



De meest beroemde Solvay-conferentie was de vijfde, zij werd gehouden in oktober 1927; 17 van de 29 aanwezigen kregen ooit een Nobelprijs. Er werd vooral gediscussieerd over de nieuwe kwantumtheorie. Einstein (middenvoor) en Bohr (tweede rij rechts) discussieerden over de implicaties van het onzekerheidsprincipe van Heisenberg (derde van rechts bovenste rij). De historische foto is ingekleurd

HEISENBERG

over statistiek, onzekerheid en filosofie

RICHARD STARMANS

De vaststelling dat de Duitse natuurkundige, filosoof en Nobelprijslaureaat Werner Heisenberg (1901-1976) in de ideeëngeschiedenis een onwrikbare positie inneemt, klinkt welhaast als een gemeenplaats. In de jaren twintig van de vorige eeuw groeide hij uit tot één van de pioniers en grondleggers van de kwantummechanica. Het ontstaan van deze fysische theorie in de jaren 1900-1930 vormt – op de wetenschappelijke revolutie van de 17e eeuw na – waarschijnlijk de meeste bestudeerde en gedocumenteerde periode uit de wetenschapsgeschiedenis. Desondanks, of wellicht juist daardoor, is een rigide, onomstreden afbakening of demarcatie van die beginperiode geen sinecure. Gemakshalve identificeren we deze ‘vroege jaren’ hier met de periode 1913–1927, die ruwweg begon met Bohrs atoommodel (1913) en ‘eindigde’ met de Kopenhaagse interpretatie van de kwantummechanica door Bohr en Heisenberg en de beroemde Solvay-confe-

rentie in 1927. Het moge duidelijk zijn dat de Deense fysicus Niels Bohr (1885–1962) bij dit alles in menig opzicht als scharnier- en ijkpunt fungeerde, maar de opkomst van Heisenberg en de betekenis van zijn vroege werk kunnen het beste tegen deze achtergrond worden gezien. Al op zeer jonge leeftijd maakte Heisenberg deel uit van de intellectuele voorhoede van theoretisch fysici, wat vaak leidde tot unieke vormen van samenwerking met uiteenlopende fameuze tijdgenoten. Zo gaf hij samen met de eveneens Duitse fysici Max Born (1882–1970) en Pascual Jordan (1902–1980) gestalte aan de befaamde *Dreimännerarbeit*.

In zijn vriend Wolfgang Pauli (1900-1958) vond Heisenberg een intellectuele antagonist met wie hij een bijkans levenslange tweespraak voerde. Legendarisch werd evenwel zijn succesvolle, maar ook moeizame samenwerking met Niels Bohr, die jarenlang de rol van mentor

en in zekere zin van mecenas vervulde. In enkele jaren verschenen in rap tempo vele theoretische bijdragen, die direct of indirect aan Heisenberg cum suis kunnen worden toegeschreven en die gebaseerd waren op een door nagenoeg alle betrokkenen gedeelde kritiek op Bohrs oorspronkelijke atoommodel; de matrixmechanica, de probabilistische interpretatie van de Schrödingervergelijking, de onzekerheid- of onbepaaldheidsrelatie en de genoemde Kopenhaagse interpretatie.

Door de uitvoerige documentatie van dit alles werd al spoedig zichtbaar dat de reikwijdte van Heisenbergs werk die van de natuurkunde in engere zin ruim oversteepte. Zo heeft het belangrijke implicaties voor de verhouding tussen statistiek en natuurkunde, voor de wetenschapsfilosofie in het algemeen, en bovenal blijkt veel van zijn wijsgerige oeuvre tot op de dag van vandaag uiterst relevant. Het wordt dan ook nog steeds bestudeerd, heruitgegeven en vertaald. Nog onlangs publiceerde uitgeverij Lemniscaat het boek *Het deel en het geheel* (2019), een vertaling van Heisenbergs precies vijftig jaar geleden verschenen bundel *Der Teil und das Ganze* (1969). Het boek, vertaald en ingeleid door Maarten van Buuren, bevat een selectie van essays, voordachten, korte aantekeningen en transcripties van gesprekken die Heisenberg voerde met beroemde tijdgenoten over natuurkunde, politiek, maar ook over de filosofische problemen die het tijdsgewricht waarin hij leefde beheersten. De bloemlezing biedt een unieke blik op de intellectuele duizendpoot Heisenberg en zijn wetenschappelijke, filosofische en levensbeschouwelijke drijfveren. Enige aspecten van Heisenbergs fysische en niet-fysische werk worden in dit essay kort voor het voetlicht gebracht.

