

Holisme, emergentie, eigenschapstoekenning en
begripsvorming vanuit fysisch perspectief.

∞ M.P Seevinck ∞

E-mail: M.P. Seevinck@phys.uu.nl

Utrecht University, The Netherlands, July 2005.

∞ **Motivatie en opzet** ∞

- Ik probeer aan te geven hoe de natuurkunde, althans de grondslagen van de natuurkunde, met begripsvorming omgaat. Hopelijk werpt dit vruchten af voor jullie eigen vakgebied en met name met betrekking tot de vraag waar DST toe in staat is.
- Grondgedachte: Een streng formele omgang met begrippen maakt vooruitgang mogelijk. Maar kan het ook vertragen, als men geen nieuwe begrippen of nieuwe begripsinhouden durft te denken, maar volhardt in één enkele (formele) opvatting.
- Ik bekijk de vraag naar de verschillende definities en betekenissen van de begrippen holisme en emergentie vanuit fysisch perspectief. Hierbij betrek ik in meer abstracte zin hoe eigenschapstoekenning en begripsvorming plaats vindt binnen de structuur van natuurkundige theorieën.
- Eventueel belanden we op de vraag naar de betekenis van de begrippen zelforganisatie en neerwaardse causaliteit.

∞ Holisme ontrafeld ∞

De intuïtie achter holisme:

Het geheel is meer dan de som der delen.

Dit is een te vage definitie, er is dus een scherpere formulering vereist. Daartoe worden de volgende vragen relevant:

A: Wat is een geheel? Wat is een deel? Wat betekent het dat een geheel uit delen bestaat?

B: Op wat voor soort gehelen is dit begrip van toepassing? Welke vormen van holisme zijn er?

C: Wat verstaan we onder ‘de som der delen’?

D: Wat bedoelen we met ‘meer dan’? Over wat voor een soort relatie hebben we het?

Ad A)

Dit zijn ontologische vragen. Maar ze worden vaak als onproblematisch gezien. Een object is een geheel als het uit samenstellende delen bestaat.

Ad B)

Er bestaan verschillende formuleringen van holisme:

1. **Metafysisch holisme** (eigenschapsholisme): Eigenschappen van een geheel zijn niet bepaald of kunnen niet worden bepaald door intrinsieke eigenschappen of relaties van de samenstellende delen.
2. **Verklaringsholisme**: De verklaring van bepaald gedrag van een geheel kan niet verkregen worden door (het gedrag van) de samenstellende delen en hun onderlinge relaties te analyseren.
3. **Betekenis holisme**: De betekenis van een bepaalde term kan niet worden gegeven zonder de term te beschouwen in de volledige context van de functie en het gebruik van die term in de taal waar het deel van uitmaakt.

Ad C)

Het begrip 'de som der delen' is niet triviaal: het duidt natuurlijk de delen zelf aan, maar ook de onderlinge relaties waarin deze delen tot elkaar staan alsmede de onderlinge interacties. Er moet gedefinieerd worden wat er in de 'som der delen'-basis zit.

Ad D)

De relatie 'meer dan', vereist een (theoretische) uitwerking die deze relatie (holisme) onderscheidt van alle andere relaties die een geheel ten opzichte van de samenstellende delen en hun onderlinge relaties kan hebben.

Opmerkingen:

1) Holisme duidt op een specifiek relationeel predicaat, te onderscheiden van andere relationele predicaten die enkel en alleen aan een geheel (aan een totaliteit) toekomen.

Maak onderscheid:

- Eigenschap A komt enkel en alleen toe aan een geheel, maar volgt wel uit de eigenschappen en onderlinge relaties van de delen. Voorbeeld: Totale massa, onderlinge afstand, hardheid van een object, functie van een mechanisch systeem. Deze zijn niet holistisch, maar ‘totaliteitseigenschappen’.
- Eigenschap B komt enkel en alleen toe aan een geheel, doch het is holistisch. Het is meer dan de som van de eigenschappen van de delen.

2) Het onderscheid tussen lokaal en globaal is ambigu.

We bekijken eigenschappen van samengestelde systemen (=globale eigenschappen) in termen van eigenschappen van deelsystemen (=locale eigenschappen). Lokaal in de zin van beperkt tot een subsysteem (deel), niet in ruimtelijke zin. De kwestie van ruimtelijke uitgebreidheid komt niet aan de orde.

