

De grote fysicus Wolfgang Pauli droomde en analyseerde deze dromen met Carl Gustav Jung. In een van die dromen komt het imaginaire getal i voor. **Herbert van Erkelens** beschrijft de symbolische betekenis van de imaginaire eenheid in Pauli's droom.

De dromen van een telduivel

Inleiding

De telduivel van Hans Magnus Enzensberger gaat over de dromen van een jongen die angst voor wiskunde heeft. Maar hoe zien de dromen eruit van een wiskundig genie dat zelf een telduivel is? De schriftelijke nalatenschap van Wolfgang Pauli (1900-1958) bevat het antwoord.

Wolfgang Pauli vormt een van de markante persoonlijkheden die het gezicht van de twintigste-eeuwse natuurkunde hebben bepaald. Hij wordt op 25 april 1900 in Wenen geboren. Op zijn achttiende is de jonge Wolfgang al zo thuis in de nog maar net door Einstein ontwikkelde nieuwe zwaartekrachtstheorie, dat hij op dit gebied zijn eerste publicatie in de theoretische natuurkunde schrijft. Daarna vertrekt hij naar de universiteit van München om te studeren onder leiding van de bekende natuurkundige Arnold Sommerfeld. Zo komt hij voor het eerst met het geheim van het getal in aanraking. Want in de natuurkunde is men juist tot het inzicht gekomen dat bepaalde fysische grootheden in de atomaire wereld door gehele getallen gekarakteriseerd worden.

Omdat de ruimte waarin we leven drie dimensies kent, hebben de atoomfysici uit die tijd drie verschillende *kwantumgetallen* nodig om het trillingsniveau van een atoom te specificeren. Pauli is degene die eind 1924 tot de conclusie komt dat er voor de beschrijving van een atoom nog een extra halfvallig kwantumgetal nodig is. Met behulp van dit vierde kwantumgetal kan de structuur van het periodieke systeem der scheikundige elementen verklaard worden. In 1945 krijgt Pauli voor deze grote ontdekking de Nobelprijs.

De Pers en de blonde man

Eigenlijk komt de prijs op een ongelukkig moment. Pauli vertoeft samen met Albert Einstein in het Amerikaanse Princeton. Daar voelt hij zich niet meer thuis, omdat de Amerikanen in augustus 1945 twee atoombommen op Japan hebben gegooid. Hoewel hij zelf niet aan de creatie van die bommen heeft meegewerkt, heeft hij wel het ge-

voel met zijn fysica in een criminele atmosfeer geraakt te zijn. Hij verlaat de Verenigde Staten in februari 1946 om terug te keren naar zijn leerstoel voor theoretische fysica aan de *Eidgenössische Technische Hochschule* (ETH) in Zürich. Maar de fysica in Zürich is dezelfde fysica die in Hiroshima en Nagasaki in twee korte flitsen een half miljoen doden en gewonden heeft veroorzaakt.

Innerlijk wordt Pauli op deze nucleaire massamoord aangesproken. In zijn dromen verschijnen personificaties van het onbewuste die hem een nieuwe kijk op de natuurkunde willen bijbrengen. Een blonde man lijkt alles te weten over de psychologische betekenis van wiskundige symbolen. In een droom uit februari 1946 merkt Pauli tegenover de blonde man op dat rotatie naar 'de kringloop en circulatie van het licht' verwijst, een proces beschreven in de oude taoïstische tekst *Het geheim van de gouden bloem*. De sinoloog Richard Wilhelm heeft deze tekst in de jaren twintig van de vorige eeuw uitgegeven samen met een psychologisch commentaar van de dieptepsycholoog Carl Gustav Jung.