Genealogie van de onzekerheid

Hedendaagse historici en filosofen van de statistiek als Ian Hacking, Stephen Stigler, Lorenz Kruger en Nancy Cartwright zijn het erover eens dat de Probabilistische Revolutie – die zich in de tweede helft van de 19e eeuw aandeede – mede door Heisenberg, Born en Bohr in een stroomversnelling geraakte, om niet te zeggen voltooid werd. (Kruger, 1987, 1991). Vrijwel alle wetenschappen ondergingen de afgelopen honderd jaar een probabilistische wending, dat wil zeggen hun methoden, technieken en concepten werden gaandeweg steeds meer gebaseerd op kansrekening en statistiek. Sommige van hun kern-

begrippen, theorieën en modellen hebben enkel in een probabilistische context nog betekenis of relevantie. Een volgende stap is dan de gedachte dat uiteindelijk ook het achterliggende wereldbeeld probabilistisch wordt, waarbij onzekerheid niet langer in laplacianse zin louter epistemisch is, maar ook ontologisch dient te worden geduid. Het door Hacking gepostuleerde proces van een *erosion of determinism* zou zijn voltooid en onzekerheid is irreducibel geworden. Dat wil zeggen, dat de onzekerheid van de kennis voortkomt uit wezenlijke kenmerken van de structuur van de werkelijkheid en niet is te wijten aan onze vermogens om kennis te verwerven, zoals beperkte waarneming, opslagcapaciteit, rekenkracht en uitdrukkingskracht van de taal. Dit alles zou voor een belangrijk deel door het hierboven genoemde werk van Heisenberg cum suis tot stand zijn gebracht. Een dimensie van onzekerheid die hier nadrukkelijk op de voorgrond treedt is uiteraard die van onbepaaldheid, het gegeven dat een eigenschap of toestand (nog) niet vastligt of is gerealiseerd c.q. ook niet onafhankelijk van de waarnemer is te bepalen. Plaats, impuls, tijd en energie zijn louter probabilistisch gedefinieerd.

Tegen de visie van Hacking c.s. op het voltooien van de probabilistische revolutie is natuurlijk wel het een en ander in te brengen, al was het maar het opwerpen van de klassieke vraag of dergelijke veranderingen niet veeleer evolutionair dan revolutionair moeten worden begrepen. Bovendien ondervond de Kopenhaagse interpretatie, die beoogde enkele problemen rond de golf-deeltjes dualiteit en het meetprobleem van de kwantummechanica het hoofd te bieden, behoorlijke weerstand onder fysici, soms op filosofische gronden. Concurrerende benaderingen als de *many-worlds*-interpretatie en de *hidden-variable*-theorie dienden zich aan. Daarnaast kan worden opgemerkt dat de relatie tussen statistiek en natuurkunde natuurlijk niet nieuw was. Reeds een halve eeuw eerder hadden Gibbs, Maxwell en Boltzmann gebruik gemaakt van de ‘oude’ statistiek van Laplace en Quetelet bij de kinetische gas-theorie en statistische mechanica. De katalysator kwam juist met Plancks kwantificering van de energie, waarbij hij teruggreep op Boltzmann en de thermodynamica. Einstein paste het principe in 1905 toe in zijn paper over het foto-elektrisch effect, Bohr in 1913 bij zijn atoommodel, dat kan worden beschouwd als het vertrekpunt voor de hier geschetste ontwikkelingen. Tot slot moet worden aangetekend dat vanuit methodologisch perspectief de door Claude Shannon (1916–2001) eigenhandig in gang



