

Robbert Dijkgraaf

Pas op voor het Pauli-effect!

Biografie van Einsteins opvolger

De Academische Boekengids 43, maart 2004, pp. 9-10.

Einstein noemde theoretisch fysicus Wolfgang Pauli zijn geestelijke zoon en troonopvolger. Deze pionier van de kwantummechanica en uitvinder van het mysterieuze spookdeeltje 'neutrino' is ook verantwoordelijk voor het Pauli-principe. Een oud-leerling schreef een 'wetenschappelijke biografie' over hem. Daarin is er ook aandacht voor de schaduwkant van deze scherpe geest.

De twintigste eeuw begon met twee intellectuele kanonschoten. In 1900 ontdekte Max Planck de kwantummechanica en publiceerde Sigmund Freud zijn meesterwerk *Die Traumdeutung*. Tussen deze twee pijlers van de fysica en de psychoanalyse zou het leven plaatsvinden van de theoretisch fysicus Wolfgang Pauli, in datzelfde jaar geboren in Wenen. Onlangs verscheen zijn wetenschappelijke biografie *No Time to be Brief* van zijn oud-leerling Charles Enz.

Pauli was een onomstreden wonderkind, zelfs in de stad van Mozart. Als beginnend student schreef hij een paar jaar na Einstein *het* gezaghebbende artikel over de algemene relativiteitstheorie. Zijn leermeester Arnold Sommerfeld had hem gevraagd een bijdrage te leveren aan de prestigieuze *Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften*. Daar stond hij tussen de groten der aarde - Einsteins meesterwerk kraakhelder uitgelegd in 237 pagina's en 394 voetnoten. Niet alleen was hij op het gymnasium de stof al machtig geworden, hij bleek er moeiteloos mee te kunnen jongleren. Het was alsof zijn jonge geest, niet bezwaard door enige voorkennis, de nieuwe inzichten van Einstein direct in machinetaal had vastgelegd.

Hoewel Pauli niet veel langer aan de relativiteitstheorie zou werken, heeft Einstein dit briljante debuut nooit vergeten. In een ontroerend moment bij de viering van Pauli's Nobelprijs in 1945 op het Institute for Advanced Study in Princeton, waar Pauli de oorlogsjaren grotendeels had doorgebracht, noemde Einstein hem met zoveel woorden zijn geestelijke zoon en troonopvolger. Pauli ervoer dat moment als een kroningsritueel en vond het eeuwig jammer dat dit gebaar nergens officieel gedocumenteerd was.

Per seconde zoeven er zo'n honderd miljard neutrino's ongehinderd door uw duimnagel.

In de jaren twintig werd Pauli wereldberoemd als één van de pioniers van de kwantummechanica. Samen met onder andere Werner Heisenberg en Paul Dirac was hij onderdeel van die briljante groep twintigers die ons wereldbeeld voor altijd zou veranderen. Hij deed de ene na de andere briljante vondst. Zo was hij de eerste die Heisenbergs abstracte formulering van de kwantumtheorie wist toe te passen op het concrete geval van het waterstofatoom en zo erin slaagde het spectrum van het heuristische Bohr-model wiskundig te reproduceren. Hij werd waarschijnlijk het beroemdst door zijn uitsluitingsprincipe: twee deeltjes met halftallige spin, zoals elektronen of protonen, met precies dezelfde eigenschappen, kunnen nooit dezelfde positie innemen. Door het Pauli-principe kunnen atomen niet onbeperkt in elkaar gedrukt worden. Materie voelt daarom hard aan en is stabiel, dat wil zeggen het kan niet helemaal in elkaar zakken.

Ook ontdekte hij met potlood en papier het bestaan van een nieuw deeltje - het neutrino, een mysterieus spookdeeltje dat zo zwak gekoppeld is aan alle andere deeltjes dat het nauwelijks direct te meten is. Per seconde zoeven er zo'n honderd miljard neutrino's ongehinderd door uw duimnagel.

