

# Een kwantum vertelling

Door Ir J.A.J. van Leunen

Ik geef je een uitspraak  
en die uitspraak geeft aan  
hoe de wereld werkt



## Het verhaal

### De voorgeschiedenis

Enkele ouderen zetelen in een kring en bespreken wat er om hun heen gebeurt. Dat is niet veel. De jongste onder hen verveelt zich en denkt na over hun discussie. Kennelijk is die aan regels gebonden, want als ze van een onwaarheid uitgaan kunnen ze daaruit elke gevolgtrekking, of deze nu waar of niet waar is, trekken. Het gesprek eindigt dan steevast in oeverloos gezwam. Na enige tijd heeft hij de regels bij elkaar die moeten voorkomen dat de gesprekken uit de hand lopen. Hij stelt ze voor aan zijn gesprekspartners. Zij zijn er zeer mee ingenomen. Voortaan, als iemand een uitspraak doet, loopt het gesprek op rolletjes. De uitvinder schrijft zijn vondst in een boek en noemt dat boek "Logica". Er gebeurt in hun omgeving nog steeds niet veel en nu de gesprekken niet meer uit de hand lopen, verloopt de meeste tijd in stilzwijgen. De uitvinder verveelt zich opnieuw en probeert daarom weer iets nieuws te vinden. Hij bedenkt dat als hij de regels in zijn boek een beetje zou veranderen, dat daardoor de gesprekken veel interessanter zouden kunnen worden. Hij schrijft een nieuw boek met daarin de gewijzigde regels. Nadat dit boek gereed is, gebeuren er voor hen in het woud om hen heen allerlei dingen die hun gesprekken zonder oponthoud op gang houden. Het

tweede boek noemt de schrijver “Regels van de Kwantum Logica”. Tevens past hij het omliggende woud aan, zodat de structuur van dat woud ook aan de nieuwe regels beantwoordt. Hij geeft het eerste boek een nieuwe naam “Regels van de Klassieke Logica”. Om het woud aan te passen gebruikt hij een gereedschapskist. Die kist heeft ook een naam. Hij heet ‘Wiskunde’.



M



S

## De ontmoeting

Een oude en zeer ervaren senior ontmoet een nieuwsgierige jongeman die vol zit met vragen over de dingen die hij waargenomen heeft in de wereld waarin hij rondzwerft. De jongeling vraagt de oudere of hij hem een paar van zijn meest prangende vragen mag stellen. De senior reageert positief door even te knikken. Echter, al de eerste vraag van de leergierige jongeman verrast hem.

**S:** Mijnheer, kunt u mij verklaren hoe de wereld werkt?

De oude man denkt een poos diep na en komt dan met zijn antwoord.

**M:** Dat zal een hele klus worden, maar ik kan natuurlijk een poging wagen. Ga alstublieft op die steen zitten, want het zal wel wat tijd kosten.

De jongen gaat op de steen zitten en kijkt zijn verteller verwachtingsvol aan. De oude man haalt adem en begint.

**M:** Dit kan allen in de vorm van een sprookje gebeuren. Het zou ook in de vorm van een kar vol met formules kunnen, maar ik twijfel eraan of je die formules zou begrijpen. Accepteer je dat ik het verhaal in een sprookje verpak?

**S:** Wel, ik hoor heel wat liever een sprookje dan een verhaal met een kar vol met formules. Ik vermoed dat ik niet een van die formules zal begrijpen.

De oudere neemt nog eens diep adem en begint met zijn vertelling.

**M:** De wereld wordt beheerst door een wetboek. De wereld is gedwongen om naar de regels in dat wetboek te handelen. Er staat geen straf op het niet navolgen van de regels. De wereld kan gewoon niet anders dan de regels volgen die in het boek beschreven zijn.

**S:** Waar bevindt zich dat boek en hoe heet het?

**M:** Het wetboek is in het bezit van de heerser van het grote Hilbert's woud en het heet "Regels van de Kwantumlogica".

**S:** Wat staat er in dat boek?

**M:** Het boek bevat een klein aantal regels. Deze regelen hoe uitspraken over dingen in onze wereld met elkaar samenhangen.

**S:** Welke dingen?

**M:** Wel, alles wat een identiteit heeft en dat de toestand waarin het verkeert op een of andere manier vasthoudt. Laten we ze kortweg deeltjes noemen. Het kunnen echter ook heel grote dingen zijn.