(vanaf links) Werner Heisenberg in 1925; Werner Heisenberg in Leipzig, omstreeks 1930; op skivakantie met Felix Bloch in 1933. Collectie: B. Blum-Heisenberg

gezette fluwelen revolutie van data in context en flux als het feitelijke sluitstuk van voornoemde revolutie kan worden beschouwd (Starmans, 2017). Hoe dan ook, duidelijk is in ieder geval dat het denken over onzekerheid een lange genealogie kent in de westerse ideeëngeschiedenis en een moeizaam emancipatieproces heeft doorlopen. De conceptie van onzekerheid werd lange tijd nogal pejoratief geduid; uitgerekend dankzij (de wisselwerking van) statistiek en natuurkunde werd voornoemd proces in een aantal achtereenvolgende stappen voltooid (Starmans, 2014). De door Hacking c.s. genoemde fysische invloed is dan ook evident.

Eenheid in verscheidenheid

Belangrijker dan het voeren van een vermoeiend debat over een prioriteitstelling is het kiezen van een invalshoek die minder door annexatiedrang lijkt te worden gevoed en die de vanuit historisch-wijsgerig perspectief zeer dwingende verbondenheid tussen fysica en statistiek kan benadrukken. Vertrekpunt hierbij is de dikwijls gekoesterde en geprotegeerde opvatting dat uiteindelijk slechts een ultieme of hogere waarheid gedacht kan worden, welke in de loop van de geschiedenis binnen de filosofie, de godsdienst, de politiek of anderszins binnen de maatschappelijke orde, op verschillende wijzen gestalte heeft gekregen. Binnen de wetenschap manifesteert dit denkbeeld zich onder meer in het streven naar de eenheid van kennis: eenheidswetenschap, unificatie, integratie en synthese. Of te wel, zoveel mogelijk verschijnselen verklaren

vanuit een en dezelfde theorie, zoveel mogelijk theorieën onderbrengen in een en dezelfde supertheorie of 'theorie van (bijna) alles', en – niet in de laatste plaats – zoveel mogelijk disciplines herleiden tot een en dezelfde discipline, die dan dikwijls als de meest abstracte wetenschap en van de weeromstuit ook als de meest fundamentele wordt beschouwd. Dit alles vindt zijn oorsprong nadrukkelijk in aloude wijsgerige preoccupaties met het zoeken naar een Eerste Filosofie, die de grondslagen legt of ten minste onderzoekt voor alle andere disciplines, een streven dat teruggaat tot Aristoteles, Descartes en Kant en dat zelfs nog in de 20e eeuw bij Edmund Husserl is terug te vinden. Ook binnen de wetenschappen zelf zijn vele pogingen ondernomen een vorm van reductionisme te bewerkstelligen. De wijze waarop zulks gestalte zou moeten krijgen heeft in de ideeëngeschiedenis een rijkgeschaakt pallet aan visies opgeleverd, waarvan er ten minste twee hier relevant zijn. De eerste betreft de natuurkunde, die vanuit een opvatting van fysicalistisch reductionisme de meest fundamentele wetenschap is en achtereenvolgens scheikunde, biologie, neurowetenschap, (cognitieve) psychologie en sociologie insluit. Via brugwetten en correspondentieregels kan de gewenste integratie worden tot stand gebracht. De unificatie is primair ontologisch, en anders gezegd, verticaal gericht. Tegelijkertijd kan ook de statistiek sedert de probabilistische revolutie aanspraak maken op de status van unificator, aangezien alle wetenschappen, zoals reeds betoogd, een probabilistische wending hebben ondergaan. Hier is de integratie niet primair of noodzakelijk ontologisch, maar allereerst methodologisch en horizontaal gericht. Zeker in tijden



