

Geschiedenis van de moderne natuurkunde

De Academische Boekengids 22, augustus 2000, pp. 4-5.

Het is zo langzamerhand een cliché geworden dat de twintigste eeuw in belangrijke mate is bepaald door de natuurwetenschappen. Het gaat daarbij niet alleen om de belangrijke doorbraken die zijn bereikt, maar ook, en misschien wel vooral, om de mate waarin de natuurwetenschappen het dagelijks leven zijn gaan bepalen. Weinig mensen zullen zich dagelijks zorgen maken over de grondslagen en de consequenties van de kwantumtheorie of over de precieze relatie tussen de moleculaire structuur van het DNA en de genetische code. Wel is de invloed van de natuurwetenschap dagelijks merkbaar, bijvoorbeeld in de moderne consumentenelektronica of in genetisch gemanipuleerde producten op de schappen in de supermarkt. Deze simpele constatering roept onmiddellijk de vraag op naar de historische achtergronden van deze ontwikkeling. We willen dan niet alleen weten wat er precies is gebeurd, maar ook welke factoren een rol hebben gespeeld in de wisselwerking tussen zuivere wetenschap en maatschappelijke toepassingen, en ook in hoeverre de twintigste eeuw verschilt van de voorafgaande eeuwen.

Wetenschapshistorici, wetenschapsfilosofen en wetenschaps sociologen hebben zich in de afgelopen decennia uitvoerig met deze vragen beziggehouden, maar hun werk is grotendeels in eigen kring gebleven. Zo bestaat er bijvoorbeeld geen goede en voor een breed publiek toegankelijke geschiedenis van de twintigste-eeuwse natuurkunde, terwijl toch in de natuurkunde de belangrijkste conceptuele doorbraken hebben plaatsgevonden. Door de relativiteitstheorie zijn we de begrippen ruimte en tijd anders gaan bekijken: we leven in een vierdimensionaal ruimte-tijdcontinuüm waarvan de meetkundige eigenschappen bepalend zijn voor een verschijnsel als de zwaartekracht. De kwantumtheorie heeft het vertrouwde beeld van de wereld op een andere manier omvergeworpen. Niet langer mogen we aannemen dat het er in de microscopische wereld net zo aan toegaat als in de wereld om ons heen. Integendeel, die microscopische wereld wordt bevolkt door deeltjes of golven zonder welbepaalde plaats of snelheid; voor de beschrijving moeten we onze toevlucht nemen tot abstracte wiskundige begrippen zoals golf functies, oneindig-dimensionale vectorruimten en waarschijnlijkheidsverdelingen.

Keuzes maken

Er is natuurlijk wel een ruime hoeveelheid populariserende literatuur beschikbaar over deze onderwerpen, waaronder uitstekende uiteenzettingen, maar een integrale historische behandeling ontbreekt.

De wetenschapshistoricus die een geschiedenis van de moderne natuurkunde wil schrijven, wordt dan ook geconfronteerd met een aantal intrigerende problemen die eerst moeten worden opgelost. Wie zijn bijvoorbeeld de beoogde lezers? Zijn dat collega-wetenschapshistorici, ontwikkelde leken of professionele natuurkundigen? En: hoe maak ik een verantwoorde keuze uit de enorme hoeveelheid ontwikkelingen en ontdekkingen die de twintigste-eeuwse natuurkunde kenmerken? Beperk ik me tot zuiver inhoudelijke zaken of betrek ik ook institutionele, politieke en sociale factoren in mijn beschrijving? Hoeveel persoonlijke en biografische informatie over de hoofdpersonen moet ik geven? En ten slotte: in hoeveel pagina's wil (of mag) ik dit alles doen?

