

De logica van de natuur

Een van de grootste ontdekkingen van de vorige eeuw is het feit dat de natuur een eigen logica heeft. Deze als kwantumlogica bekend staande logica wijkt af van de klassieke logica waarin wij mensen redeneren. De basisregels waarop de kwantumlogica berust wijken maar op één punt af van de klassieke logica. In vaktermen heeft de klassieke logica de structuur van een orthocomplementair modulair tralie. De kwantumlogica heeft de structuur van een orthocomplementair **zwak** modulair tralie. De afzwakking van de modulaire structuur veroorzaakt wel dat de structuur van de kwantumlogica een flink stuk ingewikkelder is dan de relatief eenvoudig gestructureerde klassieke logica. Deze ingewikkeldere structuur is merkwaardig genoeg de oorzaak van onze vier dimensionale leefwereld. En deze structuur veroorzaakt moeilijk te begrijpen verschijnselen zoals spin.

In de beginjaren van mijn natuurkundestudie heb ik me verbaasd over het feit dat het gedrag van elementaire objecten door de wetenschappers op totaal andere wijze behandeld wordt dan het gedrag van de dingen die wij dagelijks om ons heen ervaren. Het antwoord kwam toen ik ontdekte dat deze zeer kleine objecten zich heel duidelijk volgens de kwantumlogica gedragen terwijl de dagelijkse dingen zich netjes aan de klassieke logica houden. De dagelijkse dingen zijn uit zeer grote hoeveelheden elementaire objecten opgebouwd. Door statistische uitmiddeling blijkt het zeer speciale gedrag van de afzonderlijke elementaire objecten bij het samenballen in grote dingen verloren te gaan. Afzonderlijke elementaire objecten blijken zich zowel als een deeltje en als een golf te kunnen gedragen. Dat gebeurt echter nooit tegelijkertijd. Het soort gedrag hangt af van de toestand van het elementaire object.

Het blijkt dat de ingewikkelde structuur van de kwantumlogica overeenkomt met de structuur van een bepaalde verzameling wiskundige functies. Deze functies vullen een ruimte welke aftelbaar oneindig veel dimensies heeft. Aftelbaar betekent dat aan elke dimensie een nummer gegeven kan worden. Deze naar Hilbert genoemde ruimte kan worden opgedeeld in deelruimten. Het blijkt nu dat alle uitspraken over het gedrag van elementaire objecten toebedeeld kunnen worden aan overeenkomstige deelruimten van de Hilbert-ruimte. Relaties tussen de uitspraken komen dan overeen met gelijksoortige relaties tussen de deelruimten. Gedrag van een elementair object kan beschreven worden met transformaties van de deelruimten. Omdat de deelruimte uit functies bestaat komt dat neer op transformaties van de functies. De wiskundige formules die de transformaties beschrijven vormen de kwantummechanica waarmee de natuurkundigen het gedrag van de elementaire objecten beschrijven. Met andere woorden, de kwantummechanica en de daarin beschreven natuurwetten volgen voor een belangrijk deel rechtstreeks uit de kwantumlogica!

De functies waaruit de Hilbert-ruimte opgebouwd is, hebben zelf ook een betekenis. Zij horen bij een meetbare grootte en hun getalwaarde geeft de waarschijnlijkheid aan dat een meting aan een elementair object een bij de functie behorende meetwaarde oplevert. Afhankelijk van de toestand waarin een elementair deeltje zich bevindt kunnen bepaalde grootheden met grote nauwkeurigheid gemeten worden. Deze grootheden passen bij de momentane toestand van het elementaire object. Tegelijkertijd zullen uitkomsten van

metingen van andere grootheden met een kleinere waarschijnlijkheid gepaard gaan. Dit komt omdat het elementaire object zich als een deeltje kan gedragen maar zich in een andere toestand ook als een golf kan gedragen. Door het meetproces kan de toestand van het elementaire object veranderen. Na afloop van de meting past de toestand bij het meetresultaat. In het algemeen is bij kleine deeltjes dus vooraf niet zeker wat een meting als resultaat zal geven.

Maar er is meer. De functies kunnen gebruik maken van de reële getallen of van de complexe getallen. Complexe getallen bestaan uit twee delen, een reëel deel en een imaginair deel. Natuurkundigen rekenen graag met dit getallenstelsel. Het is voor de natuur ook mogelijk om met quaternionen te rekenen. Quaternionen bestaan uit vier delen, een reëel deel en drie imaginaire delen. Natuurkundigen en wiskundigen zijn niet verzot op het gebruik van quaternionen omdat bij een vermenigvuldiging de factoren niet zonder meer omgewisseld mogen worden. De imaginaire delen van de quaternionen vormen samen een drie dimensionale ruimte. Met de quaternionen zijn de rekenmogelijkheden van de natuur wat de kwantumlogica betreft uitgeput. Het interessante is dat op deze wijze meteen duidelijk wordt waarom we in een drie dimensionale wereld met een tijdsas leven.

Er is nog een interessant punt. De vermenigvuldigingsregels van de quaternionen liggen niet eenduidig vast. Dit komt omdat de vermenigvuldiging van het ruimtelijke deel van een quaternion met het ruimtelijk deel van een ander quaternion nog vrijheid openlaat. Dit product levert zowel een reëel deel als een ruimtelijk deel op. De richting van het ruimtelijk deel staat loodrecht op de richtingen van de factoren en is afhankelijk van de volgorde van de factoren. Dit is meteen de reden waarom de factoren van een product van twee quaternionen niet zonder meer verwisseld mogen worden. Het teken van het ruimtelijke deel ligt niet vast. Het productdeel kan volgens de kurkentrekkerregel dus rechtsdraaiend of linksdraaiend zijn. De keuzemogelijkheid komt tot uiting in het gedrag van geladen kleine deeltjes. Het verschijnsel wordt spin genoemd en is zonder deze voorkennis moeilijk te begrijpen. Spin van elektronen wordt onder andere gebruikt in de reusachtige MRI apparaten waarmee de radiologen in drie dimensies hun diagnose stellen.

De schepper heeft de logica van de natuur en de wijze waarop de natuur rekt vastgelegd. Daarmee heeft hij nog niet bepaald hoe de natuur zich vanaf het ontstaan van het universum gedraagt. Om dat te doen moet hij ook de randvoorwaarden vastleggen. Omdat de mens deze natuurwetten met regelmaat tegenkomt kan hij wel een flink deel van de natuurwetten begrijpen en er gebruik van maken. De randvoorwaarden veranderen steeds en het zijn er zoveel dat de mens ze niet in voldoende mate kan bevatten om de ontwikkeling van zijn leefomgeving met grote nauwkeurigheid te kunnen voorspellen.

Zelfs de schepper kan problemen met deze situatie hebben. Bij het ontstaan van het universum moeten er wel voldoende 'kapstokken' geweest zijn om de randvoorwaarden aan op te hangen. Als niet aan deze voorwaarde voldaan is, dan kan ook de schepper het verloop van de evolutie niet volledig vastleggen. Deze situatie wordt nog

gecompliceerder als waar is dat er niet zozeer sprake is van een eenmalige 'big bang', maar van een regelmatig terugkerende 'big bounce'.