In 2001 bracht Duitsland een postzegel uit ter gelegenheid van de honderdste geboortedag van Werner Heisenberg

van *data science* vormt deze status van de statistiek inclusief het paradigma van *statistical learning* volgens velen ten minste een krachtige narratief. Zo beschouwd zijn fysica en statistiek dus concurrerend, of milder geformuleerd complementair waar het gaat om de oude zoektocht naar eenheid in verscheidenheid. Met enige goede wil kan worden gesteld dat in het werk van Heisenberg en Bohr beide op zeer specifieke wijze samenkomen. Bohrs cruciale betekenis in de onderhavige problematiek betreft juist zijn streven op verschillende momenten de rol van unificator op te eisen, al bleek hij voor veel filosofen veeleer een dwaallicht, dat een wijsgerige verwarring veroorzaakte, die bijna honderd jaar later nog steeds aanleiding geeft tot debat (Starmans, 2014). Wie *Het deel en het geheel* ter hand neemt zal constateren dat Heisenberg nog een stap verder gaat en als een Platonist pur sang ook in metafysische zin een queeste naar de diepere orde van de dingen onderneemt, die sterk aan James Joule doet denken en nog meer aan Max Planck, wiens werk als Archimedisches beginpunt van het ontstaan van de kwantummechanica kan worden opgevat (Starmans, 2017)

De matrixmechanica en Stiglers Wet

De wetenschapsgeschiedenis kent een schier onuitputtelijke lijst met uiteenlopende resultaten, die alle getooid gaan met de naam van de al dan niet vermeende ontdekker, uitvinder of bedenker ervan; de constante van Planck, het getal van Avogadro, de wetten van Kepler, het vermoeden van Fermat, de these van Church, de Turing-machine,

Kripke-modellen, de Bernoulli-verdeling, de Gauss-kromme, de theorie van Wegener, etcetera. En, in het licht van de onderhavige thematiek: Pauli's principe, de Schrödinger-vergelijking, Bohrs model en Heisenbergs onzekerheidsrelatie. Opvallend is niet alleen de veelsoortigheid van de resultaten, die alle als wetenschappelijke *output* worden erkend en te boek gesteld, maar zeker ook het gemak en de vanzelfsprekendheid waarmee deze exclusief met één persoon worden verbonden. Zulke eenduidige typeringen of eponiemen onttrekken onmiskenbaar de namen van vele erflaters van onze beschaving aan de vergetelheid, maar doen zelden volledig recht aan de complexe en weerbarstige historische werkelijkheid. De reeds genoemde Amerikaanse historicus van de statistiek Stephen M. Stigler (1941) gaat nog een stap verder en stelt onomwonden dat wetenschappelijke vondsten altijd ten onrechte aan een persoon worden toegeschreven: 'No scientific discovery is named after its original discoverer.' Zonder schroom benoemt hij deze boude uitspraak als 'Stigler's Law of Eponymy' in een gelijknamig artikel uit 1980. Door de evidente en destructieve zelfreferentie van de wet, moeten we Stiglers actie veeleer als een kwinkslag en knipoog beschouwen, dan als een bedenkelijk gebrek aan bescheidenheid. Om elk misverstand hierover uit te sluiten benadrukt Stigler bovendien dat alle argumenten die hij aandraagt voor zijn 'Wet van de verkeerde vernoeming' zijn terug te vinden in het werk van de in die tijd toonaangevende wetenschapshistoricus Robert K. Merton (1910–2003). In klassieke publicaties als *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England* (1938) en *The Sociology of Science* (1973) kiest Merton een externalistische benadering. Hij beschouwt de wetenschap als sociaal systeem en onderzoekt de wisselwerking tussen het wetenschappelijk bedrijf en cultuur en samenleving; de *stakeholders*, de instituties, de waarden. Daarbij besteedt hij vooral aandacht aan receptie, waardering en beloningssystemen. Aan de hand van uiteenlopende historische studies ontrafelt hij vele misverstanden, anomalieën en paradoxen uit de wetenschapsgeschiedenis op een voor de onbevungen *sciëntist* vaak ontnuchterende wijze. Zo toont hij aan dat sommige fundamentele concepten en ideeën vrijwel unaniem worden geaccepteerd en overgenomen terwijl de uitvinder ervan wordt vergeten of bewust genegeerd. Tegelijkertijd vindt dikwijls een soort epische verdicthing plaats. Met name in zijn artikel *The Matthew Effect in Science: The reward and communication systems of science* uit 1968 betoogt Merton dat beroemde wetenschappers vaak ten onrechte krediet krijgen voor hun bijdragen, terwijl de lagere Olympiërs het omgekeerde ervaren. Met de term

