

Discussietekst

De wetenschappelijke kijk op de werkelijkheid

De mens vormt zich van nature een beeld van zijn omgeving en zichzelf. Dit beeld is onmisbaar voor zijn overleven als individu en als soort. Het wereld- en mensbeeld biedt hem immers de mogelijkheid om toekomstige gebeurtenissen te voorzien en zich erop voor te bereiden. De wetenschap is een collectieve en systematische inspanning om kennis over de aard van de werkelijkheid te verzamelen en te structureren. De verschillende wetenschappen richten zich op een bepaald deel en aspect van de werkelijkheid.

Het project van de wetenschap is zeer succesvol gebleken. Soms worden de mogelijkheden van de wetenschappen echter overschat. Het voorspellend vermogen de menswetenschappen is bijvoorbeeld beperkt in vergelijking met de exacte wetenschappen. Hoewel de wetenschappen pretenderen van niet dogmatisch te zijn, is het denkkader van de wetenschap toch op een aantal vooronderstellingen gebaseerd waarvan sommige betwist kunnen worden. In het volgende punt worden de voornaamste uitgangspunten en benaderingen van de exacte wetenschappen geschetst.

1. Het wetenschappelijk denkkader

Het is de bedoeling van de denkgroep Worldviews om een integrerend wereldbeeld te ontwikkelen dat op de wetenschappelijke interpretatie van de werkelijkheid gebaseerd is. Het gaat niet om een encyclopedische verzameling van kennis maar om een denkkader waarin zowel de exacte wetenschappen als de menswetenschappen kunnen ingepast worden. In deze domeinen van de wetenschap bestaan echter uiteenlopende visies op de aard van de werkelijkheid.

De wetenschap kan niet vergeleken worden met een goed gepland, overzichtelijk geconcipieerd, solide gefundeerd en afgewerkt gebouw. Het gaat eerder om een bouwwerf met een aantal historisch gegroeide gebouwtjes waaraan voortdurend bijgebouwd en verbouwd wordt. Men is onzeker over de ondergrond en er bestaat instortingsgevaar. Eigenlijk zou men vanaf nul moeten herbeginnen. Ook de wetenschap is aan herdenken toe. Bij het ontwikkelen van ons integrerend denkkader kozen we voor een exact-wetenschappelijk uitgangspunt.

Zoals een verhaal geeft de wetenschap een beschrijving van de werkelijkheid. In de wetenschap gaat het echter niet om een fictief verhaal, een verslag van denkbeeldige situaties en gebeurtenissen. Wetenschapsmensen zijn op zoek naar beschrijvingen die nauw bij de reële werkelijkheid aansluiten. De realiteit vormt de toetssteen van de wetenschap. Bevestiging door observaties en experimenten is een voorwaarde voor het aanvaarden van een hypothese.

Dat het 'verhaal' een bepaald deel en aspect van de werkelijkheid waarheidsgetrouw weergeeft is zeker in de exacte wetenschappen echter niet voldoende. De beschrijving moet een voorspellende kracht hebben en informatie verschaffen om doelmatig in de werkelijkheid in te grijpen en het

gebeuren te beheersen. Het voorspellen van verschijnselen die nog nooit geobserveerd werden is een sterk argument voor de acceptatie van een theorie.¹

In de wetenschap wordt de werkelijkheid op een rationele wijze bestudeerd. De beschrijvingen dienen aan de eisen van de logica te beantwoorden. Ze worden ook niet alleen in taalvorm weergegeven. In de exacte wetenschappen beperkt men zich bovendien niet tot kwalitatieve benaderingen maar geeft men de voorkeur aan kwantitatieve methodes. De wiskunde speelt een belangrijke rol bij het formuleren van de natuurwetten in onder andere de fysica.

