

2012 Een nieuwe principetheorie

Een nieuwe principetheorie gebaseerd op de entropie van het meetproces

De ontdekking van het Higgsdeeltje -- hoe belangrijk ook -- betekent op zich nog geen doorbraak ten aanzien van de mogelijkheden om in theoretisch opzicht verder te komen. Het vinden van dit deeltje, dat alle andere deeltjes hun massa geeft, zegt bijvoorbeeld nog niets over de grootte van die massa's. Al geruime tijd wordt vermoed, dat om werkelijk vooruitgang te kunnen boeken een nieuwe ontwikkeling nodig is waarbij basale aannames in het geding zijn.[\[1\]](#)

Aan wetenschappelijke onderzoeksprogramma's liggen altijd aannames ten grondslag. Dat geldt ook voor de natuurkunde. Nu heeft de geschiedenis van de natuurkunde laten zien dat het soms nodig is bepaalde fundamentele vooronderstellingen los te laten. Zo impliceerde de overgang naar de relativiteitstheorie dat de idee van een van de waarnemer onafhankelijke natuur en ook de daarmee samenhangende idee van een absolute ruimte en tijd -- aannames eigen aan de klassieke newtoniaanse natuurkunde -- verlaten moesten worden. Het ligt dan ook voor de hand dat juist in een periode van stagnatie of crisis de vraag opkomt of dat zou kunnen liggen aan bepaalde (stilzwijgende) aannames die wezenlijke voortgang van de natuurkunde verhinderen.

Het is daarom begrijpelijk dat dit een centrale vraag is in het boek van Smolin "The trouble with physics". Hij signaleert dat er tegenwoordig geen gebrek is aan experimentele data, maar dat er tegelijkertijd sprake is van langdurige ernstige stagnatie: "Why, despite so much effort by thousands of the most talented and well-trained scientists, has fundamental physics made so little definitive progress in the last twenty-five years?"[\[2\]](#)

Smolin vraagt zich af of het niet onderkennen van een verkeerde fundamentele aanname daaraan debet zou kunnen zijn, dus een vooronderstelling die ervoor zorgt dat een aantal ernstige problemen in de theoretische natuurkunde onopgelost blijven. Hij doet een paar suggesties, maar het is opvallend dat één cruciale en tegelijk dubieuze aanname in de moderne natuurkunde overeind blijft. In feite wordt deze door hem zelfs expliciet verdedigd.

De meeste natuurkundigen gaan, bewust of onbewust, in hun onderzoek uit van de veronderstelling dat er steeds omvattender theorieën gerealiseerd moeten worden. Velen hopen dat uiteindelijk een 'final theory' gecreëerd kan worden.[\[3\]](#) Leidend idee daarbij is dat de vroegere theorieën daarin verenigd opgenomen zijn. De geschiedenis van de natuurkunde lijkt dat idee ook te voeden. Niet ten onrechte wordt wel gezegd dat een proces van theoretische unificaties als een rode draad door de geschiedenis van de natuurkunde loopt. Maar, ook al waren allerlei unificaties in de natuurkunde correct en van groot belang, met betrekking tot de vereniging van de relativiteitstheorie (RT) en kwantumtheorie (QT) blijkt de zaak wezenlijk anders te liggen.

Einstein heeft uitgelegd dat de RT, wil je de aard ervan goed vatten, als een principetheorie begrepen moet worden.^[4] De meeste theorieën in de natuurkunde zijn constructieve theorieën. Daarvoor geldt dat er modellen van complexe fenomenen worden geconstrueerd door uit te gaan van meer elementaire bouwstenen. Daarentegen zijn de RT en QT principetheorieën omdat fundamentele principes eraan ten grondslag liggen.^[5] Deze principes impliceren, dat in elk van deze theorieën één specifiek aspect van het meetgebeuren een centrale rol speelt. In de RT is dat de signaaloverdracht, met het principe dat de maximale snelheid ervan voor alle waarnemers dezelfde is en een eindige waarde heeft, de natuurconstante c . In de QT gaat het om een ander aspect, de meetinteractie. Hierbij speelt de eenheid van interactie een centrale rol, het kwantum van werking, de constante van Planck.

Sinds hun ontwikkeling zijn deze principetheorieën op verschillende manieren gecombineerd, bijvoorbeeld in de relativistische quantumtheorie van Dirac. Essentieel is dat het daar gaat om een combinatie en niet een vereniging van deze theorieën. Ondanks jarenlange intensieve pogingen is men er immers niet in geslaagd ze in conceptueel opzicht werkelijk tot één theorie te verenigen. Een bekend voorbeeld van zo'n unificatieprogramma is Einstein's (vruchteloze) zoeken naar een 'unified field theory'. In 1940 moet hij concluderen: "the theory of relativity and the quantum theory (..) seem little adapted to fusion into one unified theory".^[6] Vele jaren later merkt ook Penrose op: "We do not know how to make quantum theory fully consistent with Einstein's special theory of relativity – let alone how to construct the 'quantum gravity' theory that would make quantum theory consistent with his general theory of relativity."^[7]

