

De noodzaak van toeval (*Theorema's over een betrouwbaar universum*)

W. v. Dijk

Waarom bestaat het universum en bestaat toeval zijn twee fundamentele vragen. Deze vragen blijken sterk met elkaar verbonden. In dit artikel wordt een aantal regels onderzocht waaraan een natuurkunde zou moeten voldoen om het bestaan van een universum mogelijk te maken. Een van de noodzakelijke regels voor een dergelijke natuurkunde is dat toeval daar een geïntegreerd onderdeel van uit maakt. Deze conclusie heeft vergaande gevolgen voor de natuurkunde van een universum die geheel anders zijn dan "alles is toeval"

I Inleiding

De verwondering te bestaan in een wereld rondom ons is oud en universeel. Het streven om die wereld te verklaren is ook oud maar uit de veelheid van verklaringen en de kracht waarmee die bestreden worden is die blijkbaar nog niet zo makkelijk te geven. Veel van deze verklaringen zijn na een lange reeks van tussenstappen uiteindelijk van het type "het is nu eenmaal zo". Dat een zo weinig bevredigende verklaring doet verzuchten dat het meest logische zou zijn dat er niets bestaat is begrijpelijk maar lijkt toch in schril contrast met de waarnemingen die we doen. Een tweede groep verklaringen die verondersteld wordt is dat er zoiets als natuurwetten zouden bestaan die het ontstaan van het ons bekende heelal tot een noodzaak zouden maken. De gedachte is intellectueel misschien wat aantrekkelijker maar sterke aanwijzingen in die richting zijn er eigenlijk niet. In de gedachtegang die hieronder volgt ga ik er vanuit dat het ons bekende heelal bestaat en dat het bestaat op een wijze waarbij de waarom vraag op een bepaald moment afbreekt. Daarmee wordt niet bedoeld dat het onmogelijk zijn een volgende vraag te stellen maar dat het niet nodig is deze vraag te stellen. O.a. Karl Popper betwijfelde of dat mogelijk is maar de veronderstelling dat dat zou kunnen, leidt tot een aantal eisen waaraan de wereld om ons heen en wellicht ook een groot aantal anderen zou moeten voldoen. Die eisen zouden deels getoetst kunnen worden en deels verwijzen naar de richting waarin we verder moeten zoeken. Dit artikel bevat een vijftal theorema's die omschrijven hoe het bovenstaande gerealiseerd zou kunnen worden.

II Wat is een universum

Als we een universum of kosmosⁱ beschouwen als een geheel waarin natuurwetten geldig zijn, dan is het bijzondere van de vraag het woordje een, het suggereert immers dat er wel eens meerder universaⁱⁱ zouden kunnen bestaan waarin dan weer andere natuurwetten zouden gelden. Er zijn op dit moment inderdaad geen aanwijzingen dat de ons bekende natuurwetten een dwingend en dus uniek karakter hebben, integendeel ze lijken ondanks het hoge abstractieniveau en de algemeenheid van principes als symmetrie toch een vrij willekeurig geheel te vormen, nog los van de schijnbaar willekeurige constanten die er in gevonden wordenⁱⁱⁱ. Het lijkt dus verstandig eerst te veronderstellen dat het universum niet uniek is en dat andere universa mogelijk zijn. De vraag is dan hoe zou een dergelijk universum er dan uit kunnen zien, zijn er eisen waaraan elk universum moet voldoen, zijn er typen universa en dergelijke vragen. Het construeren van denkbeeldige universa waarvan de bestaanbaarheid niet weerlegd kan worden is een nuttige oefening die kennis op kan leveren over wat zou kunnen bestaan maar waarschijnlijk ook over de onderliggende regels in ons eigen universum. Hoewel al verschillende veronderstellingen gedaan zijn over wetmatigheden in een ander universum dan het onze is hier niet ver in gezocht. De consequenties die het zou hebben als de natuurconstanten iets af zouden wijken zijn wel onderzocht. Om de gedachtegang helder te houden kies ik in het onderstaande voor een aantal eigenschappen van een universum. Omdat we aan de ene kant ons al iets voorstellen bij een universum en aan de andere kant het onmogelijk lijkt alles te overzien introduceren we een bepaald type universum en laten vooralsnog de vraag open of er andere typen mogelijk zijn. Ik kies voor een