3) Niet alleen de eigenschappen van de delen, maar ook de onderlinge relaties, de specifieke configuratie en onderlinge interacties spelen een rol. Dit moet dus opgenomen worden in de relevante 'som der delen'-basis.

∞ Holisme in fysische theorieën ∞

In de natuurkunde is de doctrine van metafysisch holisme relevant. De natuurkunde betreft immers de beschrijving en voorspelling van de eigenschappen van fysische objecten en hun verandering.

Theorieën of **interpretaties van theorieën** kunnen als holistisch bestempeld worden, de objecten zelf niet.

Als een theorie holistisch is, zijn er objecten wiens eigenschappen volgens de theorie op een holistische manier beschreven moeten worden. Andere theorieën (interpretaties) beschrijven hetzelfde object misschien niet holistisch.

Holisme is te vinden op het vlak van **de structuur** van de theorie. Precieser: op het vlak van de structuur van de eigenschappen zoals toegekend aan samengestelde systemen en aan de samenstellende delen. Het is een structuurpredicaat. Het is niet een dynamisch predicaat, zoals emergentie, wat op het vlak van de dynamica gezocht moet worden.

Een criterium voor holisme is dus in termen van het formalisme geformuleerd, eventueel afhankelijk van een **eigenschaps-toekenningsregel** die men gekozen heeft.

Specificatie van de gebruikte eigenschapstoekenningsregels is dus noodzakelijk. Er komt hierdoor immers een **streng en eenduidig verband** tussen het predikaat ‘eigenschap’ en structurele/formele aspecten van de theorie, in termen van de formele theorie.

Dit geeft ruimte voor **verschillende interpretaties**, omdat er verschillende eigenschapstoekenningsregels te kiezen zijn. (met name in de quantummechanica.)

∞ Dynamische en statische eigenschappen ∞

De **statische eigenschappen** karakteriseren het bestudeerde systeem, geven aan welke wetten en krachten er op werken.

Op elke klasse van karakteristieke systemen zijn specifieke fysische theorieën van toepassing, elk met hun eigen wetten.

Deze wetten geven bovendien aan welke veranderlijke eigenschappen (de **dynamische eigenschappen**) aan het systeem toegekend kunnen worden.

- Statische eigenschappen: massa, lading, spin.
- Dynamische eigenschappen: plaats, impuls, spinoriëntatie.

De dynamische eigenschappen worden in een **toestandsruimte** beschreven.

Een toestandsruimte is een wiskundige structuur waarin **alle mogelijke toestanden** van fysisch systeem in vervat liggen, alsmede de wijze waarop deze verschillende mogelijke toestanden zich tot elkaar verhouden.

Er zijn **meerdere mogelijkheden** om uit de toestandruimte van de delen, de toestandruimte van het geheel te construeren.

Eigenschappen zijn in het algemeen specifieke **functies op de toestandruimte**. Dit is een welgedefinieerde wiskundige bewerking.

Bijvoorbeeld: Dynamische systeem theorie voor fysische systemen.

- De toestandruimte is een (meerdere-dimensionale) faseruimte waarin de plaatsen en posities (en alle andere dynamische eigenschappen) van de systemen zijn vastgelegd. Voor elke vrijheidsgraad neemt de dimensie met één toe.
- Eigenschapstoekeningsregel: Er is een één-op-één relatie tussen de verzameling eigenschappen en de toestanden in de toestandruimte: eigenschappen zijn geassocieerd met deelverzamelingen van de toestandruimte.
- Een gevolg hiervan is dat de logische structuur van alle proposities over de eigenschappen van een systeem geïdentificeerd kan worden met de *Booleaanse σ -algebra* van deelverzamelingen van de toestandruimte. (= klassieke logica kan bedreven worden)

∞ **Terug naar de vraag naar Holisme in fysische theorieën** ∞

Het formele schema voor het bepalen van een criterium van holisme in fysische theorieën is als volgt:

- (A) Hoe beschrijft de theorie een geheel; hoe worden de toestandsruimten van de samenstellende delen tot die van het geheel gevormd?
- (B) Over wat voor soort eigenschappen gaat holisme? De dynamische, niet de statische, want de wetten in een theorie betreffen de dynamische eigenschappen.
- (C) Wat betekent de gebruikte eigenschapstoekeningsregel voor de relatie tussen (i) eigenschappen in de samengestelde toestandsruimte behorende bij het geheel en (ii) eigenschappen in de afzonderlijke toestandsruimten van de delen?
- (D) Hoe hangen deze eigenschappen samen? En wat betekent dan 'meer dan de delen' precies in termen van het formalisme?