De werkelijkheid is een gegeven. De wetenschappers moeten aanvaarden dat de elementaire deeltjes en fundamentele wetten bijvoorbeeld zijn zoals ze zijn. Ze kunnen slechts 'ont-dekken' wat bestaat en wat mogelijk is. In toegepaste wetenschappen zoals de ingenieurswetenschappen tracht men de mogelijkheden die de natuur biedt te exploiteren. Ingenieurs worden ook met een 'niet-ideale' werkelijkheid geconfronteerd en botsen op de beperkingen van de wetenschappelijke kennis.

De dingen en verschijnselen die deel uitmaken van de werkelijkheid worden in een ruimte- en tijds kader geplaatst. Het verleden is onbereikbaar geworden en de toekomst komt als het ware naar ons toe. Onze ingrepen kunnen alleen effect hebben op de toekomst. Niet alles is dus mogelijk. Naast de asymmetrie in de tijd, aanvaarden de wetenschappers ook dat er wetten bestaan die door de natuur gerespecteerd worden. Deze wetten leggen de 'spelregels' vast die in de werkelijkheid gelden.

Het bestaan van wetmatigheden is eigenlijk gebaseerd op de waarneming dat er dingen en verschijnsel zijn die in ruimte en tijd terugkeren. Zijn de omstandigheden gelijk aan die van vroeger dan zal hetzelfde nu opnieuw gebeuren. Het vaststellen van zich herhalende patronen maakt voorspellingen mogelijk. Wetenschappelijke voorspellingen zijn dus gefundeerd op extrapolatie van kennis uit het verleden.

In de analytische benadering wordt de werkelijkheid beschouwd als een aantal entiteiten die met elkaar in interactie zijn. De totaliteit bestaat uit eenheden die materie en energie uitwisselen. Men neemt aan dat we het gedrag van een geheel kunnen afleiden uit de eigenschappen van de delen en de wetten die interacties kenmerken. Dat een geheel meer (of anders) is dan de som van zijn delen wordt toegeschreven aan de wisselwerking tussen de entiteiten.

Wetenschappers ontwikkelen mentale beelden van de werkelijkheid. Daarbij gebruiken ze naast de alledaagse taal vooral logische en wiskundige modellen om de werkelijkheid te beschrijven. De werkelijkheid wordt dan als een abstract web van relaties beschouwd. Deze relaties beschrijven de verbanden die het gedrag en de evolutie van de bestudeerde entiteiten kenmerken. De verschillende wetenschappen richten zich op een deel van het web.

Het web van relaties overdekt de werkelijkheid nog niet volledig en vormt geen samenhangend geheel. De wetenschappers trachten de 'gaten' in het web van relaties te dichten en de losse delen met elkaar te verbinden. Ze zijn er van overtuigd dat het mogelijk is om de wetenschappelijke kennis

¹ In 1915 publiceerde Albert Einstein zijn algemene relativiteitstheorie die de kromming van de ruimte-tijd in de omgeving van een massa inhoudt. Deze theorie werd tijdens een zonsverduistering in 1919 door Arthur Eddington bevestigd toen hij de voorspelde afbuiging van het licht van een ster waarnam. Zie: http://nl.wikipedia.org/wiki/Algemene_relativiteitstheorie

tot een consistent geheel² te integreren. Deze unificatie wordt ook als een belangrijke opdracht van de wetenschap gezien.

In de reductionistische visie is men er bovendien zeker van dat het mogelijk is om het aantal relaties sterk te verminderen. Er wordt aangenomen dat er fundamentele relaties bestaan waartoe alle andere relaties kunnen herleid worden. Uitgaande van dit beperkt aantal fundamentele relaties zou het dan ook mogelijk zijn om de andere relaties af te leiden. Indien men deze fundamentele relaties vindt wordt het mogelijk om de werkelijkheid op een zeer compacte manier weer te geven.

De wetenschapsbeoefening zou weinig zin hebben indien alles volledig verschillend, nieuw en uniek was. De wetenschap is in feite gebaseerd op het in ruimte en tijd terugkeren van de dingen en verschijnselen. Wetten zijn overal geldige en terugkomende gedragspatronen. Het aanvaarden dat er natuurwetten zijn houdt eigenlijk het bestaan van herhaling in. Ook blijkt men in de veranderingen bepaalde vormen van behoud te kunnen ontdekken. Deze invarianten of symmetrieën worden als de sleutel tot de werkelijkheid gezien.

