De mechanismen die de realiteit coherent houden

Door J.A.J. van Leunen

Gepensioneerd natuurkundige

2 juni 2016

Abstract

De kwantumnatuurkunde gebruikt Hilbertruimten als het kader waarin kwantum fysisch onderzoek gedaan wordt. De Hilbertruimte bevat echter niets wat er voor zorgt dat niet alles snel in een chaos belandt. Kwantumfysica heeft extra mechanismen nodig die ervoor zorgen dat het universum zijn samenhang behoudt.

Mijn natuurkundestudie ben ik begonnen omdat ik nieuwsgierig was naar wat mijn omgeving aanstuurde om zo gecompliceerd te zijn en tegelijk zo goed gecoördineerd te kunnen reageren. Het geloof in een alles regelende schepper leek mij een te eenvoudige oplossing. Mijn omgeving moet een ingebouwd principe hebben dat op een of andere wijze vanzelf de noodzakelijke coördinatie regelt. Dat principe moet dus in het fundament van de structuur van de realiteit zitten. Als je er over nadenkt, dan moet dit fundament relatief eenvoudig zijn. Dat zou betekenen dat dit fundament gemakkelijk voor wetenschappers te begrijpen moet zijn. De vraag is nu hoe zo'n fundamentele structuur eruit moet zien. De eenvoudigste structuren die de wiskunde kent zijn verzamelingen en relatiestructuren. De klassieke logica die we gebruiken om een goede wijze van redeneren te kenmerken is in feite een relatiestructuur. Deze logica beschrijft welke uitspraken toegelaten worden en wat de relatie tussen deze uitspraken mag zijn. Vroeg in de twintigste eeuw ontdekten twee wetenschappers een iets andere relatiestructuur die volgens hen direct te maken heeft met de wijze waarop kwantummechanica bedreven wordt. Omdat deze relatiestructuur in verregaande mate lijkt op klassieke logica noemden zij hun ontdekking "kwantumlogica". Dat is een merkwaardige naam, want in het rapport waarin zij hun ontdekking wereldkundig maakten toonden zij aan dat een ingewikkeldere structuur deze relatiestructuur als onderdeel bevat. Deze ingewikkeldere structuur is een Hilbertruimte. De structuur is genoemd naar David Hilbert die samen met anderen deze speciale vectorruimte wat meer dan tien jaar eerder ontdekte. De verzameling van de gesloten deelruimten van de Hilbertruimte heeft een relatiestructuur die gelijk is aan de structuur van de 'kwantumlogica". Niets wijst erop dat deze gesloten deelruimten overeenkomen met logische uitspraken. De naamgeving van de relatiestructuur is dus op z'n minst merkwaardig te noemen. De wiskundigen hebben de structuur een andere naam gegeven. In de wiskunde heeft deze structuur de naam orthomodulair tralie gekregen. De Hilbertruimte wordt door de kwantumnatuurkundigen gebruikt als opslagmedium voor dynamische geometrische gegevens. Dat gebeurt dan vooral in de vorm van eigenwaarden van afbeeldingsoperatoren die sommige Hilbert vectoren op zichzelf projecteren. Zulke vectoren worden dan de bij de eigenwaarden behorende eigenvectoren genoemd. Eigenwaarden die verschillen behoren bij eigenvectoren die loodrecht op elkaar staan. In de Hilbert ruimte is voor elk paar Hilbertvectoren een scalair product gedefinieerd. Voor Hilbertvectoren die onderling loodrecht op elkaar staan is het scalaire product gelijk aan nul. De waarde van het scalaire vectorproduct moet lid zijn van een divisiering. Een divisiering is een getallensysteem, waarin elk getal dat niet gelijk aan nul is een unieke inverse heeft. Er bestaan slechts drie bruikbare divisieringen. Dit zijn de reële getallen, de complexe getallen en de quaternionen. De Hilbertruimte kan alleen met elementen van deze getallensystemen werken

Het door het duo Birkhoff en von Neumann gekozen fundament kent zelf nog geen getallen. Het orthomodulair tralie kent alleen relaties en elementen die door deze relaties verbonden worden. Het is een atomair tralie. Dit betekent dat het tralie meerdere elementen bevat die zelf niet uit een relatie zijn voortgekomen. Deze atomen komen in de Hilbertruimte overeen met deelruimten die niet gesplitst kunnen worden en dus opgespannen worden door slechts één Hilbertvector. Door een speciale afbeeldingsoperator wordt elke atomaire Hilbertvector verbonden met een quaternion dat als eigenwaarde fungeert. Elk atoom komt dus overeen met een bijpassend quaternion. Quaternionen bestaan uit een reële scalar en een drie dimensionale vector. De scalar kan een progressiewaarde voorstellen en de drie dimensionale vector kan een ruimtelijke locatie voorstellen. Dit laat zien dat het gekozen fundament indirect leidt tot de begrippen progressie en ruimtelijke locatie. Deze interpretatie koppelt elk orthomodulair atoom aan één progressiemoment en aan één ruimtelijke locatie. Dit is echter een statische en geen dynamische geometrische locatie.