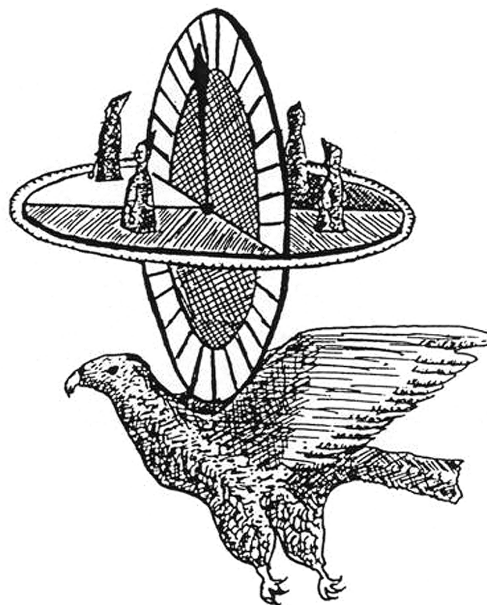


fig. 1 Pauli's visioen van de wereldklok

Pauli kent *Het geheim van de gouden bloem* goed. Hij is tussen zijn eenendertigste en vierendertigste jaar bij Jung in analyse geweest. Jung heeft dromen van Pauli uit deze periode gepubliceerd in *Psychologie und Alchemie*. Deze dromen bevatten meetkundige symbolen die naar het Zelf verwijzen, de grotere persoonlijkheid die het bewustzijn en het onbewuste omvat. Pauli weet dat het licht van het ik-bewustzijn een cirkelvormige beweging rond het middelpunt van het Zelf kan maken, zoals een planeet om de zon. Maar wat hem echt dwarszit is dat het onbewuste ook nog een alternatief voor de universitaire fysica schijnt te kennen. In een droom uit december 1947 verschijnt een donkere man die toegelaten wil worden tot de ETH. Pauli noemt hem de Pers. Er ontspringt zich een woordenwisseling waarin Pauli de vragen stelt:

‘U wordt niet tot de studie toegelaten?’
‘Nee, daarom studeer ik in het geheim.’
‘Wat bestudeert u?’
‘Ik bestudeer u.’
‘U spreekt op een zeer scherpe toon met mij.’
‘Ik spreek als iemand aan wie verder alles verboden is.’
‘Bent u mijn schaduw?’
‘Ik ben tussen u en het licht, dus bent u mijn schaduw, niet omgekeerd.’
‘Studeert u ook natuurkunde?’
‘Daarin is uw taal mij te moeilijk, maar in *mijn* taal begrijpt u de natuurkunde *niet*.’
‘Wat doet u hier?’
‘Ik ben hier om u te helpen.’

Uit latere dromen blijkt dat de taal van de Pers de taal van de muziek is. Het onbewuste beschouwt natuurkundigen als wetenschappers die de wereld willen begrijpen zonder naar de muziek ervan te luisteren. Het muziekmotief slaat op de zinvolle overeenstemming in de wereld tussen innerlijke en uiterlijke gebeurtenissen. Jung noemt het principe van zinvolle coincidentie synchroniciteit. Jung had al in 1930 in zijn gedenkschrift voor Richard Wilhelm de opvatting verkondigd dat er naast causale verbanden ook zinvolle verbanden moesten bestaan die niet aan tijd en ruimte gebonden zijn. Maar pas Pauli brengt Jung in november 1948 ertoe diens gedachten over synchroniciteit aan het papier toe te vertrouwen.

Als reactie hierop vindt er bij Pauli innerlijk een transformatie plaats. Tijdens een indrukwekkende droom verdwijnt de donkere Pers in het kolkende water van de Rijn. Wanneer hij weer te voorschijn komt, is hij als het ware tot één figuur samengesmolten met de blonde man. Pauli noemt de nieuwe gestalte ‘de licht-donkere vreemdeling,’ of kortweg ‘de vreemdeling.’ Bovendien merkt hij op dat deze vreemdeling alle trekken vertoont van de geest der materie Mercurius uit de alchemie. Goethe heeft Mercurius in zijn tragedie *Faust* duivelse trekken gegeven en hem Mephistopheles genoemd. Deze Mephistopheles heeft in zekere zin weer model gestaan voor de telduivel uit het boek van Enzensberger. Maar de vreemde-

ling bij Pauli is geen telduivel. Hij is een personificatie van het Zelf.