**S:** Wat is er anders aan die logica? Ik ken maar één soort logica.

**M:** Jij kent het soort logica waarmee mensen redeneren. De natuur heeft zijn eigen logica en die heeft een veel rijkere structuur.

**S:** Hoeveel regels bevat dat wetboek en wat betekenen die regels?

**M:** Het boek bevat ongeveer tien regels en die specificeren heel precies de structuur van de relaties tussen de uitspraken.

**S:** Er staan maar erg weinig regels in dat boek! Hoe kan dit nu de hele wereld regelen?

**M:** Dat is waar, maar de regels zijn heel krachtig!

**S:** Leg dat maar eens uit.

**M:** Wel, de structuur tussen de uitspraken wordt gereflecteerd in de structuur van Hilbert's woud. Hilbert's woud is een zeer uitgestrekt bos en is verbonden met onze leefwereld. Via deze verbinding controleert Hilbert's woud de gebeurtenissen in onze wereld.

**S:** Dus, wanneer ik Hilbert's woud bezoek, kan ik zien hoe de wereld werkt.

**M:** Nee, als je Hilbert's woud bezoekt, dan zie je hoe de wereld gecontroleerd wordt.

**S:** Hoe, kan ik Hilbert's woud bezoeken?

**M:** Je kunt mij begeleiden op een virtuele trip naar Hilbert's woud. Ik zal je gids zijn.

**S:** Goed. Hoe ziet Hilbert's woud eruit?

De jongeman volgt in zijn gedachten de oude man. Deze beschrijft een zeer merkwaardige omgeving. Hij heeft er voor gewaarschuwd dat dit een sprookje is.

**M:** Het Hilbert's woud lijkt op een enorm woud van staken. Deze staken hebben kleuren. Een deel van de staken zijn groen gekleurd. Een ander deel van de staken is rood gekleurd. Daarnaast staan er zilverwitte staken. Die staan in bosjes bij elkaar. Alle staken hebben dezelfde lengte en ze hangen aan de onderzijde allemaal aan het centrum van het woud vast. Op die wijze vormen de staken een enorme bol.

**S:** Dat is wel een heel raar soort woud!

**M:** Inderdaad. Maar het is niet het enige dat eigenaardig is in Hilbert's woud. Laat me maar wat meer vertellen over de zilverwitte staken. De bosjes witte staken zijn representanten en controleurs van de individuen in onze leefwereld.



**S:** Hoe is dat geregeld?

**M:** De individuele deeltjes in onze wereld zijn op hun beurt reflecties van de bosjes met zilverwitte staken in Hilbert's woud. Wat er met de bosjes gebeurt, gebeurt ook met de deeltjes.

De jongeling probeert zich de vreemde situatie voor te stellen. Er bestaan dus kennelijk twee werelden. Een waarin hij leeft en een van waaruit dat leven gecontroleerd wordt. Hij haalt zich het woud voor de geest.

**S:** Wat is de functie van de andere staken?

**M:** De andere staken dragen aan hun top etiketten met gegevens. De etiketten van de groene staken dragen positiegegevens. Op die wijze lijken ze op de kilometerpaaltjes langs onze wegen. Alleen bevatten de groene palen drie coördinaten. Die geven precies aan waar het bewaakte individu zich bevindt. Het werkt op die manier als een primitief GPS systeem.

**S:** Dit kan ik met wat moeite nog wel begrijpen.

**M:** De etiketten aan de top van de rode palen bevatten snelheidsgegevens, of liever gezegd impulsgegevens. Een bos zilverwitte palen kan op die manier bepalen waar zijn pupil in onze leefwereld is en hoe krachtig hij beweegt.

**S:** Waarom bestaan er twee typen staken met gegevens?

**M:** Dat heeft de heerser van Hilbert's woud zo geregeld. Op die wijze kan een bosje zilverwitte palen niet tegelijkertijd de positie en de snelheid van zijn pupil bepalen. Het is

weer eens een detail waardoor de heerser onze leefwereld in de hand houdt. De etiketten dragen de waarden van waarneembare grootheden die bij het type paal horen. Wiskundigen noemen dat eigenwaarden en de staken noemen zij eigenvectoren. Maar dat is hun vaktaal. De heerser houdt de lezer van de etiketten in het onzekere.

**S:** Kunnen de zilverwitte staken de etiketten lezen?

**M:** Nee, dat doet een soort herder die de zilverwitte staken als zijn schapen door Hilbert's woud drijft. Het woud is erg dicht. De herder kan over de toppen van de staken lopen en op die wijze zijn schapen hoeden.