Matthew-effect verwijst hij openlijk naar de passage uit het Nieuwe Testament (Matteüs 25:14-30), door economen nogal eens geciteerd ter illustratie van het verschijnsel dat de rijken steeds rijker en de armen steeds armer worden. Merton veraanschouwt niet alleen dat prioriteitsgeschillen tussen wetenschappers op twijfelachtige wijze worden beslecht, maar gaat ook uitvoerig in op het verschijnsel eponymie, waarvan hij de vele manifestaties onderzoekt en waarin hij een gelaagde structuur onderkent. Hoe dan ook, de juistheid van Stiglers visie wordt in het werk van Heisenberg op verschillende manieren op treffende wijze geïllustreerd en herbevestigd. Zijn matrixmechanica uit 1922 is daarvan een saillant voorbeeld. Bohrs atoommodel uit 1913 was in zekere zin buitengewoon 'aanschouwelijk'. Elektronen bewogen in banen om de kern als in een klein Copernicaans zonnestelsel met concentrische cirkels. Uitgaande van stationaire toestanden kan een verandering van baan als een kwantsprong worden getypeerd, waarbij de frequentie van de straling evenredig is met het verschil in energie van de voornoemde toestanden. Omdat het steeds lastiger werd om nieuwe kwantumverschijnselen in te passen en met name kwantumovergangen te beschrijven met dit model, besloot Heisenberg zich in de traditie van Ernst Mach te beperken tot direct waarneembare grootheden en fysische eigenschappen als matrix te representeren. Dat kon echter pas nadat Born in Heisenbergs berekeningen een niet-commutatieve vermenigvuldiging had herkend zoals bij de matrixvermenigvuldiging die hij zich nog herinnerde van toen hij wiskunde en natuurkunde studeerde. Ook de rol van Pascual Jordan bleek cruciaal bij de uiteindelijke totstandkoming. Juist vanwege deze succesvolle *Dreimännerarbeit* beschouwde Heisenberg het als een historische onjuistheid dat Born en Jordan niet meedeelden in de Nobelprijs, die hem in 1932 werd toegekend. Ook in *Het deel en het geheel* wordt fraai geschetst hoe nieuwe ideeën ontkiemen en tot stand komen, soms informeel, via toevallige ontmoetingen, hoe ze worden ontwikkeld en verspreid en hoe uiteindelijk de door Merton geschetste perverse beloningssystemen in het gunstigste geval tot epische verdichting kunnen leiden, maar in andere scenario's tot geschiedvervalsing of zelfs bedrog.

Heisenberg en de filosofie

In het begin van de 20e eeuw was de verhouding tussen filosofie en natuurkunde nog betrekkelijk harmonieus, ondanks – of wellicht doordat – relativiteitstheorie en kwantummechanica grote consequenties hadden voor