In de afgelopen jaren hebben verschillende auteurs verschillende oplossingen gevonden voor deze problemen. De collectie van drie kloeke delen die is uitgegeven door het Engelse Institute of Physics onder de titel *Twentieth Century Physics* richt zich vooral op een professioneel publiek.¹ Het is een combinatie van artikelen door specialisten (doorgaans geen historici) over de ontwikkeling van specifieke onderdelen van de natuurkunde. Heel nuttig, maar onvermijdelijk verbrokkeld en ontoegankelijk voor de algemene lezer. Die wordt wel bediend door het al wat oudere boek *From X-rays to Quarks* van de (inmiddels overleden) fysicus Emilio Segrè,² dat in ruim 300 pagina's een vlot geschreven en rijk geïllustreerd overzicht biedt van de twintigste-eeuwse natuurkunde. Maar dit boek mist de brede historische dimensie. Weer een andere aanpak vinden we in Crease en Mann's fascinerende *The Second Creation*,³ dat de naoorlogse ontwikkelingen in de elementaire-deeltjesfysica beschrijft aan de hand van interviews met de hoofdrolspelers, waardoor ook de vaak kleurrijke persoonlijkheden goed naar voren komen. Ook een puur biografische aanpak biedt ruime mogelijkheden voor historische beschouwingen. Een recent voorbeeld is de biografie van de Amerikaanse Nobelprijswinnaar Murray Gell-Mann, geschreven door de wetenschapsjournalist George Johnson.⁴ In dit uitstekende boek komt de ontwikkeling van de natuurkunde uitgebreid en op een heldere manier aan de orde.

De schrijver van een boek over de twintigste-eeuwse natuurkunde staat in elk geval voor een zware - misschien wel onmogelijke - opgave en moet daarom van tevoren een aantal duidelijke keuzes maken. De Deense wetenschapshistoricus Helge Kragh heeft een moedige poging ondernomen, maar of hij de juiste aanpak heeft gekozen is twijfelachtig. In een boek met de wat wonderlijke titel *Quantum Generations* probeert hij in ruim 500 pagina's niet alleen de ontwikkelingen in de natuurkunde samen te vatten, maar besteedt hij ook nog aandacht aan zaken als natuurwetenschap in nazi-Duitsland, de enorme schaalvergroting van de natuurkunde na de Tweede Wereldoorlog en belangrijke technologische ontwikkelingen zoals de uitvinding van de transistor en de laser. Dat klinkt goed, maar het boek is

uiteindelijk een onevenwichtig en ondoordacht product geworden.

Zoals uit het voorwoord blijkt, was Kragh zich bewust van de dilemma's die ik eerder noemde, maar hij heeft niet de juiste oplossingen gevonden. Zo richt hij zich op een breed lezerspubliek, maar schroomt hij niet om op onverwachte ogenblikken met formules voor de dag te komen die veel lezers zullen afschrikken. (De standaardwijsheid van uitgevers dat elke formule het lezersaantal halveert, is misschien wat overdreven, maar heeft een kern van waarheid.) Ook verliest hij zich dikwijls in technisch jargon dat aan de lezer hoge eisen stelt. Toegegeven, de moderne natuurkunde is doordrenkt van jargon, maar een gemiddelde lezer - ik denk aan iemand die de zaterdagse wetenschapsbijlage van *NRC Handelsblad* met interesse openslaat - zal niet makkelijk uit de voeten kunnen met een zin als: 'The theory was based on the path integral approach and calculations aided by a diagrammatic technique' (p. 334). Een andere wat wonderlijke beslissing van Kragh is dat hij zich geheel op bestaande historische literatuur te baseert. Het resultaat is dat de keuze van onderwerpen ernstig is beperkt door de beschikbaarheid van eerdere studies, waardoor sommige belangrijke onderwerpen (in zijn voorwoord noemt Kragh er zelf een aantal) niet aan de orde komen. Een ernstiger gevolg hiervan is dat het voor Kragh moeilijk is een eigen visie te ontwikkelen, omdat hij noodgedwongen door de bril van de door hem geraadpleegde auteurs moet kijken en dus niet alleen vast zit aan hun oordeel over wat belangrijk is, maar ook aan hun interpretaties van de historische ontwikkelingen. Bovendien maak ik me sterk dat Kragh de naam Kamerlingh Onnes niet hardnekkig als Kammerlingh Onnes zou hebben gespeld als hij ook naar diens publicaties had gekeken.

