, trends en “hypes” elkaar vlug op. De moderne mens is rusteloos op zoek naar nieuwe ervaringen en “kicks” die in een steeds sneller tempo geproduceerd en geconsumeerd worden. Om in te zijn dient men de nieuwste snuffjes te bezitten, volgens de laatste mode gekleed te gaan, selecte gelegenheden te bezoeken en er een “progressieve” opinie op na te houden. Mensen die de traditionele waarden verdedigen, worden als conservatief en soms zelfs als fundamentalistisch aan de kaak gesteld. Om het nieuwe op te bouwen dient men de weerstanden te overwinnen die zich tegen het slopen van het oude verzetten.

De verdringing van het nieuwe door het oude roept dikwijls zware spanningen op en maakt ook heel wat slachtoffers. Een sprekend voorbeeld hiervan is de (eerste) industriële revolutie. Het ongeremde kapitalisme met zijn vrije markt en scherpe concurrentie was de oorzaak van hongerlonen, mensionwaardige arbeidsomstandigheden en sociale mistoestanden. Actueel betalen de werknemers van de multinationale ondernemingen opnieuw een zware tol voor de globalisering van de economie. Door het verplaatsen van productieactiviteiten naar lagelonenlanden wordt een groot aantal banen in het Westen bedreigd. Bovendien gaat de “delokalisatie” in de ontwikkelingslanden meestal gepaard met 19^{de} eeuwse toestanden, sociaal onrecht en milieuschade. Dit sluit niet uit dat er naast de negatieve ook positieve effecten optreden. De verschuiving van tewerkstelling biedt de landen uit de derde wereld immers ook kansen om zich te ontwikkelen en de schrijnende armoede te lenigen. De veranderingen die onze geglobaliseerde wereld op wetenschappelijk, technologisch economisch, politiek, sociaal en cultureel vlak doormaakt hebben zowel gunstige als ongunstige gevolgen. Dit wordt soms pas echt duidelijk wanneer men de ontwikkelingen op wereldschaal en over een lange termijn beschouwt. De veranderingsprocessen leiden dan ook niet alleen tot vreugde om het goede wat verworven werd maar evenzeer tot leed om het waardevolle dat verloren ging. Soms is er geen weg terug en is de aangerichte schade onherroepelijk.

Het conflict tussen behoud en verandering is van alle tijden en eigen aan deze wereld. “Zijn” en “worden” gaan onverbrekelijk met elkaar samen. Als we om ons heen kijken vinden we zowel zaken die blijven als dingen die veranderen. De straat waarin we wonen met huizen en bomen vormt het decor voor spelende kinderen en aan- en afrijdend verkeer. Alles blijkt echter voortdurend in evolutie te zijn als we het verloop van de gebeurtenissen over een voldoende lange termijn volgen. Er worden huizen gebouwd, verbouwd en afgebroken. De bomen worden geplant, evolueren volgens de jaargetijden, worden groot, sterven af en /of worden geroid. Al het bestaande wordt getransformeerd en het nieuwe vervangt het oude. Het veranderingsproces gaat gepaard met opbouw en afbraak en leidt tot levenscycli die kenmerkend zijn voor alle wezens. De mens wordt geboren, groeit op, wordt volwassen, verouderd en sterft. Leven en dood, vreugde en droefheid, geluk en pijn zijn onafscheidelijk met elkaar verbonden. Ze bepalen de “bitterzoete smaak van de wereld”. Het evolutieproces en het spel van leven en dood dat ermee samengaat stelt de mens voor zeer fundamentele vragen. Is het toeval de drijvende kracht achter het ganse gebeuren of kan men een groot project in de evolutie van de werkelijkheid onderkennen? Zit er een lijn in de evolutie en kan men een doel vinden of gaat het om een doelloos proces? Is de mens het ongewild resultaat van een door toeval bepaalde ontwikkeling of was het verschijnen van een intelligent wezen het onvermijdelijk gevolg van het evolutieproces? Wat is er eigenlijk aan de hand en waar gaat het uiteindelijk om? Bestaat er een bedoeling en bestemming of is het ganse gebeuren zinloos? Deze en andere vragen kunnen niet ontlopen worden in het wereldbeeldenonderzoek.

De meest prangende vragen hebben te maken met het bittere aspect van de wereld. Ellende, lijden en pijn maken onafscheidelijk deel uit van de wereld en zijn van alle tijden. De dood is uiteindelijk het lot van iedereen. De meeste van onze voorouders leefden en stierven in ellendige omstandigheden, zeker vanuit ons oogpunt gezien. Dit is nog steeds het geval voor een groot aantal mensen uit de derde wereld. Ook in het rijke Westen bestaat nog veel, dikwijls verdoken en psychisch lijden. Extreem gesteld lijkt de wereld wel een groot strafkamp waar men aan de willekeur van meedogenloze bewakers overgeleverd is, het noodlot op ieder moment kan toeslaan en waaruit men slechts door te sterven kan ontsnappen. De mens kan in een dergelijke situatie alleen proberen het beste ervan te maken voor zichzelf en zijn lotgenoten. Hij kan zich ook inzetten voor zijn kinderen en hopen op een betere toekomst. Zijn zoektocht naar bezit, macht, genot, liefde en geluk leidt echter dikwijls tot conflicten, onderdrukking en uitbuiting en gaat dan ook ten koste van zijn medemensen en van de volgende generaties. Kan men aan de vele pijn en ellende in de wereld enige betekenis toekennen? Wat is de zin van een leven dat soms door onnoemelijk leed getekend is? Hoe het religieuze geloof in een liefdevolle God verzoenen met het vele leed in de wereld? Waartoe dient alles en heeft het zin? De zingevingsvragen stellen zich even scherp voor gelovigen en ongelovigen. Niet iedereen wil of durft er echter diep op in te gaan. Sommigen zijn er vanuit hun geloof van overtuigd dat spijs alle lijden het leven een zin heeft die de materiële werkelijkheid overstijgt. Anderen menen zelfs dat er geen wetenschappelijk antwoord op deze vragen bestaat en wijzen de vragen naar de zin van dit bestaan dan ook fundamenteel af.

De mens stelt de zingevingsvraag vooral in moeilijke momenten, als hij zware tegenslagen heeft, door ziekte getroffen wordt, zich in een hopeloze situatie bevindt en zich hulpeloos voelt. Als hij dan de balans van zijn leven opmaakt moet hij zich dikwijls teleurgesteld afvragen waartoe al zijn inzet en inspanningen dienden. De mooie dromen van weleer zijn vervlogen, veel van wat hij opbouwde is verdwenen, zijn kinderen zijn niet geworden wat hij verhoopte en op veel erkenning kon hij niet rekenen. De zinsproblematiek komt ook aan de oppervlakte indien men gedwongen wordt dingen te doen die als zinloos ervaren worden. Een dergelijke situatie roept sterk verzet op. Het realiseren van zinvolle en uitdagende doelstellingen daarentegen wordt als zeer motiverend ervaren. De mens is in feite een betekenis- en zinzoekend wezen. Hij komt in een crisissituatie terecht indien zijn doelstellingen in vraag gesteld worden, hij geen perspectieven voor de toekomst meer ziet en zijn bestaansgronden wegvallen. Dit geldt evenzeer voor alle vormen van organisaties zoals ondernemingen, partijen en kerken. Volgens veel wetenschapsmensen maakt de mens deel uit van een autonoom systeem en is hij het bijproduct van een door toeval bepaalde evolutie. Hij zit gevangen in een materieel kader dat slechts een beperkte speelruimte toelaat en hem uiteindelijk geen perspectieven biedt. Van een bedoeling en bestemming is geen sprake. Aan het gebeuren kan geen enkele betekenis toegekend worden en men kan er bovendien geen project in onderkennen. De mens heeft dan ook geen duidelijke opdracht en functie en het dient uiteindelijk allemaal tot niets. In een dergelijke wereld lijkt alles zinloos en uitzichtloos. Men kan zich afvragen of deze pessimistische visie door een integrerend wereldbeeldenonderzoek bevestigd wordt. Hoever kunnen gelovige en ongelovige wetenschapsmensen samengaan in hun zoektocht naar een beeld van de werkelijkheid en een antwoord op de zingevingsvraag?

In deze tekst vertrekken we vanuit een exact wetenschappelijk gekleurde visie op de wereld. Om de kloof met de menswetenschappen te overbruggen wordt het beeld van een gelaagde werkelijkheid naar voor geschoven. We trachten de problemen die het (micro-)reductionisme bij de integratie van de wetenschappen stelt op te lossen door het invoeren van het emergentiebegrip, het beschouwen van neerwaartse oorzakelijkheid ("downward causation") en het onderkennen van preferenties in de natuur. Deze tekst is gegroeid uit talrijke gedachteswisselingen over de wereldbeeldenproblematiek die de voorbije jaren in Worldviews gevoerd werden. Het is een poging tot het integreren en structureren van de verschillende visies op de wereld die binnen deze multidisciplinair en pluralistisch samengestelde denkgroep bestaan. Daarbij heeft de inbreng van Leo Apostel en Jan Van der Veken vrij sterk meegespeeld. Hoewel ze vanuit totaal verschillende uitgangspunten vertrekken vertoont het resultaat van hun denken toch grote overeenkomsten. Er dient tenslotte nog opgemerkt te worden dat deze proeve van wereldbeeldenconstructie gezien moet worden als een aanzet voor verdere discussie.

2. Integrerend wereldbeeldenonderzoek.

We hebben reeds opgemerkt dat de zucht naar verandering ingrijpende gevolgen heeft op cultureel vlak. In het rijke Westen leidt het voortdurend zoeken naar nieuwe wegen en de dynamiek die er het gevolg van is tot een vrij grote culturele verscheidenheid. Deze culturele versplintering wordt nog in de hand gewerkt door de groeiende invloed van de massamedia, de toenemende internationale contacten en de ongecontroleerde vluchtelingenstromen. In de "multiculturele maatschappij" wordt de moderne mens met een "supermarkt" van overtuigingen en opinies geconfronteerd waarin hij vrij kan kiezen. Men is zeer tolerant, de nieuwe taboes en dogma's van het "politiek correcte denken" uitgezonderd. Dit leidt tot een complex kluwen van uiteenlopende opvattingen waarin men nog moeilijk zijn weg kan vinden. De oude regels, opvattingen en waarden en de

zekerheden die ze inhielden gaan verloren. De intellectuelen die de globalisering en het multicultureel maatschappijmodel propageren blijken weinig oog te hebben voor de problemen die de snelle en verregaande veranderingen veroorzaken. Veel “gewone” mensen worden ontworteld, voelen zich “vreemden in eigen land”, vallen uit de boot en keren zich af van de maatschappij. Het verlies aan culturele homogeniteit en het wegvallen van de bestaande referentiekaders leidt bij velen tot onbehagen, vervreemding en desoriëntatie. Met de aanslagen van 11 september 2001 in de Verenigde Staten kwamen veel van deze onderdrukte gevoelens aan de oppervlakte.

Zoals een reiziger heeft de mens op zijn levensweg nood aan betrouwbare kaarten om zich in de wereld te oriënteren en zijn bestemming te vinden. Dit geldt zeker in de huidige dynamische, gefragmenteerde en complexe wereld. Deze kaarten, wereldbeelden genoemd, geven een beeld van de structuur van de wereld en tonen de grote samenhangen die de werkelijkheid kenmerken. Wereldbeelden zijn mentale modellen die de mens zich samen met zijn medemensen van de wereld vormt en waarin al zijn ervaringen kunnen ingepast worden. Met behulp van wereldbeelden tracht de mens de wereld te begrijpen, zich door het leven te slaan, een betekenis te vinden en aan zijn diepste verwachtingen te beantwoorden. Complete wereldbeelden leggen het wat, hoe, waarom en waartoe van de wereld waarin we leven in zijn grote lijnen vast. Een volwaardig wereldbeeld biedt dus niet alleen een globale beschrijving van de werkelijkheid maar zoekt ook een verklaring voor het gebeuren. Bovendien worden de plaats en opdracht van de mens in de wereld erin omschreven. Wereldbeelden geven bijgevolg ook antwoorden op waarde- en zingevingsvragen. Dikwijls zijn deze wereldbeelden verpakt en verscholen in regels, geboden en verboden, taboes, verhalen, ... Daarbij verwijzen religieus geïnspireerde wereldbeelden naar hetgeen de mens en de wereld overstijgt en bieden ze meestal een hoopvol perspectief.

Persoonlijke wereldbeelden zijn in de meeste gevallen zeer intuïtief opgebouwd en bevatten uiteenlopende fragmenten. Deze fragmenten werden overgeleverd of berusten op eigen ervaring. Ze hebben een levensbeschouwelijke, ideologische, culturele of wetenschappelijke achtergrond. Dergelijke spontane wereldbeelden dekken echter de werkelijkheid niet volledig af, missen structuur en weerstaan slechts ten dele aan de toetssteen van de realiteit. Dit geldt ook voor de collectieve wereldbeelden, zeker in de huidige post-moderne tijd. De ingrijpende veranderingen ten gevolge van de snelle wetenschappelijke en technische ontwikkelingen, de tanende invloed van de traditionele zingevingssystemen en de groeiende contacten met andere culturen leiden tot een verdere fragmentering van de in zwang zijnde wereldbeelden. Dit is eveneens het geval voor de wetenschap die bijna volledig de specialiserende toer opgegaan is en in superspecialisaties uiteenvalt. Ook de massamedia zijn met hun grote en uiteenlopende informatie-aanbod verantwoordelijk voor een verregaande versnippering van de opinies in de maatschappij. Wereldbeelden worden net als de “grote verhalen” als gevaarlijk afgewezen en een gesprek tussen wetenschap en waarde- en zingevingssystemen wordt als zeer moeilijk gezien.

Worldviews verzet zich tegen die stellingen en pleit voor integrerend wereldbeeldenonderzoek. De leden van deze denkgroep zijn er van overtuigd dat al wat is een zekere samenhang vertoont en tot op zekere hoogte intellectueel kan omvat en begrepen worden. Een rationeel opgebouwd wereldbeeld moet een coherente weergave trachten te vormen van de globale werkelijkheid en een zo betrouwbaar mogelijk referentiekader bieden voor het menselijk handelen. Daarbij moeten zowel feiten als waarden aan bod komen. Het ene, alles omvattende wereldbeeld is ongetwijfeld een onbereikbare droom. Daarom wordt door sommigen gepleit voor een “atlas van wereldbeelden” bestaande uit een stel “kaarten” dat verschillende visies op en diverse domeinen van de werkelijkheid weergeeft. Uiteraard mogen ze elkaar in de overlappingszones niet tegenspreken. Om praktisch bruikbaar te zijn dient een wereldbeeld bovendien nog voldoende overzichtelijk en begrijpbaar te blijven. Het gaat dan ook niet om een gedetailleerd beeld van de werkelijkheid maar eerder om een schets die de grote contouren beschrijft. Een encyclopedie waarin duizenden onderwerpen samengevat en gerangschikt zijn komt dan ook niet in aanmerking als wereldbeeld. Dit is evenmin het geval voor een complex stelsel van wiskundige formules. Meestal wordt gebruik gemaakt van metaforen, inspirerende beelden die iedereen aanspreken, om de werkelijkheid op een kernachtige wijze te typeren. Men ziet de wereld als een tranendal, een verloren paradijs, een schouwtoneel...

Meer wetenschappelijk georiënteerde metaforen en de aspecten waarop ze nadruk leggen, zijn:

- een uurwerk: herhaling en regelmaat (planetenbewegingen);
- een mechanisme: strikte wetmatigheid, star determinisme en volledige voorspelbaarheid;
- een systeem: de interactie tussen de bouwelementen van de wereld;
- een organisatie: de doelgerichtheid van systemen;
- een organisme: het evenwicht in de biosfeer (Gaiahypothese);
- een spel: regels, toeval en doelgerichtheid in het gebeuren.

Het inzicht groeit dat metaforen uit de biologie en de organisatieleer beter geschikt zijn om de globale werkelijkheid weer te geven dan metaforen die uit de fysica stammen. Het gedrag van levende wezens kan ons meer leren over het wezen van de werkelijkheid dan de eigenschappen van de levenloze materie. Complexe biologische organismen en hun organisaties hebben immers een veel rijker gedrag dan relatief eenvoudige mechanische systemen. Deze laatste zijn echter wel gemakkelijker te bestuderen en daarom ook beter bekend. De studie van complexe systemen blijft dan ook nog steeds één van de grootste uitdagingen voor de wetenschap.

De mens wordt geconfronteerd met een ingewikkelde wereld waarin op het eerste zicht moeilijk een globale structuur en lijn te onderkennen is. Men kan zich afvragen of het wel mogelijk is om iets algemeen en betekenisvol te zeggen over de zeer gecompliceerde en gediversifieerde werkelijkheid. De wetenschap gaat er van uit dat niet alles ordeloos, willekeurig, uniek en nieuw is. Het is immers duidelijk dat er een zekere samenhang en continuïteit bestaat. De dingen staan niet volledig los van elkaar en de gebeurtenissen zijn niet helemaal onvoorspelbaar. Men kan een aantal in ruimte en tijd terugkerende patronen onderkennen. Er bestaan bepaalde structuren en de gebeurtenissen vertonen zekere verbanden. Hierdoor wordt het mogelijk om wetten te formuleren en de wereld op een compacte manier te beschrijven. Zelfs in de veranderingen kunnen onveranderlijke elementen, invarianten genoemd, ontdekt worden. Dit is bijvoorbeeld het geval met de wet van behoud van energie (de eerste hoofdwet van de thermodynamica). Men kan een vrij grote eenheid in de verscheidenheid en globale lijnen in de ontwikkelingen ontdekken. De structuren en gedragspatronen in de verschillende gebieden en niveaus van de werkelijkheid vertonen een grote overeenkomst. Er blijken gelijkaardige organisatieprincipes te gelden en er worden analoge evoluties doorlopen. Deze laatste vaststellingen vormen de sleutel tot een rationele methode voor de constructie van wereldbeelden. Door abstractie en generalisatie tracht men algemeen geldende structurele en relationele eigenschappen op te sporen om de wereld in te kaart brengen.

Er bestaan verschillende wetenschappelijke visies op de werkelijkheid. Men kan de werkelijkheid vanuit fysisch, chemisch, biologisch, psychisch, sociologisch, economisch,... oogpunt belichten. De vraag stelt zich hoe de verschillende domeinen van de wetenschap zich t.o.v. elkaar verhouden. Bestaat er een hiërarchische relatie tussen de wetenschappen? Is de werkelijkheid in wezen fysisch van aard en zijn de verschillende wetenschappen in feite tot de fysica te herleiden? Of zijn de takken van de wetenschap in grote mate onafhankelijk van elkaar? Heeft men binnen sociologie wel een boodschap aan de ontwikkelingen van de fysica? Kan de kloof tussen de exacte wetenschappen en de menswetenschappen overbrugd worden? Is het mogelijk om de wetenschappen in een integrerend wereldbeeld in te passen? Wat is de verhouding tussen wetenschap en zinsvragen? Bestaat er een verband tussen de vragen naar het wat en hoe van de werkelijkheid en de waarde- en waaromvragen waarmee de mens geconfronteerd wordt? Is een dialoog tussen wetenschap en geloof wel wenselijk? Sommigen menen van niet en wijzen het wereldbeeldenproject dan ook af. In alle geval is het integrerend wereldbeeldenproject een uitdaging voor de op specialisatie gerichte wetenschappelijke wereld.

3. De wetenschappelijke visie op de werkelijkheid.

De mens is als een reiziger in de mist. Alleen in zijn onmiddellijke buurt heeft hij een vrij duidelijk beeld van zijn omgeving. Van gebeurtenissen verderaf krijgt hij slechts een vage indruk. De mens zit gevangen in ruimte en tijd, tussen micro- en macrowereld. In zijn beeld van de werkelijkheid gaat hij ervan uit dat er een reeks van gebeurtenissen plaats grijpt die in de ruimte (een) plaats vinden en op een tijdsschaal kunnen gerangschikt worden. In de stroom van gebeurtenissen kan men bepaalde verbanden ontdekken. Het verleden en heden bepalen in meerdere of mindere mate de toekomst. De toekomstige gebeurtenissen daarentegen hebben geen enkele impact op het heden. Het verleden kan niet meer beïnvloed worden en is onbereikbaar geworden. Terug in het verleden ingrijpen en herstellen wat mis ging gaat niet meer. De gebeurtenissen uit het verleden hebben alleen invloed op de toekomst via de sporen die ze in het heden nagelaten hebben. De toekomst werd nog geen werkelijkheid maar lijkt open te liggen. De toekomst is meestal anders dan het heden en lijkt dikwijls duister, onzeker en zelfs angstaanjagend. Niet alles in de toekomst is echter onbepaald en onvoorspelbaar. Men kan wetmatigheden onderkennen die de gebeurtenissen met elkaar verbinden. Deze vaststelling vormt de basis van een eerder deterministische visie op de wereld.

De exacte wetenschappen zien de wereld als een autonoom systeem dat zelfstandig en uitgaande van een bepaalde begintoestand ("Big Bang") een reeks van toestandsveranderingen doorloopt. Deze evolutie leidt tot het structureren van de materie en het ontstaan van complexe organisatievormen. Men kan een aantal in ruimte en tijd terugkerende patronen onderkennen en wetten formuleren. Zoals reeds opgemerkt werd is alles immers niet ordeloos, willekeurig, uniek en nieuw. De logica en de wiskunde blijken uitstekende modellen beschikbaar te stellen om deze wetten te beschrijven. Een bekend voorbeeld hiervan is de (tweede) wet van Newton die de versnelling van een massa onder invloed van een kracht beschrijft. In de wetenschappelijke benadering

beschouwt men de werkelijkheid als een web of als een netwerk van relaties. Deze relaties kunnen de vorm van verbanden, wisselwerkingen, interacties, koppelingen en verbindingen aannemen. Ze leggen de betrekkingen vast die tussen de kenmerken van de bestudeerde objecten en de optredende fenomenen bestaan. De dingen en verschijnselen worden daarbij in een ruimte-tijdskader gesitueerd.

Men kan het netwerk van relaties dat de werkelijkheid beschrijft vanuit verschillende invalshoeken bestuderen:

- ruimtelijk, structureel: de bouwstenen van het geheel en de wijze van opbouw;
- functioneel: het gedrag van het systeem in het ruimte-tijdskader, de wijze waarop het stelsel reageert op
- uitwendige prikkels, de manier van werking;
- evolutief: de wijzigingen van structuur en eigenschappen in het verloop van de tijd;
- de toestanden: de grootheden die de staat waarin een geheel zich bevindt kenmerken, de karakteristieken van
- het inwendige die samen met de uitwendige prikkels een rol spelen in de veranderingsprocessen;
- de gebeurtenissen: de reeks van voorvallen, de causale ketens met schakels van oorzaken en gevolgen.

Het centraal stellen van de structuur en functionaliteit, de evolutie, de mogelijke toestanden of de gebeurtenissen leidt tot verschillende wereldbeelden.

Het is praktisch onmogelijk om de complexe en vermaasde werkelijkheid als een geheel te bestuderen. In de wetenschap neemt men aan dat men een deel afzonderlijk mag beschouwen en dat niet alles door alles beïnvloed wordt. Men richt zich op de eenheden die men speciaal wil bestuderen, lijnt ze af t.o.v. de rest en houdt alleen rekening met de wisselwerkingen die men als relevant beschouwt. Een geheel bestaande uit twee of meer interagerende eenheden wordt een systeem genoemd. Een open systeem heeft relaties met de buitenwereld, een gesloten systeem niet. Het deel van de buitenwereld dat met een open systeem in wisselwerking is noemt men de omgeving. Mooie voorbeelden van systemen zijn toestellen zoals radio, televisie (TV) en persoonlijke computer (PC). Deze systemen zijn uit een aantal onderling verbonden mechanische, elektrische en elektronische componenten opgebouwd. Men maakt een onderscheid tussen deterministische en stochastische systemen. Deterministische systemen gedragen zich in gelijke omstandigheden steeds volgens dezelfde vaste regels. Gelijke krachten die op een zelfde massa uitgeoefend worden veroorzaken gelijke versnellingen. Stochastisch gedrag daarentegen wordt gekenmerkt door toeval, onzekerheid, kans en waarschijnlijkheid en is statistisch bepaald. Afzonderlijke gebeurtenissen zijn in dit geval onvoorspelbaar maar over verzamelingen van feiten kan men wel wetenschappelijk verantwoorde uitspraken doen. Kansspelen zoals dobbelen zijn voorbeelden van stochastische systemen. Ook in sport en spel speelt toeval een grote rol.