De Pianoles

In januari 1951 wordt Pauli verliefd op Marie-Louise von Franz, een medewerkster van Jung die zich onder meer met alchemistische symboliek bezighoudt. In de dieptepsychologie wordt een dergelijke verliefdheid sinds Freud een *overdracht* genoemd. Zonder overdracht is het niet mogelijk het Zelf te ervaren, omdat de diepere kern van het mens-zijn liefde is. Maar hoe ga je met liefde voor een ander om als je getrouwd bent? Pauli’s dromen geven aan dat de relatie met Von Franz bedoeld is om gezamenlijk een antwoord te zoeken op de scheiding tussen psyche en materie in het westerse wereldbeeld. Maar juist die opgave wekt weerstanden bij Pauli, omdat die hem in conflict kan brengen met zijn collega’s van de ETH.

Pas in oktober 1953 is hij zover dat hij geen andere uitweg meer ziet dan aan die innerlijke opgave te werken. Von Franz raadt hem aan actieve imaginatie toe te passen, een manier om rechtstreeks in contact te treden met personificaties van het onbewuste. Het resultaat van Pauli’s dialoog met het onbewuste heet *De Pianoles*. In deze imaginatie bevindt Pauli zich ineens in het huis van zijn jeugd. Hij is dertien jaar en houdt een map met bladmuziek in zijn handen. Een Chinese dame presenteert zich aan hem als pianolerares. In een eerdere droom heeft deze dame in de ETH een dans uitgebeeld die op de circulatie van het licht betrekking heeft. De Chinese dame personificeert het Chinese begrip Tao dat door Wilhelm met ‘zin’ is vertaald. Wat in de Chinese filosofie Tao wordt genoemd heet bij Jung synchroniciteit.

Volgens de *I Tjing*, een door Wilhelm uitgebracht wijsheids- en orakelboek, laat het Tao nu eens het donkere vrouwelijke *yin*, dan weer het lichte mannelijke *yang* verschijnen. Hetzelfde geldt in *De Pianoles* voor de muziek. De majeur-akkoorden die de Chinese dame op de piano aanslaat staan voor *yang* en de mineur-akkoorden voor *yin*. Verder laat de Chinese dame Pauli aan de hand van de witte en zwarte toetsen ervaren dat goed en kwaad relatief zijn. De hele wereld is een spel waarin nu eens het lichte *yang*, dan weer het donkere *yin* overheerst.

Op de achtergrond is de vreemdeling aanwezig. Hij wordt inmiddels door Pauli de *meester* genoemd. Hij gedraagt zich als een goddelijke boodschapper die eenzaam door de moderne samenleving zwerft en nergens onderdak vindt. De meester vestigt zijn hoop op Pauli, maar deze schrikt ervoor terug de spreekbuis te worden van deze machtige gestalte die licht en donker in zich verenigt. De meester wil echter onder alle omstandigheden zijn wil doorzetten en hij vindt Pauli juist bijzonder geschikt als brug naar de moderne wetenschap: ‘Hij wil bij mij aan het daglicht treden, tot iedere prijs! Ik geef toe dat ik hem vaak eng vind en ik ben tegenover hem angstig en voorzichtig. Hij is niet alleen goed, maar kan ook kwaad en

gevaarlijk zijn. Dat is hij echter juist dan het meest wanneer je probeert hem te negeren [...] Zodoende ben ik enerzijds angstig, anderzijds fascineert hij mij. Ik kan hem niet meer loslaten, zoals hij mij niet.'



fig. 2 Wolfgang Pauli (1900 - 1958)

De ring *i*

Aan het einde van *De Pianoles* begint Pauli in zijn verbeelding de omtrekken van het thuisland van de meester te ontwaren. Hij merkt dan op: 'Hoort het thuisland niet eigenlijk onafscheidelijk bij de meester? Zoals de meester van gestalte wisselt in de tijd, zo bestaat er een vroeger, een huidig en een toekomstig thuisland, zoals er ook een vroeger, een huidig en een toekomstig gezicht van de vrouw bestaat.' De Chinese dame corrigeert Pauli: 'Jij vergeet het vierde, het tijdloze, zowel bij het thuisland als bij de vrouw. Dat alleen is de eenheid in het conflict tussen de drie dat het leven zelf is.'