Tekortkomingen

Verder heeft Kragh de - althans voor deze lezer - irritante keuze gemaakt om het citeren van primaire bronnen zoveel mogelijk te vermijden, zodat door hem geciteerde uitspraken van natuurkundigen ófwel zonder bronvermelding blijven ófwel worden ontleend aan een secundaire bron. Zo worden we voor een citaat uit een brief van Einstein uit 1905 verwezen naar een boek van Thomas Kuhn uit 1978 (p. 64) en wordt in dezelfde alinea uitvoerig geciteerd uit een niet nader gespecificeerd artikel van Max Planck uit 1899. Dit is uiterst storend voor (wetenschaps)historici, een groep die Kragh uitdrukkelijk ook tot zijn lezerspubliek rekent, en past bovendien niet in een boek dat mede bedoeld is voor gebruik in het hoger onderwijs. Kraghs afhankelijkheid van de secundaire literatuur heeft ook tot gevolg dat hij voor onderwerpen waarover weinig is geschreven, maar die hij toch wilde behandelen, aangewezen was op semi-populaire samenvattingen en overzichten. In zijn voorwoord noemt hij met name zijn uitvoerige gebruik van *Physics Today*, het maandblad van de American Physical Society. Dat leidt, vooral waar het over meer recente ontwikkelingen gaat, vaak tot een wat oppervlakkig verhaal.

Van een boek als dit mag ook worden verwacht dat het een goede en liefst kritische ingang biedt tot de bestaande historische literatuur (zoals dat bijvoorbeeld het geval is bij de delen uit de voortreffelijke serie *Cambridge History of Science*, uitgegeven door Cambridge University Press), maar ook hier stelt Kragh teleur. Weliswaar geeft hij zo'n twintig pagina's verwijzingen, maar de bibliografische commentaren bij de hoofdstukken zijn weinig informatief.

Is er dan niets goeds te melden over dit boek? Zo erg is het nu ook weer niet. Er zijn een paar hoofdstukken die interessant en informatief zijn, merendeels overigens hoofdstukken gewijd aan onderwerpen waarover Kragh zelf historisch onderzoek heeft gedaan. Voorbeelden zijn een verhelderende, zij het wat saaie en tamelijk technische discussie van het werk van Lorentz en Einstein aan het begin van de eeuw en van de opkomst en ondergang in die jaren van het 'elektromagnetische wereldbeeld'. (Daarmee wordt de opvatting bedoeld dat de theorie van het elektromagnetisme de centrale natuurkundige theorie was, waaruit alle verschijnselen zouden moeten worden afgeleid.) Maar in het algemeen is dit toch een boek met serieuze tekortkomingen, dat van een verkeerd concept uitgaat en op te veel gedachten hinkt. Eigenlijk zegt Kragh het zelf al in zijn voorwoord, als hij toegeeft dat hij zijn ambitie om in één deel een uitgebalanceerd en samenvattend overzicht over de twintigste-eeuwse natuurkunde te schrijven niet heeft kunnen waarmaken en zijn (in twee jaar geschreven) boek vervolgens karakteriseert als 'a substitute, a fairly brief and much condensed and selective account'. Het is een mager excuus, misschien wel een testimonium paupertatis.