Het is ook niet doenbaar om de relaties tot in alle detail te beschouwen en daartoe steeds tot op microniveau af te dalen. Het gedrag van een systeem kan op macroniveau en van buitenaf gezien beschreven worden. De gaswetten bijvoorbeeld, waren bekend voor er van de kinetische gastheorie en de kwantummechanica sprake was. Volgens de systeemtheorie is het bovendien niet noodzakelijk om de ganse voorgeschiedenis erbij te betrekken. De relaties die het gedrag van een systeem kenmerken kan men globaal beschouwen en alleen het resulterend effect van de voorgaande gebeurtenissen in rekening brengen. Men heeft het dan over een "blackbox". Een blackbox is een open systeem waarvan de inwendige structuur en de bouwelementen waaruit het bestaat onbekend zijn of bewust buiten beschouwing gelaten worden [1]. Datgene van het verleden dat nog invloed heeft op de toekomst wordt de "toestand" genoemd. Toestandsgrootheden kenmerken in feite de sporen die het verleden in de blackbox nagelaten heeft en de gesteldheid waarin de blackbox terecht gekomen is. Voor de meeste mensen zijn de apparaten die ze dagelijks gebruiken blackboxes. Dit is zeker het geval voor elektronische toestellen zoals radio, TV en PC. Ze weten hoe ze bediend moeten worden en kunnen er mee werken. Hun inwendige structuur en de werking van de componenten moeten daartoe niet bekend zijn. Wel moet men bij de bediening rekening houden met de toestand waarin het apparaat zich bevindt. Hoe sneller een wagen bijvoorbeeld rijdt hoe groter de opgeslagen kinetische energie is en hoe harder of vroeger men moet remmen om tijdig te stoppen. De mogelijkheid die de blackbox-benadering biedt om de "details" buiten beschouwing te laten en de werkelijkheid van op afstand te bestuderen is van groot belang om een overzichtelijk beeld van de werkelijkheid te bekomen.

In de wetenschap gaat men er van uit dat verschijnselen zich in gelijke omstandigheden op dezelfde manier zullen herhalen (eventueel statistisch gezien). Men aanvaardt ook dat de wetmatigheden die ontdekt werden universeel gelden en onafhankelijk zijn van de plaats van de observator en het ogenblik van de observatie. Ze zijn invariant voor verschuivingen in ruimte en tijd. Dergelijke transformaties die bepaalde aspecten onveranderd laten, worden symmetrieën genoemd. Symmetrieën en symmetriebrekingen nemen in de moderne fysica een belangrijke plaats in. Dit alles houdt in dat we bekende verbanden tussen gebeurtenissen mogen "transplanteren" en op basis van de huidige kennis uitspraken kunnen doen over de toekomst. Het is dan ook mogelijk om te extrapoleren en uitgaande van de huidige situatie prognoses te maken van toekomstige gebeurtenissen. In het

mechanistische wereldbeeld werd zelfs aangenomen dat de natuurwetten uiteindelijk zouden toelaten om de toekomst volledig te voorspellen. Deze visie is niet houdbaar gebleken, zelfs voor deterministische systemen. Kleine oorzaken kunnen immers onverwacht grote gevolgen hebben. Dit doet zich voor bij zogenaamd chaotisch gedrag. Een merkwaardig voorbeeld hiervan is het drielichamenprobleem dat banen als oplossing heeft die zo grillig zijn dat ze na een verloop van tijd onvoorspelbaar worden. Men krijgt bij niet-lineaire systemen soms ook te maken met plots optredende “catastrofale” sprongen. De evolutie kan ook onvoorspelbaar worden indien bifurcaties of vertakkingen tot onbepaaldheden leiden. In dergelijke gevallen liggen deze ontwikkelingen niet in de lijn der verwachtingen en er kunnen zich verschillende alternatieve mogelijkheden aandienen. Volgens sommigen zouden ze dan ook ruimte bieden voor vrijheid en creativiteit. In alle geval blijkt de wetenschappelijke droom van een volledig planbare, beheersbare en maakbare wereld niet realistisch te zijn.

4. De analytisch wetenschappelijke benadering.

De mens wordt geconfronteerd met een steeds complexer wordende wereld die hem in verwarring brengt en waarin hij nog moeilijk zijn weg vindt. De wereld waarin we leven wordt immers gekenmerkt door een onoverzichtelijk kluwen van relaties dat ondoorzichtig en ondoorgroendelijk schijnt. Deze complexe wereld is het resultaat van een evolutieproces waarin de materie zich tot ingewikkelde structuren organiseerde en steeds meer verbanden ontstonden. Voorbeelden van dergelijke organisatiestructuren zijn de levende wezens en sociale organisaties. Niet alleen de structuur maar ook het gedrag van deze organisatiestructuren is zeer ingewikkeld. De toegenomen structurele complexiteit maakte ingewikkelde gedragspatronen en mentale processen mogelijk. Er doken gecompliceerde fenomenen op zoals bijvoorbeeld leven, zelfbewustzijn en vrije wil. Men kan zich afvragen of het wel mogelijk is om een inzicht te verwerven in deze complexe werkelijkheid. Zal men er ooit in slagen een overzichtelijk beeld te maken dat zowel de micro- als de macrowereld beschouwt en daarbij evenzeer de fysische als de mentale processen in rekening brengt? Bestaat er een wetenschappelijke methode die ons toelaat om de complexiteit te beheersen en door de bomen het bos te zien? De analytische benadering en de gestructureerde aanpak geven een positief antwoord op deze vragen. Ze leiden tot een *gelaagd* beeld op de werkelijkheid dat de algemene structuur van de wereld weergeeft. Het gaat in feite om een denkkader waarin de exacte wetenschappen en de menswetenschappen kunnen ingepast worden.

In de exacte wetenschappen neemt men aan dat de analytische methode met succes kan toegepast worden om complexe problemen aan te pakken. Om een ingewikkeld probleem op te lossen, splitst men het op in gemakkelijkere oplosbare deelproblemen die één na één opgelost worden. In feite past men de aloude “verdeel en heers” methode toe. Teneinde het gedrag van een systeem te bestuderen deelt men het geheel op in eenheden waarvan het gedrag afzonderlijk onderzocht wordt. Een persoonlijke computer (PC) bijvoorbeeld is samengesteld uit het eigenlijke computersysteem, een scherm, een toetsenbord, een muis en een printer. Wordt het computersysteem zelf verder geanalyseerd dan vindt men o.m. een kast, een elektrische voeding, een processorkaart, een RAM-geheugen, een harde schijf, een diskette-drive, een CD-ROM speler en een videokaart. De verbindings-elementen zoals bedrading en connectoren mogen daarbij niet uit het oog verloren worden. De analysefase dient gevolgd te worden door een synthesefase om het gedrag van het geheel af te leiden. Tijdens de synthesefase worden de eenheden op een welbepaalde manier terug samengevoegd en brengt men door het invoeren van de verbindingen hun interacties terug in rekening.

Men stelt in de exacte wetenschappen bijgevolg dat eigenschappen van een geheel volledig bepaald worden door de eigenschappen van de eenheden waaruit het bestaat en de relaties die hun onderlinge verbindingen kenmerken. Dit in feite reductionistisch uitgangspunt is gesteund op de overtuiging dat er niets verloren gaat bij het opsplitsen van een globaal probleem in zijn deelproblemen. Dit is niet zo voor de hand liggend als op het eerste zicht wel schijnt. Inderdaad, men kan stellen dat delen in feite abstracties zijn die niet los kunnen gezien worden van de gehelen en de totaliteit waarin ze voorkomen. Bij hun isolatie worden ze dan uit hun natuurlijk kader gerukt en gedragen ze zich niet meer als “normaal”. Legt het totaliteitskader zekere “eisen” op aan alles wat erin optreedt? Heeft een geheel een eigen identiteit waaraan de delen ondergeschikt zijn? Is een meer holistische aanpak dan ook noodzakelijk? Hoe dan ook, binnen het domein van de exacte wetenschappen heeft de reductionistische benadering haar waarde bewezen.

Men wendt in de exacte wetenschappen dus de analytisch reductionistische methode aan om het gedrag van de systemen die deel uitmaken van de werkelijkheid te verklaren. Het gedrag van een geheel wordt herleid tot de eigenschappen van zijn delen en de wetmatigheden die voor hun interacties gelden. Men beschrijft het geheel dus in termen van de delen en hun relaties. Deze herleiding wordt epistemologisch reductionisme genoemd [2]. Hierbij neemt men in feite aan dat een geheel niet meer is dan een min of meer complexe organisatie van delen. Dit is de basis van het ontologisch reductionisme [2]. Deze redenering kan men tot op microniveau doortrekken. Dan worden de elementaire bouwstenen en de fundamentele wetten van de natuur tenslotte als uiteindelijke verklaring gezien.

In de meeste gevallen wordt de analytische methode op een hiërarchisch gestructureerde manier toegepast. Een boek kan bijvoorbeeld opgedeeld worden in hoofdstukken, paragrafen, zinnen, woorden en letters. Op een gelijkaardige manier kan men een organisme beschouwen als opgebouwd uit organen, weefsel, cellen, moleculen, atomen en kwantumdeeltjes. Men richt zich dus in de eerste plaats op het geheel en daalt dan geleidelijk tot in de details af. Hierdoor wordt vermeden dat men, door zich teveel op de details te richten, het geheel uit het oog verliest. Bij een doordachte gestructureerde ontbinding houdt men ook rekening met de fysische samenhang en functionaliteit van de elementen [3]. Dit leidt tot een visie op de werkelijkheid als een bouw pakket met onderdelen die eerst tot samenstellingen, vervolgens tot modules en tenslotte tot een geheel kunnen samengebouwd worden.

Tijdens een hiërarchisch gestructureerde ontbinding ontstaan “lagen”, niveaus van detaillering. Men beschouwt het bestudeerde onderwerp min of meer in detail. De eenheden die men op een bepaald niveau vindt, worden in de lagere niveaus verder uitgerafeld tot kleinere eenheden en tenslotte tot basiselementen. Omgekeerd kan men stellen dat de gehelen van een lagere laag de bouwelementen van een hogere laag vormen. Bij het opklimmen naar een hoger niveau wordt feitelijk in iedere laag de blackbox-benadering toegepast. De gehelen worden globaal en van buiten uit bestudeerd en het inwendige wordt daarbij buiten beschouwing gelaten. Tijdens het afdalen breekt men de blackboxes open om een inzicht te verwerven in de inwendige structuur en functies. Men herleidt ze tot zogenaamde “white boxes”.

Een gelijkaardig lagenmodel wordt gehanteerd bij het verklaren van de werking van een PC. Men heeft het over hardware, systeemsoftware en toepassingssoftware. Zowel de hardware als de software kunnen ontbonden worden en dit respectievelijk in elektronische componenten en programma-instructies. De software spreekt de functionele eenheden van de hardware aan die nodig zijn om het computersysteem op de gewenste manier te laten werken. Zonder hardware heeft software geen betekenis en de hardware vormt het platform voor de informatie verwerkende processen. Op analoge wijze vormen de fysische lagen van de werkelijkheid het platform voor de hogere niveaus waarop de denkprocessen zich afspelen. Deze processen krijgen een symbolisch karakter en worden steeds abstracter.

5. De gelaagde werkelijkheid.

Kijken we op deze gestructureerde manier naar de wereld dan groeit er een beeld van de werkelijkheid als een netwerk van relaties met een gelaagd structuur. In dit gelaagd beeld op de werkelijkheid onderkennen we niet alleen fysische lagen maar worden de gedragspatronen en mentale processen ook gestructureerd beschouwd. De mentale processen in de hersenen zijn drager van de geestesactiviteit en de gedachten. Men kan volgende lagen onderscheiden:

1) fysische lagen:

- de prémateriële lagen: de wereld van de subatomaire deeltjes;
- de materiële lagen: de levenloze materie;
- de biologische lagen: de levende wezens;

2) gedrags- en mentale lagen:

- de psychische lagen: het instinctief, emotioneel en intuïtief gedrag;
- de sociale lagen: de interactie tussen levende wezens, het economisch gedrag inbegrepen;
- de culturele lagen: de mentale activiteiten op technisch, artistiek, intellectueel en spiritueel vlak.

Dit denkkader vertoont een vrij grote overeenkomst met het beeld van de drie werelden van Karl Popper [4].

Het gelaagd beeld op de werkelijkheid met zijn fysische lagen, gedragspatronen en mentale processen doet ons opnieuw denken aan een PC met zijn hardware- en softwarelagen. Analooq aan hardware en software kunnen de diverse lagen van de werkelijkheid in harde materiële en zachte immateriële lagen ingedeeld worden. De harde laagste lagen zijn opgebouwd uit fysische elementen die een hiërarchische structuur vormen. Achtereenvolgens vindt men bijvoorbeeld kwantumdeeltjes, atomen, moleculen, cellen, weefsels, organen en levende wezens. De hogere lagen met hun zachter karakter groeperen gedragspatronen en mentale processen waarvan de complexiteit eveneens toeneemt als men naar een hoger niveau opklimt. Bovendien worden de regels minder star en blijkt de (reductionistische) onbepaaldheid toe te nemen. De fysische lagen kunnen vrij scherp afgebakend worden. Dit is minder het geval voor de gedrags- en mentale lagen. Sommige wetenschapsmensen zijn van oordeel dat het psychische en sociale eerder een netwerk vormen en op hetzelfde niveau geplaatst moeten worden. Anderen onderkennen een psychocognitieve laag die de psychische en mentale lagen combineert.

Merk op dat de lagen in het beeld van de gelaagde werkelijkheid niet echt fysisch bestaan. Het gaat om een zienswijze vanuit de structurele en functionele invalshoek. De werkelijkheid wordt vanuit deze oogpunten op microscopische of macroscopische wijze bekeken en min of meer in detail bestudeerd. Men heeft dus in feite met lagen van eigenschappen en wetten te doen. Deze lagen komen met de verschillende invalshoeken en niveaus van detaillering overeen. De eigenschappen en wetten die voor een geheel en zijn delen gelden vindt men dus in de verschillende lagen terug. Afhankelijk van hun eigenschappen kunnen gehelen, eenheden en elementen aan bepaalde lagen toegewezen worden. Het is alsof ze deel uitmaken van deze lagen. De lagere lagen vormen dan als het ware de bouwstenen van de hogere lagen. Men kan ze ook beschouwen als de voedingsbodem, het substraat waarop de hogere lagen zich ontwikkelden. Ze zijn eveneens de dragers van de wetmatigheden die de gedragspatronen en mentale processen op hoog niveau mogelijk maken.

In deze gestructureerde visie op de werkelijkheid neemt men dus aan dat de elementen van de onderliggende lagen kunnen gegroepeerd worden tot modules die de bouwstenen van de hogere lagen vormen. De systemen die naar de hogere lagen van de werkelijkheid doorgroeien worden gekenmerkt door een toenemende verwevenheid, orde, complexiteit en organisatiegraad [5]. Naarmate de organisatiegraad toeneemt krijgt de werkelijkheid een steeds minder materiële en meer mentale aard. Ook in de computerwereld wordt software belangrijker dan hardware. Voor het bestuderen van elk van deze lagen maakt de wetenschap gebruik van eigen talen en theorieën. Men doet een beroep op de kwantummechanica, fysica, scheikunde, biologie, psychologie, sociologie, economie,... Ook hier kan men verwijzen naar het voorbeeld van de PC-wereld waar men met computertalen voor systeemsoftware (DOS, Windows,...) en voor toepassingssoftware (Word, Excel,...) te doen heeft.

De voor een groot deel gescheiden ontwikkeling van de diverse wetenschappen en hun uiteenlopende benaderingsmethoden wijzen erop dat er een zekere graad van onafhankelijkheid tussen de verschillende lagen van de werkelijkheid bestaat. Het gedrag in de onderliggende lagen is van die aard dat het voor een belangrijk deel buiten beschouwing kan gelaten worden bij de studie van de bovenliggende niveaus. Sommige onderzoekers zijn er bijvoorbeeld van overtuigd dat het de chaos op microscopisch vlak is die een robuuste macroscopische wereld mogelijk maakt. In computertermen gesteld zijn de lagere lagen “transparant” vanuit de hogere lagen gezien. De verschillende lagen kunnen echter niet volledig los van elkaar beschouwd worden indien men de werkelijkheid globaal wil verklaren. De lagere lagen bieden de mogelijkheidsvoorwaarden voor de ontwikkelingen in de hogere lagen en de processen in de bovenliggende lagen beïnvloeden op hun beurt het gedrag in de onderliggende lagen. Een volledige ontkoppeling van disciplines is dus niet mogelijk en er blijft nood aan grensoverschrijdende benaderingen, globale visies en integrerende wereldbeelden.

6. De reductionistische droom.

Een grote droom van de wetenschap bestaat in het afleiden van de eigenschappen van de hogere lagen uit de karakteristieken van de lagere lagen. Deze afleiding zou volgens de (micro-)reductionistische visie op de werkelijkheid principieel geen onoverkomelijke problemen mogen opleveren. Het globaal gedrag van een geheel volgt immers uit het gedrag van de afzonderlijke elementen en hun wederzijdse beïnvloeding. Dit houdt in dat de werkelijkheid volledig door elementaire wetten bepaald wordt. Complexe structuren en gedragspatronen vinden bijgevolg hun verklaring in elementaire regels. Met eenvoudige Legoblokjes die op een beperkt aantal wijzen met elkaar kunnen gecombineerd worden kan men bijvoorbeeld de meest fantastische constructies bouwen. Bij simulaties met cellulaire automaten leiden eenvoudige en lokale regels soms tot een zeer complex gedrag [6]. Met enige verbeelding heeft men het over “artificial life”, kunstmatig leven. Men slaagt er eveneens in het gecoördineerd gedrag van mieren bij het opsporen van een voedselbron met eenvoudige lokale regels te verklaren. De mieren leggen, volgen en versterken een spoor van feromonen en bakenen zo een pad af van een bij toeval ontdekte voedselbron naar hun nest. Indien deze visie tot in het uiterste doorgedreven wordt dan lijkt het mogelijk het gedrag van sociale organisaties uit de wetten van de kwantummechanica af te leiden.

Er werd echter reeds op gewezen dat de wetenschappen voor het beschrijven van het gedrag in elk van de lagen van de werkelijkheid een beroep doet op andere talen en theorieën. Dit is niet alleen het gevolg van de historische ontwikkeling van de wetenschap. De meeste wetenschappelijke benaderingen blijken niet invariant te zijn voor niveauveranderingen. De traditionele mechanica is bijvoorbeeld niet toepasbaar in de schimmige wereld van de kwantumdeeltjes. Het “opschalen” van de methodes van de mechanica naar de menswetenschappen lijkt evenmin zeer geslaagd te noemen. Het blijkt ook nog niet altijd praktisch doenbaar te zijn om het gedrag van complexe organisatiestructuren tot elementaire wetten te herleiden. Misschien is deze reductionistische benadering in bepaalde gevallen zelfs principieel niet mogelijk. Is dit het gevolg van de complexiteit van de problematiek of verklaren de onderliggende lagen het gedrag van de bovenliggende lagen

niet volledig? Vereist ieder niveau zijn eigen benaderingen die niet tot lagere niveaus te reduceren zijn? Men kan zich dan ook afvragen of we hier niet op een fundamenteel probleem stuiten.

We kunnen dit alles nog verder verduidelijken met het voorbeeld van de PC en zijn hardware- en softwarelagen. Voor het beschrijven van het gedrag van de PC-hardware kan men gebruik maken van de elektronica en Booleaanse algebra. Het computersysteem wordt meestal door DOS en Windows bestuurd. Uiteindelijk werkt de PC-gebruiker in veel gevallen met een Word-tekstverwerker of een Excel-rekenblad. In elk van de lagen worden aan de eisen van de laag aangepaste theorieën en talen gebruikt. Het hoeft geen betoog dat de elektronica geen geschikte taal is om rekenbladen mee te definiëren. Alhoewel de hoger niveau talen (na compilatie) gebruik maken van de lager niveau programma-instructies die de elektronische functies activeren kan men toch niet stellen dat de hardware het gedrag van de PC volledig bepaalt. De hardware biedt een “platform” dat nog immens veel mogelijkheden van gebruik open laat. Door programmatie kan men de PC de nodige instructies geven om de gewenste taken uit te voeren. De resultaten hebben een betekenis voor de gebruiker en kunnen niet los van de context gezien worden. Gaat het alleen om talen en theorieën die niet reduceerbaar lijken te zijn of hebben we hier met iets wezenlijks te doen? Men dient zich in dit verband af te vragen hoe de eigenschappen van een geheel zich verhouden tot de eigenschappen van de delen.

7. Opduikend emergent gedrag.

Het zich organiseren van de materie en het ontstaan van complexe organisatiestructuren is karakteristiek voor de werkelijkheid. Worden de organisatiestructuren die zich in het verleden ontwikkelden op een complexiteitschaal en in de tijd gerangschikt dan kan men een evolutie naar een toenemende complexiteit vaststellen. Het ontstaan van orde uit chaos gaat globaal gezien gepaard met een toenemende organisatiegraad. Er duiken daarbij tal van eigenschappen op die op lager niveau niet voorkomen en volledig nieuw schijnen. Niet zozeer de toenemende complexiteit zelf is merkwaardig maar wel het verschijnen van nieuwe gedragspatronen, wetmatigheden en eigenschappen. Eigenschappen van vaste stoffen en vloeistoffen zoals smelten en verdampen bestaan bijvoorbeeld niet op moleculair niveau. Ook temperatuur is in feite een macroscopische grootheid. Andere voorbeelden van het opduiken van nieuwe eigenschappen zijn leven, zelfbewustzijn, vrije wil, abstract taalgebruik en onbaatzuchtig gedrag. Complex samengestelde gehelen blijken eigenschappen te bezitten die van een heel andere aard zijn dan de eigenschappen van de delen waaruit ze bestaan.

De eigenschappen van een geheel volgen niet zonder meer uit de karakteristieken van de delen. Het is duidelijk dat men niet alleen de delen maar ook hun interacties moet in rekening brengen. Een groep van intens samenwerkende mensen blijkt in verhouding veel meer te kunnen bereiken dan een aantal eerder onafhankelijk van elkaar optredende enkelingen. Door het samenspel tussen de leden worden de mogelijkheden van de groep meer dan verwacht versterkt. Men stelt dan ook dat het geheel meer is dan de som van zijn delen. Er wordt van een meerwaarde, synergie en win-win relaties gesproken. Men heeft het soms ook over een geheel dat anders is dan de delen waaruit het bestaat. Door de interactie tussen de delen kunnen er immers kwalitatieve veranderingen ontstaan. Er blijken dus op de hogere niveaus van de werkelijkheid onverwachte eigenschappen op te duiken. Men spreekt over emergente eigenschappen en noemt dit fenomeen emergentie. Daarbij kunnen er zwakke en sterke vormen van emergentie onderscheiden worden. Vooral in de menswetenschappen vindt men dat emergentie niet alleen epistemologisch maar ook ontologisch van aard kan zijn [2].