de aanschouwelijkheid van het wereldbeeld, de vertrouwde categorieën van ruimte, tijd en causaliteit. Vele fysici waaronder Einstein, Bohr en Planck waren evenals voorgangers Ernst Mach en Max Planck filosofisch zeer onderlegd en legden zich erop toe de wijsgerige implicaties van hun werk te doorgronden. De betreunde controverse tussen de filosoof Henri Bergson en Einstein in de vroege jaren twintig was in dit opzicht veeleer een incident (Starmans, 2015). Die filosofische dimensie bleek ook op de genoemde Solvayconferentie, waarbij 29 genodigden aanwezig waren, waarvan er zeventien de Nobelprijs hadden gewonnen of later zouden winnen. Hier werd de status van de kwantummechanica definitief gevestigd, maar het was ook een culminatiepunt van de intellectuele spanningen tussen enerzijds Albert Einstein, Perrin en andere denkers die vaak als wetenschappelijk realist worden aangeduid en anderzijds het kamp van Niels Bohr, die niet geheel terecht doorgaans wordt gekarakteriseerd als instrumentalist in de traditie van P.W. Bridgeman, de latere Nobelprijswinnaar wiens *The Logic of Modern Physics* eveneens in 1927 verscheen. Meer nog dan zijn illustere voorgangers en tijdgenoten begreep Heisenberg de implicaties van de soms paradoxale en onbegrijpelijke aspecten van de kwantummechanica en zocht nadrukkelijk de dialoog met een breder intellectueel publiek. Zijn *Physics and Philosophy; the Revolution in Modern Science* uit 1962 werd een moderne klassieker. Ook de reeks gesprekken die hij in 1962 en 1963 voerde met Thomas Kuhn, samen met Karl Popper de beroemdste wetenschapsfilosoof van de twintigste eeuw, leidde tot een serie belangwekkende tijdsdocumenten. (Kuhn, 1962, 1963). Heisenbergs had kennis genomen van Kuhns *The Structure of Scientific Revolutions* uit 1962 en stelde tegenover Kuhns paradigmatheorie zijn opvattingen over 'gesloten systemen'. Hoe dan ook anomalieën en paradoxen die om een verklaring riepen, waren er volop in de kwantummechanica. De opvatting dat de snelheid of impuls en de plaats van een deeltje nooit beide exact op hetzelfde moment kunnen worden bepaald; dat de nauwkeurigheid waarmee de ene grootheid wordt gemeten omgekeerd evenredig is met de nauwkeurigheid waarmee de andere, 'complementaire' grootheid wordt gemeten. Het inzicht dat een deeltje 'verandert' louter doordat het wordt waargenomen, dat noch het verleden noch de toekomst daarmee 'vastlagen' en het determinisme voorgoed voorbij lijkt. Dat alles is vanuit een klassieke epistemologie problematisch. Heisenberg zag ook hoe de wisselwerking tussen de meetproblematiek en golfdeeltjes dualiteit ertoe leidde dat Bohr steevast verkeerd werd begrepen. Al eerder had deze in zijn principe van comple-

mentariteit uitgedrukt dat golven en deeltjes twee zijden van c.q. perspectieven op hetzelfde verschijnsel vormen en met zijn correspondentieprincipe aangegeven dat bij grote kwantumgetallen de klassieke mechanica van de macroscopische wereld toereikend is. Hij ging echter in zekere zin verder dan Heisenberg, die alleen stelde dat onzekerheid vooral door de genoemde energieoverdracht werd veroorzaakt. Bohr beschouwde waarnemer en experiment als een enkel, samenhangend systeem: met het meten wordt het systeem vastgelegd. Een niet-gemeten deeltje is als het ware onbepaald, heeft geen geschiedenis, etc. Bohr zou volgens criticasters het aloude principe van intelligibiliteit ondermijnen, de natuurlijke categorie van oorzaak-gevolg-relaties opheffen en de poort openen naar subjectivisme, holisme en Oosterse filosofie. De intuïtie van het kenbare stond onder druk. De kloof tussen filosofie en natuurwetenschap leek daarmee te worden verdiept, terwijl Bohr zich juist bekommerde om de consequenties voor het wetenschappelijk wereldbeeld en een zinvolle interpretatie nastreefde door in een conceptuele analyse onder meer de beperkingen van de op de macroscopische wereld gebaseerde natuurlijke taal te analyseren. Anders dan vaak wordt beweerd was hij veeleer een wetenschappelijk realist ‘zonder aanschouwelijkheid’ dan een instrumentalist, en al helemaal geen relativist. Heisenberg begreep beter dan zijn tijdgenoten wat er hier op het spel stond inzake de teloorgang van de aanschouwelijkheid van het wereldbeeld, de grenzen van de kennis en vooral het zoeken naar eenheid en een diepere orde. Al deze aspecten lopen als een rode draad door *het Deel en het Geheel* en komen onder meer naar voren in essays als ‘Kwantummechanica en Kant’ (1930), ‘Begrijpen in de natuurkunde’ (1920), ‘Kwantummechanica en een gesprek met Einstein’ (1925), ‘Natuurwetenschap en religie’ (1927) of ‘Elementaire deeltjes en platoonse filosofie’ (1961).