Wetenschap zou ook onmogelijk zijn indien iedere observator een totaal ander beeld van de werkelijkheid heeft. We nemen aan dat de natuurwetten universeel geldig zijn en dat iedere observator dezelfde wetten kan ontdekken. Dit is een voorwaarde voor objectieve kennis. Bovendien veronderstellen we dat inductieve veralgemening mogelijk is. Herhaaldelijk terugkerende en door verschillende observatoren vastgestelde patronen kunnen als wetten beschouwd worden.

De aanname dat objectieve kennis mogelijk is houdt in dat wetten aan bepaalde voorwaarden van invariantie of symmetrie moeten voldoen.³ Ze dienen bijvoorbeeld schaalinvariant te zijn. De keuze van eenheden mag geen invloed hebben op de wiskundige formulering van een wet.⁴ Dit betekent dat de wetten aan bepaalde vormvoorwaarden moeten voldoen. Het is geen toeval dat wetenschappers wetten met een 'esthetische vorm' verkiezen. Ook de causale eis dat het gevolg niet voor de oorzaak mag komen, legt beperkingen op aan de vorm die wetten mogen aannemen.

In de exacte wetenschappen en in het bijzonder de ingenieurswetenschappen wordt dikwijls gebruik gemaakt van de analytische methode om het gedrag van een complex geheel te voorspellen. De analytische methode is eigenlijk op het 'verdeel en heers' principe gebaseerd. Men gaat ervan uit dat de gedrag van een geheel volledig bepaald wordt door de eigenschappen van de delen en de relaties die hun interacties kenmerken. Na het opsplitsen van het geheel in eenvoudiger delen en het beschrijven van deze delen (de analysefase) worden de interacties met verbindingsvoorwaarden terug ingevoerd (de synthesefase).

Een doorgedreven toepassing van de analytische methode leidt tot het atomisme. De gehelen kunnen opgesplitst worden in elementaire deeltjes. Daarbij wordt aangenomen dat er slechts een beperkt aantal soorten van elementaire deeltjes bestaan die identieke eigenschappen hebben. De micro-reductionistische visie op de werkelijkheid is gebaseerd op de overtuiging dat de kennis over elementaire deeltjes en fundamentele wetten volstaat om de werkelijkheid volledig te beschrijven.

² Zonder logische tegenstrijdigheden.

³ Het gaat om abstractie vormen van symmetrie.

⁴ Schaalinvariantie vormt de basis van dimensionele analyse.

De micro-reductionistische visie komt overeen met de axiomatische benadering van de wiskunde.⁵ In een axiomatisch gestructureerde theorie wordt de veelheid van stellingen tot een beperkt aantal uitgangspunten, axioma's genoemd, herleid. De beschrijving van de elementaire deeltjes en hun interacties kan als het axiomastelsel van de werkelijkheid beschouwd worden. Men neemt dan aan dat we de relaties die het gedrag van een geheel kenmerken uit de fundamentele wetten kunnen afleiden en dat deze wetten dit gedrag bijgevolg verklaren.

De fundamentele wetten zijn algemeen geldig en mogen als 'universeel verklarende kennis' beschouwd worden.⁶ Dit houdt in dat we ze in uiteenlopende situaties mogen toepassen om verschijnselen te verklaren. Bovendien is het mogelijk om uitgaande van de fundamentele wetten toekomstig gedrag te voorspellen. Het voorspellend vermogen blijkt echter beperkingen te hebben. Zelfs vrij eenvoudige deterministische systemen kunnen zich 'chaotisch' gedragen.⁷ Dit gedrag is zeer warrig en onvoorspelbaar maar mogen we niet met willekeur (random) verwaren.