We noemen eigenschappen van een geheel pas “echt” emergent indien ze niet volledig door de eigenschappen van de delen en hun interacties bepaald zijn en dus niet (micro-)reductionistisch verklaard kunnen worden. De kennis van de afzonderlijk beschouwde delen en van de wijze waarop ze interageren is om ontologische redenen ontoereikend. Zelfs als deze kennis waarheidsgetrouw is laat ze niet toe om de eigenschappen van het geheel volledig af te leiden. De echte of sterke vorm van emergentie brengt iets nieuws tot stand. De laag-niveau wetten die de delen en hun interacties beschrijven geven dan geen volledig sluitende beschrijving van het geheel en laten nog mogelijkheden open. Ze bieden de nodige speling voor nieuwe hoog-niveau wetten en laten dus enige mate van originaliteit toe. De ruimte van het mogelijke wordt dus door emergentie vergroot [7].

De (hiërarchisch) gestructureerde benadering leidt tot een gelaagde visie op de netwerken van relaties en de werkelijkheid waarvan ze het model zijn. In dit gelaagd beeld verschijnt het nog vrij weinig bekende emergentiebegrip ten tonele. Emergentie wijst op discontinuïteiten in de eigenschappen. De verschillende lagen hebben duidelijk een ander karakter. De prémateriële laag is overwegend stochastisch van aard. In deze laag speelt de kwantummechanica met de golf functie en het onzekerheidsprincipe van Heisenberg een grote rol. De materiële lagen zijn eerder deterministisch van karakter. De mechanica en de wetten van Newton illustreren dit uitstekend. De biologische en hogere lagen vertonen vormen van onbepaaldheid. Het is alsof tijdens de evolutie

de schimmige kwantumlaag uitgekristalliseerd is in de materiële laag en dat de biologische en hogere lagen de toekomst verder open houden.

De noodzaak om het emergentiebegrrip in te voeren kan beschouwd worden als een gevolg van de onvolledigheid van de wetenschappen. Bepaalde problemen vinden geen oplossing binnen het kader van wetenschappen zoals de fysica en biologie [8]. Men botst op de fundamentele grenzen van deze wetenschappen. De kwantummechanica is bijvoorbeeld niet in staat om de concrete baan van een welbepaald elementair deeltje te voorspellen. Bij het afleiden van emergente eigenschappen uitgaande van de wetten die voor de lagere lagen gelden botst men op onoplosbare problemen. Dit is ook het geval bij het herleiden van het hoog niveau gedrag tot de eigenschappen van de onderliggende lagen. Deze problemen zijn te wijten aan onbepaaldheden, onvoorspelbaarheid, onberekenbaarheid, onbeslisbaarheid,... [9]. Hierdoor treden er onverwachte gebeurtenissen op, duiken er verschijnselen op waarvoor geen reductionistische verklaring kan gegeven worden en falen de reductionistische benaderingen. Emergentie heeft te maken met complexe systemen, een grotere functionele rijkdom van de hogere lagen t.o.v. de lagere lagen en nieuwe vormen van eenvoud die op hoog niveau optreden (patronen, organisatievormen). Men kan een link leggen naar het onverwachte, niet gepredetermineerde en echt nieuwe in de werkelijkheid en naar het creatieve aspect van de wereld. Emergentie kan ook in verband gebracht worden met de invloed van de hogere op de lagere niveaus (neerwaartse oorzakelijkheid, “downward causation”), organiserende “krachten” en preferenties in de natuur. Hierop wordt in de volgende hoofdstukken verder ingegaan.

Het verschijnen van emergente eigenschappen wijst op een zekere vorm van autonomie van de hogere t.o.v. de lagere lagen en in het bijzonder tussen de fysische lagen en de gedrags- en mentale lagen. De wetten die de gedragspatronen en mentale processen karakteriseren zijn niet te herleiden tot de wetten van de fysica alleen. De fysische lagen vormen immers een platform dat nog immens veel mogelijkheden openlaat. De gedragspatronen en mentale processen worden door fysische processen mogelijk gemaakt, maar de wetten van de fysica bepalen deze patronen en processen toch niet volledig. Bepaalde organisatiestructuren laten nog een aantal opties open. We kunnen dit het best illustreren aan de hand van het PC-voorbeeld. De PC-hardware biedt de mogelijkheden voor het verwerken van gegevens. De gegevens kunnen echter met uiteenlopende programma's verwerkt worden. De eigenschappen van de hardware beperken de mogelijke operaties wel, maar laten nog een grote vrijheid aan de programmeur. Het bestuderen van de hardware zegt in feite vrij weinig over de programma's die op een computer kunnen draaien. Analooeg zeggen de studie van de bouwstenen en van de verbanden in het metselwerk iets, maar niet alles, over de bouwstijlen van kathedralen (Romaans, Gotisch,...).

Veel emergente eigenschappen die in de hogere lagen van de werkelijkheid opduiken lijken moeilijk exact wetenschappelijk en volledig reductionistisch te verklaren. Men is er tot nu toe niet in geslaagd ze volledig tot eigenschappen van lagere lagen of tot elementaire wetten te herleiden. Gecomplieerde fenomenen zoals bijvoorbeeld leven, zelfbewustzijn en vrije wil lijken zelfs niet reductionistisch verklaarbaar. Maakt de grote complexiteit van de organisatiestructuren dit in de praktijk onmogelijk of bestaan er fundamentele theoretische redenen waarom dit niet kan? Botsen we hier op de grenzen van de reductionistische benadering en zijn we daarom gedwongen om het emergentieconcept in te voeren? Kan emergentie niet in alle gevallen “weg-reduceerd” worden? Deze vragen vormen een grote uitdaging voor het reductionistisch project van de wetenschap.

8. De grenzen van het reductionisme.

Volgens de reductionistische visie van de wetenschap kan men alle eigenschappen, de emergente eigenschappen inbegrepen, tot de basiswetten van de natuur herleiden. Van echte emergentie van nieuwe eigenschappen zou dan geen sprake zijn. Verschillende vormen van emergentie stellen echter een ernstig probleem voor het reductionisme. We hebben reeds gewezen op de mogelijkheid van fysische platformen om hogere lagen te vormen die een zekere autonomie vertonen. De lagere lagen bieden de mogelijkheden om het gedrag op hoog niveau te realiseren, beperken dit gedrag in enige mate, maar bepalen het niet volledig. De lagere lagen worden dan als het ware transparant voor de hogere lagen. De besturingssystemen DOS en Excel zijn bijvoorbeeld transparant voor de gebruiker van een Word-tekstverwerker. Aan de studie van de micro-elektronica en de eigenschappen van halfgeleiders heeft een gewone gebruiker van een PC weinig of niets [10]. Het hoog-niveau gedrag respecteert de lager-niveau wetten wel, maar het opgelegde kader laat toch nog openheid voor meer specifieke eigenschappen. Dit doet ons aan de menselijke vrijheid en creativiteit denken.

Het probleem van voorspelbaarheid van complex systeemgedrag komt hier ook terug aan de orde. De studie van niet-lineaire systemen heeft de ogen van de wetenschapsmensen geopend voor de wereld van de complexe verschijnselen. Bij lineaire systemen is het gevolg van een externe beïnvloeding evenredig met de oorzaak. Bij niet-lineaire systemen is dit niet meer het geval en ontstaan er allerhande merkwaardige gedragspatronen.

Catastrofaal gedrag bijvoorbeeld confronteert ons met plotse sprongen. In het geval van bifurcaties kan de evolutie verschillende wegen opgaan zonder dat er in de wiskundige modellen een voorkeur blijkt. Bij chaotisch gedrag veroorzaken kleine oorzaken zeer grote gevolgen en is de evolutie zeer grillig en niet meer exact reproduceerbaar. Onder bepaalde omstandigheden wordt het gedrag van niet-lineaire systemen dus onvoorspelbaar. De evoluties verlopen niet meer continu en de causale ketens van oorzaak naar gevolg worden door onbepaaldheden verbroken. Zelfs vrij eenvoudige en deterministische systemen kunnen een gedrag vertonen waarvan het verloop wel door exacte formules kan weergegeven worden maar praktisch toch onvoorspelbaar blijkt.

Inderdaad, zelfs bij deterministische systemen bestaande uit componenten met deterministische eigenschappen kan chaotisch gedrag optreden. Dit gedrag is zo gevoelig voor kleine wijzigingen en vertoont zulke grillige evoluties dat het onvoorspelbaar wordt. Ook indien men over alle noodzakelijke gegevens beschikt om het probleem op te lossen, blijft het resultaat toch nog onbetrouwbaar in de praktijk. Zelfs het verhogen van de nauwkeurigheid biedt geen oplossing. We botsen hier blijkbaar op een fundamenteel probleem. Het volstaat immers niet om de eigenschappen van de elementen en hun interacties nauwkeurig te kennen om het gedrag van het geheel op een betrouwbare manier te kunnen berekenen. De reductionistische methodes zijn dus niet steeds in staat een sluitend antwoord te bieden op de vraag om niet-lineair gedrag te voorspellen. Ofwel is dit antwoord niet te geven omwille van wezenlijke onzekerheden en onbepaaldheden in de natuur. Ofwel ontsnappen een aantal dingen aan de reductionistische methodes.

Er zijn sterke aanwijzingen dat de reductionistische methodes nooit in staat zullen zijn om alle complex systeemgedrag te verklaren. We kunnen dit illustreren met een voorbeeld uit de wiskunde. Volgens de stelling van Gödel volstaat een beperkt aantal consistente axioma's niet om de rekenkunde volledig te onderbouwen. Het is mogelijk om stellingen te formuleren waarvan binnen het systeem van axioma's niet kan bewezen worden of ze al dan niet geldig zijn. Men moet een beroep doen op steeds meer axioma's om alle geldige eigenschappen te bewijzen. Uit de stelling van Gödel kunnen we afleiden dat men er nooit zal in slagen alle stellingen tot een beperkt aantal axioma's te herleiden. Kan op een analoge manier niet gesteld worden dat men met elementaire wetten alleen niet in staat zal zijn om de ganse werkelijkheid compleet te verklaren? [11]

Indien men er niet in slaagt het gedrag van de hogere lagen van de werkelijkheid tot de eigenschappen van de lagere lagen te herleiden is men verplicht bijkomende, emergente eigenschappen in te voeren. Zoals reeds opgemerkt werd impliceert emergentie dat het geheel groter of meer is dan de som van zijn delen. Eigenlijk zou men beter stellen dat het geheel anders is dan de som van de delen. Dit anders zijn kan dan toegeschreven worden aan de opgedoken emergente eigenschappen. Echt emergente eigenschappen zijn niet reductionistisch verklaarbaar. Een reductionistische verklaring is dan wezenlijk uitgesloten. Emergentie wordt dan in verband gebracht met het onverwachte, niet gepredetermineerde, echt nieuwe en creatieve in de werkelijkheid. Emergentie kan ook het gevolg zijn van de complexiteit van de problematiek die een herleiding tot elementaire wetten praktisch onmogelijk maakt.

Echte emergentie wordt in de reductionistische georiënteerde exacte wetenschappen niet aanvaard. Een volledige reductionistische verklaring van de werkelijkheid is het uiteindelijke doel. Chaotisch gedrag en de stelling van Gödel wijzen er echter op dat het reductionistische project niet volledig haalbaar is en tenslotte niet houdbaar zal blijken [12]. Met een beperkt aantal axioma's, fundamentele wetten of basisregels zal men niet in staat zijn om de werkelijkheid volledig te vatten en betrouwbare voorspellingen te doen. Zelfs indien de werkelijkheid theoretisch volledig tot elementaire wetten reduceerbaar is, zal de complexiteit zo groot blijken dat men met deze wetten in de hogere lagen niets kan uitrichten. Een bedrijfsleider heeft bij het oplossen van zijn economische en sociale problemen geen boodschap aan de kwantummechanica. Hoe dan ook, zelfs wie echte emergentie niet aanvaardt zal tot een pragmatische benadering verplicht worden die de werkelijkheid als gelaagd ziet en het opduiken van onverklaarbare eigenschappen aanneemt. De werkelijkheid is immers zo ingewikkeld dat men redelijkerwijs niet kan verwachten dat de elementaire wetten voor het oplossen van hoog niveau problemen bruikbaar zullen zijn. Men dient noodgedwongen gebruik te maken van de globale eigenschappen die zich op ieder niveau aftekenen zonder naar het laagste niveau af te dalen. Bijgevolg is men feitelijk verplicht het opduiken van onverklaarbare eigenschappen te aanvaarden, ongeacht de ontologische en /of epistemologische interpretatie die men er aan geeft.

Zoals in de vorige paragrafen uiteengezet werd kan men op een hoger niveau van de werkelijkheid eigenschappen vinden die op de lagere niveaus niet voorkomen er waarvan men verwacht dat ze er ook niet toe kunnen gereduceerd worden. Er bestaan sterke indicaties dat dit niet alleen het gevolg is van de grote "afstand" tussen de hogere en lagere lagen maar dat er eveneens principiële redenen zijn die een herleiding beletten. De elementaire wetten alleen blijken niet te volstaan om bepaalde emergente eigenschappen te verklaren. De onderliggende lagen bieden wel de mogelijkheidsvoorwaarden voor het gedrag op hoog niveau maar schijnen dit

gedrag dan niet volledig te bepalen. Hoewel de basiswetten gekend zijn slaagt men er niet in om een aantal complexe verschijnselen op een betrouwbare wijze te voorspellen of om een algemeen bewijs te vinden voor bepaalde eigenschappen. Door het aannemen van emergente eigenschappen vult men in feite het “reductionistisch deficit” aan. Het opklimmen naar een hoger niveau van de werkelijkheid resulteert bijgevolg in een toenemende reductionistische onbepaaldheid. De elementaire wetten leggen blijkbaar niet alles volledig vast en laten ruimte voor het onvoorspelbare, het onverwachte en het creatieve. Er kunnen zich daardoor nieuwe mogelijkheden ontfouwen die de wereld interessanter en boeiender maken.

9. De werkelijkheid als een creatief proces.

Alfred North Whitehead zag de werkelijkheid als een historisch proces dat bestaat uit ketens van gebeurtenissen. Volgens hem vormt “gebeuren” de basisstructuur van de werkelijkheid. Gebeuren is alles wat er is en er zijn geen zijnden (dingen). Hij vervangt in feite de elementaire deeltjes door gebeurtenissen. In deze procesvisie op de werkelijkheid onderkent men dus reeksen van gebeurtenissen die andere gebeurtenissen beïnvloeden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de oorzaken en gevolgen van de aanslagen van 11 september 2001 op de Verenigde Staten. De oorzaken van deze dramatische gebeurtenissen gaan zeer ver in het verleden terug en de aanslagen zullen blijvende sporen in de toekomst nalaten. In het web van causale ketens wordt een gebeurtenis alleen door eraan voorafgaande gebeurtenissen maar niet door erop volgende gebeurtenissen beïnvloed. Daarnaast neemt men ook aan dat slechts een bepaald deel van de vorige gebeurtenissen een aanwijsbare rol speelt in een actuele gebeurtenis en dat maar een gedeelte van de gebeurtenissen in de toekomst erdoor beïnvloed zullen worden. Een gebeurtenis die zich hier en nu voordoet is het gevolg van een aantal relevante vroegere gebeurtenissen en heeft invloed op sommige toekomstige gebeurtenissen. Een gebeurtenis groeit dus als het ware uit vorige gebeurtenissen die ze in zich opneemt. In een onvoorstelbaar groot aantal elementaire gebeurtenissen die nu plaats grijpen komt de wereld van morgen tot zijn.

De toekomst wordt echter niet volledig bepaald door het verleden. De ontwikkelingen liggen niet noodzakelijk helemaal in het verlengde van de vroegere gebeurtenissen en kunnen onverwachte richtingen uitgaan. De toekomst lijkt open te liggen voor onvoorzienbare en innoverende ontwikkelingen. Volgens Whitehead is het gebeuren een creatief proces dat gekenmerkt wordt door scheppende wording. Er kan iets nieuws en onuitgegeven ontstaan op grond van het vorige. Een gebeurtenis neemt het gegevene in rekening maar brengt ook nieuwheid tot stand. Tijdens hun optreden realiseren de gebeurtenissen iets dat niet zonder meer in het oude aanwezig was. Nieuwheid ontstaat door het integreren van onvoorzienbare mogelijkheden in het feitelijke. De vorige gebeurtenissen spelen mee maar zijn onvoldoende om het nieuwe volledig te verklaren. Het nieuwe is bijgevolg nooit volledig afleidbaar uit het vorige. Afleidbaarheid is een randgeval waarin het nieuwe volledig bepaald wordt door het oude en bijgevolg van echte nieuwheid geen sprake is. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de deterministische wetten van de fysica. In deze visie is het determinisme een “construct”, een geïdealiseerde situatie waarin nieuwheid geen rol speelt. Fysische wetten zijn een “uitgekristalliseerde” vorm van interactie en organisatie.

In het algemeen kan men stellen dat de processen zich opvoeren met een deel oud en een deel nieuw. Beide aspecten komen met een wisselende graad in elke gebeurtenis voor. Voor eenvoudige structuren zoals een ijzermolecule leidt het gebeuren niet tot nieuwe eigenschappen. De ijzermolecule voert zichzelf met een grote getrouwheid verder op. Naarmate de structuren echter ingewikkelder worden, wordt het creatieve aspect van groter belang. Complexe wezens kunnen meer mogelijkheden realiseren. Het mogelijke heeft als het ware een overwicht op het feitelijke. De werkelijkheid put de “voorraad” aan mogelijkheden echter niet uit. Op de lagere niveaus is de werkelijkheid vooral bepaald door het vorige, op de hogere niveaus wordt het nieuwe, het creatieve belangrijker. Vooral de mens kan creatief omgaan met de mogelijkheden die zich aandienen. Er komen dingen tot stand die niet bestonden en vooraf niet afleidbaar waren. Met de mens ontstaat ook de symbolische orde.

De tijd heerst over het gehele gebeuren. Het heden schuift weg in het verleden. Elke dag is nieuw en de dag van morgen bestaat (nog) niet. De wereld blijkt zo gemaakt te zijn dat er nieuwheid te voorschijn komt. Er zijn dingen die er vroeger niet waren. De toekomst is niet zonder meer uit het verleden af te leiden. Door onvoorspelbare gebeurtenissen kunnen de ontwikkelingen totaal onverwachte wendingen nemen. De sonnetten van Shakespeare waren wezenlijk onvoorzienbaar bij de “Big Bang”. Een gebeurtenis is een moment van creatieve wording. Het gebeuren maakt nieuw en is dan ook meer dan het heropvoeren van vorige gebeurtenissen. Dit sluit niet uit dat er veel situaties bestaan waarbij de nieuwheid triviaal is en verwaarloosd mag worden. In een gebeurtenis wordt de veelheid van “ervaringen” uit het verleden geïntegreerd en tot een nieuwe eenheid gebracht. Er ontstaat een fusie van verleden en mogelijkheden. Hoewel er een band met vorige gebeurtenissen blijft, heeft er toch vernieuwing plaats. Er blijven dingen bestaan zonder dat hun karakteristieken noemenswaardig wijzigen, maar er gebeuren ook fundamentele veranderingen (“permanency” en “fluency”).

De wereld lijkt zelfs aangelegd te zijn op de scheppende wording van complexe structuren. Gedurende de evolutie ontstonden er ingewikkelde vormen van organisatie met nieuwe eigenschappen. Voor veel van deze eigenschappen kan men (nog) geen afdoende verklaring vinden in de karakteristieken van de elementen waaruit de structuren ontstonden en samengesteld zijn, zelfs indien men hun interacties in rekening brengt. Het is dan ook duidelijk dat creatieve processen tot het opduiken van emergente eigenschappen leiden. Men kan dus creativiteit in verband brengen met emergentie en creativiteit beschouwen als een bron van emergentie.

Creativiteit en emergentie doorbreken de voorspelbaarheid en verklaarbaarheid die het deterministisch wereldbeeld van de reductionistische exacte wetenschappen kenmerken. Ze geven een uitleg voor discontinuïteiten in de ontwikkelingen en maken het verschijnen van onverklaarbare eigenschappen enigszins begrijpbaar. Merk daarbij echter op dat het invoeren van het creativiteitsbegrip eigenlijk geen verklaring biedt voor het niet-gepredetermineerde in de werkelijkheid en voor de opduikende emergente eigenschappen [13]. De noodzaak om creativiteit en emergentie in te voeren wijst op een probleem in het reductionistische visie op de werkelijkheid en de noodzaak van een meer algemeen denkkader. De informatie waarover men beschikt over de eigenschappen van de delen en hun wisselwerking, en die afkomstig is uit het verleden, blijkt onvoldoende te zijn om het ontstaan, de evolutie en het gedrag van het geheel af te leiden. Het kan enerzijds om een kennisprobleem gaan dat volgt uit de complexiteit van het geheel, of anderzijds op een probleem van fundamenteel aard wijzen dat het gevolg is van wezenlijke onbepaaldheid (epistemologisch of ontologisch probleem).

De reductionistische exacte wetenschappen kunnen geen uitleg geven voor nieuwheid. Het creatieve is immers in wezen onverklaarbaar en nieuwheid is niet herleidbaar tot het vorige. In de biologie en de menswetenschappen daarentegen aanvaardt men dat sommige dingen niet begrijpbaar zijn dan vanuit nieuwheid. De gevallen waarbij nieuwheid lijkt te ontstaan zijn geen uitzondering in het domein van de complexe en niet-lineaire systemen. In de wereld vinden we een combinatie van zich in ruimte en tijd herhalende en onveranderlijke patronen en van onverwachte en nieuwe verschijnselen. Het wetmatige laat deterministische en reductionistische verklaring toe, het creatieve ontsnapt eraan. Whitehead erkent zowel de waarde van het reductionisme als van nieuwheid. Hij stelt echter dat emergentie in feite de regel is en dat het determinisme en reductionisme een bijzonder geval vormt. Een reductionistische verklaring is volgens Whitehead altijd een geïdealiseerde verklaring die de nieuwheid die in veel gevallen triviaal is, buiten beschouwing laat. Het reductionisme wordt dan eigenlijk als een limietgeval beschouwd. Men kan een verband leggen van het reductionisme naar symmetrieën en van nieuwheid naar symmetriebrekingen.

10. Symmetrieën en symmetriebrekingen.

Leo Apostel was gefascineerd door symmetrieën en symmetriebrekingen [14]. Hij zag in deze tegengestelde begrippen een sleutel om de natuur van de globale werkelijkheid te begrijpen. Het onderkennen van symmetrieën en symmetriebrekingen (ook asymmetrieën of gebroken symmetrieën genoemd) als algemene karaktertrekken van de totaliteit liet volgens hem toe om de verschillende domeinen van de wetenschap te unificeren. Hij vond dan ook dat de “eenmakende” mogelijkheden van deze tegenstelling van groot belang waren voor de wereldbeeldenconstructie. Daar de symmetrieën en asymmetrieën volgens hem op elk van de niveaus van de werkelijkheid terug te vinden zijn, beschouwde hij ze als fundamentele kenmerken van de wereld. Hij trachtte ze logisch te verklaren en tot metafysische beginselen te herleiden [15].

In de natuur blijken tal van symmetrieën voor te komen in dikwijls onvermoede vormen. Symmetrieën van entiteiten zijn transformaties die deze entiteiten in zekere opzichten invariant laten. Symmetrieën van een lichaam zijn (starre) bewegingen van dat lichaam die het uiterlijk onveranderd laten. Een bol is invariant voor een willekeurige rotatie rond elk van al zijn mogelijke assen. Ook een kubus blijft schijnbaar onveranderd wanneer hij geroteerd wordt over 90° (of een veelvoud van 90°) om één van zijn assen loodrecht op de zes grensvlakken. Perfecte kristallen zien er hetzelfde uit als men ze over bepaalde hoeken roteert of vanuit bepaalde richtingen bekijkt. Het menselijk lichaam is in grote lijnen symmetrisch voor spiegeling van de linkse en rechtse helften. Het hoeft geen betoog dat een menselijk lichaam minder symmetrieën bezit dan een bol. De volmaakte symmetrie van de bol is verbroken in de werkelijkheid.