**S:** Hoe leest die herder de gegevens van de etiketten?

**M:** De herder moet zich naar de betreffende staak keren om de gegevens te kunnen lezen. Als hij zich dicht bij een groene staak bevindt, dan is hij tamelijk ver verwijderd van de dichtst bijzijnde rode staak. In feite kan een hele serie rode staken nagenoeg even ver van hem vandaan zijn. Het omgekeerde kan gebeuren als groen met rood verwisseld wordt. Hij zal gebruikelijk de meest dichtbij gelegen staak uitlezen. De heerser heeft dus een rare truck uitgehaald.

*Voor de ingewijden: Dit is natuurlijk de oorzaak van het Heisenbergse onzekerheidsbeginsel. Het veroorzaakt het kwantum gedrag van kleine deeltjes.*

**S:** Ik moet zeggen, dat ik het allemaal maar eigenaardig vind.

**M:** Dat is ook zo. Het is het gevolg van de regels die in het boek staan. Laat ons verder gaan. Het wordt nog heel wat gekker.

**S:** Ga alstublieft door.



**M:** De herder drijft zijn schapen door het Hilbert's woud. Hij doet dat aan de hand van geuren die hij van andere kuddes ontvangt. De geuren zijn mengsels van aantrekkende componenten en afstotende componenten. De herder reageert daarop.

**S:** Wat veroorzaakt die geuren?

**M:** De geuren worden veroorzaakt door de bewegingen die de schapen maken wanneer de herder de schapen door het woud drijft. De schapen kunnen ook binnen de kudde bewegen. Ook die bewegingen veroorzaken geuren die aan het uitgezonden geurpatroon bijdragen.

**S:** Hoe houdt de herder zijn schapen bij elkaar?

**M:** Wel, dat gebeurt op een bijzondere wijze. Het woud is zo dicht, dat het voor de staken onmogelijk is om te bewegen. In plaats daarvan herdefinieert de herder bij elke stap welke staken er bij zijn kudde horen. Deze staken worden dan zilverwit. De staken die buiten de kudde geraken krijgen hun oude kleur terug. Bovendien bestaat er nog een ander mechanisme dat het bijeenhouden ondersteunt. Dat mechanisme is de massatraagheid.

**S:** Wat is massatraagheid?

**M:** massatraagheid vertegenwoordigt de gecombineerde invloed van alle andere kuddes. De meest verafgelegen kuddes leveren tezamen de grootste bijdrage. Dat gebeurt onafhankelijk van het feit dat de bijdrage per kudde met de tussenliggende afstand afneemt. De afgelegen kuddes vormen een uniforme achtergrondinvloed.

**S:** Wat is het effect van massatraagheid op een kudde?

**M:** Lokaal gezien heeft massatraagheid een enorme potentie. Wanneer de kudde versnelt dan beroert hij de parfums en op die wijze veroorzaakt de massatraagheid de geur die samengaat met deze beweging.

**S:** Ik begrijp nu hoe positie en snelheid wordt behandeld. Wat gebeurt er met tijd?

**M:** De herder bezit een eenvoudige klok. De herder zet zijn stappen uiterst regelmatig en de klok telt zijn stappen. Door zijn kudde rond te drijven, doorloopt de herder met zijn kudde een spoor in Hilbert's woud.

**S:** Dus tijd wordt in Hilbert's woud heel anders behandeld dan positie. Heb ik dat goed?

**M:** Ja, je begrijpt het snel en op de juiste wijze. Je begrijpt het beter dan de natuurkundigen die het al eeuwenlang bij het verkeerde eind hebben! Zij denken dat tijd en ruimte onafscheidelijk bij elkaar horen.

**S:** Hoeveel kuddes zijn er in Hilbert's woud?

**M:** Net zoveel als er deeltjes in onze leefwereld zijn. Er bestaan dus een enorme hoeveelheid kuddes met ieder een herder in Hilbert's woud. Toch is het aantal nog steeds telbaar. Alle kuddes kunnen worden geïdentificeerd. Alle herders volgen hun eigen pad door Hilbert's woud.

**S:** Dat betekent dat Hilbert's woud ongelofelijk uitgestrekt is!

**M:** Dat is zo. Laat ons doorgaan. Het moet ondertussen duidelijk zijn dat de kuddes elkaars bewegingen via hun herder beïnvloeden.