aantal beperkingen. Allereerst ga ik uit van wat ik een sober universum noem. Onder een sober universum versta ik een universum dat bestaat uit materie en een aantal regels over de interactie van die materie. Deze definitie bevat op zijn minst twee elementen die niet triviaal zijn. Dat zijn “materie” en “interactie”. Daarnaast lijken twee veel voorkomende ingrediënten te ontbreken “tijd” en “ruimte”. Wat materie en interactie betreft ga ik uit van een sterke verbondenheid van de twee. Materie beschouw ik als een min of meer samenhangende verzameling eigenschappen die informatie bevat over de wisselwerking met andere stukken van de materie. Als een bepaald universum tijd en of ruimte heeft zijn tijd en ruimte hierin gevolg van de omschrijving van de interactie die plaatsvindt. Het lijkt mogelijk een set regels op te bouwen die geen tijd en of geen ruimte nodig heeft in de ons meer bekende vormen. Ik wil me in het vervolg beperken tot universa die wel tijd hebben. Omdat hiermee intussen een aantal eisen is toegevoegd die een ons bekende kant op wijzen noem ik dit een vertrouwd universum.

Een vertrouwd universum is een sober universum met zodanige regels dat het tijd bevat.

In het vervolg ga ik uit van dit type universum. Het begrip tijd wil ik op voorhand niet te veel verengen. Er is veel nagedacht en gepubliceerd over tijd, dat een van de taaiste begrippen uit de natuurkunde en de filosofie blijkt te zijn om te omschrijven. Het niet eenduidig vastleggen wat hier met tijd bedoeld wordt houdt natuurlijk een behoorlijke vaagheid in maar doet anderzijds wel recht aan het feit dat ondanks alle wetenschappelijke omschrijvingen ons begrip van tijd nauwelijks boven het intuïtieve uitkomt.^{iv} De reden dat ik naar dit soort universa wil kijken is drievoudig. Ten eerste lijken wij zelf in zo een soort universum te leven, ten tweede zijn dit soort universa interessant omdat er zoiets als een ontwikkeling in kan plaatsvinden en ten derde komen we hier de vraag tegen “hoe begon het allemaal”. Deze laatste vraag komt over een universum zonder tijd niet voor omdat er immers geen begin is, als een dergelijk universum zou bestaan blijft de vraag waarom dit universum bestaat wel overeind staan. Een belangrijke vraag is of een universum “gematerialiseerd” moet zijn om te kunnen bestaan of dat het bestaan van een reeks regels al voldoende is.^v Omdat het tijdsbegrip in een niet gematerialiseerd universum ondanks pogingen om die daarin te beschrijven afwezig lijkt te zijn, ga ik uit van een gematerialiseerd heelal als premisse voor een sober universum.