Pauli was een theoreticus *pur sang*. Berucht was zijn invloed op experimenten, die op onverklaarbare wijze altijd misgingen in zijn aanwezigheid, altijd ten koste van de experimentator, nooit van Pauli. De ultieme versie van dit effect vond plaats toen men in een laboratorium ten einde raad een emmer water op een halfopenstaande deur had gezet om Pauli een nat pak te bezorgen. Maar men had buiten het Pauli-effect gerekend: de emmer bleef keurig staan toen hij binnenkwam.

Pauli kon als geen ander mensen genadeloos op hun nummer zetten. Hij was een gesel voor zijn collega's. '*Dass ist nicht einmal falsch*' is zijn befaamde karakterisering. Toen hij op latere leeftijd een onduidelijk verhaal van de oude meester Werner Heisenberg moest aanhoren, stuurde hij hem een postkaart met daarop slechts een lege rechthoek getekend. Daaronder stond: 'Dit is om de wereld te laten zien dat ik kan schilderen als Titiaan. Alleen de technische details ontbreken.'

In deze biografie wordt wel de schaduwkant van een scherpe geest duidelijk. Pauli is uniek geweest in zijn succes om anderen van goede ideeën af te schrikken, vaak door een achteloos gemaakte maar goedgeplaatste neerbuigende opmerking. Zo wist hij Ralph Kronig (van 1939 tot 1969 hoogleraar en later rector in Delft) af te houden van het idee dat elektronen een interne spin hebben, dat ze als het

ware om hun as kunnen tollen. '*Dass ist ja ein ganz witziger Einfall*' , maar het had duidelijk geen relatie met de werkelijkheid, volgens Pauli. Negen maanden later kwamen de jonge Leidse studenten Samuel Goudsmit en George Uhlenbeck (die beiden hun loopbaan grotendeels in de Verenigde Staten zouden vervolgen) onafhankelijk van Kronig met hetzelfde idee. Zij zijn met de elektronenspin wereldberoemd geworden, al hebben ze niet, zoals bijna iedere fysicus denkt, daarvoor de Nobelprijs gekregen.

Een tweede beroemd incident was zijn brute optreden tijdens een voordracht in Princeton van de toen zeer jonge Chinese fysicus C.N. Yang. Die had in 1954 het concept van een niet-Abelse ijktheorie geïntroduceerd. Nu is deze Yang-Mills-theorie een fundamenteel uitgangspunt voor de gehele moderne fysica. Maar toen was Pauli zo neerbuigend dat Yang zijn voordracht halverwege moest staken. Pauli was trouwens zo kritisch - en dat is veelbetekenend - omdat hij als enige in de zaal al eerder over dit probleem had nagedacht.

De droomanalyse van Jung is volledig op de eerste vierhonderd dromen van Pauli gebaseerd.

Rond 1930 brengt een aantal noodlottige gebeurtenissen Pauli geestelijk aan het wankelen. Zijn moeder vergiftigt zichzelf. Zijn rammelende huwelijk met een cabaretière strandt. Hij verlaat, als gedoopte jood, de katholieke kerk. In het Hamburgse nachtleven leert hij stevig drinken. Hij verhuist naar de prestigieuze ETH in Zürich en raakt in een diepe depressie. Daar komt hij terecht bij de psychiater Carl Gustav Jung. Deze is erg in Pauli geïnteresseerd, die hij 'tjokvol archaisch materiaal' acht. Pauli gaat onder behandeling en krijgt de opdracht zijn dromen op te schrijven.

Dat moet je nu net niet aan een genie vragen. Met mathematische precisie begint Pauli zijn dromen te documenteren. Weinig mensen weten dat de droomanalyse van Jung volledig op de eerste vierhonderd dromen van Pauli is gebaseerd. Het lijkt moeilijk een minder representatieve proefpersoon te vinden.