De ontdekkers van het orthomodulaire tralie zagen deze structuur als een logisch systeem. Zij zagen de atomen dus als logische uitspraken en dus niet als Hilbertvectoren en ook niet als quaternionen die wellicht dynamische locaties voorstellen. De vraag is nu wat de atomaire elementen van het tralie dan wel voorstellen, als het geen logische uitspraken en geen dynamische locaties zijn. Een dynamische locatie heeft immers alleen zin als deze op andere progressiemomenten een andere locatiewaarde kan hebben. Die zou dan echter bij een andere Hilbertvector als eigenwaarde horen. Dit dilemma kan worden opgelost door een wat ruimere interpretatie aan het gekozen object te geven. We geven het elementaire object wat meer persistentie en kennen ook andere progressiemomenten aan het elementaire object toe. Dat betekent dan ook dat het elementaire object zich op andere progressiemomenten op andere locaties bevindt. Na ordening van de progressiemomenten blijkt het elementaire object langs een huppelpad te bewegen. Na een groot aantal sprongen vormen de landingspunten een locatiezwerm. Zowel het huppelpad als de locatiezwerm vertegenwoordigen nu het elementaire object. Zonder verdere maatregelen weerhoudt niets het elementaire object ervan om een volledig arbitrair huppelpad en een chaotische locatiezwerm neer te zetten. Op deze wijze kan het orthomodulaire tralie geen relatief coherent gedrag waarborgen zoals we dat van de ons omgevende realiteit kennen. Er moet dus iets zijn dat de coherentie van de zwerm en van het huppelpad waarborgt. We postuleren daarom een mechanisme dat deze coherentie tot stand brengt door ervoor te zorgen dat de zwerm een coherente vorm krijgt en door een continue locatiedichtheidsverdeling gekenmerkt kan worden. We gaan nog een stap verder en postuleren dat deze verdeling een Fouriergetransformeerde bezit. Deze eis komt overeen met de vereiste dat de zwerm een verplaatsingsgenerator bezit. Dit betekent dat in eerste benadering de zwerm zich als één eenheid voortbeweegt. De Fouriergetransformeerde van de dichtheidsverdeling is de karakteristieke functie van het elementaire object. De locatiedichtheidsverdeling komt overeen met het kwadraat van de modulus van de golffunctie van het elementaire object. Dit geeft aan dat we op de goede weg zijn. De golffunctie wordt in dit model echter vervangen door de karakteristieke functie van het stochastische proces dat de landingslocaties definieert. Dit gaat al een stuk dieper dan het begrip golffunctie reikt.

Het belangrijkste aspect van het voorgaande is dat het bestaan van de Hilbertruimte automatisch volgt uit het bestaan van het onderliggende orthomodulaire tralie. Dus als dit tralie inderdaad het fundament van de structuur van de fysische realiteit vormt, dan bevat de fysische realiteit ook de structuur van de Hilbertruimte met alles wat daarbij hoort en dat is heel wat. De mechanismen die coherentie brengen maken geen deel uit van de Hilbertruimte. Zij vormen een toevoeging aan het model die niet voortspruit uit het gekozen fundament.

De Hilbertruimte die uit het orthomodulaire tralie ontstaat is een separabele Hilbertruimte. Deze structuur kan alleen aftelbare verzamelingen van dynamische geometrische gegevens opslaan. Die aftelbaarheid kan in principe tot in het oneindige doorgaan, maar dat is onvoldoende om de fijnheid te bereiken van de continuüms die ook in de realiteit voorkomen. Het is echter mogelijk om de afbeeldingsoperatoren te linken aan continue functies en op die wijze te komen tot een Hilbertruimte die ook continuüms als eigenruimtes mogelijk maakt. De eerste stap is daarbij het definiëren van referentieoperatoren. Dit zijn operatoren die een orthonormale basis van de Hilbertruimte verbinden met de rationale elementen van een quaternionisch getallensysteem. Uit deze operatoren kunnen met behulp van continue functies nieuwe operatoren gevormd worden die niet de rationale getallen als eigenwaarde hebben, maar in plaats daarvan de overeenkomstige functiewaarde als eigenenwaarde gebruiken. De stap naar continuüms is nu niet groot meer. De parameterruimten moeten verdicht worden van discrete rationale waarden naar overeenkomstige continuüms. Door deze stap ontstaat uit de separabele Hilbertruimte een niet-separabele Hilbertruimte. Beide Hilbertruimten horen door deze procedure op eenduidige wijze bij elkaar.