III Wat is een natuurkunde

Onder een natuurkunde zal ik een set regels verstaan die beschrijft wat voor soort materie er in een heelal bestaat en welke interacties er mogelijk zijn. Een natuurkunde kan dus buiten gewoon complex zijn, zelfs als naar analogie van het begrip universum de begrippen sobere natuurkunde en vertrouwde natuurkunde worden ingevoerd. Het is niet op voorhand ondenkbaar dat een universum een oneindig aantal materiedeeltjes en een oneindig aantal regels over de interactie daarvan zou bevatten. Het lijkt in ieder geval goed mogelijk om verschillende natuurkundes te formuleren die dan ook verschillende universa beschrijven. Zo geformuleerd lijkt een natuurkunde nauwelijks aan enige regels te hoeven voldoen. Dit is in ieder geval voor een vertrouwde natuurkunde toch niet waar. Behalve dat deze natuurkunde tijd moet genereren moet de vraag “hoe begon het allemaal” binnen deze natuurkunde worden opgelost. Het is vooral deze eis waarop ik in het volgende hoofdstuk zal ingaan. Het lijkt makkelijk een natuurkunde te formuleren die vertrouwd is en de vraag “hoe begon het allemaal” oplost. Je begint met een beschrijving van een “lopend” universum en voegt daar een regel aan toe die het ontstaan van een universum beschrijft. Hiermee lijkt de zaak opgelost maar toch wringt er iets, de splitsing van de regels in twee onafhankelijke sets doet gekunsteld aan. Het is als het veranderen van de regels tijdens het spel, op die manier is alles oplosbaar maar het bevat iets onwaarschijnlijks. Helemaal opzij zetten wil ik deze mogelijkheid niet, er is immers geen enkele reden om te veronderstellen dat regels niet in de tijd zouden mogen veranderen. Het is juist moeilijk om regels tijdloos te laten zijn, om ze op een of andere manier in te bakken in de materie. De eis van onveranderlijkheid kan makkelijk geformuleerd worden maar het is niet zo eenvoudig om te bedenken welke regels die tijdloosheid zouden kunnen garanderen. Ik kom hier later op terug. Een andere vraag is welke eis je precies zou willen stellen. Mogen de regels wel een beetje veranderen, mag b.v. een constante wat verschuiven, of regel langzaam verdwijnen of juist te voorschijn komen. Een volgende vraag is in hoeverre regels consistent moeten zijn of dat er conflicterende situaties mogen ontstaan waarin min of meer ad hoc nieuwe regels ontstaan of die zelfs tot gevolg hebben dat “de boel vast

loopt” wat we ons daar dan ook bij moeten voorstellen. Het is goed denkbaar dat een universum dat de regels slechts langzaam verandert en niet meer dan behoorlijk consistent is, niet alleen voorstelbaar is maar ook sterk op het onze lijkt. Ik wil daarom de definitie van een vertrouwde natuurkunde iets aanscherpen tot die van een betrouwbare natuurkunde

Een betrouwbare natuurkunde is een natuurkunde van een vertrouwd universum waarin de regels niet te veel veranderen en die behoorlijk consistent is.

Deze definitie kan zowel als een beperking als als een uitbreiding gezien worden. Dat ze beperkt, is triviaal maar het kan ook als een uitbreiding gezien worden omdat ze de mogelijkheid van wel veranderen en van niet consistent zijn duidelijk erkent en deze gevallen niet helemaal wegschuift. Daarnaast is de definitie vooral een uitnodiging tot onderzoek naar de vraag wat “niet te veel” en wat “behoorlijk consistent” is in bepaalde omstandigheden.

IV Theorema's

Ik kom nu op het centrale deel van artikel. Dit bestaat uit een viertal theorema's, sterk verschillend van aard en wellicht ook met een verschillende overtuigingskracht. De eerste twee wil ik direct na elkaar geven omdat ze sterk samenhangen in mijn poging de bestaanbaarheid van een of meerdere universa te omschrijven.

- I Het materialisatie theorema
Het bestaan van een aantal samenhangende regels die een betrouwbare natuurkunde beschrijven en mogelijkheid van materialisatie zonder verdere beginvoorwaarden beschrijven kan leiden tot de daadwerkelijke materialisatie van een universum.

- II Het toevalstheorema
Een als onder theorema I genoemd stelsel van regels bevat altijd gebeurtenissen waarin voorwaardelijk toeval een rol speelt.