Ondanks het falen van alle pogingen tot nu toe is Smolin, net als veel andere natuurkundigen, toch van mening dat ze verenigd móeten worden. Ter ondersteuning van die mening geeft hij de volgende redenering:

"By definition, a theory of principle must be universal: it must apply to everything because it sets out the basic language we use to talk about nature. There cannot be two different theories of principle, applying to different domains. (..) Quantum theory and general relativity are both theories of principle. As such, logic requires their unification".^[8]

Mijns inziens is deze redenering niet correct. Wel is, zoals ook Smolin opmerkt, de wereld een eenheid, maar dat impliceert niet dat er uiteindelijk slechts één principetheorie moet zijn. Er is geen enkele reden waarom de RT en de QT niet als twee verschillende (universele) principetheorieën naast elkaar (en waar nodig gecombineerd) zouden kunnen bestaan, zoals feitelijk immers ook het geval is. Ze betreffen twee essentieel verschillende aspecten van de kennisverwerving; elk met geheel eigen beperking van de klassieke meetmogelijkheid: relativiteit van meetresultaten in de RT en onzekerheidsrelaties in de QT. Kennelijk zijn er (in epistemologisch en ontologisch opzicht) verschillende grondstructuren van de fysische werkelijkheid en de beide principetheorieën hebben elk één daarvan aan het licht gebracht.^[9]

We kunnen concluderen, dat de vooronderstelling dat deze theorieën verenigd zouden moeten worden niet in overeenstemming is met de realiteit, maar voortkomt uit het (op zichzelf begrijpelijke) verlangen de fysische werkelijkheid door één omvattende theorie in de greep te krijgen. Het natuurkundig onderzoek heeft aan het licht gebracht dat de werkelijkheid kennelijk anders in elkaar zit en het is veelzeggend dat alle verenigingspogingen (ook die van de snaartheoretici) zonder resultaat gebleven zijn. Daarbij komt het volgende. Behalve de principes van RT en QT en de daarmee verbonden aspecten van het meetgebeuren (de signaaloverdracht en de meetinteractie met de natuurconstanten c en h) is er in de natuurkunde nóg een belangrijk principe, verbonden met een derde aspect van de meting: het registratieproces. Een fundamentele eigenschap van elke meting is dat het resulteert in een 'record', een door een meetinstrument geregistreerd effect. Zo'n record is altijd het resultaat van een irreversibel proces. Met name Brillouin heeft erop gewezen dat elke meting daarom noodzakelijk gepaard gaat met een zekere entropietoename. De kleinst mogelijke toename is van de orde van k , de constante van Boltzmann. Het verwerven van informatie kost dus altijd een (minimale) hoeveelheid entropie. Brillouin concludeert: *"this principle imposes a new limitation on physical experiments and is independent of the well-known uncertainty relations of quantum mechanics."* [\[10\]](#)

De entropietoename ten gevolge van een meting is heel gering en doorgaans te verwaarlozen, maar Brillouin merkt op dat de ontwikkeling van de natuurkunde heeft laten zien dat in specifieke domeinen erg kleine grootheden wel buitengewoon belangrijk kunnen worden (zoals $1/c$ in de RT en h in de QT). Dat roept de vraag op of er een domein is waar juist het derde aspect van de meting een essentiële rol speelt en waar daarom de bijbehorende entropietoename, ondanks de geringheid ervan, van cruciaal belang moet zijn.

In veel meetsituaties (zowel in de klassieke fysica als ook in de RT en de QT) hoeven we met dit derde aspect géén rekening te houden. Dat komt omdat in die situaties de metingen aan een objectsysteem in principe herhaald kunnen worden. Het registratieproces als zodanig is dan nietrelevant omdat uit de herhaalbaarheid blijkt dat een individuele registratie met bijbehorende toename van de entropie niet van invloed is op de meetresultaten. In dergelijke situaties kan dus de onomkeerbaarheid en de entropietoename tengevolge van de meting verwaarloosd worden. Eén van de consequenties daarvan is dat de betreffende theorieën (ook de RT en QT) tijdsymmetrisch zijn.

Er is echter een domein waar voor de theorievorming, gezien de aard van de experimenten, het derde aspect van de meting wél van belang is. Kenmerkend voor elementaire deeltjes is dat een deeltje -- in een bellenvat bijvoorbeeld -- zich door middel van een spoor eenmalig manifesteert. We zijn voor de kennis van een bepaald deeltje, zowel dát het is als wát het is, aangewezen op dat ene spoor. De informatie betreffende een bepaald zich manifesterend deeltje kan niet nog eens door een volgende registratie verkregen worden. Daarom is in deze situatie het ene record en het registratieproces

waardoor dat is ontstaan allesbepalend. Het derde aspect van de informatieverwerking is nu dus essentieel, wat inhoudt dat de entropietoename tengevolge van de meting niet meer verwaarloosd kan worden. Dat betekent, dat een theorie die de door deze sporen verkregen fundamentele eigenschappen van de materie wil begrijpen zich daarvan rekenschap moet geven.