(A) Supervenientie criterium

Een theorie is holistisch dan en slechts dan als sommige eigenschappen van het geheel niet supervenieren op intrinsieke eigenschappen of relaties van de delen (welke samen de *supervenientie basis* vormen).

Cruciale elementen:

- 1:** Het type afhankelijkheid dat het geheel m.b.t. de delen moet hebben om van holisme te spreken is *niet-supervenientie*.
- 2:** De inhoud van de supervenientie basis moet worden bepaald omdat het supervenientie criterium afhangt van deze basis.

Deze basis zijn de kwalitatieve, intrinsieke eigenschappen en relaties van de delen, d.w.z. de eigenschappen en relaties die ze uit zichzelf hebben onafhankelijk van andere objecten en onafhankelijk van het geheel dat ze vormen.

What is supervenientie?

De notie van supervenientie is bedoeld om een specifieke relatie tussen eigenschappen van een geheel en eigenschappen van de delen te beschrijven. De intuïtie achter deze relatie is vervat in de volgende onmogelijkheidseis.

Het is niet mogelijk dat twee dingen hetzelfde zijn met betrekking tot hun subveniente eigenschappen (eigenschappen op een lager niveau), zonder dat ze ook identiek zijn met betrekking tot hun supervenierende eigenschappen (eigenschappen op een hoger niveau).

De eerste zijn eigenschappen van de delen, de tweede eigenschappen van het geheel. Het idee is nu dat er geen relevant verschil is in het geheel zonder ook een verschil in de delen (maar niet vice versa).

(B) Epistemologisch criterium

Een fysische theorie is holistisch als het in principe onmogelijk is voor waarnemers die elke een deelsysteem beschouwen om de globale eigenschappen van een samengesteld systeem (zoals toegekend door de theorie) te bepalen, bij gebruik van enkel en alleen de bronnen die beschikbaar zijn voor die waarnemers.

Cruciale elementen:

- 1:** Het leidende idee is dat een theorie holistisch als het eigenschappen beschrijft waarvan het op geen enkel wijze mogelijk is deze te achterhalen door gebruik van alleen lokale middelen, d.w.z. door gebruik van alleen niet-holistische bronnen.
- 2:** Cruciaal is de specificatie van deze bronnen. Het idee is dat dit alle niet-holistische bronnen geschikt voor eigenschaftsbepaling zijn.
 - Voorstel: deze bronnen bevatten in ieder geval alle locale operaties en klassieke communicatie middelen.

Wat is het verschil tussen beide benaderingen?

Het is een overgang van ontologie naar epistemologie.

Dit verschil is analoog aan het verschil tussen de twee alternatieve definities van **determinisme**:

- 1). Vanuit een **ontologisch** standpunt is determinisme het bestaan van één mogelijke toekomst voor elke mogelijk heden.
- 2). Vanuit een **epistemologisch** standpunt, is het de principiële mogelijkheid om de toekomst te kunnen achterhalen gegeven het heden.

Recapitulatie:

Wat is 'meer dan'?

- (a) niet-supervenientie
- (b) kentheoretisch principeel voor ons verborgen

Wat is de som der delen?

- (a) supervenientie basis, ontologie
- (b) bronnen van mogelijke kennis, epistemologie.

Focus?

- (a) supervenientie van eigenschappen
- (b) het kunnen achterhalen van eigenschappen

∞ Zijn klassieke fysica en de quantummechanica holistisch? ∞

(I) Klassieke fysica?

In de klassieke fysica worden de toestandsruimten van de samenstellende delen tot die van het geheel gevormd via een **Cartesisch product**.

Gevolg:

Zowel in de epistemologische als supervenientie benadering is er geen holisme, want alle eigenschappen van een geheel zijn uniek bepaald door eigenschappen en onderlinge relaties van de delen.