Als eerste wil ik ingaan op het materialisatie theorema. Dit theorema bevat een aantal veronderstellingen. De eerste, al eerder genoemd, is dat materialisatie bestaat, sterker een van de basis onderdelen is van een universum. De al genoemde reden is het blijkbaar kunnen bestaan van tijd, hoe slecht begrepen ook, als tweede argument kan gelden dat het volgens het de onderstaande noodzakelijkheid van toeval nodig is om te kunnen bepalen welke van de mogelijkheden daadwerkelijk heeft plaatsgevonden. In een niet gematerialiseerd heelal treden al deze mogelijkheden naast elkaar op en zou dus hoogstens sprake kunnen zijn van de kans zich in een bepaald heelal te bevinden. Daar zou tegenin gebracht kunnen worden dat deze oplossing moeilijk is te onderscheiden van een materialisatie en dus wellicht achteraf alsnog verenigbaar met het hier genoemde toevalstheorema. De tweede is het afwijzen van bijzondere beginvoorwaarden. Het universum dat gecreëerd is door de regels bevat de regels waardoor het gecreëerd is en verleent daarmee die regels die als abstractie geen validatie nodig hadden daarmee een alleen recht boven andere regels waarvoor hetzelfde zou kunnen gelden. Dit is misschien wel de meest centrale en ook de meest kwetsbare gedachte in dit betoog. Deze veronderstelling komt voort uit de wens op een consistente wijze een begin te kunnen veronderstellen zonder op een optreden van buitenaf, dat de vraag naar het begin immers alleen maar verschuift, maar ook zonder dat een oneindig lang verleden nodig is.^{vi} Met de hier gekozen formulering als voorwaarde wordt in feite geen uitspraak gedaan over de noodzakelijkheid van het niet optreden van verdere beginvoorwaarden. De derde is de mogelijkheid tot materialisatie. Dit lijkt de meest boude uitspraak in het geheel. Ze is echter een logisch gevolg van het voorstaande, daarbij ontstaat echter direct de vraag of het mogelijk is dat zodanige regels dat materialisatie ontstaat, bestaan. Dit is punt van onderzoek. Het interessante van dat onderzoek is niet alleen de uitkomst ja, nee, niet beslisbaar, niet berekenbaar o.i.d. maar het feit dat als ze gevonden worden ze een sterke aanwijzing kunnen bevatten over de regels die binnen een universum gelden. Dat het kennelijke bestaan van ons universum doet vermoeden dat het antwoord ja is, maakt de vraag nog interessanter: het zou wel eens over ons kunnen gaan. De verhouding tussen materie en regels is daarbij subtiel, de

regels bepalen de mogelijkheid tot materialisatie, maar eenmaal gematerialiseerd is het de materie die de regels handhaaft.

Als tweede staat het toevalstheorema. Toeval wordt hier bedoeld als niet deterministisch; Uit toestand A kunnen de toestanden B en C volgen zonder dat iets bepaald welke van de twee het wordt. Als iets uit niets ontstaat zonder verdere voorwaarden zou dat betekenen dat dat bij voortdurend zou gebeuren en als we uitgaan van slechts langzaam verschuivende regels zou de oneindigheid al snel bereikt zijn. Als een dergelijke regel al zou bestaan zou ze tot niets interessants leiden. Een voortdurend toenemende oneindige volte zonder weerga. Als niets, dat wil zeggen echt niets ook geen ruimte of tijd, tot iets zou moeten leiden maar ook weer niet tot te veel blijft toeval als docerende factor over. Er kan dan zonder begin iets ontstaan. Belangrijke consequentie is dan wel dat toeval en spontane creatie gezien de eis dat de regels niet te veel mogen veranderen, een integrerend onderdeel uitmaken van de natuurkunde van dat universum. Met toeval wat het volkomen ontbreken van welke vorm van determinisme dan ook bedoeld. Dus geheel in tegenspraak met de bekende uitspraak van Spinoza "toeval bestaat niet, alleen gebrek aan gegevens". Dat het bestaan van toeval geen voor de handliggende gedachte is blijkt wel uit de ruime mate waarin deze uitspraak geciteerd wordt. Het zoeken naar causale verbanden is in vele gedaanten terug te vinden van de schrikgodinnen die het lot bepaalden tot het mechanisch wereldbeeld steeds gaat het om het een keten waarin oorzaak en gevolg eenduidig aan elkaar verbonden zijn. Het gaat in dit artikel steeds om het echte toeval, dus ook verschillend van de onvoorspelbaarheid zoals het opgooien van een munt die of zoals die volgt uit de chaos theorie. Er wordt in V-1 en V-2 nader op ingegaan. Iets anders is dat dat toeval wel aan regels gebonden kan zijn. Zo kan de grootte van een toevalskans gebonden zijn aan het optreden van gebeurtenissen of kan het toeval de verdeling van het optreden van elkaar uitsluitende gebeurtenissen beschrijven. Het is de combinatie van beide theorema's die het spontaan ontstaan van een universum beschrijft.