De relaties die het gedrag van delen en de interacties tussen delen kenmerken kunnen deterministisch of stochastisch van aard zijn. Ook een geheel kan zich deterministisch of stochastisch gedragen. In het eerste geval hebben we met causale wetten te doen die het verband tussen oorzaak en gevolg vastleggen. In het tweede geval spelen toeval en waarschijnlijkheid een bepalende rol. Het toeval wordt ingeroepen indien er geen oorzaken voor een fenomeen bekend zijn. Waarschijnlijkheid of kans wijzen op verschillende mogelijke gevolgen voor een zelfde oorzaak.

Het blijkt mogelijk om globale uitspraken te doen over het gedrag van een geheel zonder dat het inwendige van de elementen en hun interacties bekend zijn of in rekening gebracht worden. Men kan grootheden vinden die onveranderd blijven tijdens de wijzigingen van toestand. Dit leidt tot behoudswetten zoals de wet van behoud van energie en van impuls (hoeveelheid beweging). Voor mechanische systemen is Emmy Noether er in geslaagd om deze en andere behoudswetten uit eisen voor objectieve kennis⁸ af te leiden.

De wet van behoud van energie of tweede hoofdwet van de thermodynamica drukt de equivalentie van mechanische energie (arbeid) en thermische energie (warmte) uit. In elk van de exacte wetenschappen kon een energiebegrip gedefinieerd worden. Het energiebegrip en de wet van behoud van energie vormden de sleutel om de verschillende exacte wetenschappen met elkaar te verbinden. Merk hierbij op dat het energiebehoud zowel in de tijd als in de ruimte geldt.

Opmerkelijk is ook dat de verbindingswetten in de verschillende exacte wetenschappen dezelfde vorm aannemen. Dit is bijvoorbeeld het geval met de evenwichts- en verenigbaarheidsvoorwaarden uit de mechanica en de stroom- en spanningswetten van Kirchhoff uit de elektriciteitsleer. Ook de modellen die voor de mechanische en elektrische bouwstenen gelden vertonen dikwijls een grote overeenkomst. Deze analogieën worden bij de studie van multidisciplinaire systemen gebruikt.

⁵ De stellingen van de euclidische meetkunde kunnen bijvoorbeeld uit de axioma's van Euclides afgeleid worden.

⁶ Voor het verklarend vermogen van een theorie zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Explanatory_power

⁷ Zie bijvoorbeeld de dubbele slinger: http://en.wikipedia.org/wiki/Double_pendulum

⁸ Een observator dient dezelfde wetten vast te stellen onafhankelijk van onder meer zijn positie en het tijdstip van de observatie. In feite gaat het om vormen van symmetrie.

Hoewel doelgericht gedrag principieel afgewezen wordt, ontdekte men toch een aantal extremaalprincipes. Bepaalde grootheden streven naar een minimum of een maximum. Een voorbeeld daarvan is de entropiewet of tweede hoofdwet van de thermodynamica. De entropie van een geïsoleerd systeem streeft naar een maximum. Ook het neo-darwinistische 'survival of the fittest', het overleven van de best aan de omgeving aangepaste soorten, kan als een extremaalprincipe beschouwd worden.

Entropie is een vrij moeilijk begrip uit de thermodynamica. Het kan in verband gebracht worden met wanorde. Het entropiebegrip wordt ook in de informatietheorie gebruikt. Uit tweede hoofdwet van de thermodynamica wordt de warmtedood van het heelal afgeleid. De tweede hoofdwet van de thermodynamica is ook gerelateerd met de onmogelijkheid van een perpetuum mobile (eeuwigdurende beweging). De realiteit is niet ideaal en men wordt steeds met energiedissipatie en energieverliezen geconfronteerd.

Het denkkader van de exacte wetenschappen dient dikwijls als model voor de humane wetenschappen. De micro-reductionistische visie op de werkelijkheid wordt in de humane wetenschappen echter betwist. Zelfs binnen de exacte wetenschappen botst deze benadering op haar grenzen. Rond een aantal vooronderstellingen bestaat nog steeds discussie.