Niet alleen objecten maar ook verschijnselen, processen en wetten kunnen symmetrieën vertonen. Een periodieke golf is invariant voor een tijdsverschuiving over één of meer periodes. De bewegingsvergelijkingen van een slinger zijn invariant voor een omkering van de tijd. Zeer belangrijk is ook de vaststelling dat de natuurwetten invariant zijn voor de oriëntatie van de meetoestellen, de plaats van een meting, het ogenblik van het experiment en de (constante) snelheid van het laboratorium. De natuurwetten zijn dus niet afhankelijk van de plaats en tijd. Zonder deze merkwaardige eigenschap van de werkelijkheid zou een inductieve veralgemening onmogelijk zijn. Uit de vier invariantiebeginselen kan men de basiswetten van de klassieke pre-

kwantummechanica afleiden: het behoud van hoeveelheid van beweging (voor rotatie en rechte lijnige verplaatsing), het behoud van energie en de wetten van de speciale relativiteitstheorie [16]. De lichamen in het heelal bewegen dus volgens wetten die mogelijkheidsvoorwaarden van inductieve kennis uitdrukken!

Er zijn tal van mogelijke invarianten die tot symmetrieën leiden. Deze symmetrieën komen over het algemeen met behoudswetten overeen. We hebben reeds gewezen op invariantie van lichamen, verschijnselen en wetten voor rotatie, spiegeling, omkering van tijd, oriëntatie, positie in de ruimte, tijdstip en snelheid. De keuze van referentie-assenstelsel (oriëntatie, oorsprong, ...) mag dus geen invloed hebben op de formulering van de natuurwetten. In de kwantummechanica heeft men het bij de wisselwerking tussen elementaire deeltjes over symmetrieën voor spiegeling, inversie van lading (vervanging van een deeltje door een anti-deeltje) en omkering van tijd [17]. Men spreekt ook over een behoud van totale vreemdheid, van bayron nummer, van isospin en van hyperlading. Op basis van isospin en hyperlading kan men een aantal elementaire deeltjes in patronen met zeer veel symmetrie rangschikken: het meson-octet, het bayron-octet en het bayron-decuplet. Men droomt ook van de supersymmetrie, een wiskundig schema waarin men alle bekende en nog onbekende kwantumdeeltjes hoopt in te kunnen passen. Dat anti-materie vergeleken met materie nauwelijks in de natuur voorkomt wijst op een belangrijke symmetriebreking bij het ontstaan van het heelal.

In de reële wereld zijn perfecte symmetrieën zeer zeldzaam. Zelfs kristallen vertonen een zekere asymmetrie. Er bestaan eveneens veel onregelmatige lichamen waarbij iedere beweging een ander beeld oplevert. Dit geldt ook voor verschijnselen en processen, in het bijzonder voor de onomkeerbare processen. Deze processen zijn niet invariant voor tijdsomkering. Wordt een videoband met een rokende schoorsteen teruggespoeld dan ziet men een verschijnsel dat niet aan de natuurwetten en de werkelijkheid beantwoordt. Onomkeerbaarheid kan in verband gebracht worden met de spontane toename van entropie van een gesloten systeem en de pijl van de tijd. Men beschouwt de geschiedenis van het heelal dan ook als een opeenvolging van symmetriebrekingen die vertrekkend vanuit een volstrekt symmetrische toestand tot een toenemende asymmetrie leiden. De tijd wordt dan gezien als een geordende reeks van opeenvolgende symmetriebrekingen. De onomkeerbare processen “dragen” de tijd. Leo Apostel legt dus een verband tussen verandering, onomkeerbaarheid, tijd en symmetriebreking. Andere voorbeelden van onomkeerbaarheid zijn o.m.: de onmogelijkheid dat warmte spontaan van een kouder naar een warmer object stroomt, dat het door een lichtbron uitgestraalde licht zich vanzelf terug in een punt concentreert, dat een chaotisch systeem naar zijn begintoestand terugkeert, dat de “collaps van de golffunctie” ongedaan gemaakt wordt. Ook causale processen kunnen als asymmetrisch beschouwd worden [18]. Als a oorzaak is van b dan is b geen oorzaak van a. Onze ervaring leert ons ook dat de gevolgen hun oorzaken niet voorafgaan. We kunnen het verleden niet wijzigen maar de toekomst wel (gedeeltelijk) bepalen. De wetenschap aanvaardt bovendien niet dat de toekomst het verleden verklaart.

Bij dit alles beperkte Leo Apostel zich niet tot de anorganische natuur maar zocht ook voorbeelden in het leven en bij de mensheid. Hierbij trachtte hij de kloof tussen de werelden van de exacte wetenschappen en de menswetenschappen te overbruggen. Hij wees o.m. op symmetrieën zoals de spiegel- en schroefsymmetrie in de vorm van dieren en planten. Ook zag hij symmetrieën in het metabolisme en de autoreproductie van levende organismen, een combinatie van symmetrieën en “antisymmetrieën” in de structuur van het DNA en symmetrieën en asymmetrieën in familierelaties.

Een belangrijke maar miskende vorm van symmetrie is de schaalsymmetrie. Deze vorm van symmetrie kan men in de verschillende lagen van de werkelijkheid onderkennen. Schaalsymmetrie is gebaseerd op de vaststelling dat in de fysica tal van arbitraire keuzes gemaakt worden waarvoor de wetten om als natuurwet te kunnen doorgaan, invariant moeten zijn. We hebben reeds gewezen op invariantie voor de keuze van oriëntatie en oorsprong van het referentie-assenstelsel. Dit is ook het geval voor de grootte van de fysische eenheden waarmee gemeten wordt. De keuze van fundamentele eenheden en van eenhedenstelsel mag (op een constante factor na) geen invloed hebben op de vorm van de wiskundige vergelijkingen waarin de wetten uitgedrukt worden. Men kan dus gebruik maken van deze voorwaarde om de vorm van de natuurwetten af te leiden. Schaalinvariantie leidt onder bepaalde voorwaarden tot machtswetten. Voorbeelden hiervan zijn de wetten, modellen of curven van Wright, Duane, Weibull, Cobb-Douglas, Pareto, Taylor, Zipf, ... uit zeer uiteenlopende domeinen van wetenschap en techniek [19]. De invarianties, zoals schaalinvariantie, leggen beperkingen op aan de vorm die de natuurwetten kunnen aannemen. Schaalinvariante biedt dan ook een verklaring voor de “esthetische” vorm van fysische wetten.

Leo Apostel start zijn betoog vanuit de waarneming dat er in de werkelijkheid bepaalde betrekkingen onveranderd blijven, maar dat we ook omringd zijn door voortdurende verandering. Volgens hem wordt de ganse werkelijkheid gekarakteriseerd door onveranderlijkheid en verandering, zijn en worden, die intens op elkaar betrokken zijn maar toch fundamenteel verschillen. Hun oppositie én verbondenheid zou de ganse werkelijkheid verenigen. Hij vraagt zich dan ook af wat eigenlijk invarianten en veranderingen zijn en legt het verband naar

symmetrieën en symmetriebrekingen. Dit leidt tot de bewering dat de werkelijkheid kan gekenmerkt worden door bepaalde symmetrieën en bepaalde symmetriebrekingen. Hij stelt zich ook de vraag hoe de symmetrie en asymmetrie zich tot elkaar verhouden. Staan ze naast elkaar, zijn ze uit elkaar afleidbaar of volgen ze uit een gemeenschappelijke grond? Leo Apostel kiest voor de laatste optie, een ontologische deductie. “Alles wat is bestaat”. Het moet dan ook mogelijk zijn om de meest algemene eigenschappen van de totaliteit (de symmetrieën enerzijds en de symmetriebrekingen anderzijds) af te leiden uit het wezen van het bestaan als dusdanig, het “zijn”.

Daarbij legt hij ook een verband van symmetrie en asymmetrie naar respectievelijk systeem en oorzaak. In het bestaande komen zowel invarianten als onomkeerbare processen voor. “Zijn” impliceert volgens hem eveneens zowel “systeem” als “oorzaak”. Alles wat bestaat heeft een interne autonomie, een inwendige structuur die het tot systeem maakt en invariant houdt in verschillende contexten. Bovendien hangt het wetmatig met andere bestaanden samen zodat wijzigingen van het ene, oorzaak zijn van wijzigingen van het andere. Systemen worden bepaald door symmetrieën, oorzaken door asymmetrische relaties. Oorzaken wijzigen door “krachten” wat buiten hun staat en brengen gevolgen voort. Er treden in dit verhaal twee families van aan elkaar tegengestelde begrippen op. Het gaat over de families “causaliteit, symmetriebreking, verandering, proces, kracht” en “systeem, symmetrie, structuur, invariante, constante”. Beide families moeten in deze ontologische visie noodzakelijk uit een gemeenschappelijk “iets”, het begrip “zijn”, volgen [20]. Indien deze denkwijze correct is, moet het mogelijk zijn uit het uitgangspunt af te leiden waarom deze en geen andere invarianten en onomkeerbare processen voorkomen. Dit moet tenminste slagen voor de grote typen van invarianten en onomkeerbare processen.

De totaliteit is volgens Leo Apostel dus zowel systeem als proces. Hij stelt dat ieder soort systeem gekenmerkt wordt door een aantal symmetrieën en elk type van proces door een aantal symmetriebrekingen. De symmetriebrekingen impliceren de symmetrieën en omgekeerd houden de symmetrieën symmetriebrekingen in. Inderdaad, de samenhang van de delen van een systeem en het behoud van de structuur volgen uit de causale interactie tussen de componenten. Verder kan een object maar op een ander object inwerken en het beïnvloeden indien beiden tijdelijk of blijvend behoren tot een systeem. Een oorzaak treedt in werking als ze in onevenwicht is en door het gevolg dat ze produceert dit onevenwicht oplost. Leo Apostel leidt daaruit af dat de symmetriegraad van de oorzaak vóór de productie van het gevolg lager is dan van de symmetriegraad van het complexe systeem dat de oorzaak en het gevolg omvat. Hij neemt bovendien ook aan dat deze symmetriebrekingen optreden die de graad van symmetrie van het geheel maximaliseren en dat deze symmetrieën voorkomen welke de graad van asymmetrie van de totaliteit maximaliseren. Symmetriebrekingen maximaliseren de globale invariantie. Symmetrieën daarentegen maximaliseren de globale proces-innovatie, emergentie of creativiteit. Als men het evolutieproces ziet als een opeenvolging symmetriebrekingen die tot nieuwe symmetrieën leiden dan drukt deze maximalisatiehypothese een criterium uit dat de richting van dit evolutieproces bepaalt.

De mogelijkheid om natuurwetten af te leiden uit kwalitatieve beginselen zoals invarianten, is inspirerend voor wijsgeren die de zijnsgrond zoeken. Leo Apostel zocht een antwoord op de vraag naar de uiteindelijke structuur die het geheel toont en de fundamentele kenmerken van de evolutie. Hij vond dit antwoord in symmetrieën en symmetriebrekingen. Ze boden hem ook een basis voor een actietheorie die enerzijds rekening houdt met de tradities en anderzijds de mogelijkheid biedt om de tradities te doorbreken.

11. Wetten en uitkomsten.

In de wetenschap moet men aannemen dat het creatief gebeuren binnen een wetmatig kader speelt. Dit kader blijkt echter bepaald te worden door symmetrieën. Het optreden van asymmetrieën in de werkelijkheid stelt dus een ernstig probleem. Volgens het principe van Pierre Curie zal een symmetrische oorzaak tot een overeenstemmend symmetrisch gevolg leiden. De symmetrie van de oorzaak verschijnt in het gevolg. De luchtstroom bijvoorbeeld langs een symmetrisch obstakel is eveneens symmetrisch. Dit principe blijkt echter niet te kloppen als men het knikverschijnsel onderzoekt. Beschouw een slanke lat met rechthoekige doorsnede die verticaal opgesteld wordt en waarop men bovenaan en juist in het midden een verticale kracht uitoefent. Bij een bepaalde belasting, de knikkracht genoemd, zal de lat langs één kant doorbuigen en gaat de symmetrie van de proefopstelling verloren. Men botst op een gelijkaardig probleem indien men een druppel melk die in een kom met dezelfde vloeistof valt bestudeert en de rotatiesymmetrie van de opspattende melk beschouwt. Er vormt zich eerst een ronde ring die nadien overgaat in een kroonvorm met 24 punten en kleine druppeltjes als parels op deze punten. De cirkelsymmetrie van de druppel wordt verbroken en de opspattende melk vertoont o.m. een 24-voudige rotatiesymmetrie.

Volgens Ian Stewart en Martin Golubitsky moet men het principe van Curie echter uitbreiden en stellen dat een symmetrische oorzaak één gevolg veroorzaakt uit een symmetrisch verwante verzameling. De fysisch te realiseren toestanden van een symmetrisch systeem treden in symmetrisch gerelateerde groepen op [21]. Bij een symmetriebreking put men dus uit een verzameling van fysisch mogelijke gevolgen die samen genomen dezelfde symmetrie vertonen als de oorzaak. Er treedt een bifurcatie op en één van de mogelijkheden wordt als het ware gekozen. Bij het optreden van knik kan de lat langs de ene of langs de andere kant doorbuigen. Beschouwt men deze twee mogelijkheden samen dan vindt men de oorspronkelijke symmetrie terug. Slechts één van de twee mogelijkheden wordt tijdens de proef gerealiseerd. Voor geen van de twee mogelijkheden bestaat er echter een voorkeur. Ook bij het opspatten van melk realiseert zich telkens één van de vele mogelijkheden [22]. Stewart en Golubitsky stellen dat de symmetrie niet zozeer verbroken wordt, maar eerder verstrooid. Tijdens een experiment realiseert zich slechts één van de oplossingen die volgens de wiskundige modellen mogelijk zijn. De lat kan niet langs de twee kanten tegelijk doorbuigen. De symmetrie wordt verbroken en de lat knikt langs één kant. Indien men echter alle mogelijke uitkomsten samen beschouwt dan blijft de volledige symmetrie behouden. Het feitelijke verbreekt de symmetrie van het potentiële [23].

Ook John D. Barrow denkt in dezelfde richting [24]. Hij maakt een onderscheid tussen de natuurwetten (“laws”) en de uitkomsten of resultaten van deze wetten (“outcomes”). Symmetrieën hebben volgens hem met wetten, patronen die niet wijzigen, en met eenvoud te maken. De wetten van Newton zijn een voorbeeld hiervan. De gebroken symmetrieën daarentegen kunnen met uitkomsten, complexiteit en onevenwichten in verband gebracht worden. Duidelijke voorbeelden vindt men vooral in o.m. de biologie en economie. Niet de wetten maar de uitkomsten van deze wetten worden geobserveerd. De uitkomsten zijn minder symmetrisch dan de wetten. Er zijn moeilijk patronen te vinden in de uitkomsten. Ze schijnen ook aan de wetten te ontsnappen, zijn niet te voorspellen en niet te voorzien. De vier eenvoudige symmetrische wetten van het universum leiden tot zeer veel asymmetrische uitkomsten.

In de werkelijkheid komen zowel orde als chaos voor. Volgens Barrow zijn orde en chaos niet tegengesteld, ze zijn in wisselwerking. Orde wordt gekenmerkt door beschrijvingen waarvan men de informatie kan comprimeren en in vrij eenvoudige wetten uitdrukken. De extreme samendrukbaarheid van de informatie over de werkelijkheid is zeer merkwaardig te noemen. Het universum blijkt hierdoor begrijpbaar (“intelligible”) te zijn. Een meer complex universum is denkbaar maar zal dan niet begrijpbaar zijn. Deze comprimeerbaarheid is een onverwacht feit en wijst op vaste structuren. Het wonderlijke van de comprimeerbaarheid vormt de grond voor de aanname van de redelijkheid of het logos-karakter van de natuur. De waarheid blijkt reduceerbaar te zijn. In de lagere lagen van de werkelijkheid spelen toeval en chaos een grote rol. Echte chaos, een volledig willekeurig gebeuren dat met witte ruis overeenstemt, is niet comprimeerbaar. Het gaat om een ongeordende vorm van complexiteit (“disorganised complexity”). Hoe kan men dan het opduiken van orde in de hogere lagen verklaren? Barrow wijst op de wet der grote getallen die tot macroscopische verschijnselen leidt waarvan de gemiddelden zich wetmatig gedragen (“well behaved averages”). De chaotische structuren aan de basis zijn volgens hem een middel om hoog niveau orde te behouden. Daarnaast heeft hij het nog over ordenende principes die tot steeds ingewikkelder structuren leiden. In dit geval kan men van een georganiseerde vorm van complexiteit spreken (“organised complexity”). De verschillende wetenschappen benadrukken steeds meer dit complexiteitsaspect. In feite is het nochtans niet de grote complexiteit op zich die merkwaardig is, maar wel de wetmatigheden en de ermee verbonden eenvoud die ook op hoog niveau van de werkelijkheid aan de oppervlakte komen [25]. Men kan zich afvragen waar deze eenvoud vandaan komt en welke organiserende principes er spelen.

12. Neerwaartse oorzakelijkheid.

In de gelaagde visie op de werkelijkheid maakt men een onderscheid tussen de lagere fysische lagen en de hogere gedrags- en mentale lagen. Tijdens het evolutieproces ontwikkelden zich eerst fysische structuren in de lagere lagen van de werkelijkheid. Nadien ontstonden er gedragpatronen en mentale processen die de mogelijkheden van de hogere lagen van de werkelijkheid exploreren. De harde fysische lagen vormen het “platform” voor de zachte gedrags- en mentale lagen. Om als een goede basis voor de bovenliggende lagen te kunnen fungeren dienen de onderliggende lagen voldoende stabiel en robuust te zijn. Ook in de zachte lagen kan men dus een zekere verstarring vaststellen. Naarmate men hoger opklimt worden de regels echter minder strak en neemt de onbepaaldheid toe. Er duiken emergente eigenschappen op en er blijkt speelruimte te ontstaan voor creativiteit, vrijheid en autonomie. Daardoor opende zich een ruimte met ongekende mogelijkheden waarin de materiële beperkingen een kleinere rol spelen. Men kan zich nu afvragen of het mogelijk is om de grenzen van de reductionistische onbepaaldheid enigszins af te lijnen en eisen te formuleren waaraan de emergente eigenschappen moeten voldoen.

In de reductionistische visie van de exacte wetenschappen op de wereld verwerpt men de “echte” of sterke vorm van emergentie. De wetten die in een bepaalde laag van de werkelijkheid gelden worden volledig bepaald door

de eigenschappen van de onderliggende lagen. De elementaire wetten van de fysica kunnen in principe alle fenomenen verklaren. De globale eigenschappen zijn het resultaat van vele lokale interacties. In demonstraties met cellulaire automaten wordt bijvoorbeeld aangetoond dat eenvoudige lokale interactieregels leiden tot het ontstaan van coherente globale gedragspatronen die als emergent beschouwd worden. Alleen opwaartse causaliteit of “bottom-up” causaliteit wordt dus aanvaard. Van enige invloed van het geheel op zijn delen kan er bijgevolg geen sprake zijn. Het inzicht groeit echter dat de elementaire wetten alleen niet volstaan om het gedrag van complexe organisatievormen volledig te beschrijven. We hebben o.m. reeds gewezen op het optreden van onbepaaldheden en op de grote “afstand” tussen de hoogste en laagste lagen die het in feite onmogelijk maakt om hoog niveau gedrag uit elementaire wetten af te leiden.

De elementaire wetten in de lagere lagen van de werkelijkheid blijken ontoereikend te zijn om de eigenschappen in de hogere lagen volledig te bepalen. Ze leggen wel beperkingen op maar laten nog een speling waarin nieuwe, emergente eigenschappen kunnen ontstaan. Bovendien lijkt het globaal gedrag van een geheel invloed uit te oefenen op het gedrag van de delen waaruit het opgebouwd is. De delen schakelen zich in of worden ingeschakeld in het geheel dat hun gedrag mede bepaalt en beperkingen eraan oplegt. Onder bepaalde omstandigheden gaan de enkelingen van een groep zich bijvoorbeeld als een geheel gedragen en het groepsgedrag beïnvloedt op zijn beurt het gedrag van de individuen. Dit “neerwaartse effect” blijkt duidelijk bij organisaties zoals ondernemingen en sportverenigingen waar de individuele objectieven ondergeschikt zijn aan de globale doelstellingen. De invloed van de hogere op de lagere lagen wordt neerwaartse oorzakelijkheid, “top-down” causaliteit of “downward causation” genoemd. Indien men neerwaartse oorzakelijkheid aanvaardt neemt men aan dat het gedrag in een bepaalde laag van de werkelijkheid mede bepaald wordt door de bovenliggende lagen [26].

De noodzaak om het emergentiebegrip in te voeren wijst erop dat er iets verloren gaat bij de toepassen van de analytische methode. Wat zou er verloren kunnen gaan bij het analyseren van een geheel en het afzonderlijk beschouwen van de delen? Het opduiken van emergente eigenschappen kan erop wijzen dat de problematiek onvoldoend breed gesteld werd tijdens de benadering. Het is duidelijk dat de ganse context in rekening moeten gebracht worden. Daarbij mag men de hogere lagen die van belang zijn niet uit het oog verliezen. Dit is ook het geval voor het evolutieproces dat bepaalde voorwaarden stelt aan al het bestaande en waardoor het beschouwde geheel beïnvloed werd.

Niet alleen de fysische lagen maar ook de hogere gedrags- en mentale lagen spelen bijvoorbeeld een rol bij het biljartspel. Met de wetten van de mechanica alleen is men niet in staat om dit spel volledig te beschrijven en aan leken uit te leggen. Ofschoon het met behulp van de botsingswetten mogelijk is om de banen van de biljartballen te voorspellen, is deze “taal” niet geschikt om alle aspecten van het spel vast te leggen. Met de wil van de spelers om te winnen weet men bijvoorbeeld in de mechanica geen weg. Winnen en verliezen heeft geen betekenis in het raam van de mechanica. Daar de wetten van de mechanica nog tal van mogelijkheden open laten en het om een wedstrijd gaat dient men de spelregels in rekening te brengen. Deze regels zijn gedeeltelijk afhankelijk van de botsingswetten maar bepalen toch in grote mate zelf het verloop van het spel. De spelregels leggen o.m. eisen op waaraan men moet voldoen om verder te spelen. Om zich in de competitie te handhaven moet men winnen. Dit brengt ons bij eisen waaraan al het bestaande moet voldoen.

Het evolutieproces dat de werkelijkheid doorloopt legt bepaalde functionele eisen op aan de dingen die bestaan. De kaken van een dier voldoen niet alleen aan de wetten van de mechanica en sterkteleer. Ze moeten ook zo zijn dat het dier in staat is om efficiënt voedsel te verwerven en te verwerken. Dit is noodzakelijk voor het overleven van het individu en het voortbestaan van de soort. Deze bijkomende voorwaarde wordt als het ware van boven opgelegd en kan men toeschrijven aan natuurlijke selectie en de “struggle for life”. De diverse vormen van organisatie die in de werkelijkheid voorkomen en de manier waarop ze functioneren kunnen niet los gezien worden van het evolutieproces. De wezens die bestaan werden getekend door de evolutie die ze als soort en individu doorlopen hebben.

De werkelijkheid en de dingen die er deel van uitmaken zijn het resultaat van een langdurig evolutieproces. De dingen die er zijn (“zijnden”) beschikken over eigenschappen die hun bestaan mogelijk maken. Bovendien hebben ze de toetssteen van de evolutie weerstaan. Ze bezitten dus ook eigenschappen die hun voortbestaan kunnen verzekeren [27]. Het al dan niet zijn van de dingen wordt bepaald door het evolutieproces. De evolutie heeft eveneens een impact op hun eigenschappen en gedrag. Het verloop van het evolutieproces zegt bijgevolg iets over het wezen der werkelijkheid [28]. We gaan er van uit dat de oriëntatie van dit evolutieproces en de organiserende invloed die het op de werkelijkheid heeft, zich niet (volledig) aan de rationaliteit onttrekt en aan algemene principes voldoet. Bovendien nemen we aan dat deze principes uit bepaalde voorwaarden, eisen of voorkeuren van de natuur kunnen afgeleid worden.