V Een aantal problemen en overwegingen

V -1 Toeval

Het eerste probleem is dat van het toeval. De kans dat een gebeurtenis optreedt. Het probleem is hier dat het toeval niet mag worden benaderd als de kans dat een gebeurtenis in een bepaalde tijd optreedt als de gebeurtenis het ontstaan van een universum is. Een universum creëert immers zelf de tijd. Hoewel dit op zich geen probleem is, betekent het wel dat iets van die tijdsafhankelijk bewaard blijft terwijl we in praktijk een tijdsafhankelijkheid van kansen lijkt op te treden. Je zou zeggen hoe langer Damocles onder zijn zwaard blijft zitten, hoe groter de kans dat het verkeerd afloopt. De vraag is echter of dit een juist beeld is. Ten eerste is dit een macroscopisch en misschien zelfs een deterministische gebeurtenis, ten tweede en bovendien fundamenteeler is het dat het verstrijken van de tijd waarschijnlijk en wellicht zelfs per definitie een andere toestand beschrijft waarin het wel of niet optreden van een gebeurtenis opnieuw van het toeval afhangt.^{vii}. Overigens is het eerder zo dat het optreden van tijdsafhankelijk toeval volgt uit het bovenstaande en niet het niet optreden van tijdsafhankelijk toeval.^{viii} Het optreden van de gebeurtenis "universum" creëert en start de tijd net zoals het op zijn minst een begin van ruimte creëert in die gevallen waarin tijd en ruimte optreedt. Doordat het ontstaan aan toeval gebonden is, is het mogelijk dat er een begin moment is. Een eis voor het toeval is dat het bepaald wordt door de set die het universum beschrijft, het mag niet van buiten die set gedefinieerd worden. Het laatste zou meta-regels vereisen die we nu juist uitgesloten hebben omdat we de eis van een begin zonder voorafgaande voorwaarden verondersteld hebben. Het best worden deze vormen van toeval beschreven met propensities, waarbij ook een onderscheid wordt gemaakt tussen eenmalige kansen en kansen die een frequentieverdeling genereren^{ix}. Voor deze toevalstheorie gelden de axioma's van Kolmogorov. Een opmerking over het toeval kan zijn dat het genererend kan zijn voor het begrip tijd. Als op tijdstip t_1 de toestand A geldt die de mogelijkheden B en C tot gevolg kan hebben en op tijdstip t_2 toestand B zich voordoet wordt daarmee vastgesteld dat $t_2 > t_1$.^x Als laatste zij opgemerkt dat het hier steeds gaat over een gereguleerd toeval, waarin er regels zijn die de grootte van kansen beschrijven. Dit is niet triviaal maar een gevolg van het feit dat ik me beperkt heb tot een aantal theorema's die een betrouwbare natuurkunde beschrijven.