Om het beeld nog realistischer te maken kan het reële deel van de continue eigenruimte van de zich in de niet-separabele Hilbertruimte bevindende referentieoperator worden gesplitst zodat een deel het verleden voorstelt en het andere deel de toekomst voorstelt. Op de scheiding bevindt zich een voorstelling van de huidige statische status quo. De splitsing wordt gekenmerkt door een progressiewaarde die voor het gehele grensgebied hetzelfde is. Door deze progressiewaarde te laten toenemen ontstaat een dynamisch model.

Voor dit model zijn twee interpretaties mogelijk. De eerste interpretatie ziet de Hilbertruimte als een opslagplaats die alle waarden reeds bevat. Verleden, heden en toekomst liggen al vast. De andere interpretatie gaat uit van waarnemers die met de splitsing meereizen. Zij zien het verleden inderdaad als een volledig en precies vastgelegd deel, doch de toekomst is onbekend en is ontoegankelijk voor de waarnemers. Het heden bestaat, maar de informatie over verderaf gelegen objecten moet de waarnemer nog bereiken. Deze informatie vloeit naar de waarnemers toe via de velden die de zwermen beschrijven. Met de velden worden hier de gladde locatiedichtheidsverdelingen bedoeld. Deze tweede interpretatie komt aardig overeen met het model dat de meeste fysische theorieën toepassen.

Ook de genoemde velden laten twee verschillende interpretaties toe. Enerzijds beschrijven zij de zwermen, maar anderzijds wordt hun vorm bepaald door de aanwezigheid van de landingspunten van de huppelpaden. Deze landingspunten liggen tussen de rationale getallen die de parameterruimte vormen van de functies die de velden beschrijven. Tezamen vormen zij een aaneengesloten veld dat als leefruimte van de elementaire objecten beschouwd kan worden. Door de verschillende interpretaties verandert niets aan het onderliggende model.

Over dit model kan nog veel meer gezegd worden. Zo kan de Hilbertruimte een groot aantal naast elkaar bestaande referentieoperatoren bevatten die elk met een parameterruimte overeenkomen en het is zelfs mogelijk dat de ene parameterruimte over de andere parameterruimte heen schuift. De getallensystemen bestaan in verschillende versies, welke onderling verschillen door de wijze waarop zij geordend zijn. Zo bestaan de quaternionen in wel zestien verschillende versies die elk met een onafhankelijk Cartesisch coördinatensysteem geordend zijn. Deze coördinatensystemen kunnen nog verder geordend worden met een polair coördinatensysteem. Dit laatste kan aanvangen met een oplopende of aflopende polaire hoek of het kan beginnen met een oplopend of aflopend azimut.

Deze ordeningen hebben invloed op het rekenkundig gedrag van deze getallen en zij hebben invloed op de wijze waarop de bijbehorende functies zich gedragen bij het bepalen van integralen. De elementaire objecten en de bijbehorende zwermen leven op een eigen parameterruimte en die ruimte is op een eigen wijze geordend. Zij gedragen zich als artefacten in hun omgeving. De elementaire objecten leven op hun eigen platform dat is voorzien van een parameterruimte die anders geordend is dan de parameterruimte waarover het platform beweegt. De geldende ordening openbaart zich als een lading die op het geometrische centrum van de parameterruimte gehuisvest is. Deze symmetrie gerelateerde lading komt overeen met een eigen symmetrie gerelateerd veld.

Het resultaat is dat in het model twee totaal verschillende velden voorkomen die via de centra van de parameterruimten van de elementaire objecten aan elkaar verbonden zijn. Het ene veld beschrijft de zwermen die samengaan met de elementaire objecten. Het andere veld beschrijft de ladingen die aan de elementaire objecten verbonden zijn.

Dit puur wiskundige model begint al aardig wat eigenschappen te vertonen die we ook in de werkelijkheid vinden. Toch is het niet meer dan een gedachtenexperiment.

We komen nog even terug op de vraag wat de elementen van het orthomodulaire tralie volgens de nieuwe interpretatie nu wel kunnen zijn. Ik ben zelf tot de conclusie gekomen dat deze elementen modules of modulaire systemen zijn. Als dat waar is, dan is het orthomodulaire tralie geen systeem van logische uitspraken. Het is daarentegen een onderdeel van een recept dat modulaire constructie voorschrijft. Dit zal dan aanleiding geven tot de meest fundamentele en de meest invloedrijke natuurwet. Deze laat zich niet samenvatten in een formule. Het tralie bevat immers geen getallen. In plaats daarvan kan de wet geformuleerd worden als een gebod:

“Gij zult modulair construeren!”

De modulaire bouwwijze gaat uiterst zuinig om met zijn bronnen en maakt systeemconfiguratie een stuk eenvoudiger. Het stimuleert hergebruik. Door deze constructiewijze te kiezen leert de schepper ons een wijze les. Ga zuinig om met uw omgeving!