13. Eisen van de totaliteit.

Het vooropstellen van neerwaartse oorzakelijkheid is gebaseerd op de vaststelling dat om afdoende te kunnen functioneren en te blijven voortbestaan, de delen van een geheel op een bepaalde manier met elkaar moeten samenwerken. Door een of ander “mechanisme” zijn de delen en hun gedrag op het functioneren van het geheel afgestemd. De functies van het geheel bepalen dan als het ware de eigenschappen van de delen en de structuur waarin ze opgenomen zijn. De voorwaarden die gelden om het geheel afdoende te laten functioneren en een zekere tijd in stand te houden hebben invloed op de werking van de delen en hun interacties. We kunnen dit ook stellen voor de totaliteit, het geheel van de werkelijkheid. De evolutie van de totaliteit legt bepaalde eisen op aan de gehelen die er deel van uitmaken. Gehelen die niet aan deze “eisen van de totaliteit” beantwoorden zijn geen lang leven beschoren. Naast elementaire wetten spelen bijgevolg een aantal algemene principes een rol die een selecterend, oriënterend en organiserende effect hebben. Zij volgen uit in feite uit de bestendigings- of perpetuatievoorwaarde die het globale kader stelt. Al het bestaande dient eigenschappen te hebben die zijn bestaan mogelijk maken en zijn voortbestaan kunnen verzekeren.

Zoals we reeds opgemerkt hebben laten de elementaire wetten van de fysica nog ruimte voor emergent gedrag en voor de creatieve ontplooiing van de werkelijkheid. Deze ruimte wordt ingeperkt door de voorwaarden die het globale kader als het ware van boven oplegt. De eisen van de totaliteit beperken de diversiteit die de elementaire wetten mogelijk maken. Ontwikkelingen die niet aan de gestelde criteria voldoen hebben geen blijvend karakter. Dit globale kader houdt dus ook “preferenties” in en legt een oriëntatie op aan het evolutieproces. Zeker op aarde kan men de ontwikkeling van steeds grootschaliger en complexer wordende structuren met een stijgende organisatiegraad niet negeren. Denk hierbij o.m. aan de ontwikkeling van het leven tijdens het evolutieproces. Ook de globalisatie van de economie en de toenemende verwevenheid van de moderne wereld wijzen op deze structurerende tendens. Dit organisatieproces gaat gepaard met mislukkingen maar begint steeds opnieuw. Het leven organiseert zich op alle mogelijke manieren en zoekt de meest efficiënte wegen om zich te handhaven. Hoewel al de mogelijkheden afgetast worden en toeval een grote rol speelt blijken er toch “beddingen in het landschap van mogelijkheden” te bestaan die de ontwikkelingen in een bepaalde richting sturen. Men kan vaststellen dat bepaald gedrag afgestraft wordt en dat bepaalde mogelijkheden meer succesvol blijken dan andere. Alleen voldoende stabiele, robuuste en efficiënte structuren kunnen zich in stand houden.

Het is duidelijk dat om te blijven bestaan organisatievormen eigenschappen dienen te hebben en over middelen moeten kunnen beschikken die hun voortbestaan verzekeren. In een competitieve en onzekere omgeving met beperkte hulpbronnen kunnen alleen voldoende stabiele en robuuste vormen van organisatie overleven. Deze organisatievormen zijn in staat om hun structuur te verdedigen tegen allerhande versturende en vijandige invloeden en blijven functioneren in moeilijke omstandigheden. Na het verdwijnen van een “storing” keren ze spontaan naar hun oorspronkelijke toestand terug. Daar ze bovendien de beschikbare middelen doelmatig kunnen inzetten zijn ze o.a. in staat om reserves op te bouwen en periodes van schaarste te overbruggen. De voorwaarden van stabiliteit en robuustheid kunnen vertaald worden in minima- en efficiëntie-eisen. Deze “economische” eisen vindt men als principes in diverse vormen en verschillende takken van de wetenschap terug. Omwille van hun algemeen karakter kan men dan ook stellen dat het eigenlijk om bestendigingsvoorwaarden of om overlevingsdoelstellingen gaat die de totaliteit “van boven af” aan al het bestaande oplegt. Ook normen en waarden kunnen als een vorm van neerwaartse oorzakelijkheid beschouwd worden.

Uit het voorgaande volgt dat de elementaire wetten niet volstaan om “echte” emergentie te verklaren en dat de emergente eigenschappen mede bepaald worden door “eisen van de totaliteit”. Men kan deze visie afwijzen en stellen dat neerwaartse oorzakelijkheid in feite ook het gevolg is van elementaire wetten. Indien het mogelijk was het gehele kader met de volledige context in rekening te brengen men geen beroep meer moeten doen op “top-down” causaliteit en zou “bottom-up” causaliteit volstaan. Wie het bestaan van een reductionistisch onverklaarbare emergentie principieel afwijst zal echter in de praktijk toch verplicht zijn om het begrip aan te nemen. Zoals reeds opgemerkt werd is de werkelijkheid zo complex dat het in feite onmogelijk is om hoog niveau gedrag uit elementaire wetten af te leiden. Bovendien moet men om het functioneren van complexe systemen begrijpbaar te maken een beroep doen op hun functie en doelstellingen. Een verklaring maakt immers de bedoeling van een systeem nog niet duidelijk [29]. De werking van een uurwerk kan men bijvoorbeeld verklaren door de interactie tussen de “onrust”, radertjes, wijzers,... uit te leggen. Een uurwerk wordt pas echt begrijpbaar indien men ook de bedoeling, het aanwijzen van de tijd, ter sprake brengt. Het is dan ook niet verwonderlijk dat men om de wereld te begrijpen voortdurend een beroep doet op de functie van de organisatievormen in het geheel en op het doel van hun gedrag [30].

Het geschetste beeld van de werkelijkheid dient nog aangevuld te worden met een aantal beperkingen die het algemeen kader stelt. Er gelden een aantal algemene spelregels in de natuur die in behoudswetten of invariantieprincipes vastgelegd zijn en met symmetrieën overeenstemmen. Zoals reeds uitgelegd werd zijn symmetrieën merkwaardige relaties die ongewijzigd blijven bij bepaalde veranderingen of transformaties. Deze symmetrieën leggen in feite beperkingen op aan het ganse gebeuren en gelden in elk van de lagen van de werkelijkheid. Een mooi voorbeeld hiervan zijn de wetten van behoud van massa en energie die materiële beperkingen van mogelijkheden in de natuur weergeven. Ook schaalinvariantie legt voorwaarden op aan de vorm die de natuurwetten kunnen aannemen.

In de vorige paragrafen hebben we in feite getracht om een ruimte af te bakenen waarin de emergente eigenschappen moeten gesitueerd zijn. We namen daarbij aan dat emergent gedrag ook (enigszins) in een rationeel kader kan ingepast worden. De eigenschappen in een bepaalde laag van de werkelijkheid kunnen afgeleid worden vanuit drie, elkaar aanvullende invalshoeken. Het gedrag van een complex systeem moet voldoen aan elementaire wetten, minima- en efficiëntie-eisen en invariantieprincipes. *Dit wordt in figuur 1 verduidelijkt.* Voor het domein van de mechanica leiden deze drie invalshoeken tot dezelfde resultaten.

Samenvattend kunnen we stellen dat de werkelijkheid kan beschouwd worden als een gelaagde structuur met emergente eigenschappen. De hogere lagen ontwikkelen een zekere onafhankelijkheid t.o.v. de lagere lagen. Het gedrag in een bepaalde laag wordt bepaald door opwaartse causaliteit, neerwaartse causaliteit en symmetrievoorwaarden. Naarmate men echter hoger opklimt ontstaat in dit model meer ruimte voor vrijheid en creativiteit. In een beperkt kader vereist het nieuwe echter dikwijls het verdwijnen van het oude. Opbouw en afbraak, behoud en verandering zijn eigen aan de werkelijkheid. Ze leiden tot het zowel vreugdevol als pijnlijk proces van leven en dood.

14. Het efficiëntie criterium.

Het leven organiseert zich op alle mogelijke manieren en zoekt de meest efficiënte wegen om zich te handhaven. Hoewel alle mogelijkheden afgetast worden, worden de ontwikkelingen toch in een bepaalde richting gestuurd. Alleen de meest efficiënte organisatiestructuren kunnen zich immers handhaven in de strijd voor het voortbestaan. Efficiëntie heeft te maken met het doelmatig inzetten van middelen en het zoeken van een optimale positie in de omgeving. Er blijkt een efficiëntie criterium te gelden dat de ontwikkelingen in opwaartse richting stuurt. Met de lagere harde lagen als voedingsbodem ontstaan steeds nieuwe hogere zachte lagen. Dit constructief proces gaat gepaard met een stabilisatie, een verharding van de laagstliggende zachte lagen. Alleen de structuren met de meest robuuste verbanden weerstaan immers aan “de tand des tijds”. Voldoende gestabiliseerde onderlagen zijn vereist om een ongestoorde ontwikkeling van de hogere lagen mogelijk te maken [31]. Het constructief proces dat tot een toenemende organisatorische complexiteit leidt, kan in verband gebracht worden een preferentie in de natuur.

Het globale kader met zijn eis tot efficiënte organisatie heeft een voorkeur voor structuren met een toenemende organisatiegraad. Inderdaad, het verschijnen van nieuwe lagen met emergente eigenschappen biedt de complexere wordende organisatiestructuren competitieve voordelen. Door een steeds vindingrijker wordend gedrag slagen de organisatiestructuren erin hun kans op overleven te vergroten, zelfs in de meest barre omstandigheden. Organisatiestructuren die niet aan het efficiëntie criterium voldoen overleven niet als individu of als soort. Het efficiëntie criterium zorgt er dus schijnbaar voor dat de organisatiestructuren in een bepaalde richting evolueren waardoor ze beter bestand zijn tegen allerhande bedreigingen. Indien organisatiestructuren teveel van de lijn afwijken worden ze gepenaliseerd en hebben ze zelfs geen toekomst meer. De overlevingsvoorwaarde en de efficiëntie-eis die eruit volgt leggen bijgevolg een oriëntatie op aan de ontwikkelingen. De trend naar een toenemende complexiteit, waardoor hogere lagen ontstaan en emergente eigenschappen opduiken is hiervan een duidelijk voorbeeld. Emergentie kan dus gezien worden als de manifestatie van een preferentie die door het globale kader opgelegd wordt.

De complexe organisatiestructuren die kenmerkend zijn voor het leven krijgen steeds meer aandacht. Dergelijke systemen blijken zich ver van het natuurlijk evenwicht te bevinden en hiërarchisch opgebouwd te zijn. In de synergetica, de leer van de complexe systemen, wordt hun gedrag en evolutie bestudeerd. Ilya Prigogine zoekt de verklaring voor het ontstaan van orde uit wanorde en het lokaal verminderen van de entropie dat ermee samengaat in het dissipatief karakter van deze systemen. Dissipatieve structuren nemen continu hoogwaardige energie op uit hun omgeving en staan ook voortdurend energie in een gedegenereerde vorm af aan de buitenwereld. Onder bepaalde voorwaarden komen er bij dissipatieve processen patronen in ruimte en tijd te voorschijn. Het ontstaan van deze dissipatieve structuren wordt aan “zelforganisatie” toegeschreven. Er verschijnen immers op spontane wijze structuren zonder dat er van een uitwendige beïnvloeding of sturing

sprake is [32]. Dit verschijnsel kan bijvoorbeeld optreden indien er zich autokatalytische scheikundige processen voordoen die tot een reactielus leiden. Complexe organisatiestructuren vertonen bovendien een niet-lineair gedrag. Dergelijk gedrag wordt in sommige omstandigheden gekenmerkt door onvoorspelbare ontwikkelingen die zeer gevoelig zijn voor toestandsveranderingen. Men heeft het dan over chaotisch gedrag en stelt dat het leven zich op de rand van de chaos bevindt. De evolutie van het leven kan gezien worden als het laag per laag opbouwen van de steeds complexer wordende organisatiestructuren. De onderliggende niveaus vormen de basis voor de ontwikkeling van de hogere lagen van de werkelijkheid.

De fysische structuren van de werkelijkheid zijn de dragers van processen die voor de transformatie, opslag en uitwisseling van materie, energie en informatie instaan. Deze processen worden bepaald door de eigenschappen van de fysische structuren maar beïnvloeden op hun beurt de verdere ontwikkeling van deze structuren. In de natuur blijken constructieve, conservatieve en destructieve “krachten” aan het werk te zijn. Ze leiden tot het ontstaan, het voortbestaan en de afbraak van complexe organisatiestructuren en zijn dan ook verantwoordelijk voor de levenscycli die hun evolutie kenmerken. Globaal gezien kan men een evolutie naar organisatiestructuren met een toenemende verwevenheid en hoger niveau van complexiteit vaststellen. Zoals reeds gesteld werd ontstaan er daarbij complexe structuren, dissipatieve structuren genoemd, die zich ver van hun “natuurlijk” evenwicht bevinden. Ze blijven in een stationair evenwicht dankzij de voortdurende opname en afgifte van materie, energie en informatie. Zowel bij het doorgroeien naar een grotere organisatiegraad als het bestendigen van dergelijke structuren spelen in feite feedback-mechanismen een grote rol. Het ontstaan van patronen in ruimte en tijd, zelforganisatie genoemd, kan aan positieve terugkoppeling toegeschreven worden. Autokatalyse is immers een vorm van positieve terugkoppeling. Dit mechanisme vormt eveneens de aanzet tot de ontwikkeling van complexere organisatievormen. Door negatieve terugkoppeling kunnen structuren zich tegen storende invloeden verdedigen en hun voortbestaan verzekeren.

In elk van de lagen van de werkelijkheid ziet men organisatiestructuren ontstaan en vergaan. Er groeien verbanden die later verbroken worden. Voor een verklaring van het ontstaan en bestendigen van organisatiestructuren werd reeds verwezen naar het terugkoppelingsmechanisme uit de regeltechniek of cybernetica. Men kan daarnaast eveneens een uitleg zoeken in de minimaprincipes. De natuur schijnt economisch om te gaan met energie. Dit beginsel werd het eerst geformuleerd door de Maupertuis als wet van de kleinste actie. Het kreeg later een meer wetenschappelijke basis in het werk van Euler, Lagrange en Hamilton. De organisatiestructuren die zich kunnen bestendigen blijken zich “zuinig” te gedragen en bestand te zijn tegen verstoringen. De materie organiseert zich op een optimale wijze vanuit energetisch oogpunt gezien. Bovendien bestaan er energiebarrières die de organisatiestructuren binnen zekere grenzen beschermen tegen storende invloeden. Na het wegvallen van de storing keren ze spontaan terug naar hun stabiele (of stationaire) uitgangstoestand terug. Dit terugkoppelingseffect zorgt ook voor de noodzakelijke robuustheid.

In de materiële lagen van de werkelijkheid gelden de wetten van Newton. Uit deze wetten kan men afleiden dat mechanische systemen in evenwicht zijn indien hun potentiële energie een minimum bereikt. In deze toestand bestaat er geen potentie en neiging tot verandering meer. Bovendien is dit evenwicht stabiel zodat de uitwendige verstoringen tegengewerkt worden. Een bal rolt bijvoorbeeld steeds spontaan een helling af en komt tot uiteindelijk tot rust in het laagste punt waar de potentiële energie minimaal is. Bij een afwijking t.o.v. de evenwichtspositie ontstaat een kracht die de bal naar het laagste punt wil terugvoeren. De aantrekkende massakrachten en afstotende middelpuntvliedende krachten tussen de zon en haar planeten houden elkaar bijvoorbeeld zo in evenwicht zodat er geen gevaar voor het ineensstorten of uiteenvallen van het zonnestelsel bestaat. Men kan dus stellen dat de materie zich zo organiseert dat de potentiële energie (of vrije energie) een minimum bereikt. Dit is niet noodzakelijk een absoluut minimum. Dissipatieve structuren kunnen stabiel blijven ver van hun natuurlijk evenwicht. Deze toestand wordt beschermd door de energiebarrières die als borstweringen van plateaus in het “energielandschap” fungeren. Ze beletten het afglijden van de organisatiestructuren naar een lager niveau van potentiële energie en van organisatiegraad. Zoals reserves beschermen ze de organisatiestructuren tegen slechte tijden.

15. Evolutie en toeval.

Al het bestaande is het resultaat van een lang evolutieproces dat met de “Big Bang” op gang kwam. Door een voortdurende organisatie en reorganisatie van de materie ontstond een grote diversiteit aan structuren met uiteenlopende gedragspatronen. De meest fascinerende veranderingsprocessen deden zich voor in de biosfeer, de dunne laag rond de aarde waarin het leven zich in al zijn vormen ontplooit. Schijnbaar tegen de entropiewet in ontwikkelden en ontwikkelen zich zeer diverse organismen, levende wezens en organisaties. Deze organisatiestructuren zijn in voortdurende competitie en volgen de meest vernuftige strategieën om te overleven, zich te verspreiden en hun voortbestaan als soort te garanderen. De evolutie van het leven op aarde wordt door

veel wetenschapsmensen gezien als het resultaat van een reeks van toevalligheden en een selectieproces waardoor de fitste, de meest competitieve en aan hun omgeving aangepaste soorten, de strijd voor het bestaan overleven. De exacte wetenschap wijst een doelgerichte evolutie, in de zin van (externe) teleologie en finaliteit, met klem af. Wat er is moest er niet noodzakelijk komen en er bestaat geen plan en geen bedoeling. Hoewel toevalsprocessen ongetwijfeld een grote rol spelen in de evolutie kan men de vraag stellen of de rol van het “blinde” toeval in de evolutie niet overbelicht wordt en of toeval op zichzelf wel een voldoende verklaring is?

Charles Darwin zag de evolutie van het leven als een opeenvolging van kleine veranderingen die tot het ontstaan van nieuwe soorten leiden. Het proces wordt op gang gebracht door toevallige variaties. Dit zijn betrekkelijk kleine veranderingen tengevolge van genetische mutaties, die tot een zekere spreiding van eigenschappen leiden. Er ontstaan overeenkomstige, maar niet volledig identieke soorten die dezelfde voorouders hebben. Door deze spontane variaties worden de mogelijkheden die de natuur biedt afgetast. In de strijd op leven en dood (“struggle for life”) overleven echter alleen de best aangepaste wezens (“survival of the fittest”). Levende wezens met ongunstige eigenschappen slagen er niet in om zich voort te planten en sterven uit. Deze “natuurlijke selectie” werkt als een filter en leidt tot het ontstaan van nieuwe soorten en van hogere levensvormen. Merk daarbij op dat Darwin andere mechanismen van aanpassing niet uitsloot.

De evolutietheorie van Darwin lokt nog steeds veel controverse uit, zeker in de Verenigde Staten. Ook in de wetenschappelijke wereld is niet iedereen volledig overtuigd van alle elementen van deze theorie. Michael J. Behe wijst er bijvoorbeeld op dat de “kleine” en vrij geloofwaardige veranderingen waarin het evolutieproces volgens Darwin kan opgesplitst worden, biochemisch gezien nog zeer grote en complexe sprongen zijn. Hij stelt bovendien dat organismen “onherleidbaar complexe systemen” zijn. Dergelijke systemen zijn samengesteld uit diverse goed bij elkaar passende en samenwerkende delen die bijdragen aan de basisfunctie, en waarbij de verwijdering van een van de onderdelen leidt tot het falen van het systeem [33]. Daar de natuurlijke selectie alleen actieve (functionerende) systemen kan kiezen, zal een biologisch systeem in een grote klap als een geïntegreerde eenheid moeten worden geproduceerd!

In de natuur kan niet alles. Het resultaat van toevallige processen is niet noodzakelijk stabiel of gunstig. Het hoeft geen betoog dat toeval bij chemische reacties een belangrijke rol speelt. Toeval brengt de verschillende scheikundige elementen met elkaar in contact maar verklaart nog niet waarom ze met elkaar reageren en in een stabiele structuur samenblijven. Daartoe dienen de betrokken elementen een zekere affiniteit, een geneigdheid tot het vormen van verbindingen te vertonen. Toevallige mutaties hebben ook in veel gevallen een ongunstig effect. Toeval speelt ongetwijfeld mee bij het tot stand komen van mogelijke antwoorden op de bedreigingen van het milieu [34]. Maar toeval alleen legt niet nog uit waarom sommige mutaties gunstig zijn en andere een dodelijk gevolg hebben

Hoe dan ook, het eliminerend effect van de natuurlijke selectie kan niet betwijfeld worden [35]. Raymond Ruyer stelt dat iedere mens die sterft zonder nakomelingen geen vertegenwoordigers zal hebben in de mensheid van de toekomst. Dit geldt eveneens voor alle groepen van mensen, rassen, volkeren, klassen, ... die hun reproductie niet verzekeren. Ook culturen ontsnappen niet aan de “negatieve” natuurlijke selectie. Beschavingen die levensmoe zijn verdwijnen onherroepelijk. Alle levende wezens hebben een instinctieve drang tot overleven en dragen door hun voortplanting bij tot het voortbestaan van de groep waartoe ze behoren. Het rijke Westen dat demografisch zelfmoord pleegt is dit blijktbaar uit het oog verloren.

Door veel neo-Darwinisten wordt het toevallig en onvoorspelbaar karakter van het evolutieproces sterk benadrukt. De evolutie wordt dan gezien als een opeenstapeling van telkens toevalligheden (“mere chance hypothesis”). Ook het ontstaan van het leven wordt aan toeval toegeschreven. Teveel beroep doen op toeval leidt echter tot een ongeloofwaardige verhaal. Als het leven louter toevallig is, dan is het ontstaan van het leven niet waarschijnlijk. Hoe groter de toevalligheid, hoe kleiner de waarschijnlijkheid. De toevalshypothese toont op dit punt een grote overeenkomst met de vooronderstellingen van het creationisme: de totaal onverwachte en essentieel onverklaarbare overgang van het prebiotische naar het biotische niveau en de radicale scheiding tussen de fysica en de biologie die eruit kan afgeleid worden. Is het ontstaan van het leven aan louter toeval toe te schrijven of is het daarentegen op basis van de bestaande natuurwetten essentieel voorzienbaar? Gaapt er een onoverbrugbare kloof tussen de anorganische en organische natuur of bestaat er toch geen radicaal onderscheid tussen de domeinen van de fysica en de biologie? Kan men een project in de evolutie onderkennen? [36]

Dat er feitelijke levende organismen zijn die zowel in hun structuur als hun functioneren blijf geven van een project kan o.i. niet zinvol worden betwist. In feite geeft Jacques Monod, een verdediger van de toevalshypothese dit toe. Volgens hem getuigt het levende wezen onmiskenbaar van een “teleonomische structuur”. Een levend wezen kan zowel in zijn structuur als in zijn functioneren niet begrepen worden los van

een teleonomisch project. Er is duidelijk sprake van een zekere vorm van doelmatigheid. Zo is het project dat ons toelaat de werking van het oog te begrijpen essentieel hetzelfde als de klaarblijkelijke doelmatigheid van een camera. In beide gevallen gaat het om beeldvorming. Het project dat een camera begrijpelijk maakt is door zijn ontwerpers “van buiten uit opgelegd”. Het “project” dat ons toelaat het oog in zijn structuur en in zijn werking te begrijpen kunnen wij natuurlijk niet zien als “van buiten opgelegd”. Dit neemt echter niet weg dat het project zelf wezenlijk hetzelfde is.

Teleonomie is dus volgens Monod een noodzakelijke voorwaarde om over een levend wezen te kunnen spreken. Op dit niveau is Monod bijgevolg duidelijk niet anti-teleologisch! Hij vermijdt echter het woord “teleologie” omwille van de kwalijke connotaties die dit woord in wetenschappelijke kringen heeft. Naast teleonomie zijn volgens hem “autonome morfogenese” en “invariante reproductie” noodzakelijk om het over een levend wezen te kunnen hebben. Een levend wezen bevat zijn bouwplan in zichzelf en geeft zijn eigenschappen bij de voortplanting gewoonlijk onveranderd door. Niet de evolutie maar de niet-evolutie is volgens Monod de regel, hoe verwonderlijk dit ook moge klinken. Monod stelt dat deze drie (noodzakelijke) eigenschappen samen voldoende zijn om van leven te kunnen spreken en dus de definiërende kenmerken van het leven vormen.