V-2 wisselwerking tussen regels en materie

Het tweede probleem is de wisselwerking tussen regels en materie. De veronderstelling, zo blijkt uit het voorgaande, is dat het bestaan van regels, die los van elke materialisatie denkbaar zijn, ten grondslag ligt aan het ontstaan van materie. De vraag is echter of als die materie eenmaal ontstaan is, de regels bindend zijn en blijven. Binnen een vertrouwd universum zal dat in beperkte mate het geval zijn omdat die regels die het universum volgens onze eis ook binnen dat universum gelden en dus niet direct mogen veranderen. Wellicht zijn er universa waar dat totaal niet geldt, maar interessanter is de vraag of er universa zijn waar dat wel geldt. De volgende vraag is dan waarom blijven de regels geldig. Het antwoord omdat dit in de regels ligt besloten voldoet niet helemaal, het universum bevat immers toeval en daarmee het risico van verandering. Er is een sterke binding nodig tussen regels en materie, die sterk doet denken aan de wijze waarop Locke het instandhouden van een eik beschreef als de wisselwerking tussen organisatie en materie.^{xi} Ik verwoord dat in de onderstaande vermoedens.

III Afstemmingstheorema

In een universum is voortdurende afstemming door interactie noodzakelijk om regels en materie ongewijzigd te laten voortbestaan.

IV Veranderingstheorema

Omdat afstemming beperkt mogelijk is kunnen eigenschappen veranderen.

Meer concreet kan hier gedacht worden aan het veranderen van constanten. Er kunnen verschillende typen ladingen ontstaan, deeltjes kunnen het vermogen tot wisselwerking verliezen. Het vermogen om te veranderen wordt versterkt door de complexiteit van eigenschappen, een eenvoudige eigenschap kon wel eens robuuster zijn dan een complexe. Daarbij kan gedacht worden aan verschillende deeltjes maar ook aan deeltjes die door grote afstanden weinig wisselwerking vertonen. Het is eigenlijk veel moeilijker voor te stellen hoe intens de voortdurende herijking door wisselwerking wel niet moet zijn om het geheel van materie en regels niet te laten verlopen. Het is daarbij zelfs goed denkbaar dat deeltjes elkaar nauwelijks of zelfs niet herkennen en dat reactie doorsneden naar nul naderen of zelfs nul worden.

V-3 Consistentie

Het derde probleem is consistentie. Zodra sprake is van een aantal regels is het de vraag of die set consistent is. Sterker Gödels tweede onvolledigheidsstelling^{xiii} houdt in dat dat niet mogelijk is. Ik ga er daarom vanuit dat er sprake moet zijn van een werkzame verzameling regels, een verzameling die voldoende is om een universum te laten ontstaan. Gezien het bovenstaande is het echter de vraag of gedurende het afrollen van de tijd in een dergelijk universum de consistentie voldoende blijft of dat conflicten kunnen ontstaan. Dit is niet op voorhand uit te sluiten. Bij de mogelijkheid "vastlopen" is het moeilijk zich iets voor te stellen dat de inconsistentie zou oplossen. In wiskundige zin niet logische oplossingen zouden dit moeten opheffen, of dit kan en of het in het universum aanwezige toeval voldoende is om dit te bewerkstelligen is een moeilijk te beantwoorden vraag. Zelfs de mogelijkheid dat het bestaan van inconsistentie de echte drijvende kracht is achter het bestaan van toeval dient niet op voorhand te worden uitgesloten. Aan de andere kant is het echter juist de wens om een universum te kunnen veronderstellen die tot de bovenstaande theorema's heeft geleid. Uitdrukkelijk is geprobeerd het gebruik van een regel die niet in dat universum geldt, uit te sluiten. Daarvoor in de plaats is gekomen de eis uit het materialisatie theorema dat de materialisatie van een universum wordt beschreven door dezelfde regels die op zijn minst de beginfase van dat universum beschrijven. Het verlies aan consistentie is niet een van te voren opgelegde eis maar een vermoeden dat het niet mogelijk zal zijn in een bestaand universum consistentie of op zijn minst onveranderbaarheid van regels vast te houden. Daar dit niet nodig lijkt wordt de eis daarom afgezwakt, beperkt tot zoiets als kwetsbare consistentie die alleen door voortdurend onderhoud in de vorm van wisselwerking tenminste lokaal behouden kan blijven.