De knaap denkt diep na en stelt zich het woud voor als een enorme bol met daarop een groot aantal herders die ieder een kudde van zilverwitte lichtjes voor zich uitdrijven op kronkelende paden die door geuren bepaald worden. Die oude man heeft volgens hem een rare voorstelling van de wereld. Maar hij zal zijn redenen wel hebben.

**S:** Dus de herders spelen een cruciale rol!

**M:** Ja, de herders manipuleren hun eigen kudde. Zij beïnvloeden echter ook de waarneming van de geuren van hun eigen kudde door de andere herders.

**S:** Wat? Hoe beïnvloeden zij die waarneming?

**M:** Zij geven de informatie die bevat is in de uitgezonden geuren een extra draai. Daardoor krijgt de andere herder geen duidelijk beeld van de positie en de snelheid van de kudde die de geuren uitzendt.

**S:** Bestaat er een goede reden voor dit verwarrende gedrag.

**M:** Nee, eigenlijk niet. Het is een gedrag dat in de herder ingebouwd zit. De heerser heeft dat gedrag bepaald toen hij wiskunde ontwierp. Die wiskunde heeft hij zo ontworpen dat het Hilbert's woud en zijn bewoners aan de regels in zijn boek voldoen.

**S:** Wat is het gevolg van dat rare gedoe?

**M:** Het gevolg is dat de deeltjes in onze leefwereld de verkeerde indruk van de positie en de snelheid van andere deeltjes hebben. Voor hen lijkt het alsof er een maximum snelheid bestaat. Bovendien denken zij dat ze in een gekromde ruimte leven.

*Voor de ingewijden: Dit is dus de bron van het bestaan van de relativiteit die Einstein ontdekt maar niet verklaard heeft.*

**S:** En denken ze dat?

**M:** Voor hen is dat zo!

**S:** Dus, ik leef in een gekromde ruimte en er bestaat voor mij een maximum snelheid!

**M:** Dat is helemaal juist. Je hebt goed begrepen hoe de wereld werkt. Tenminste zolang je niet denkt dat de maximum snelheid waarover we het hier hebben door de plaatselijke veldwachter vastgelegd is.

**S:** Wat gebeurt er eigenlijk binnen de kudde?

**M:** De schapen maken binnen een goed gevormde kudde ritmische bewegingen. Je zou het dansjes kunnen noemen. De natuurkundigen noemen dat harmonische bewegingen. De dansjes gebeuren volledig onder het beheer van de herder. Hij beschouwt ze als zijn eigendom.

**S:** Wat bedoelt u met een goed gevormde kudde?

**M:** Een goed gevormde kudde vertegenwoordigt in onze wereld een goed gevormd object, bijvoorbeeld een atoom.

**S:** Waarom is alles zo merkwaardig geregeld?

**M:** De heerser van Hilbert's woud is zeer intelligent, maar tegelijk ook erg lui. Hij wilde niet te veel regels in zijn wetboek schrijven. Daarom heeft hij het Hilbert's woud ontworpen. Hij heeft de consequenties van zijn regels in de structuur en de dynamica van Hilbert's woud gestopt. Die structuur is relatief eenvoudig. Hetzelfde geldt voor de dynamica. Op die wijze hoeft de heerser zich niet te bekommeren over hoe de wereld wordt geregeld en hoe zich die wereld ontwikkelt. Dat gaat verder vanzelf. Voor de wereld blijven er nog genoeg vrijheidsgraden over. Dat uit zich in de enorme complexiteit van ons huidige wereldbeeld. Dat tekent hoe ontzettend slim en tegelijk hoe lui de heerser van Hilbert's woud is.

**S:** Waaraan heeft dat woud zijn naam te danken?

**M:** Aan de mens die dat woud voor het eerst ontdekt heeft.

**S:** Kan iedereen dat woud bezoeken.

**M:** In principe wel. Iedereen die over een goed voorstellingsvermogen beschikt kan Hilbert's woud bezoeken. Er zijn twee rondleiders. De een heet Schrödinger en de ander heet Heisenberg. Schrödinger vertelt zijn verhaal alsof de groene en de rode staken stilstaan en de zilverwitte staken bewegen. Heisenberg vertelt zijn verhaal alsof de zilverwitte staken stilstaan en de groene en rode staken bewegen. Zolang ze het maar over één bosje zilverwitte staken hebben maakt dat voor de leefwereld niets uit.