Hier wijst de dame Pauli op een dimensie die het perspectief van verleden, heden en toekomst overstijgt. Dit onderricht door de dame maakt een zeer grote indruk op Pauli. Bescheiden geworden zegt hij tot haar: 'Deze les heeft al lang geduurd, nu moet ik heengaan onder de mensen, in mijn mannenwereld. Maar ik zal terugkomen.'

Zij vraagt: 'Wat wil je onder de mensen?'

Pauli: 'Met alle middelen proberen de meester te verzoeven.'

Daarop antwoordt de meester vriendelijker dan vroeger: 'Reeds lang heb ik daarop gewacht.'

Vervolgens wil Pauli vertrekken, maar hij wordt door de meester tegengehouden. Deze roept: 'Wacht. Transformatie van het evolutiecentrum.'

Pauli denkt: 'Vroeger zei men: lood verandert in goud.' Daarop toont de Chinese dame hem een wiskundig symbool dat het tijdloze, dat de twee werelden van natuurkunde en dieptepsychologie met elkaar verbindt, verbeeldt. Het gaat om de eenheidscirkel in het complexe vlak. De cirkel heeft in *De Pianoles* de vorm van een ring die tot dan toe verborgen heeft gezeten aan de hand van de Chinese dame. Zij laat de ring in de lucht zweven en merkt op: 'Jij kent de ring wel uit jouw leerschool der wiskunde. Het is de *ring i*.' Het symbool *i* staat voor de imaginaire eenheid. *De Pianoles* gaat dan als volgt verder, waarbij Pauli de ik-figuur is.

Ik knikte terwijl ik de woorden sprak: 'De *i* maakt de leegte en de één tot paar. Tevens is het de operatie van een kwart draaiing van de hele ring.'

Zij: 'Zij maakt het instinctieve of driftmatige, het intellectuele of rationele, het spirituele of bovenzinnelijke waarvan jij sprak, tot een geheel of een monade, wat de getallen zonder de *i* niet kunnen voorstellen.'

Ik: De ring met de *i* is de eenheid voorbij deeltje en golf en tegelijk de operatie die een van beide te voorschijn brengt.'

Zij: 'Hij is het atoom, het ondeelbare, in het Latijn ...' Bij deze woorden keek zij mij veelzeggend aan, maar het scheen mij niet nodig Cicero's woord voor het atoom hardop uit te spreken.

Ik: 'Hij maakt de tijd tot statisch beeld.'

Zij: 'Hij is het huwelijk en hij is tegelijk het rijk van het midden waar men niet alleen, maar slechts met zijn tweeën komen kan.'

Er onstond een pauze, wij wachtten op iets.

Toen: de veranderde *stem van de meester* spreekt vanuit het centrum van de ring tot de dame: 'Blijf genadig.'

Duiding

Je zou over dit ene fragment uit *De Pianoles* een heel boek kunnen volschrijven. Want nu blijkt dat de eenheidscirkel in het complexe vlak toch meer kan betekenen dan een handig symbool om mee te rekenen. Primair is het een mandalasympool. Mandala is Sanskriet voor cirkel. Zo merkt Jung op: 'In de mandala drukt zich een proces uit dat gericht is op de vorming van een nieuw centrum van de persoonlijkheid.' Bijzonder is dat bij Pauli een meetkundig symbool uit de moderne wiskunde als mandala verschijnt. De raadselachtige uitspraken van Pauli kunnen gemakkelijk herleid worden tot verschillende definities van *i*. Je kunt *i* definiëren als het paar (0,1) of als een draaiing over 90° opvatten. De imaginaire eenheid heeft voor Pauli ook psychologisch betekenis als een functie die innerlijke tegenstellingen kan overbruggen en daarmee de heelheid van zijn verdeelde innerlijk herstelt. Monade is in feite een ander woord voor eenheid, terwijl Cicero's vertaling van het Griekse *atomos* als *individueum*

eveneens naar het ondeelbare verwijst.