VI Voldoet ons universum aan deze veronderstellingen

De beschrijving van ons eigen universum is verre van volledig, op theoretisch gebied zijn er in ieder geval onopgeloste problemen van wiskundige, filosofische en natuurkundige aard. Daarnaast is het aantal metingen dat aan het universum gedaan is zeer beperkt. Deze onkunde beslaat zowel het grote heelal als de microkosmos en alles wat er tussen zit. Dat neemt niet weg dat een aantal regels die in ons universum lijken op te treden passen binnen de hierboven geformuleerde theorema's.

VI-1 Materie

Allereerst wordt vrij algemeen aangenomen dat het universum uit materie en regels over die materie, de natuurwetten bestaat. De aard van de materie is zeker niet uitputtend onderzocht. Dat geldt niet alleen voor de eigenschappen van de bekende deeltjes maar daarnaast zijn er nog niet aangetoonde hypothetische deeltjes en zijn de natuurkundige modellen zo incompleet dat ook rekening moet worden gehouden met nog andere deeltjes. Ook voor de regels geldt dat niet verondersteld wordt dat ze compleet zijn en zelfs van krachtige regels als de wet van behoud van energie wordt de mogelijkheid van niet volledige geldigheid serieus genomen. De kennis van de regels en de materie is dus zeer beperkt maar het bestaan van regels en materie lijkt als zodanig goed in overeenstemming met bovenstaande theorema's.

VI-2 Toeval

Er zijn in de afgelopen decennia een aantal proeven gedaan om de verschillende interpretaties van de quantum mechanica te kunnen onderscheiden. De interpretatie met verborgen variabelen van de EPR paradox lijkt weerlegt te zijn door verschillende experimenten^{xiii}. De interpretaties die het best met de experimenten overeenkomt is de Kopenhagen interpretatie van Niels Bohr^{xiv}. Ook de multipaths theorie van R.P.Feynmann kent toeval. Er zijn echter ook andere theorieën zoals de eerder genoemde multi-worlds theorie. De "consistent histories" beschrijving kan in dit licht gezien worden als een uitbreiding van Kopenhagen interpretatie. Dat ons universum toeval kent lijkt dus goed mogelijk, er lijken zelfs sterke aanwijzingen voor te zijn, maar er zijn andere interpretaties van de experimenten denkbaar. Als een sterke aanwijzing voor het bestaan van toeval in combinatie met bestaan van slechts langzaam verlopende regels lijkt het bestaan van wat wel de eerste hoofdwet van de kosmos lijkt te zijn: "Als je iets hebt, heb je er meestal heel veel van" Dit geldt zowel voor de kleinste hoeveelheden materie zoals de elementaire deeltjes als de grotere structuren. Dat wijst er op dat er regels zijn die slechts langzaam verlopen. De regels moeten immers het ontstaan van materie kunnen omschrijven, als ze dat doen zal dat ontstaan waarschijnlijk vaak gebeuren. De enorme hoeveelheden eenvoudige materie lijken daarmee in overeenstemming. Het bestaan van grotere structuren in enorme hoeveelheden en gevormd over een lange tijdsperiode wijst op het langdurig onderhouden van in elk geval een minimaal behoud van regels over een groot volume.

VI-3 Tijd

Dat de causaliteit in het door mij voorgestelde universumbeeld door het optreden zwak is, betekent een sterk beroep op het begrip tijd. De tijd hangt hier samen met het optreden van een van de verschillende mogelijkheden. Een centrale rol speelt de notie dat op genomen beslissingen niet kan worden teruggekomen. De tijd kent dus een richting en is daarmee misschien meer dimensionaal, continu of gequantiseerd maar b.v. niet cyclisch of nog moeilijker denkbaar: afwezig. De veronderstelling "vertrouwd heelal" is daarom gemaakt. Waarnemingen verzetten zich niet tegen dit eenvoudige beeld maar zoals al eerder opgemerkt, tijd is slecht begrepen en veel duidelijkheid over de beschrijving van tijd is er niet. Hoogstens kan gezegd worden dat tijd lijkt te bestaan en het toenemen van de entropie lijkt een aanwijzing dat tijd een richting heeft.