De vraag is nu: hoe kan het tot stand komen van het leven met zijn drie onmiskenbare karakteristieken verklaard worden? Het is evident dat Monod “doelgerichtheid” als verklaring van het tot stand komen van organismen die een duidelijk teleonomisch project vertonen afwijst. Dit doet hij op grond van het principe van de objectiviteit. Volgens Monod is dit een postulaat dat niet bewijsbaar is. Waarin bestaat het postulaat van de objectiviteit? Het gaat om het systematisch afwijzen van elke verklarende uitleg die in termen van doelloorzaken (“causa finalis”) geformuleerd wordt [37].

Zoals in heel de moderne wetenschap, vanaf Descartes en Spinoza, keert ook Monod zich tegen het beroep op doelloorzaken *als verklaring*. Als ik bijvoorbeeld naar Rome ga, en wil verklaren hoe ik in Rome kwam, lost het weinig op te zeggen dat ik bedoelde naar Rome te gaan. Een verklaring moet gegeven worden in termen van antecedente factoren, niet in de taal van de doelloorzaken. Ik ben in Rome terecht gekomen omdat ik bepaalde stappen gezet heb in een bepaalde richting, omdat een vliegtuig zich met een zekere snelheid bewogen heeft in zuid-oostelijke richting,...

Hebben wij echter begrepen in alle mogelijke betekenissen van het woord hoe wij uiteindelijk in Rome terecht gekomen zijn, indien wij elke doelgerichtheid uitschakelen? Geenszins. “Er is geen goede wind voor een schip dat zijn bestemming niet kent” zegt een Romeins spreekwoord (Seneca). Ook Kant heeft dit ingezien. Hoewel hij als verklaring alleen deterministische natuurprocessen aanvaardt, kan - en wil - hij er toch niet buiten toe te geven dat wij, alles bij elkaar, een levend wezen alleen begrijpen vanuit het concept doelgerichtheid. Deze stelling ontwikkelde Kant in zijn “Kritik der Urteilkraft”. Levende wezens kunnen wij uiteindelijk niet *begrijpen* zonder inzicht in hun doelmatige structuur en functie. Maar deze evidente teleologie is geen *verklaring*.

Iemand die wil verklaren hoe doelgerichte structuren zoals levende wezens tot stand komen en daarbij de theoretische vooronderstellingen van Monod aanneemt - dus op postulatorische gronden alle doelgerichtheid afwijst - rest geen andere oplossing dan een uitsluitend en exhaustief beroep te doen op “toeval”. Gezien niet-evolutie de regel is, kan evolutie niet anders zijn dan het resultaat van “toevallige” en uiteraard niet voorzienbare en niet gerichte afwijkingen. Vanuit deze vooronderstellingen is het tot stand komen van leven totaal onvoorzienbaar en hoogst onwaarschijnlijk. Het is een lekenmirakel (“lay miracle”) dat hoe onwaarschijnlijk ook toch gebeurd is: een onverklaarbaar geluk! Het is vergelijkbaar met het winnen van het grote lot in de loterij, niet eenmaal maar miljoenen malen, en dit dan nog in een loterij die zelf “toevallig” tot stand gekomen is. In zo een visie is er *geen continuïteit* tussen de anorganische natuur en het leven. Zo een mirakel onttrekt zich aan een wetenschappelijke benadering. Het is bij definitie eenmalig, en de wetenschap bestudeert wetmatigheden die uiteraard universeel zijn. Het strekt Monod tot eer dat hij niet teruggeschrokken is voor het uiterste gebrek aan plausibiliteit van zijn verklaring. De evidente teleonomie van de levend wezen is volgens hem het resultaat van een radicaal niet-teleologisch proces. Als (klassieke) wetenschapper die de hypothese van een ingrijp-god afwijst ziet hij geen enkel ander alternatief.

Zou het waar kunnen zijn dat er geen enkele andere mogelijkheid is tenzij terug te vallen op het oude creationisme? Er zijn zowel vanuit wetenschappelijk als vanuit theologisch oogpunt redenen om te beweren dat er zich een alternatief onder onze ogen aan het vormen is. Misschien is het nog niet in alle details uitgewerkt, maar een nieuw paradigma is onmiskenbaar in de maak. Het geniet o.i. over een grote plausibiliteit en houdt terdege rekening met de traditionele opwerpingen tegen teleologische verklaringen. Zoals Frans Soontjens betoogd heeft in zijn boek “Natuurfilosofie en milieu-ethiek” is de weerstand tegen teleologie in feite het gevolg

van de vereenzelviging van teleologie met “externe teleologie” waarin het (goddelijk) doelbewustzijn een noodzakelijke voorwaarde is [38]. Dat de woorden teleologie en theologie zo sterk op elkaar gelijken heeft velen parten gespeeld!

Wij pleiten wél voor een waarschijnlijkheid van het leven. Dit wil zeggen dat *gegeven de wetmatigheden van de natuur en gegeven de gunstige omstandigheden op aarde* het ontstaan van het leven essentieel voorzienbaar is [39]. Het kan dan niet gezien worden als het resultaat van een ingreep van buiten uit (de creationistische hypothese) en evenmin als een lekenmirakel (de hypothese dat het leven niet beantwoordt aan welke wetmatigheden dan ook, en *dus* het resultaat is van *louter* toeval) [40]. Indien men echter aanvaardt dat het leven wel aan zekere fysische wetmatigheden beantwoordt, en dus essentieel voorzienbaar is op een planeet als de onze, dan is een zekere vorm van wetmatige overgang tussen het levenloze en het leven en een zekere vorm van teleologie niet uit te sluiten [41]. Zoals Frans Soontjens pleiten wij dus voor wat zou kunnen heten “interne teleologie”, een streven dat in de natuur van de dingen zelf zit ingebakken. Bovendien steunen we ook de “continuïteitshypothese” van Iris Fry: de aanname dat er geen onoverbrugbare kloof is tussen anorganische stof en levende systemen, en dat onder de gepaste fysische voorwaarden de emergentie van leven zeer waarschijnlijk en niet “onnatuurlijk” is [42]. Het standpunt van Christian de Duve ligt wezenlijk in dezelfde lijn. Ook voor hem is het leven, gegeven de natuurwetten en gezien de heersende omstandigheden, in grote mate waarschijnlijk, zij het dat de concrete vormen die het aanneemt uiteraard volslagen contingent zijn [43].

Wat zou doelgerichtheid dan wel kunnen betekenen? Interne doelgerichtheid kan beschouwd worden als het “macroscopisch effect”, de resultante van fysische wetmatigheden. Wij zien duidelijk dat het evolutieproces als geheel beschouwd een “oriëntatie” vertoont. De werkelijkheid toont zich aan ons als een gelaagde structuur die laag na laag opgebouwd werd. Elke vorige laag is een noodzakelijke voorwaarde voor de volgende laag maar verklaart deze “hogere” laag niet ten volle. Vandaar dat onze visie ook niet-reductionistisch is. Het hogere is niet vanuit het lagere exhaustief te verklaren. Het tegendeel is enigszins het geval. Het feitelijk ontwikkelde geheel werpt licht op de op de feitelijke oriëntatie van de evolutie. Eenmaal het doel bereikt is en we kijken terug, dan kan het gehele verloop - dat uiteraard aan de wetmatigheden beantwoordt - het best begrepen worden vanuit het gerealiseerde doel. Indien we ons plaatsen op het standpunt van het begin, dan is het ontstaan en de ontwikkeling van het leven in zijn grote trekken wellicht *niet onwaarschijnlijk*, maar in zijn concrete ontwikkeling toch *essentieel onvoorspelbaar*. Vanuit het standpunt van de voltooide evolutie kunnen we misschien zeggen: “het leven op onze planeet is zo geëvolueerd *alsof* het zich toespitste op de mens”. In dit woord “alsof” ligt de aporie van ons weten verrat, maar in die zin wordt toch ook de feitelijke gerichtheid van de evolutie naar de mens toe uitgedrukt [44].

In een niet-reductionistisch hiërarchisch model van de werkelijkheid volstaan de elementaire wetten van een lagere laag (bijvoorbeeld die van de kwantummechanica) niet om wat gebeurt op een hoger niveau volledig te verklaren. Er zijn dus bijkomende verklaringselementen nodig. Zoals in het vorig hoofdstuk betoogd werd zou een van die bijkomende elementen een efficiëntie criterium kunnen zijn. Efficiëntie is immers een eis zonder dewelke voortbestaan niet mogelijk is. Al wat zich ontwikkelt en eventueel “hogere op streeft” dient dus minstens aan dat algemeen efficiëntie criterium te voldoen. Dit criterium is om zo te zeggen een veralgemening van wat bij Darwin de natuurlijke selectie genoemd wordt. Zoals bij Darwin “the survival of the fittest” juist toelaat om te begrijpen waarom bepaalde organismen de strijd om het bestaan overleefd hebben en andere niet, laat het efficiëntie criterium in zekere zin toe om te begrijpen welke organisatiestructuren het meest overlevingskansen hebben, en dus mede de nodige voorwaarden tot stand brengen voor verdere stappen van het evolutieproces. Het beschouwen van het evolutieproces *als geheel* werpt dus onmiskenbaar licht op de eisen waaraan op elk niveau moet beantwoordt worden om het evolutionair proces feitelijk mogelijk te maken. In dit verband spreekt men ook wel van “downward causation” of neerwaartse oorzakelijkheid.

Neem nu opnieuw het “eenvoudig” voorbeeld van de kaken van een dier. Die moeten niet alleen voldoen aan de wetten van de mechanica en sterkteleer, maar zij moeten het dier ook in staat stellen om op een efficiënte wijze voedsel te verwerven en te verwerken. Zonder dit criterium van efficiëntie is de overleving van de soort - en de verdere evolutie - niet gegarandeerd. Het hogere niveau kleurt dus af op de delen, in die zin dat het helpt om vanuit een meer globaal standpunt te verstaan wat zich afspeelt bij het tot stand komen van de feitelijke adaptaties. In het weerhouden van aanpassingsmechanismen die feitelijke overlevingskansen waarborgen speelt een meta-regel. Is dit niet aan andere manier van spreken om de gevreesde finale oorzaken te vervangen?

Zich afvragen wat een element betekent in een groter geheel, “wat zijn functie is”, is niet los te maken van de rol, taak en opdracht die dit element in het geheel vervult. “Taak” en “opdracht” zijn duidelijk teleologisch gekleurde begrippen, en daarom wekken ze weerstand op. Maar ook hier is een meta-regel aan het werk: functie veronderstelt impliciet efficiëntie en de aangepastheid en afstemming die daartoe noodzakelijk zijn. Dit is dan

weer niet los te maken van een “zicht” op het geheel. Misschien is dit alles nog niet scherp genoeg verwoord, maar het toont minstens een richting die tot een dieper begripen voert, zelfs indien het feitelijk verloop van de aanpassingsmechanismen niet vanuit het ruimere zicht op het geheel te verklaren is. Er moet dus een onderscheid gemaakt worden *verklaren* en *begrijpen*, zoals ook Kant dit stelt.

16. *Groeiende complexiteit.*

We hebben er reeds op gewezen dat de totaliteit preferenties vertoont en een oriëntatie oplegt aan het ganse gebeuren. In de werkelijkheid blijken economische regels te spelen en geldt een efficiëntie criterium. Het evolutieproces tast de mogelijkheden die de natuur biedt af en het efficiëntie criterium stuwt de werkelijkheid in een “opwaartse” richting. De materie organiseert zich tot structuren met een toenemende verwevenheid en groeiende complexiteit die door hun doelmatig gedrag in staat zijn om zich te handhaven. Tijdens de evolutie zijn de organisatiestructuren doorgegroeiend naar de hogere lagen van de werkelijkheid. De structurende “krachten” die zonder enige twijfel in de werkelijkheid aanwezig zijn, manifesteren zich in uiteenlopende vormen en op verschillende niveaus. De interacties tussen de elementen van de diverse vormen van organisatie blijken in bepaalde omstandigheden samen te werken om steeds complexer wordende structuren op te bouwen die in staat zijn om hun voortbestaan te verdedigen. Dit is onmogelijk zonder dat de “krachten” die hierbij een constructieve rol spelen een zekere coherentie en afstemming vertonen. Dit wijst op een organiserend algemeen principe dat met preferenties in de natuur in verband kan gebracht worden en zelfs sterk aan een zekere vorm van doelgerichtheid doet denken.

Het is duidelijk dat in de werkelijkheid niet alles kan en dat er naast de natuurwetten bepaalde voorkeuren bestaan die de keuze tussen de mogelijke oplossingen bepalen. Ook zijn de wetten niet willekeurig van aard en moeten ze aan een aantal principes beantwoorden die o.m. het constructieve aspect van de werkelijkheid toelaten. Bij de studie van de sterkte van mechanische structuren onderkent men bijvoorbeeld continuïteits- en minimaprincipes. Hier wordt in bijlage A verder op ingegaan. We betwijfelen of we zonder de aanname van enig oriënterend of zelfs leidend principe in staat zullen zijn om de structuur en coherentie die de werkelijkheid in ruimte en tijd vertoont volledig te verklaren. Men dient een beroep te doen op de eisen die de totaliteit oplegt aan de organisatiestructuren die er deel van uitmaken.

Structuur en coherentie gaat niet samen met totale willekeur. Zuiver toeval alleen kan het ontstaan van structuur niet verklaren. Een kansspel bijvoorbeeld combineert toeval met regels die het spel boeiend maken en o.m. bepalen wie wint en wie verliest. De winstcriteria zijn zo gekozen dat er een aanvaardbare kans op winst ontstaat die de spelers tot spelen aanzet. Een constructief gebeuren vereist minstens enige neiging tot samengaan bij de betrokken bouwelementen. De organiserende ontwikkelingen mogen bovendien niet door desorganiserende veranderingen teniet gedaan worden zoals bij een zuiver toevalsproces het geval is. Dit is slechts mogelijk indien er een oriëntatie, een gerichtheid of zelfs een project speelt waardoor de constructieve tendens de overhand haalt. Toeval kan slechts productief zijn als er een aanleg en preferentie bestaat. Een toevallige ontmoeting tussen twee jonge mensen is nog geen sluitende verklaring voor een huwelijk. Er dient ook een zekere affiniteit en een verlangen naar een stabiele relatie te bestaan. Bij een efficiënte vormen van organisatie is de structuur van het geheel en de functie van de bouwelementen niet willekeurig. Om doelmatig te kunnen functioneren dienen de elementen van een organisatiestructuur op elkaar afgestemd te zijn en samen te werken. Bij levende wezens is door een langdurig proces van afstemming een doelmatig samenspel tussen de elementen tot stand gekomen.

Doelgerichtheid is in feite een vergaande vorm van afstemming en samenwerking. De organisatiestructuren die in een ongestuvrijde, competitieve en zelfs vijandige omgeving kunnen overleven blijken zich doelmatiger te gedragen dan degene die verdwenen. Doelgerichte systemen zijn vanuit dit oogpunt het meest succesvol daar hun deelsystemen samenspannen en de beschikbare middelen zeer efficiënt aanwenden om te overleven. De organisatiestructuren die hun middelen onvoldoende gericht inzetten passeren de filter van de harde werkelijkheid niet. Men kan hieruit afleiden dat alleen die organisatiestructuren stand houden welke als doelgerichte systemen opgevat zijn en de overlevingsdoelstellingen als norm vooropstellen. Organisatorische structuren zoals levende wezens vertonen o.m. in hun streven om zich te bestendigen een zeer doelgericht gedrag. Een bedrijf dat winst tracht te maken om daarmee zijn voortbestaan te garanderen is eveneens een voorbeeld van een doelgericht systeem.

De exacte wetenschap heeft het moeilijk met doelgerichtheid en zeker met een externe, niet reductionistisch verklaarbare doelgerichtheid. Bovendien wordt een vooropgesteld plan dat tot het onontkoombaar bereiken van een doel moet leiden afgewezen. Doelgerichtheid betekent in onze visie echter niet dat het gestelde doel in werkelijkheid ook bereikt zal worden. Het doel dient ook niet noodzakelijk scherp gedefinieerd te worden. Doelgerichtheid wordt hier eerder gezien als een intentie, een streven naar, een oriëntatie en een gerichtheid. In

deze zin gedraagt een systeem met terugkoppeling zich doelgericht als het de opgelegde norm tracht te bereiken. Op elk van de niveaus van de werkelijkheid kan men terugkoppelingsmechanismen ontdekken die als negatieve terugkoppeling of tegenkoppeling werkzaam zijn en de bestaande organisatiestructuren stabiel houden. Door het positief meekoppelingseffect zijn terugkoppelingen ook voor het ontstaan van hogere lagen verantwoordelijk. De normen die daarbij nagestreefd worden schijnen telkens van buiten het eigenlijk systeem te komen en van “boven” opgelegd te zijn. Indien men steeds grotere systemen beschouwt en doorredeneert komt men uiteindelijk op het geheel van de werkelijkheid en op eisen van de totaliteit terecht.

Zelfs wie doelgerichtheid niet als wezenlijk aanvaardt zal niet kunnen ontkennen dat er een merkwaardige afstemming bestaat tussen de doelstellingen van de hogere en de lagere lagen. De doelstellingen van de verschillende delen van organisatiestructuren schijnen zich in te passen in de doelstellingen van het geheel. Gezien de uitwisseling van energie, materie en /of informatie tussen de organisatiestructuur en haar omgeving is er ook een zekere afstemming tussen de interne en externe doelstellingen vereist zodanig dat de wederzijdse “belangen” gediend worden. De eisen van de totaliteit kunnen als de belangen van het geheel van de werkelijkheid beschouwd worden. Een complexe organisatiestructuur vereist het voortbestaan van haar delen om haar eigen voortbestaan te garanderen. Omgekeerd blijken ook de delen voor hun overleven ook sterk afhankelijk te zijn van het succes van het geheel. Zoals de delen zich inschakelen of ingeschakeld worden in het groter geheel, zo integreert het afzonderlijk gedrag zich tot een doelgericht gedragspatroon. Men kan dus een hiërarchie van op elkaar afgestemde doelstellingen onderscheiden die de coherentie in het gedrag van de delen weergeven. De vraag die men zich nu kan stellen is hoe deze coherentie tot stand komt en hoe ze verklaard kan worden?

Naarmate de competitieve druk stijgt, neemt de eis tot een verhoogde efficiëntie en de noodzaak tot een doelgericht optreden toe. In een gesloten kader met beperkte middelen en een groeiende concurrentie evolueren de organisatiestructuren dan ook noodgedwongen naar een grotere coördinatie en verwevenheid. Een gebrek aan samenhang van een organisatiestructuur en een onvoldoende afstemming tussen de elementen kan haar voortbestaan in gevaar brengen. Ook een gebrek aan aanpassing, afstemming en evenwicht tussen de organisatiestructuur en haar omgeving kan tot vernietigende conflicten leiden [45]. Om de ondergang van organisatiestructuren omwille van interne of externe oorzaken te vermijden is een zekere mate van coherentie vereist die als het gevolg van het efficiëntie criterium en de daarmee samengaande overlevingsdoelstellingen beschouwd kan worden. Merk op dat doelgerichtheid in een zeer dynamische wereld niet kan samengaan met een starre rigiditeit en een bepaalde vorm van flexibiliteit en diversiteit niet mag uitsluiten. Flexibiliteit is noodzakelijk om zich soepel aan veranderende omstandigheden te kunnen aanpassen. Door diversiteit worden de mogelijkheden die de werkelijkheid biedt afgetast en kan de ontwikkeling in een andere richting verder gaan als bepaalde wegen afgesloten blijken. Men kan de evolutie dan ook zien als een vertakte boom waarvan de takken naar boven gericht zijn. De levende takken beschikken over de nodige “kracht” om naar een hoger niveau door te groeien.

De totaliteit met zijn eis tot efficiënte organisatie duwt de evolutie dus in de richting van een toenemende organisatiegraad. Dit leidt tot het verschijnen van emergente eigenschappen die de complexer wordende organisatiestructuren competitieve voordelen bieden. Door een steeds vindingrijker wordend gedrag slagen de organisatiestructuren erin hun kans op overleven te vergroten zelfs in de meest barre omstandigheden. Organisatiestructuren die niet aan het efficiëntie criterium voldoen overleven niet als individu of als soort. Het efficiëntie criterium zorgt er dus voor dat de organisatiestructuren in een bepaalde richting evolueren waardoor ze beter bestand zijn tegen allerhande bedreigingen. Indien organisatiestructuren teveel van de lijn afwijken worden ze gepenaliseerd en hebben ze zelfs geen toekomst meer. De totaliteit legt bijgevolg een oriëntatie op die tot een opwaartse evolutie leidt. De trend naar een toenemende complexiteit, waardoor hogere lagen ontstaan en emergente eigenschappen opduiken is hiervan een duidelijk voorbeeld. Emergentie kan dus gezien worden als de manifestatie van een ontwikkeling die door de totaliteit opgelegd wordt.

Op het eerste zicht gaat de ontwikkeling van complexe organisatiestructuren volledig in tegen de tweede hoofdwet van de thermodynamica. De entropiewet sluit echter een plaatselijke toename van orde en de daarmee gepaard gaande afname van entropie niet uit indien deze toestandsverandering in een toename van de globale entropie resulteert. De lokale ontwikkeling van systemen met een toenemende organisatiegraad komt dus in conflict met een algemene tendens die tot verspreiden en degenereren van materie, energie en informatie leidt. Globaal gezien is een ordeloze toestand meest waarschijnlijk volgens de entropiewet. De bestaande organisatiestructuren zijn dan ook voortdurend onderhevig aan afbraak- en ontbindingsverschijnselen. Indien ze onvoldoende bestand zijn tegen deze destructieve invloeden komen ze in een negatieve spiraal terecht die hun voortbestaan in gevaar brengt. In een beperkt kader creëren de eroderende en desintegrerende “krachten” de noodzakelijke ruimte voor vernieuwing. Het conflict tussen de constructieve en destructieve krachten is karakteristiek voor de werkelijkheid. De evolutie heeft aangetoond dat spijs tijdelijke recessies het leven

uiteindelijk een uitweg vindt. Voor het individu lijkt de strijd echter uitzichtloos. Hij is gegrepen door het spel van leven en dood met zijn hoopgevendende en schrikwekkende perspectieven. Aan de aftakeling en de dood is finaal niet te ontkomen. Betekent sterven ook het einde van elke vorm van bewustzijn? Kan men alleen hopen om via het collectief geheugen aan de vergetelheid te ontsnappen? Bieden de hogere lagen geen ontsnappingsroute om aan de beperkingen van de materiële werkelijkheid te ontkomen en de tijd te overstijgen?