Biedt dit boek een visie op de ontwikkelingen van de twintigste eeuw? Nauwelijks. In het laatste hoofdstuk wordt de balans opgemaakt en worden een aantal kenmerkende aspecten van de twintigste-eeuwse natuurwetenschap opgesomd: de enorme schaalvergroting, zowel in termen van mensen als van geld, de toenemende internationalisering en de ongekende kennisgroei. Dat laatste aspect heeft niet alleen betrekking op de ontdekking van nieuwe verschijnselen, maar ook op nieuwe verklaringen van al bekende zaken en op geheel nieuwe verklaringsprincipes die hun intrede deden. Daarbij kunnen we denken aan de relativiteitstheorie, de kwantumtheorie en, zeer actueel, de theorie van de supersnaren. Wat ik in de opsomming van Kragh mis, is de al genoemde, niet meer weg te denken invloed van de natuurwetenschappen op het dagelijks leven. Kragh wijst er ook op, en daarin ben ik het met hem eens, dat de twintigste-eeuwse natuurkunde geen onoverbrugbare begripsmatige breuk vertoont met die van de negentiende eeuw. Wij kunnen nog prima begrijpen wat er in die eeuw werd gedaan, en een negentiende-eeuwer zou ook de huidige wetenschap kunnen begrijpen, zij het met enige inspanning. Met andere woorden, we kunnen weliswaar de kwantumtheorie en de relativiteitstheorie als wetenschappelijke revoluties in de zin van Thomas Kuhn bestempelen, maar de volgens Kuhn bijbehorende incommensurabiliteit (de fundamentele onmogelijkheid tot communicatie over de kloof van een paradigmaverandering) ontbreekt. Kragh wijst ook, terecht, op de speciale rol die de natuurkunde binnen de natuurwetenschappen heeft gespeeld en nog speelt, door zijn invloed op andere disciplines,

zoals scheikunde en biologie. Die rol wordt nog benadrukt door de publieke fascinatie voor coryfeeën als Albert Einstein en, meer recent, Richard Feynman en Stephen Hawking.

Ten slotte komt de vraag aan de orde of het einde van de natuurkunde in zicht is, zoals sommigen verkondigen. Hoewel Kragh een slag om de arm houdt, lijkt hij het eens te zijn met Feynman, die van mening was dat de fundamentele natuurwetten nu wel zijn ontdekt. Feynman maakte de vergelijking met de ontdekking van Amerika: een nieuw continent kan maar eenmaal worden ontdekt. Je kunt dan op zo'n continent ook nog wel verdere ontdekkingen doen, maar op een goed moment is het afgelopen. Dan komen de toeristen en is voor de ontdekkingsreiziger de lol er af. Met alle respect voor Feynman en zijn fraaie metafoor, lijkt mij zo'n uitspraak onzin. Om door te gaan op de metafoor: buiten de aarde zijn er nog ontelbaar veel andere werelden te ontdekken en te exploreren en waarom zou dat buiten de huidige fysica ook niet het geval zijn? Waarom zouden er niet geheel nieuwe principes of natuurwetten nodig zijn voor de beschrijving van de hoog-energetische processen van de allereerste fase van de ontwikkeling van het heelal? Dat de huidige natuurkunde daarvoor ontoereikend is, staat vast. En in ieder geval zijn er ook binnen de huidige natuurkunde nog veel niet in kaart gebrachte gebieden: ook al hebben we nu in de kwantumchromodynamica een prachtige theorie voor de elementaire-deeltjesfysica, aan die theorie hebben we niets voor de beschrijving van een alledaags verschijnsel als turbulentie. Kortom: het advies dat Max Planck in de negentiende eeuw kreeg om maar geen natuurkunde te gaan studeren, omdat er in dat vak niets meer te beleven viel, gaat nu evenmin op als toen.

Big-bang theorie

Een van de betere hoofdstukken uit *Quantum Generations* berust op een eerder boek van Kragh, het uit 1996 daterende *Cosmology and Controversy*. Dit boek heeft een totaal ander karakter en toont een geheel andere Kragh. Het is een gedegen wetenschapshistorische studie, over een origineel onderwerp, namelijk de controverse tussen twee theorieën over het ontstaan van het heelal, waaruit uiteindelijk de bekende theorie van de 'big bang' (oerknal) als overwinnaar tevoorschijn kwam. Zoals Kragh opmerkt, is dit een onderwerp waarover in de historische literatuur verrassend weinig is geschreven. Dat er enkele decennia lang een serieus alternatief was voor de theorie van de big bang is op de achtergrond geraakt, zowel voor kosmologen als voor wetenschapshistorici. Geïnspireerd door de ontdekking van de uitdijning van het heelal door Hubble werd in de jaren dertig de oerknal-theorie ontwikkeld, waarin wordt aangenomen dat het heelal is ontstaan in een kolossale explosie vanuit een singulariteit. Op deze manier, en geholpen door op de algemene relativiteitstheorie gebaseerde heelalmodellen, probeerde men met wisselend succes rekenschap te geven van de bouw en samenstelling van het heelal.