2. Belangrijke discussiepunten

Bekend is vooral het debat tussen Albert Einstein en Niels Bohr over de interpretatie van de kwantummechanica. Het gedrag van de kwantumdeeltjes blijkt in strijd te zijn met de deterministische wetten van de klassieke mechanica. Onzekerheid, onbepaaldheid en waarschijnlijkheid spelen een belangrijke rol. Einstein weigerde dit te aanvaarden en stelde dat er 'verborgen veranderlijken' uit het oog verloren waren. Deze discussie is nog steeds niet volledig afgesloten.⁹ Hoewel het formalisme van de kwantummechanica goed werkt, worstelt men nog altijd met de begrijpbaarheid van de kwantummechanica en stelt zich vragen over de grondslagen van deze theorie.¹⁰

De vraag of de werkelijkheid deterministisch of stochastisch van aard is werd nog altijd niet bevredigend beantwoord. Veel fysici zijn er van overtuigd dat deterministisch gedrag het statistisch resultaat is van toevalsprocessen en dat waarschijnlijkheid dus een fundamentele eigenschap is van de werkelijkheid. Sommigen beschouwen daarentegen toeval als het gevolg van complex causaal gedrag. Hoe dan ook, we kunnen ons niet van de indruk ontdoen dat het toeval in bepaalde theorieën te pas en te onpas ingeroepen wordt.

Doelgerichtheid of finaliteit is eveneens een discussiepunt. We hebben reeds gewezen op de extremaalprincipes die als een vorm van doelgerichtheid beschouwd kunnen worden. Door het formuleren van doelstellingen kan met het globaal gedrag van een systeem zeer compact weergegeven.

⁹ Gerard 't Hooft stelt een diepere laag van de kwantummechanica voor die deterministisch van aard is: <http://www.nature.com/news/2003/030108/full/news030106-6.html> en <http://arxiv.org/pdf/quant-ph/0212095v1.pdf>

¹⁰ *Nevertheless, the foundations of quantum mechanics themselves remain hotly debated in the scientific community, and no consensus on essential questions has been reached.* Zie: <http://arxiv.org/pdf/1301.1069v1.pdf>

In het gedrag van mensen en organisaties kunnen we een doelgerichtheid onderkennen. Er schijnt in de natuur ook een neiging te bestaan en er blijken organiserende principes te spelen die de evolutie in de richting van een toenemende complexiteit stuwen. Zelfs wie doelgerichtheid afwijst kan moeilijk ontkennen dat het evolutieproces tot de creatie van een menselijk wezen geleid heeft dat bepaalde doelen nastreeft. Het veelvuldig als 'deus ex machina' ter hulp roepen van toeval is rationeel gezien een gemakkelijheidsoplossing.

Minder bekend is de discussie over 'emergentie', het opduiken van onverwachte nieuwe eigenschappen en verschijnselen, die micro-reductionistisch onverklaarbaar lijken. Gehelen kunnen gedragpatronen vertonen die totaal anders zijn dan die van de niet-interagerende delen. Het inzicht groeit dat dit gedrag in bepaalde gevallen niet volledig bepaald kan worden uitgaande van informatie over de delen en hun interacties. De fundamentele wetten volstaan niet voor verklarings- en voorspellingsdoeleinden. Dit betekent echter niet noodzakelijkerwijs dat het emergentieverijnsel zich volledig aan de rationaliteit onttrekt en dat het micro-reductionistisch project volledig faalt. Er kan een beroep gedaan worden op principes en voorwaarden zoals extreemaalprincipes en symmetrievorwaarden die bijkomende informatie verschaffen om emergent gedrag te bepalen.