Conclusie:

Geen enkele theorie die gebruikt maakt van een cartesisch product om toestandsruimten aan elkaar te knopen (faseruimte-theorieën, configuratieruimte-theorieën) kan holistisch zijn.

Dus de Dynamische Systeem Theorie ook niet.

(B) Quantummechanica?

In de quantummechanica worden de toestandsruimten van de samenstellende delen tot die van het geheel gevormd via een **tensor product op een Hilbertruimte**.

Gevolg:

De toestanden van een samengesteld systeem zijn in het algemeen niet uniek samen te stellen uit toestanden van de deelsystemen.

Conclusie:

Bij gebruikmaking van de zogenaamde orthodoxe eigenschapstoekenningsregel geven beide criteria holisme, doch niet altijd in dezelfde gevallen.

Echter, in de Bohmiaanse interpretatie, met een andere meer beperkte eigenschapstoekenningsregel (doch empirisch toereikend) is er geen holisme.

∞ Emergentie ∞

Intuïtie: Het ontstaan van irreducibele nieuwe eigenschappen van een geheel vanuit het samenspel van de delen.

Vragen:

- (a) In welke zin moeten we ‘ontstaan’ opvatten?
- (b) Wat betekent ‘irreducibel’ precies?
- (c) Kunnen alleen dynamische eigenschappen of ook statische eigenschappen emergent zijn?

Er zijn weer verschillende formuleringen:

- **Ontologische emergentie.** ‘Irreducibel’ in de zin van een andere graad van zijn. Vereist dat er emergente statische eigenschappen zijn. Want er moeten nieuwe veroorzakende vermogens ontstaan. Vereist een gelaagdheid: graden in het zijn.
- **Epistemologische emergentie.** ‘Irreducibel’ in de zin van niet te verklaren, niet te voorspellen. Op het vlak van het geheel zijn er eigenschappen die niet te voorspellen zijn vanuit het gedrag en onderlinge interacties van de delen.

Opmerkingen:

(A) Ontologisch:

Wat moeten we met een gelaagdheid van de wereld? Laat de fysica dat fundamenteel toe?

Zo nee, misschien vereisen andere vakgebieden dus het invoeren van extra ontologie, van gelaagdheid van de wereld.

(B) Epistemologisch:

Laat de fysica in haar theorieën en wetten de mogelijkheid open voor een fundamentele grens aan reduceerbaarheid?

Hoe zit het met DST en de rol van collectieve parameters?

In de DST zou een formulering van emergentie kunnen zijn:

De samenstellende delen hebben een dusdanige onderlinge interactie of met de omgeving dat hun vrijheidsgraden dusdanig beperkt worden dat er ‘geordend gedrag’ ontstaat dat irreducibel is t.o.v. gedrag van de delen. (Bijv. periodiek gedrag, attractor gedrag).

Echter, **ontologische emergentie is niet mogelijk** want de DST laat geen irreducibele gelaagdheid van de wereld toe. Dit zou met de hand ingevoerd moeten worden.

Epistemologische emergentie in de DST is **eveneens onmogelijk** omdat beperking van vrijheidsgraden, waardoor structuur (orde) ontstaat en waardoor collectieve parameters een goede beschrijving van het gedrag van een systeem geven, volledig bepaald wordt door de dynamica van de delen en de beginvoorwaarden en randcondities.

Een laatste uitweg: Het is mogelijk is dat de dynamica zelf emergent is, d.w.z. niet herleidbaar tot fysische wetten is.

Meta-fysica

1) Eigenschapstoekenning
functies op toestandsruimte

2) Begripsanalyse en -definitie

Welke regulerende wetten zijn er in de fysica voor begripsvorming?

Altijd staat een begrip binnen een theorie, en is in het formalisme van de theorie gedefinieerd, of het is expliciet een interpretatief begrip (meta-fysica).

Aangeven waar precies formeel en waar precies interpretatief werk plaats vind.

Het begrip 'invloed' en 'afhankelijk van' of 'bepaald door' is altijd nader gespecificeerd in de fysica

Interessante uitdaging: Wat betekent nu circular causality, downward causality, embodied, embedded, (zelf-)organisatie, veroorzaking als je het op deze manier probeert te definiëren. Wat zijn de formele criteria?