Toch raakte de theorie in de jaren vijftig wat op de achtergrond, mede door de opkomst van een alternatieve theorie, de theorie van de 'steady state' (stationaire toestand). In deze theorie, die vooral in Engeland aanhangers had, werd uitgegaan van een heelal dat ruimtelijk en in de tijd hetzelfde blijft. Om deze opvatting in overeenstemming te brengen met het empirische gegeven van de uitdijning van het heelal, werd aangenomen dat in het heelal voortdurend massa wordt gecreëerd, een aanname die in strijd lijkt met de wet van behoud van energie. De opstellers van de theorie, waarvan Hoyle, Bondi en Gold de belangrijkste zijn, werden onder andere gemotiveerd door onvrede met de acausaliteit die impliciet aanwezig is in de aanname van de big bang. Immers, op de vraag naar de oorzaak van de oerknal kan geen antwoord worden gegeven, net zomin als op de vraag naar de toestand ervóór. De steady-state theorie is zo'n tien jaar lang een serieus alternatief geweest voor de big-bang theorie en pas in de jaren zestig verloor ze haar meeste aanhangers door nieuwe astronomische waarnemingen, die alle in het voordeel van de big-bang theorie uitvielen. (De belangrijkste daarvan is wel de ontdekking in 1965 van de 3 K achtergrondstraling, die als een soort vage echo van de oerknal kan worden opgevat.)

Kragh geeft een buitengewoon interessante, zij het ook tamelijk technische (formules worden niet geschuwd) beschrijving van de ontwikkeling van de oerknal-theorie, waarbij hij zich concentreert op de controverse met de steady-state theorie. Daarbij heeft hij ook oog voor factoren van buitenwetenschappelijke aard, zoals de rol van de vaak met kracht naar voren gebrachte persoonlijke overtuigingen van de betrokken wetenschappers. Zo was Hoyle een fel atheïst, wiens weerstand tegen de big-bang theorie ook voortkwam uit het feit dat de big bang als bewijs voor het bestaan van God kon worden gebruikt. Hij werd in zijn opvatting gesterkt toen paus Pius xii zich in 1951 in een ongebruikelijke rede uitsprak ten gunste van de big-bang theorie en die opvoerde als onomstotelijk bewijs voor het bestaan van een Schepper. Kragh laat verder overtuigend zien dat de opvatting van moderne kosmologen dat hun vak pas na 1960 een echte wetenschap is geworden en voor die tijd in een voorwetenschappelijke fase verkeerde, onjuist is. Bovendien plaatst hij de discussie in een breder kader door de controverse tussen steady state en big bang als model te gebruiken voor het ontstaan en het beslechten van wetenschappelijke controversen in het algemeen. Al met al is dit een belangrijk boek, dat meer doet dan een leemte opvullen in de wetenschapshistorische literatuur en dat de teleurstelling over *Quantum Generations* meer dan goedmaakt.

Noten

1 Laurie Brown et al., red., *Twentieth Century Physics*. Bristol: Institute of Physics Publishing, 1995.

2 Emilio Segrè, *From X-rays to Quarks. Modern Physicists and their Discoveries*. San Francisco: Freeman, 1980.

3 Robert Crease en Charles Mann, *The Second Creation. Makers of the Revolution in 20th-Century Physics*. New York: Macmillan, 1986. Herdrukt : Rutgers University Press, 1996.

4 George Johnson, *Strange Beauty. Murray Gell-Mann and the Revolution in Twentieth-Century Physics*. New York: Knopf, 2000.

Anne J. Kox is bijzonder hoogleraar Geschiedenis van de Natuurkunde aan de Universiteit van Amsterdam.

Besproken boeken:

Helge Kragh, *Quantum Generations. A History of Physics in the Twentieth Century*. Princeton: Princeton University Press, 1999.

Helge Kragh, *Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe*. Princeton: Princeton University Press, 1996.