Veel gegevens uit de deeltjesexperimenten, vooral die de interacties van deeltjes betreffen, kunnen met het standaardmodel van de elementaire deeltjes uitstekend verklaard worden. Maar feit is, dat de experimenteel gevonden getalswaarden die bepalend zijn voor de massa's en lading van de deeltjes door het standaardmodel níet geleverd kunnen worden. Die moeten 'met de hand' in de theorie worden ingevoerd. Dat betekent, dat deze fundamentele eigenschappen van de materie onafhankelijk zijn van het standaardmodel, een op RT en QT gebaseerde theorie.

We hebben gezien dat het inzicht in de relevantie van de beide andere aspecten van de informatieverwerking (de signaaloverdracht en de meetinteractie) de principetheorieën RT en QT noodzakelijk maakten. Het zijn apartetheorieën.[\[11\]](#) Bij elk aspect hoort één theorie. Dat wettigt het vermoeden dat vanwege de relevantie van het derde aspect (het registratieproces) opnieuw een daarbij horende principetheorie nodig is, die dan ook een nieuwe grondstructuur aan het licht brengt.[\[12\]](#) Ook nu zal dat een aparte theorie moeten zijn, dus in eerste instantie onafhankelijk van RT en QT, maar vervolgens daarmee wel te combineren.

In deze theorie moet de aan het registratieproces eigen onomkeerbaarheid een cruciale rol spelen. Daarom is onder meer te verwachten dat dit de mogelijkheid geeft materie en tijd in onderlinge samenhang te begrijpen. Verder is behalve massa en lading ook de zwaartekracht een fundamentele eigenschap van de materie. De centrale rol van de entropietoename op dit basale niveau doet vermoeden, dat hierdoor ook het recent geopperde idee over de zwaartekracht als een entropische kracht een natuurlijke plaats kan krijgen.[\[13\]](#)

Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat de in onderzoeksprogramma's gangbare vooronderstelling van steeds omvattender theorieën en de aanname dat bestaande principetheorieën verenigd moeten worden op z'n minst ter discussie gesteld dienen te worden. Voor de voortgang van de natuurkunde lijkt het van belang open te staan voor de mogelijkheid van een nieuwe principetheorie.

[\[1\]](#) Zie b.v. L.Smolin, *The trouble with physics; The rise of string theory, the fall of a science and what comes next*, New York 2006. Dit boek is in dit tijdschrift besproken, samen met het boek van P.Woit, *Not even wrong; The failure of string theory and the continuing challenge to unify the laws of physics*, London 2006. Zie Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde, jg.73 nr.10 (oktober 2007), p.330.

[\[2\]](#) Smolin, op.cit. p. 261 (zie ook p. VIII en XII).

[\[3\]](#) Vergl. S. Weinberg, *Dreams of a final theory*, London 1993.

- [4] Zie Einstein's artikel "*My Theory*", dat 28 november 1919 verscheen in de London Times; het is opgenomen in A.Einstein, *Ideas and Opinions*, New York 1954, p.228.
- [5] Bub heeft laten zien dat ook de QT, net als de RT, beschouwd moet worden als een principetheorie. J.Bub, "*Quantum Mechanics as a principle theory*", in *Studies in History and Philosophy of modern Physics*, Vol.31, nr.1, 2000, p.75-94.
- [6] Geciteerd in A.Pais, *The Science and Life of Albert Einstein*, Oxford, 1982, p.467.
- [7] R.Penrose, *The emperor's new mind*, Oxford 1989, p.4.
- [8] Smolin, op.cit., p.10.
- [9] Vergl . Heisenberg: "*Die Relativitätstheorie und die Quantentheorie haben gewisse Grundstrukturen sichtbar gemacht, die früher unbekannt waren.*" *Schritte über Grenzen*, München 1973, p.31.
- [10] L.Brillouin, *Science and Information Theory*, New York 1962, p.VII, 293.
- [11] De QT werd immers in de jaren 1924-26 in eerste instantie als een niet-relativistische theorie ontwikkeld.
- [12] Voor een uitvoerige argumentatie voor het bestaan van meerdere grondstructuren en de systeemtheoretische onderbouwing daarvan, zie m.n. mijn artikelen in het Journal for General Philosophy of Science. G.J.Stavenga, "*The fourth structure of physical reality*", JGPS, 1983, vol.14, p.354-367; G.J.Stavenga, "*Ultimate questions of science and the theory of system relations*", JGPS 2006, vol.37, p.111-137. In een meer algemene context komt dit ter sprake in mijn boek *Verheldering van de werkelijkheid; inzicht in de ontwikkeling van wetenschap en samenleving middels een relationele systeemtheorie*, Vught, 2011.
- [13] Zie m.n. E.P.Verlinde, "*On the Origin of Gravity and the Laws of Newton*", Journal of High Energy Physics, 04, 29, (april 2011).