In de kwantumfysica is de imaginaire eenheid onmisbaar om het deeltjesaspect van fysische toestanden met het golfaspect te verenigen. Het symbool i is ook nodig om twee onderling tegenstrijdige grootheden zoals energie en frequentie met elkaar te verzoenen. Terwijl energie tijdloos en onverwoestbaar is, heeft frequentie juist weer met de tijd te maken. Blijkbaar maakt de ring i de tijd inderdaad tot statisch beeld. Maar de ring verbeeldt ook het mystieke huwelijk tussen Pauli en de Chinese dame. Het rijk van het midden is het rijk dat tussen de tegenstellingen bemiddelt. Dit rijk is vermoedelijk het thuisland van de meester. Want deze spreekt vanuit het centrum van de ring tot de Chinese dame: 'Blijf genadig.'

Deze twee woorden vormen een citaat uit het gebed dat Doctor Marianus aan het slot van Goethe's *Faust* tot het eeuwig vrouwelijke richt. Het blijkt dat de meesterfiguur in de ring i een verjongingskuur heeft ondergaan. Hij is volgens de regels van de middeleeuwse alchemie van lood in goud veranderd. Tegelijkertijd is de Chinese dame opgeklommen tot de status van een wijsheidsgodin. Psychologisch gezien belichaamt zij nu het hoogste aspect van wat Jung de *anima* noemt, de vrouwelijke personificatie van het onbewuste.

Pauli staat nu voor de vraag wat hij met al deze innerlijke beelden aan moet. Hij ervaart dat de ring i een verenigend symbool is waar wiskunde, kwantumfysica, dieptepsychologie en alchemie elkaar ontmoeten. Maar hij aarzelt

om de ring te aanvaarden als belangrijk voor zijn eigen levensopdracht. Hij besluit de imaginatie te stoppen en weer terug te keren naar de gewone tijd en de gewone ruimte van alledag. Hij verlaat de kamer met de Chinese dame, en merkt dan dat hij een jas aan en een hoed op heeft, net zoals een universiteitsprofessor van de ETH: 'Uit de verte hoorde ik nog een C-grote terts vierklank CEGC die blijkbaar door de dame zelf gespeeld werd, toen zij weer alleen was.'

Daarna heeft Pauli in het openbaar nooit iets over de symbolische betekenis van de imaginaire eenheid meegedeeld. Hoewel hij de meester heeft beloofd hem te verzoenen met de wereld van de moderne wetenschap, heeft hij dat in werkelijkheid niet gedaan. Eind 1955 beëindigt hij zijn briefwisseling met Marie-Louise von Franz en met Jung communiceert hij bij voorkeur via diens secretaresse Aniela Jaffé. Een ontmoeting gaat hij uit de weg. Begin december 1958 wordt Pauli tijdens het geven van college door heftige pijnen overvallen. Hij wordt opgenomen in het Rode Kruis ziekenhuis van Zürich. Daar overlijdt hij op 15 december. Zijn geestelijke nalatenschap verdwijnt daarmee voor dertig jaar in het wetenschaps-historisch archief van de ETH, omdat de weduwe Franca Pauli zich verzet tegen iedere poging om de innerlijke wereld van Wolfgang Pauli naar buiten te brengen.

*Herbert van Erkelens,
docent wiskunde in opleiding, Haarlem*

Verschenen

Titel: Wiskunde met TI-83 Plus-SE
COMPLETE HANDLEIDING 2de graad
Leer- en zelfstudieboek
Auteurs: J. Van Poppel
Uitgever: www.garant-uitgevers.nl
ISBN 90-441-1531-6
Tweede, herziene uitgave: 2004
112 blz.
Prijs: € 7,50

Het boek is een totaal handboekafhankelijk oefen- en zelfstudieboek, waarin de leerling alle situaties die in de loop van de tweede graad (niveau 3-4 HAVO/VWO) aan bod komen, snel kan terugvinden, opfrissen en vastzetten via representatieve oefeningen.

De vorige uitgave 'Basishandleiding' werd totaal hernieuwd en uitvoerig aangevuld en is gebaseerd op klaservaringen van de auteur van de laatste jaren. Er werd rekening gehouden met de aanbevelingen van collega's en leerlingen.

Het boek bevat ongeveer 900 schermafdrucken, meer dan 200 representatieve oefeningen, en alle opdrachten zijn vergezeld van hun oplossingen.