Recapitulerend kunnen we stellen dat totaliteit eist dat organisatiestructuren die een duurzaam bestaan kennen zo opgebouwd zijn en zo functioneren dat ze hun voortbestaan op de één of andere manier kunnen nastreven en verdedigen. Om robuust en competitief te zijn moeten ze over feedbackmechanismen beschikken die hun stabiliteit trachten te beschermen en een doorgroei naar beter aan de omgeving aangepaste organisatievormen mogelijk maken. De materiële beperkingen van het kader verplichten hun bovendien de noodzakelijke middelen efficiënt in te zetten. Het efficiëntie criterium dat met de overlevingsdoelstelling samengaat geeft aan dat organisatiestructuren doelmatig met hun deel van de koek moeten opspringen en voortdurend op zoek dienen te zijn naar een zo gunstig mogelijke positie in het “landschap van mogelijkheden” [46]. Het efficiëntie criterium vereist bijgevolg ook dat het gedrag van de elementen waaruit een organisatiestructuur bestaat een zekere graad van coherentie vertoont en dat het geheel zo samengesteld en gestructureerd is dat het doeltreffend optreedt. Een bepaalde mate van afstemming blijkt eveneens noodzakelijk tussen de organisatiestructuren en hun omgeving. Organisatiestructuren die erin slagen om nieuwe emergente eigenschappen aan te spreken verkrijgen een competitief voordeel. Complexe organisatiestructuren die in staat zijn om beelden of modellen van zichzelf en hun omgeving te vormen blijken bijzonder goed gewapend in de strijd voor het voortbestaan. Dit alles wijst op een zekere oriëntatie, een gerichtheid in de totaliteit. Inderdaad, het algemeen kader met zijn efficiëntie criterium eist een zekere coherentie in het gedrag van de organisatiestructuren en duwt de evolutie in de richting van een toenemende organisatiegraad. En verfijnder structuur biedt de organisatiestructuren meer zekerheid voor hun toekomst. Het algemeen kader voorziet een groeipad van de harde fysische lagen naar de zachtere immateriële lagen. In deze hogere lagen bestaan spijs materiële beperkingen, ongekende mogelijkheden voor nieuwe ontwikkelingen.

Deze redenering verklaart niet alles. Ze is o.m. gebaseerd op de stelling dat de beperkingen van het algemeen kader eigenlijk verantwoordelijk zijn voor de doorgroei naar de hogere lagen van de werkelijkheid. We hanteren in feite een conflictmodel en nemen aan dat de beperkte beschikbaarheid van benodigde middelen tot competitie leidt, de toenemende organisatiegraad een kritische succesfactor is en dat de evolutie hierdoor onvermijdelijk in de richting van een grotere complexiteit geduwd wordt. Complexe organisatiestructuren kunnen zich immers beter verdedigen in de “struggle for life”. Hun grotere doeltreffendheid is het gevolg van een betere interne en externe afstemming en het optreden van synergetische effecten. Men kan zich nu afvragen of in een minder harde en competitieve wereld de evolutie eenzelfde opgaande lijn zou vertonen. We denken van wel. In de overlevingsstrategieën die de natuur kent spelen de voortplantingstechnieken een belangrijke rol. Voor succesvolle soorten resulteren ze in een ruime verspreiding van de organismen die hierdoor hun voortbestaan zelfs in zeer moeilijke omstandigheden kunnen garanderen. De meest complexe van deze organisatiestructuren zijn echter ook rusteloos op zoek naar nieuwe ontplooiingsmogelijkheden.

Er blijkt dus in de werkelijkheid een drang tot voortplanting, expansie en exploratie te bestaan die niet alleen tot doel kan hebben om het voortbestaan van de soort te beschermen. Dit streven schijnt ook de mogelijkheden die de natuur biedt tot het uiterste te willen beproeven. De werkelijkheid wordt gekenmerkt door een blijvende onvoldaanheid over het bestaande en een voortdurende zoektocht naar het andere en het nieuwe. In de kunst en de wetenschap vindt men sprekende voorbeelden van dit onverdroten aftasten van de mogelijkheden van de natuur. Er zijn in de werkelijkheid steeds verstorende factoren aanwezig die de geldende evenwichten in gevaar brengen, nieuwe onverwachte ontwikkelingen tot stand brengen en de grenzen verleggen. Sommigen stellen dan ook dat het leven zich aan de rand van de chaos bevindt en dus vrij labiel tussen behoud en vernieuwing balanceert. De opgaande lijn in de werkelijkheid biedt dus naast een ontsnappingsroute voor evoluties die om materiële redenen dreigen vast te lopen ook de mogelijkheid tot een creatieve ontplooiing van het heelal. In de werkelijkheid kan men mechanismen ontdekken die het behoud en het voortbestaan nastreven en verschijnselen die tot verandering en vernieuwing leiden. De natuurwetten moeten zo zijn dat het zijnde bescherming kan vinden en het wordende mogelijk is. Het eerste aspect kan in verband gebracht worden met de overlevingsdoelstellingen en het tweede met doorgroeiobjectieven die aan de organisatiestructuren en de totaliteit waarin ze voorkomen kunnen toegekend worden. Behoud en vernieuwing zijn ingebakken in de werkelijkheid.

17. *Preferenties, waarden en zingeving.*

Uit de vorige hoofdstukken komt de totaliteit naar voor als een autonoom systeem dat zichzelf volgens bepaalde principes en criteria organiseert die door het globaal kader en de totaliteit van het bestaande opgelegd zijn. Er werd bijvoorbeeld op de algemene invariantieprincipes gewezen waaraan de natuurwetten voldoen. Bovendien werd een verband gelegd tussen het efficiëntie criterium en de overlevings- en doorgroeidoelstellingen. Het ganse gebeuren ziet er dan ook uit als een reusachtig spel waarin regels, toeval en preferenties een rol spelen. De elementaire natuurwetten bepalen de werkelijkheid niet volledig en éénduidig. Ze laten nog een aantal onbepaaldheden bestaan zodat er diverse alternatieven mogelijk blijven waartussen door de selectiecriteria en de tijd een keuze gemaakt wordt. De normen en doelstellingen die met deze criteria samengaan zorgen voor een zekere stabiliteit en geven de evolutie een bepaalde oriëntatie. In de lagere harde lagen komen de normen en de dalen in het “energielandschap” overeen met onwrikbare wetmatigheden. De normen in de hogere zachte lagen zijn minder bindend en kunnen eerder als richtlijnen beschouwd worden. Ze laten immers nog ruimte voor menselijke vrijheid. Het nastreven van de fundamentele normen is echter een vereiste voor het voortbestaan van organisatiestructuren. Individuen en groepen die deze normen niet respecteren worden persoonlijk en /of als soort gestraft. Het negeren van de overlevingsdoelstellingen leidt vroeg of laat tot destructie en zelfdestructie. De kortzichtige en egoïstische ingrepen in de menselijke vruchtbaarheid bijvoorbeeld tasten de vitaliteit en zelfs het voortbestaan van de Westerse wereld en cultuur aan. Er werd reeds op gewezen dat de normen niet alleen het overleven van organisatiestructuren beogen maar ook de exploratie van de mogelijkheden van de totaliteit als streefdoel vooropstellen. De normen sturen de ontwikkelingen in een richting die door de totaliteit aangegeven wordt.

De fundamentele normen hebben te maken met het doelgericht proces dat tot de ontwikkeling en het behoud van complexe structuren leidt en hun ontplooiing in de hogere lagen van de werkelijkheid toelaat. De normen leggen een waardeschaal vast en maken doelmatige keuzes mogelijk. Wat met de normen samengaat is dus als constructief te beschouwen en wordt als positief aanzien, wat tegen de normen ingaat is destructief en wordt als negatief beoordeeld. Het respecteren van de regels die met de normen samengaan wordt als goed aangevoeld, het overtreden ervan als kwaad. De overlevingsdoelstellingen houden in dat het voortbestaan waardevol is en dient nagestreefd te worden. Dit geldt eveneens voor de doorgroeidoelstellingen en het creatief gebeuren waartoe ze aanleiding geven. Aan het fantastische avontuur van de aarde en de mensheid mag de mens geen einde stellen. In deze visie komt het beogen van waarden overeen met het nastreven van de normen die in de totaliteit gelden. Het meewerken aan een waardevol, constructief en doelgericht proces wordt als sterk zingevend ervaren. Taken die tot niets dienen worden als zinloos beschouwd en zijn zeer demotiverend. We leggen dus een verband tussen zingeving en het leveren van een bijdrage aan het grote project van de totaliteit. Zonder project voelt de mens zich nutteloos en heeft zijn leven geen zin. Door zijn zoeken naar zin schakelt hij zich (meestal onbewust) in in het grote gebeuren.

Leo Apostel legt een verband tussen behouds- en vernieuwingstendenzen in de werkelijkheid en zin en waarde. Hij stelt dat zin is, wat aan ons globaal persoonlijk bestaan en /of ons collectief bestaan, een globaal positieve waarde geeft. Waarde omschrijft hij als iets dat tegelijk een verwijzing inhoudt, een oriëntatie vertoont, een appel insluit tot actie en toch ook zichzelf bestendigt en “verdient” te zijn door wat het is. Kenmerkend voor waarde is bijgevolg de eenheid tussen de tezamen optredende behouds- en vernieuwingsaspecten. Ook in de totaliteit is een dergelijke wederzijdse implicatie gerealiseerd. Hieruit leidt Leo Apostel af dat het totale zijn een positieve waarde heeft. Dit geldt ook voor ons bestaan dat deel uitmaakt van het zijn en dat tegelijk in staat is de totaliteit van dat zijn te weerkaatsen. Het positief waardevol zijn van de totaliteit sluit volgens Leo Apostel niet uit dat bepaalde delen ervan een negatieve waarde betekenen. Men mag de tragedie, de pijn en het kwaad niet uit het oog verliezen. Ons waarde-beleven houdt een revolte tegen dat deel van de bestaande werkelijkheid in.

Deze revolte wijst erop dat mens niet alleen met de materiële overlevingsdoelstellingen geconfronteerd wordt. De doorgroei naar de hogere lagen van de werkelijkheid gaat gepaard met het aanvoelen van zachtere waarden. De humane doelstellingen gaan in tegen de harde aspecten van de “struggle for life” met zijn recht van de sterkste en ongeremd egoïsme. De mens kan zich een beeld vormen van de ervaringen van anderen, zich in hun situatie inleven en hun pijn en ellende aanvoelen. Dit roept een reactie tegen mistoestanden op. Hij voelt zich verantwoordelijk voor medemensen die minder succesvol zijn en uit de boot dreigen te vallen. Het efficiëntie criterium wordt doorbroken en men beschermt onproductieve bejaarden, nutteloze gehandicapten, ongewenste kinderen, hulpbehoevende vreemdelingen,... Men streeft naar een rechtvaardige verdeling van goederen en vreedevolle oplossing van conflicten. De mens is ook op zoek naar de diepere zin van het leven. Hij stelt zich vragen i.v.m. met de bedoeling van het ganse gebeuren en zijn bestemming als mens. In zijn zoektocht naar het mens en wereld overstijgende keert hij zich af van al het materiële. Het religieus verlangen om zich verbonden te weten met de kosmos of zich aan de Schepper toe te vertrouwen is diep in de mens aanwezig.

In deze gestructureerde visie op de werkelijkheid stellen we zowel een gelaagde organisatie van de materie als van de doelstellingen die nagestreefd worden voorop. De lagere materiële doelstellingen moeten in zekere mate gerealiseerd zijn vooraleer de hogere doelstellingen aan bod kunnen komen. Aandacht voor de humane doelstellingen is een voorafgaandelijke voorwaarde voor het waarmaken van de transcendente doelstellingen. Het is vooral de gevoeligheid voor menselijke waarden en voor zingevingsvragen die de mens tot mens maakt. Het nastreven van de hogere doelstellingen is eigen aan de mens die daarmee een zekere graad van autonomie t.o.v. de natuur waarvan hij deel uitmaakt manifesteert. Het negeren van deze doelstellingen leidt onvermijdelijk tot de ontredering van mens en maatschappij.

Wat is de plaats, rol en taak van de mens in de zich ontvouwende totaliteit? Kan hij een constructieve bijdrage leveren tot dit grootse gebeuren en de ontwikkelingen in een bepaalde richting sturen? Dient hij willoos en onmachtig met de stroom mee te drijven of moet hij zich tegen de “normale” gang van zaken verzetten en zelf zijn koers uitzetten. Hoever kan hij daarbij gaan zonder het natuurlijk evenwicht te sterk te verstoren? Welke keuzes dient hij te maken? Op deze vragen is geen eenvoudig antwoord te geven. Wij zijn er van overtuigd dat de mens een impact kan hebben en positief moet bijdragen tot de uitbouw van een rijker en boeiender wereld. Hij dient een inspanning te leveren om de wereld leefbaarder te maken en dit zonder de leefbaarheid op lange termijn in gevaar te brengen. Daarbij hoort hij zoals een goede rentmeester zorgzaam om te gaan met de aarde. Bovendien moet hij de ingebouwde conflicten milder en de onzekerheid, pijn en ellende die met de onvermijdelijke transformatie- en mutatieprocessen gepaard gaat verzachten. Zijn ethisch aanvoelen van goed en kwaad kan hierbij als leidraad dienen. We zouden dus samenvattend kunnen stellen dat de mens een zo harmonieus mogelijke samenleving dient na te streven en een constructieve bijdrage hoort te leveren in de creatieve ontvouwing van de totaliteit.

Als autonoom wezen in een wereld met onbepaaldheden die vrije beslissingen mogelijk maken, wordt de mens voortdurend voor keuzes gesteld. Zijn inzicht in het functioneren van de wereld en zijn waardegevoeligheid leiden niet automatisch naar een éénduidig antwoord op de gestelde vragen en garanderen nog geen gunstige afloop. Men moet immers beslissen in complexe, dynamische en onzekere wereld, en dit met onvolledige informatie. Er dienen zich in veel gevallen een groot aantal moeilijk te evalueren en te vergelijken alternatieven aan. De gevolgen van de ingrepen zijn dikwijls niet betrouwbaar te voorspellen en er treden soms onvoorspelbare effecten op die helemaal niet te voorzien zijn. In het ergste geval kunnen goedbedoelde maatregelen volledig negatief uitvallen. Zelfs grondig bestudeerde ingrepen hebben meestal onverwachte neveneffecten. De schadelijke gevolgen van sommige maatregelen worden slechts op lange termijn zichtbaar of onderkent men pas als het te laat is. De mens gedraagt zich als de leerling tovenaars die de gevolgen van zijn daden niet volledig kan inschatten. Met behulp van wetenschap en techniek kan hij enerzijds tal van problemen oplossen maar anderzijds onnoemelijk veel ellende veroorzaken.

Ook de normen bieden niet altijd een eensluidend antwoord op de vragen. Men kan soms voor een dilemma gesteld worden waarbij elke oplossing ongunstig is en men voor de weg van het kleinste kwaad moet kiezen. De overlevings-, humane en transcendente doelstellingen zijn regelmatig in conflict met elkaar en er dient een compromis gezocht te worden om de verschillende eisen met elkaar te verzoenen. De normen spelen bovendien in het spanningsveld tussen o.m. individuele en gemeenschappelijke doelstellingen, belangen van de huidige en toekomstige generaties, respect voor mens en natuur, aandacht voor behoud en vernieuwing. In welke mate moet men zijn eigen welvaart delen met anderen? Dienen we ons leven volledig op te offeren voor de toekomst van onze kinderen?... Deze problemen kunnen geen reden zijn voor besluiteloosheid en passiviteit. In een dynamische wereld houdt immers ook niet beslissen een beslissing in. We pleiten wel voor o.m. een grote omzichtigheid bij ingrepen, het vermijden van maatregelen die tot onomkeerbare situaties leiden, het afwijzen van extreme oplossingen, een keuze voor evenwichtige benaderingen, een voldoende aandacht voor robuustheid en beheersbaarheid, het verminderen van onzekerheid en risico's, de reductie van overmatige complexiteit en schaalgrootte.

Voor wijze beslissingen dient de mens een beroep te doen op zijn kennis, ervaring, intuïtie en waarde-aanvoelen. Wil men een herhaling van de fouten uit het verleden vermijden dan moet daarbij rekening gehouden worden met de ervaring van vorige generaties. O.m. in de oude “grote verhalen” is de zoektocht van de mens naar zijn lotsbestemming weergegeven. Men vindt er een beschrijving van de voortdurende worsteling met de destructieve krachten en het kwaad dat ook in de mens aanwezig is. Bovendien wordt het groeiend inzicht in de positie die de mens hoort in te nemen t.o.v. zijn medemensen, de natuur en het groter geheel waarvan hij deel uitmaakt of de Schepper geschetst. Centraal staan daarbij een liefdevolle relatie en de onthechting van al het tijdelijke en materiële.

In de hier gevolgde redenering gaan we er van uit dat de opdracht, rol en taak van de mens vastgelegd worden door eisen van de totaliteit die een garantie op een verder gaande ontplooiing van de werkelijkheid inhouden. Deze visie wijst op het bestaan van een objectieve moraal waarvan de regels niet ongestraft kunnen overtreden worden. Misdaden roepen weerstanden op en leiden tot reacties die zich tegen de daders ervan keren. Dit terugkoppelingsmechanisme is ook in de natuur aanwezig. Leo Apostel verdedigde een objectieve waarde-ethiek gebaseerd op het intrinsiek waardevol zijn van de wereld en de levende wezens die erin voorkomen. Wat is echter de waarde van de mens indien alles na zijn dood eindigt? Waarom een pijnlijke dood betreuren indien bij het overlijden iedere vorm van bewustzijn verdwijnt en elke ervaring van het lijden weggeveegd wordt? Wat is er nog erg voor een gestorvene? Heeft een gruweldaad nog wel enige betekenis indien er geen enkel spoor van overblijft? Is alleen het verdriet van de nabestaanden van belang? Moeten we de mens alleen sparen omwille van de medemensen die iets om hem geven? Is ethiek uiteindelijk niet gefundeerd op de overtuiging dat de mens meer is dan een louter stoffelijk wezen?

Gelijkaardige vragen stellen zich in verband met zingeving. Is de totaliteit niet meer dan een schitterend vuurwerk dat bewondering oproept maar uiteindelijk tot niets dient? Zit de mens gevangen in een autonoom systeem dat alleen door zichzelf en voor zichzelf bestaat? Is hij verplicht om mee te spelen in een spel zonder enige betekenis en mee te werken aan een project dat geen bedoeling heeft? Kan hij alleen proberen het beste ervan te maken? Is de mens niet meer dan het toevallig bijproduct van een doelloze evolutie? Is het een illusie te denken dat hij gewenst is en een bestemming heeft? Kan een dergelijke uitzichtloze situatie echt zingevend zijn? Is een positief antwoord op de zingevingsvraag uiteindelijk niet gebaseerd op de hoop dat het grote gebeuren een bedoeling heeft en dat voor de mens een bestemming weggelegd is?

Hubert Van Belle

29/12/02

18/07/03

14/12/03

NOTEN

1. Kenmerkend voor een blackbox zijn “inputs”, “outputs” en “inwendige toestanden”. De interacties met de omgeving die voor het gedrag van de blackbox van belang zijn, worden inputs en outputs genoemd en stemmen overeen met uitwendige stimuli en de reacties op deze prikkels. De outputs van een blackbox worden niet alleen bepaald door de inputs, maar ook de toestanden spelen een rol. De toestandsvariabelen kenmerken wat we van het verleden van de blackbox moeten weten om samen met de inputveranderlijken de outputveranderlijken te kunnen bepalen. De mogelijke toestanden vormen een “toestandsruimte”. De inwendige toestanden komen met de opgeslagen materie, energie en informatie overeen en vormen het geheugen van de blackbox. Het dynamisch gedrag van een blackbox wordt dus beschreven door een relatie tussen inputs, toestanden en outputs. De remafstand (output) van een wagen is bijvoorbeeld niet alleen afhankelijk van de remkracht (input) maar eveneens van de beginsnelheid en de kinetische energie die ermee samengaat (toestand). Merk op dat een gesloten systeem gekenmerkt wordt door zijn toestanden en dat men zijn gedrag als een baan in de toestandsruimte kan beschrijven.
2. In de ontologie of zijnsleer heeft men over het wezen van de werkelijkheid, de dingen zoals ze in werkelijkheid zijn. Het gaat dus om de ware aard van de dingen. De epistemologie of kennisleer richt zich op de kennis van de werkelijkheid. Deze kennis is niet noodzakelijk waarheidsgetrouw en volledig.
3. Het is belangrijk op te merken dat men ook gedurende de analysefase de relaties tussen de eenheden niet buiten beschouwing mag laten. Wil men een abstracte operatie vermijden die niets met de werkelijkheid te maken heeft, dan moet tijdens de gestructureerde ontbinding rekening gehouden worden met de samenhang tussen de eenheden. Clusters van eenheden die intens interageren, zich enigszins t.o.v. hun omgeving afschermen en bepaalde functies hebben, dienen samen beschouwd te worden.
4. Karl Popper spreekt van Wereld 1, 2 en 3. Wereld 1 is de wereld van de natuur, Wereld 2 de wereld van het psychisme en Wereld 3 de wereld van de cultuur. De relatie tussen deze drie werkelijkheidsniveaus wordt uitgebreid behandeld door Jan Van der Veken in: Op zoek naar een geïntegreerd wereldbeeld, Bart Raymakers en André van de Putte (red.), Lessen voor de eenentwintigste eeuw, Universitaire Pers Leuven en Davidsfonds/Leuven, 1995, blz. 141.
5. Merk op dat het hier gaat om de globale complexiteit over de verschillende lagen heen gezien. Men beschouwt dus niet alleen de relaties tussen de eenheden op het hoogste niveau.