Epiloog

Heisenberg leefde en werkte in een zeer bewogen tijdsgewricht. Tijdens de Tweede Wereldoorlog heeft hij in tegenstelling tot vele andere wetenschappers en intellectuelen Duitsland niet verlaten. Zijn rol bij het Duitse atoomprogramma, zijn al dan niet vermeende pogingen dit af te remmen of zelfs te obstrueren, alsmede zijn eigen getuigenissen over deze periode worden met enige regelmaat weer opgerakeld en leiden dan tot enig debat. Ook zijn relatie met Bohr zou hierdoor zijn beïnvloed en hun enigszins mysterieuze ontmoeting in Kopenhagen

in 1941 leidde tot een persoonlijke breuk, maar gaf bovendien aanleiding tot vele speculaties. Het inspireerde de Britse dramaturg Michael Frayn tot het schrijven van het toneelstuk *Copenhagen* (1998), waarin hij Heisenberg, Bohr en diens vrouw Margrethe jaren later laat terugkijken op die ontmoeting en een viertal mogelijke versies of ‘hypothetische scenario’s’ van die gebeurtenis uitwerkt. Het stuk werd ook in Nederland door achtereenvolgens het Noord Nederlands Toneel (1999) en het Nationale Toneel (2009) op de planken gebracht. Laatstgenoemde productie zou bovendien de Toneel Publieksprijs 2009 in de wacht slepen.

Hoe dan ook, dit alles heeft uiteindelijk slechts een geringe smet op Heisenbergs reputatie geworpen. Maarten van Buuren heeft dan ook beslist gelijk als hij de filosofie van Heisenberg eerst en vooral typeert als een poging de orde der dingen te vatten in de beste wijsgerige traditie, waarbij het hele spectrum van ontologie, metafysica, epistemologie en ethiek aan de orde komt. Dat de Duitse natuurkundige het begrijpen c.q. herstellen van de fysische orde zag als een eerste, noodzakelijke stap om de waanzin van het era waarin hij leefde te begrijpen en de politieke, maatschappelijke orde te herstellen, kan wellicht worden geduid als een vorm van hooggestemd utopisme, maar vloeit hoe dan ook rechtstreeks voort uit zijn rijkgeschakeerde filosofie.

LITERATUUR

- AIP (1962, 1963). Interviews of Werner Heisenberg by Thomas S. Kuhn and John L. Heilbron (Transcript: Niels Bohr Library & Archives). College Park, MD: American Institute of Physics (AIP). <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4661-1>
- Heisenberg, W. (1958). *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science*. New York: Harper.
- Starmans, R. J. C. M. (2011). Models, Inference and Truth; Probabilistic Reasoning in the Information Era. In Mark J. Van der Laan & Sherri Rose (Eds.) *Targeted Learning; Causal Inference for Observational and Experimental Data* (pp. 1-20). Springer Series in Statistics. New York: Springer.
- Starmans, R. J. C. M. (2014). De weg naar Kopenhagen; statistiek, natuurkunde en onzekerheid. *STAtOR*, 15(2), 18–22.
- Starmans, R. J. C. M. (2015). Over tijd en relativiteit; Einstein versus Bergson. *Filosofie*, 25(4).
- Starmans, R. J. C. M. (2017). Van Heraclitus tot Shannon: de fluwelen revolutie van data in context en flux. *STAtOR*, 18(1), 22–31.

RICHARD STARMANS is verbonden aan de Faculteit Bèta-wetenschappen (Department of Information and Computing Sciences) van de Universiteit Utrecht en aan Tilburg University. Hij doet onderzoek op het snijvlak van filosofie, statistiek en informatica.
E-mail: starmans@cs.uu.nl