**S:** Poeh. Mag ik dit verhaal aan mijn vrienden vertellen?

**M:** Ja, dat mag. En als je geleerd hebt om formules te lezen en te interpreteren, dan kan ik je hetzelfde verhaal nog eens vertellen maar dan in de vorm van een kar vol met formules.

**S:** Bedankt, ik kom wel terug als ik volwassen ben. Mag ik nog één brutale vraag stellen.

**M:** Je bent brutaal, maar je bent ook slim. Ga je gang.

**S:** Wat gaat u hierna doen?

**M:** Ik ga een zeer wijze en zeer oude geleerde opzoeken. Hij heet Mendel en hij beweert dat hij een samenhangend verhaal heeft over alle geuren waar de herders op reageren.





**S:** Waarom is dat belangrijk?

**M:** Als waar is wat hij beweert, dan heeft hij de heilige graal van de natuurkennis gevonden.

**S:** Gossie!

Hierna vertrekt de jongeling. Later wordt hij een goede natuurkundige.



## Vertaalslag

Het wetboek bevat een aantal axioma's die gezamenlijk de structuur van de kwantumlogica als een orthomodulair tralie definiëren.

Het Hilbert's woud staat voor een oneindig dimensionale separabele Hilbertruimte, welke over het getalenveld van de kwaternionen gedefinieerd is. De verzameling van de gesloten deelruimten van deze Hilbertruimte heeft dezelfde traliestructuur als de kwantumlogica.

De groene staken vertegenwoordigen de orthonormale basis die bestaat uit de eigenvectoren van de normale operator  $Q$ . Deze operator vertegenwoordigt een waarneembare grootheid, welke de plaats in de ruimte aangeeft.

De rode staken vertegenwoordigen de orthonormale basis die bestaat uit de eigenvectoren van de normale operator  $P$ . Deze operator is de canonisch geconjugeerde van  $Q$  en vertegenwoordigt een waarneembare grootheid, welke de impuls aangeeft.

Het bosje zilverwitte staken en de kudde vertegenwoordigen de gesloten deelruimte van de Hilbertruimte die op zijn beurt een bepaalde kwantumlogische uitspraak vertegenwoordigt. Deze uitspraak betreft een deeltje of golfpakketje in onze leefwereld.  $Q$  beschrijft het ding als een deeltje.  $P$  beschrijft het ding als een golfpakketje.

De herder vertegenwoordigt een ingewikkelde unitaire operator  $U_t$  die de deelruimte welke door zijn kudde vertegenwoordigt wordt in de Hilbertruimte laat ronddraaien.

De unitaire operator  $U_t$  is een (super)kwaternionische Fourier transformatie. Deze kan gezien worden als een spoor van infinitesimale unitaire operatoren. Het is een functie van de spoor voortgangparameter  $t$ .

De geuren komen overeen met velden zoals het zwaartekrachtsveld en het elektromagnetische veld. De velden brengen informatie over van de behouden grootheden die de bewegingen van het deeltje en zijn onderdelen kenmerken. Elk type behouden grootheid heeft zijn eigen veldtype. De operator  $U_t$  reageert op deze velden. De massastraagheid zorgt ervoor dat deze operator de actie van het veld weergeeft. Elke versnelling van een deeltje gaat gepaard met een veld.

De operator  $U_t$  transformeert de waarnemingsoperatoren  $Q$  en  $P$  in respectievelijk

$$Q_t = U_t^{-1} \cdot Q \cdot U_t$$

en

$$P_t = U_t^{-1} \cdot P \cdot U_t.$$

Dit verstoort de juiste waarneming en zorgt ervoor dat de waarnemer een maximale snelheid en een gekromde ruimte ervaart.

De eigenwaarden van  $Q$  en de spoorvoortgangparameter  $t$  karakteriseren de ruimte-tijd in onze leefruimte.

De eigenfuncties van  $U_t$  beheersen de inwendige (harmonische) bewegingen van de deeltjes.

De schapen vormen de onderdelen van de deeltjes.

Mendel Sachs beweert dat als alle zestien termen van de metriek van de gekromde ruimte benut worden er een geünificeerde veldentheorie ontstaat. Einstein liet uit symmetrie overwegingen zes van deze zestien termen weg. Sachs zegt dat de symmetrie door de typische trekken van de kwaternionen gebroken wordt. Hij beweert ook dat de velden de informatie over bewegingsconstanten in zich meedragen en dat zij via een actie=reactie de interactie tussen deeltjes regelen.



HvL