6. De toestand van een cel van de automaat wordt bepaald door de vorige toestand van deze cel en de toestanden van de cellen in de nabijheid. Er gelden geen overkoepelende, coördinerende regels. Eenvoudige lokale regels volstaan om complexe en evoluerende patronen te genereren.
7. Jack Cohen en Ian Stewart maken in: "Chaos geordend. De ontdekking van eenvoud in complexiteit", Uitgeverij Contact, Amsterdam, 1994, blz. 444 en 447, een onderscheid tussen "simplexiteit" en "compliciteit". Simplexiteit is het opduiken van grootschalige vormen van eenvoud als rechtstreeks gevolg van regels. Simplexiteit exploreert louter een vaste ruimte van het mogelijke. Compliciteit daarentegen vergroot deze ruimte. Wanneer door interactie tussen deelsystemen een wisselwerking tussen de samenstellende ruimten ontstaat dan opent dat volslagen nieuwe mogelijkheden.
8. Juleon Schins, Hoeveel geest kan de wetenschap verdragen? Een grondslag voor de unificatie van de natuur- en geesteswetenschappen, Agora-Kampen, Pelckmans-Kapellen, 2000, blz. 8 en 9.
9. Emergentie kan o.m. toegeschreven worden aan: - de onvolledigheid, onbeslisbaarheid en onoplosbaarheid van wiskundige systemen en problemen (de stellingen van Gödel, Turing en Chaitin);
 - de onberekenbaarheid of onhandelbaarheid van problemen (handelsreizigersprobleem);
 - onvoorspelbaar niet-lineair gedrag (bifurcaties, catastrofes en chaotisch gedrag);
 - onbepaaldheden in causale ketens;
 - verborgen variabelen;
 - bijkomende dimensies die op hoger niveau spelen (toestandsruimte, dimensie-analyse);
 - lager-niveau talen die op hoger niveau tekort schieten.
 Merk op dat indien er geen analytische oplossing voor een probleem kan gevonden worden men gebruik kan maken van simulatietechnieken (stap na stap berekenen). Deze technieken garanderen echter geen oplossing binnen een redelijke termijn. De rekentijd kan zo hoog zijn dat het probleem onhandelbaar wordt (niet-polynomiale algoritmen). Indien de simulatie langer duurt dan het werkelijk proces wordt de techniek nutteloos om toekomstige ontwikkelingen te voorspellen.
10. Dit is uiteraard niet het geval voor een technicus die een PC moet herstellen, zeker als hij het defecte componenten moet opsporen (en niet eenvoudig de kaarten één na één vervangen).
11. In tegenstelling tot de wiskunde blijken er echter nog geen echt sluitende argumenten te bestaan dat er vragen zijn over de werkelijke wereld waarop we in principe geen antwoord kunnen geven. Zie: John L. Casti en Anders Karlqvist (ed.), Boundaries and Barriers. On the Limits to Scientific Knowledge, Perseus Books, Reading, Massachusetts, 1996, blz. viii.
12. Andere indicaties vindt men bij Conway en Turing. Sommigen zien het ontstaan en de evolutie van complexe patronen bij cellulaire automaten als een voorbeeld van echte emergentie. Voor het "spel leven" heeft Conway aangetoond dat het resultaat van dit spel intrensiek onvoorspelbaar is. Alhoewel het gebeuren bepaald wordt door simpele regels blijkt men niet in staat te zijn om te voorspellen of bepaalde verschijnselen oneindig lang zullen voortbestaan of na een bepaalde tijd verdwijnen. Men kan alleen de regels toepassen en zien wat er gebeurt. Hij deed daarbij een beroep op de stelling van Turing die de onbeslisbaarheid van het stopprobleem aantoont. Het "Entscheidungsproblem" of de Turing machine al dan niet zal stoppen bij het berekenen van reële getallen blijkt onoplosbaar te zijn. Er bestaat geen procedure om van tevoren te beslissen of een computerprogramma bij dergelijke berekeningen voor altijd zonder resultaat zal doordraaien of na een zekere zal tijd stoppen en resultaat opleveren. Het is opmerkelijk dat deze stelling ook kan gebruikt worden om de stelling van Gödel te bewijzen.
13. In de strikte zin betekent het verklaren van een verschijnsel, het afleiden van dit verschijnsel uit algemene wetten, randvoorwaarden en beginvoorwaarden. Het verklaren van de eigenschappen van een geheel bestaat in het herleiden van deze eigenschappen tot wetten die voor de elementaire delen en hun (interne en externe) interacties gelden.
14. Dit hoofdstuk is voor een groot deel gebaseerd op de bijdrage van Leo Apostel over: Symmetrie en symmetriebreking: ontologie in wetenschap (Schets voor een geheel) in: Cirkelen om de wereld, Concrete invullingen van het wereldbeelden-project, Uitgeverij Pelckmans, Kapellen, 1994.
15. Daarbij spelen het beginsel van voldoende grond en het beginsel van volheid en vruchtbaarheid een grote rol. Zie het posthum uitgegeven werk van Leo Apostel: Natuurfilosofie, Voorbereidend werk voor een op de fysica gebaseerde ontologie, VUBPRESS, Brussel, 2000.
16. De speciale relativiteitstheorie is gebaseerd op het postulaat dat de voortplantingssnelheid van het licht invariant is voor met een eenparige snelheid t.o.v. elkaar bewegende coördinatenstelsels. De lichtsnelheid is dus altijd constant t.o.v. de waarnemer.
17. Men heeft het over P-, C- en/of T- symmetrie van respectievelijk "pariteit", "conjugatie" en tijd.
18. Merk op dat mechanische systemen die aan de wetten van Newton voldoen strikt genomen geen causaal gedrag vertonen. Er is geen tijdsverschuiving tussen de uitgeoefende kracht en de versnelling die er het gevolg van is. Dit is omgekeerd ook het geval tussen de opgelegde versnelling en de optredende traagheidskracht

19. Een machtswet die beschreven wordt door een functie met één onafhankelijk veranderlijke kan op dubbel-logaritmisch papier door een rechte voorgesteld worden. Voorbeelden van dergelijke machtswetten zijn:
- de ervaringscurve, het leer-, routine- of reekseffect, de productietijd in functie van het aantal geproduceerde eenheden (of de reeksgrootte), de wet van Wright;
 - de “vergeetcurve”;
 - de “improvement curve”: de verbetering van de betrouwbaarheid van producten in functie van de tijd (of het aantal km) tijdens prototypetesten ten gevolge van het wijzigingsproces, het model van Duane;
 - de verdelingsfunctie van Weibull: de faalsnelheid van producten in functie van de gebruiksduur, een model voor de verschillende fasen van de levenscyclus (badkuipcurve), wordt toegepast bij betrouwbaarheidsanalyse;
 - de productiefunctie van Cobb-Douglas: de productiewaarde in functie van de loonsom en de kapitaalwaarde, een econometrisch model;
 - de hoofdwet van Taylor: de standtijd van een gereedschap in functie van de snijsnelheid voor welbepaalde verspaningsomstandigheden bij het draaien, frezen en boren;
 - de wet van Pareto: de 80/20-regel, het Pareto-diagram (kwaliteitscontrole,...);
 - de wet van Zipf: de (relatieve) frequentie van woorden in een tekst in functie van de rangorde (of van het gecumuleerde aantal, d.w.z. voor bijvoorbeeld de meest frequent voorkomende 10 woorden, 100 woorden,...), de lengte van artikelen in kranten, het aantal inwoners in steden,...;
 - de groottes en verhoudingen in de biologie: “de maat van het leven”, allometrische formules;
 - het aantal celsoorten in functie van de hoeveelheid DNA per cel;
 - het aantal attractoren in functie van het aantal genen, het resultaat van simulaties in een genetisch (Booleaans) netwerkmodel;
 - de lengte van een kustlijn in functie van de lengte van de “meetstok” (zie fractals, zelfgelijkvormigheid, fractale of Hausdorff dimensie);
 - de frequentie en grootte van aardbevingen, lawines en vulkaanuitbarstingen (zie “self organising criticality”, “1/f noise”);...
- Dimensionele analyse gaat er van uit dat de relatie tussen de basiseenheden en afgeleide eenheden in een eenhedenstelsel door machtswetten beschreven wordt. Men kan machtswetten ook in verband brengen met homogene vergelijkingen. Een zeer interessante eigenschap van homogene vergelijkingen is de stelling van Euler. Het verband tussen de Fibonacci-getallen en de gulden snede kan volgens een vereenvoudigde en benaderende vorm van de wet van Binet eveneens als een machtswet beschouwd worden, maar in dit geval met een veranderlijke exponent. Voorbeelden van de gulden snede en van Fibonacci-getallen vindt men terug in de meetkunde en de natuur: de gulden spiraal, de vijf platonische lichamen, de voortplanting van konijnen (in geïdealiseerde omstandigheden), de bijenstamboom, de vertakkingswijze van planten, de ordening van bladeren, het aantal bloemblaadjes,... (naar: Klaas Vantournhout, Fibonacci en de Gulden Snede, VTI Brugge, 1998). De gulden snede speelt ook een belangrijke rol in de kunst en de architectuur. Dat de machtswetten in verschillende lagen van de werkelijkheid optreden wijst op een algemeen onderliggend principe, een diepere structuur van de werkelijkheid. Sommigen hebben het in dit verband over het fenomeen van “universality” in complexe systemen.
20. Merk op dat in de ontologische “deductie” van Leo Apostel het begrip “zijn” zowel “systeem” als “oorzaak” omvat en dus ook aspecten van wording inhoudt.
21. Ian Stewart en Martin Golubitsky, Turings tijger, Het universum en de theorie van alles, Aramith Uitgevers, Bloemendaal, Epsilon Uitgaven, Utrecht, 1994.
22. De opspattende melk verliest haar symmetrie voor alle mogelijke rotaties en is nog slechts invariant voor de 24 rotaties die de punten van de kroon laten samenvallen. Bij een willekeurige rotatie van de kroonvorm komen de punten op een andere plaats te zitten. Het blijft echter een identieke kroonvorm die aan de fysische wetten voldoet en een 24-voudige rotatiesymmetrie vertoont. Er is nu geen enkele reden waarom de punten juist op een welbepaalde plaats zouden verschijnen. Bij het opspatten van de melk wordt de kroonvorm in één van zijn vele mogelijke posities gerealiseerd. De kroon kan niet tegelijk alle mogelijke posities innemen. We zien dus de symmetrie verbreken en een kroonvorm in één van de mogelijke standen verschijnen.
23. Men kan een theorie ontwikkelen die het potentiële centraal stelt om het actuele te “verklaren”. Het potentiële geeft de openstaande mogelijkheden weer, het kunnen. Eén eigenschap van de potentiële eigenschappen is actueel. Actualisatie, zich realiseren, worden, houdt het wegvallen van potenties in. Het gedrag van een systeem kan voorgesteld worden als een traject in de toestands- of faseruimte. De faseruimte geeft dan alle potentiële toestanden weer waarvan één toestand actueel is. De totaliteit van het potentiële wordt door symmetrieën gekenmerkt. De actualisatie van één van de potentialiteiten is verbonden met symmetriebrekingen. De structuur van de realiteit is in het potentiële aanwezig. Het potentiële biedt variëteit. Door actualisatie worden nieuwe elementen van de werkelijkheid gecreëerd. Diederik Aerts wijst er in: De geest en de potentie van de mensheid, Centrum Leo Apostel, VUB, Brussel,

- 2000, blz. 18, op dat de concepten actueel en potentieel een belangrijke en fundamentele rol blijken te spelen in de basissituatie van de beschrijving van een entiteit.
24. Dit deel is gebaseerd op het verslag door Jan Van der Veken van een uiteenzetting van John D. Barrow op het congres in 2000 van de "European Society for the Study of Science and Theology". Het thema was: "How chaos coexists with order".
 25. Jack Cohen en Ian Stewart, *Chaos geordend. De ontdekking van eenvoud in complexiteit*, Uitgeverij Contact, Amsterdam, 1994, blz. 242.
 26. Volgens het principe van Polanyi geldt in hiërarchisch gestructureerde systemen dat de controleniveaus (meestal de bovenste lagen) de lagere lagen inschakelen en hen tot een gedrag verplichten dat ze niet zouden vertonen indien ze aan zichzelf overgelaten waren. Zie: Stephen Jay Kline, *Conceptual Foundations for Multidisciplinary Thinking*, Stanford, University Press, Stanford, California, 1995, blz. 119.
 27. Om te bestaan en voort te bestaan moet een wezen een voldoende stabiele structuur hebben en robuust zijn tegen storende en vijandige invloeden. Volgens Diederik Aerts in: *De geest en de potentie van de mensheid*, Centrum Leo Apostel, VUB, Brussel, 2000, blz. 18, is de stabiliteit en robuustheid van een entiteit op diep niveau verbonden met een evenwicht tussen efficiëntie en potentie.
 28. Dat een complex en intelligent wezen zoals de mens er is wijst er volgens het zwak antropisch principe op dat de voorwaarden opdat de mens er zou kunnen zijn ook feitelijk verwezenlijkt werden. De kosmologische constanten hebben nauwkeurig de bepaalde waarden die de vorming van sterrenstelsels mogelijk maken ("fine tuning"). Bovendien was het evolutieproces voldoende lang voor het ontstaan van koolstof-gebaseerd leven. Zie: Jan Van der Veken, *Geen mens zonder kosmos. Geen kosmos zonder mens?*, in: *Worldviews, Cirkelen om de wereld*, Uitgeverij Pelckmans, Kapellen, 1994, blz. 186.
 29. Om de werking van een systeem uit te leggen kan men een beroep doen op een verklaring. Een verklaring geeft een inzicht in het functioneren van het systeem en verwijst daartoe naar de delen, hun eigenschappen en interacties. Het gaat dus om een reductionistische redenering. Men kan het gedrag van een systeem echter niet volledig begrijpen zonder het te hebben over waartoe het systeem dient. Bij het begrijpbaar maken van een systeem redeneert men in termen van functie en doel.
 30. Exact wetenschappelijke reductionistische verklaringen zijn niet teleologisch en verwijzen nooit naar een bedoeling of de betekenis. Zelfs wie doelgerichtheid afwijst zal echter omwille van pragmatische redenen verplicht worden minstens een begrip zoals preferentie in te voeren om de coherentie en oriëntatie in het globaal gedrag van complexe organisaties begrijpbaar te maken.
 31. In de theorie der complexe systemen stelt men dat het leven zich beweegt op de rand van chaos. Levende wezens zijn in deze situatie nog voldoende stabiel om hun voortbestaan te garanderen maar beschikken toch over de nodige "flexibiliteit" om nieuwe mogelijkheden te exploreren.
 32. Een enigszins verwant begrip is autopoiesis. Een autopoietische organisatie brengt onophoudelijk zichzelf voort. Autopoiesis is een belangrijk kenmerk van levende wezens. Zie: Humberto R. Maturana en Francisco J. Varela, *De boom der kennis. Hoe wij de wereld door onze eigen waarnemingen creëren*, Uitgeverij Contact, Amsterdam, 1988, blz. 32 en 33.
 33. Michael J. Behe, *De zwarte doos van Darwin. Het biochemisch vraagteken bij de evolutie*, Uitgeverij Ten Have, Baarn, 1997, blz. 19, 48 en 49.
 34. Door mutaties beschikt het immuunsysteem van een organisme over alle mogelijke antwoorden op bedreigingen (Christian de Duve).
 35. "La sélection naturelle négative est un Dieu tout-puissant". Zie: Raymond Ruyer, *Les cent prochains siècles. Le destin historique de l'homme selon la Nouvelle Gnose américaine*, Fayard, 1977, blz. 41.
 36. Het vervolg van dit hoofdstuk is gebaseerd op een synthesetekst opgesteld door Jan Van der Veken na verschillende discussies in de Worldviews-groep over de rol van toeval in het evolutieproces en een bespreking van het artikel van Iris Fry (9 mei 1998).
 37. Iris Fry, *Are the Different Hypotheses on the Emergence of Life as Different as they Seem?*, *Biology and Philosophy*, nr. 10, 1995, blz. 400.
 38. F.J.K. Soontjens, *Natuurfilosofie en milieu-ethiek*, Boom, Amsterdam, 1993, blz. 32.
 39. Gunstige omstandigheden zijn: een planeet niet te ver van een ster zoals de zon, die lang genoeg leeft om de aarde van energie te voorzien, en uiteraard nog vele andere voorwaarden.
 40. "The chance hypothesis amounts to the "improbability hypothesis" ". Zie: Iris Fry, *Are the Different Hypotheses on the Emergence of Life as Different as they Seem?*, *Biology and Philosophy*, nr. 10, 1995, blz. 401.
 41. Het leven zal wellicht bij gelijke omstandigheden, althans in elementaire vormen, nog wel op andere plaatsen ontstaan zijn in dit universum.
 42. Iris Fry, *Are the Different Hypotheses on the Emergence of Life as Different as they Seem?*, *Biology and Philosophy*, nr. 10, 1995, blz. 389.

43. “The *a priori* answer to the question how life originated, he says, is that “*unless one adopts a creationist view...life arose through the succession of an enormous number of small steps, almost each of which, given the condition at the time, had a very high probability of happening*”. This assumption, he adds, *has to be made* simply because the alternative amounts to a miracle, that falls outside the scope of scientific inquiry” (de Duve, 1991, p. 112, emphasis Iris Fry, art. cit. p. 399) [42].
44. Jan Van der Veken, Denken aan al wat is, Universitaire pers, Leuven, 1994.
45. In dit verband kunnen we nog opmerken dat wetenschappelijk onderzoek aangetoond heeft dat coöperatieve strategieën uiteindelijk meestal succesvoller blijken te zijn dan strategieën die alleen confrontatie beogen. In de huidige industriële wereld zoekt men een evenwicht tussen concurrentie en samenwerking.
46. Men zou het ook over een energielandschap of fitnesslandschap kunnen hebben waarin men respectievelijk naar een minimum van potentiële energie of een maximum van “fitness” streeft.

BIJLAGE A

In de analytische benadering worden systemen beschouwd als opgebouwd uit een aantal onderling verbonden elementen die met elkaar interageren en eventueel ook met de omgeving in interactie zijn. De verbindingen maken de wisselwerking tussen deze elementen onderling en met de omgeving mogelijk. Ze zorgen niet alleen voor de uitwisseling van materie, energie en informatie maar staan ook in voor de structurele samenhang van het geheel. Bij het zoeken naar de constructieve krachten van de werkelijkheid dient men zich dus in de eerste plaats op het gedrag van de verbindingen te richten. De wetten die de verbindingen kenmerken, verbindingsvoorwaarden genoemd, kunnen voor fysische systemen ingedeeld worden in twee soorten. In de mechanica heeft men het bijvoorbeeld over de evenwichts- en verenigbaarheidsvoorwaarden. In feite drukken de verbindingsvoorwaarden de continuïteit in een punt van de ruimte en op een bepaald tijdstip uit. Men weet bijvoorbeeld dat de som van de krachten in een knooppunt gelijk is aan nul en dat de met elkaar verbonden punten een zelfde verplaatsing ondergaan. De evenwichts- en verenigbaarheidsvoorwaarden garanderen bijgevolg respectievelijk het evenwicht en de samenhang van mechanische systemen. Het is daarbij zeer merkwaardig dat de wetten van de mechanica geldig zijn voor de verschillende soorten van krachten die optreden. Ze gelden bijvoorbeeld zowel voor gravitatiekrachten als voor elektromagnetische krachten. Dit is ook het geval voor traagheidskrachten (zie de identiteit tussen de “trage” en “zware” massa in de relativiteitstheorie).

Opvallend is eveneens de grote overeenkomst of analogie die de diverse vormen van interactie vertonen. Hiervan wordt o.m. in de systeemtheorie en bondgrafentheorie dankbaar gebruik gemaakt. Er bestaan grote gelijkenissen tussen de verbindingsvoorwaarden uit de mechanica, elektriciteisleer, hydraulica, sterkteleer,... Deze analogieën kunnen een gevolg zijn van de voortrekkersrol die de rationele mechanica als exacte wetenschap in de wetenschapsgeschiedenis speelde en de centrale plaats die door de thermodynamica en het energiebegrip ingenomen wordt. De verbindingsvoorwaarden zijn echter niet uit de wet van energiebehoud, zoals traditioneel geformuleerd, afleidbaar. Men kan ze echter wel toeschrijven aan andere beperkingen die het algemeen kader stelt. De analogie tussen de verbindingsvoorwaarden in verschillende vakgebieden en de mogelijkheid tot het formuleren van een niet-vakgebonden algemene systeemtheorie wijzen immers sterk op het bestaan van algemene principes waaraan de interacties tussen de elementen moeten voldoen. Het algemeen kader van de werkelijkheid blijkt algemene voorwaarden van continuïteit op te leggen aan de verbindingsvoorwaarden. De verbindingsvoorwaarden dienen een doorlopend verband, een ononderbroken samenhang en aaneensluitende relaties te garanderen die de verschillende delen van een geheel met elkaar in overeenstemming brengen. Om tot een duurzame structuurvorming te leiden moeten de krachten die een rol spelen constructief samenspannen. Dit wijst op structurende principes die naast de elementaire wetten in de natuur werkzaam zijn. Om het bestaan van deze algemene principes aan te tonen richten we onze aandacht in de volgende paragrafen vooral op mechanische structuren zoals gebouwen en constructies en de energetische benadering van de structuurproblematiek.

Worden de paren van verbindingsvoorwaarden met elkaar gecombineerd dan kan men zonder moeite aantonen dat er in een knooppunt geen energie uit het niets ontstaat of in het niets verdwijnt. Op basis hiervan leidt men in de stelling der virtuele arbeid af dat de balans van de energiestromen tussen de elementen en de omgeving sluitend is. De energie die van buiten af toegevoerd wordt, wordt volledig over de elementen van het systeem verdeeld. Deze vaststelling vormt het uitgangspunt van de energetische methodes voor het bepalen van de stabiliteit van mechanische structuren. Men kan hierbij bijvoorbeeld denken aan een eenvoudige metalen brug hoofdzakelijk bestaande uit aan elkaar gelaste liggers en dwarsbalken die tengevolge van de belasting van het verkeer doorbuigt. De verbindingen verdelen de krachten over de elementen die vervormen en daarbij weerstand bieden aan de belasting. De stelling der virtuele arbeid stelt dat de energie die door de uitwendige belastingskrachten bij een kleine (virtuele) verplaatsing verricht wordt gelijk is aan de inwendige vervormingsenergie indien de belaste structuur in evenwicht en samenhangend is. Deze stelling legt dus eigenlijk in een regel vast welk verband er bestaat tussen de energie die van buitenaf toegevoerd wordt en de energie die door de elementen van een mechanische structuur opgenomen wordt. Het is belangrijk om hierbij op te merken dat de stelling der virtuele arbeid en de analoge stelling van Tellegen in feite het principe van continuïteit van energie uitdrukken. Het gaat daarbij eigenlijk om een speciale vorm van energiebehoud. In de eerste hoofdwet van de thermodynamica heeft men vooral aandacht voor het invariantieprincipe dat bij de opslag en transformatie van energie geldt. Men richt zich dus vooral op de

toestandsveranderingen die in functie van de tijd optreden. Het continuïteitsprincipe dat de verdeling van energie in de ruimte centraal stelt, blijkt veel minder bekend te zijn dan het vorige invariantieprincipe. Het vormt nochtans de hoeksteen van de sterkteleer. De via de knooppunten getransfereerde energie wordt volledig over de elementen verdeeld.

Uitgaande van de stelling der virtuele arbeid en van een bijkomende eis i.v.m. de eigenschappen van de elementen kan men o.m. aantonen dat de vervormingsenergie van een belaste mechanische structuur in stabiel evenwicht minimaal is. Men beperkt zich tot elementen die een "positief" gedrag vertonen. Deze bijkomende eis zorgt er eigenlijk voor dat de elementen en de verbindingen "constructief" samenwerken bij het verdelen van de last zodat de mechanische structuur na het verdwijnen van verstoringen naar haar evenwichtspositie kan terugkeren. In het brugvoorbeeld is daartoe vereist dat voor elk van de liggers en dwarsbalken een toename van hun belasting gepaard gaat met een toenemende vervorming. Indien aan deze voorwaarde voldaan is, is de vervormingsenergie van de brug minimaal in een stabiele evenwichtstoestand. Merk op dat er geen eis van lineariteit gesteld wordt. Het minimum volgt uit de vergelijking van alle mogelijke vervormingstoestanden die aan de verenigbaarheidsvoorwaarden voldoen. Men neemt daarbij aan dat de verplaatsingen ter plaatse van de uitwendig aangelegde krachten ongewijzigd gehouden worden. Om de structuur uit haar stabiele evenwichtspositie te brengen is bijkomende energie vereist. Valt deze energietoever weg dan keert de structuur spontaan naar haar evenwichtstoestand terug. Men kan ook stellen dat iedere afwijking t.o.v. de stabiele evenwichtspositie tengevolge van een (inwendige) verplaatsing meer energie zou vereisen dan toegevoerd werd. Men heeft hier dus met een minimum- of efficiëntie-eis te doen. Deze eis legt eigenlijk een beperking op aan de mogelijke verdelingen van krachten in en verplaatsingen van de knooppunten van de mechanische structuur. De krachten en verplaatsingen (of vervormingen) moeten op een bepaalde manier op elkaar afgestemd zijn. De minima-eis drukt dus een vrij algemeen geldende voorwaarde i.v.m. de samenhang, het evenwicht en de stabiliteit van mechanische structuren uit.

Samenvattend kunnen we bijgevolg stellen dat de wetten die de wisselwerking tussen de elementen van een fysisch systeem bepalen zo moeten zijn dat ze het behoud van structuur mogelijk maken. De verbindingsvoorwaarden voldoen aan de eisen van energiebehoud. Bovendien kunnen de verbindingsvoorwaarden ook tot algemene voorwaarden van continuïteit in de ruimte herleid worden. Bij het transport gaat geen energie verloren in de knooppunten en de toegevoerde energie is integraal in de elementen terug te vinden. In de elementen gebeuren omzettingen die eveneens aan wetten van behoud van energie voldoen. Bij het opmaken van de energiebalans dient men rekening te houden met het deel van de in warmte omgezette energie dat aan de omgeving afstaan wordt. Het evolutieproces van de ganse werkelijkheid kan dan ook gezien worden als een stroom van toestandsveranderingen ten gevolge van energietransferen, energiestockage en energietransformaties die aan de algemene continuïteits- en invariantieprincipes voldoen. Om tot duurzame structuurvorming te leiden moeten de verbindingsvoorwaarden en de eigenschappen van de elementen op een welbepaalde manier samen spannen. Mechanische structuren met zich "positief" gedragende elementen zijn constructief samenhangend en in stabiel evenwicht indien aan het minimumprincipe voldaan is. In deze visie zou de structuratie van materie uiteindelijk niet volgen uit elementaire specialistische wetten maar uit algemene (metafysische) principes die voor de werkelijkheid gelden. De wetten van de fysica blijken dan ondergeschikt te zijn aan de voorwaarden van het algemeen kader en de eisen van de totaliteit.