Voor al in de filosofische wereld bestaat er een debat over het emergentiebegrp en de diverse vormen van emergentie. De sterke vormen van emergentie stellen het heersend micro-reductionistisch paradigma in vraag. In de menswetenschappen wordt emergentie meestal aanvaard. De micro-reductionistische visie is nog steeds dominerend in de exacte wetenschappen. Het inzicht groeit echter dat deze benadering fundamentele beperkingen heeft. Zelfs wie emergentie om principiële redenen afwijst is de facto gedwongen om te doen alsof het bestaat. Men is immers nog niet (of zelfs niet) in staat om alle gedrag uit fundamentele wetten af te leiden. De 'black box' benadering biedt dan dikwijls een oplossing.¹¹

Het gedrag van de mens laat zich moeilijk in een deterministisch kader vatten. Ook statistische benaderingen bieden geen volledige oplossing. Het onderkennen dat individuen, organisaties en gemeenschappen globaal gezien doelstellingen, normen en waarden nastreven kan wat uitkomst bieden. De erfelijkheid karakteristieken en voorgeschiedenis geven iedere mens evenwel aparte karaktertrekken. Het uitzonderlijke en eenmalige ontsnapt echter aan de methode van de exacte wetenschappen. Wetten veronderstellen immers herhaling en herhaalbaarheid. In de menswetenschappen heeft men dikwijls met het unieke en niet repetitieve te doen. Sommige uitzonderlijke gebeurtenissen hebben een zeer grote impact en mogen dan ook niet uit het oog verloren worden.¹²

In deze discussies staan de visies van de exacte wetenschappen en menswetenschappen dikwijls rechtlijnig tegenover elkaar. Denk bijvoorbeeld aan het lichaam-geest probleem.¹³ Een wetenschappelijk en integrerend wereldbeeld zou beide standpunten met elkaar moeten kunnen verzoenen. Een pragmatisch compromis lijkt niet onmogelijk. Ons voorstel bestaat uit een gelaagde structuur van de wetenschappelijke kennis waarin speelruimte voor emergentie bestaat. Deze

¹¹ Zie: http://nl.wikipedia.org/wiki/Zwarte_doos

¹² Nassim Nicholas Taleb heeft over 'zwarte zwanen': http://en.wikipedia.org/wiki/The_Black_Swan_%28Taleb_book%29

¹³ Zie: http://nl.wikipedia.org/wiki/Filosofie_van_de_geest

ruimte wordt beperkt door een combinatie van opwaartse 'oorzakelijkheid'¹⁴ (upward causation), neerwaartse 'oorzakelijkheid' (downward causation) en formele eisen. De marge voor emergente wetten die het micro-reductionisme nog laat, wordt dan afgebakend door extremaalprincipes en symmetrievorwaarden. Dit voorstel werd in '*Nieuwheid denken. De wetenschappen en het creatieve aspect van de werkelijkheid*' verder uitgewerkt.¹⁵

In de exacte wetenschappen is men vertrouwd met wetten waar niet aan te tornen valt. Ingenieurs weten zeer goed dat het negeren van deze natuurwetten onvermijdelijk tot problemen leidt en met ongevallen en zelfs rampen kan afgestraft worden. De wetten die in de menswetenschappen gelden zijn vager en minder dwingend. Op termijn kan het overtreden van deze wetten echter nefaste gevolgen hebben voor individuen en gemeenschappen. De mens kan ook zijn eigen wetten maken om conflicten te vermijden en de maatschappij te ordenen. Dit alles leidt misverstanden in de menswetenschappen over de mogelijkheden en beperkingen van de exacte wetenschappen. Het water stroomt bijvoorbeeld van nature steeds van een hoger naar een lager punt en geen decreet kan daar iets aan veranderen. Ook de hoofdwetten van de thermodynamica zijn niet omzeilen om energie- en milieuproblemen op te lossen.

Hubert Van Belle

29/05/2013

23/09/2020

¹⁴ Oorzakelijkheid wijst hier op de relatie tussen wetmatigheden en niet op het verband tussen oorzaak en gevolg.

¹⁵ H. Van Belle en J. Van der Veken (ed.), *Nieuwheid denken. De wetenschappen en het creatieve aspect van de werkelijkheid*, Acco, Leuven, 2008.