Tot ontsteltenis van de fysici maar tot grote vreugde van alle new-age-goeroes sindsdien, blijven Pauli en Jung corresponderen en gaan ze uiteindelijk zelfs samenwerken. Pauli zal zijn gehele leven zijn dromen noteren. Maar na zijn dood in 1958 verbrandt zijn tweede vrouw al deze documenten. Ze vond ze maar gekunsteld en was bang dat dit aspect van Pauli een eigen leven zou gaan leiden. Alleen de exemplaren die hij naar Jung stuurde zijn bewaard gebleven.

Pauli's dromen hebben een prachtig surrealistisch karakter. Een sleuteldroom is *De wereldklok*, Pauli's verbeelding van de perfecte harmonie en symmetrie waarnaar hij in zijn werk streefde:

'Er is een horizontale en verticale cirkel, met een gemeenschappelijk centrum. Dit is de wereldklok. Hij wordt gedragen door een zwarte vogel. De verticale cirkel is een blauwe schijf met een witte rand in $4 \times 8 = 32$ gedeeld. Een wijzer draait rond. De horizontale schijf heeft vier kleuren. Er staan vier kleine mannetjes met slingers op. Eromheen ligt de ring, die eerst donker was maar nu goud, en die vroeger door vier kinderen gedragen was.'

Pauli's dromen weerspiegelen zijn worsteling met de spanning tussen de binnen- en buitenwereld - 'de smalle weg die naar de waarheid voert, tussen de blauwe damp van de mystiek en de steriele rationaliteit, vol met valkuilen waar je aan beide kanten kan afvallen', schrijft hij. In zijn droom *Die Klavierstunde* beschrijft hij dit gevoel: 'In de oudere school worden de woorden begrepen maar niet de betekenissen, in de nieuwere worden alleen de betekenissen, niet de woorden begrepen.' Ook geeft hij in zijn dromen lezingen aan '*die fremde Leute*', een seminariumgehoor dat tot zijn verbazing meer wil weten over zijn gevoelsleven.

Dit dilemma tussen de twee elkaar uitsluitende werelden van natuurwetenschap en innerlijk leven was Pauli niet vreemd. Toen Heisenberg in 1925 net zijn befaamde onzekerheidsrelatie had gevonden, die zegt dat je van een deeltje niet tegelijk de positie q en de impuls p kan meten, schrijft Pauli hem: 'Je kunt met je q -oog of met je p -oog kijken, maar als je beide ogen opent word je gek.'

Het boek van Enz is niet licht verteerbaar, en zeker niet briljant geschreven, met een overdaad aan noten, referenties en formules. Toch verschaft het met zijn Zwitserse precisie een schat van ruwe gegevens. Daardoor wordt het mogelijk tussen de regels door de mens Pauli althans gedeeltelijk te reconstrueren. Wat opvalt, is dat hij met zijn scherpe en kritische geest zeker zichzelf niet spaarde - hij was *brutally honest* over zijn eigen gebreken - zeker aan het einde van zijn relatief korte leven. Daarmee is deze wetenschappelijke biografie toch een ontroerend document geworden.

Maar pas op voor het Pauli-effect. Mijn favoriete foto betreft hem bij een zeer onkarakteristiek sportief moment. Pauli speelt een potje voetbal tijdens een instituutsuitje. Hij kijkt met een duivelse glimlach in de lens. Het linkerbeen is ver uitgestrekt. Vlakbij de lens doemt de naderende voetbal op. Het was de laatste foto die met dat toestel gemaakt zou worden.

Robbert Dijkgraaf is hoogleraar wiskunde aan de Universiteit van Amsterdam. Op 4 februari jongstleden ontving hij de 2003-Spinozaprijs.

Besproken boeken:

No Time to be Brief. A scientific biography of Wolfgang Pauli
door **door Charles P. Enz.**
Oxford University Press. Oxford 2002.
284 pag., € 56,35