VI-4 Verloop van eigenschappen.

Eigenschappen in ons universum lijken te veranderen. De symmetrie verbreking tussen de vier fundamentele krachten is er een van. Als die inderdaad het gevolg is van verloop van eigenschappen

zoals hier beschreven is de verklaring die stoelt op de condensatie van het Higgs-veld onnodig. Er zijn meer zaken die veranderbaar lijken. Zo veranderen eigenschappen van deeltjes alleen niet als tijd, lading en pariteit tegelijk omgekeerd worden, een enkele omkering verandert de eigenschappen een beetje, juist dit soort kleine veranderingen zou het gevolg kunnen zijn van verloop van eigenschappen. Zo is van de natuurconstanten en in het bijzonder van de zwaartekracht zeer onzeker of ze over alle afstanden dezelfde waarde hebben. Ook dit kan op verloop van eigenschappen wijzen.^{xv} Misschien betekent dit verloop van eigenschappen zelfs een waarnemingshorizon. Achter deze horizon zijn de eigenschappen te verschillend om nog interactie mogelijk te maken. Het veronderstelde bestaan van WIMP's^{xvi} en andere nauwelijks te detecteren deeltjes wijst ook op het verlies van herkenning als deeltje. Anderzijds wijzen spectra van ver gelegen bronnen erop dat eigenschappen op grote afstand niet veel anders zijn.

VI-5 methodologische kritiek.

Op bovenstaande is af te dingen dat gesuggereerd wordt dat de theorema's a-priori geponeerd worden en verrassend genoeg terug te vinden blijken in ons universum, terwijl de kennis van dat universum toch aanwezig was. Deze kritiek zou alleen weerlegd kunnen worden door voorspellingen en nieuwe ontdekkingen. Ten aanzien van de eerste twee theorema's lijkt dit onmogelijk zeker gezien de gekozen definitie van causale onafhankelijkheid voor verschillende universa. De derde en vierde veronderstelling lijken meer houvast te bieden. Hoewel moeilijk, lijkt experimenteel onderzoek of nadere informatie uit waarnemingen van de ruimte niet op voorhand uitgesloten.

VII vergelijking met ander theorieën.

Omdat er een groot aantal ideeën met soms subtiele verschillen, bestaan die het ontstaan van het universum tracht te duiden, is het goed om de verschillen en overeenkomsten met een aantal daarvan te noemen.^{xvii} Een overeenkomst met veel moderne theorieën is dat er niet van wordt uitgegaan dat het ons bekende universum het enige is. De mogelijkheid dat universa worden gevormd door quantumfluctuaties of zwarte gaten in bestaande universa laat de vraag bestaan hoe het eerste universum tot stand kwam een vraag waarop hier wel getracht is een antwoord te geven. Het ontstaan van nieuwe universa uit bestaande is een mogelijkheid die de hier voorgestelde theorema's open laten en zelfs goed lijken te passen in het theorema over het verloop van eigenschappen. Het is echter niet de kwintessens van deze theorie dat universa op deze wijze kunnen ontstaan.

De wiskundige universa van Tagmark hebben de eigenschap gemeen dat ze ontstaan vanuit een denkbare set regels en niet beginnen bij materie. Er zijn echter ook een aantal verschillen, zo stelt Tagmark nauwelijks verdere eisen aan een set. Hij gaat er vanuit dat elke denkbare set een universum vertegenwoordigt dat net zo realistisch is als het onze en hij sluit toeval uit en veronderstelt dat de wiskundige omschrijving materialisatie onnodig maakt. Het grootste bezwaar tegen Tagmark's model is dat hij niet in staat is om het verloop van de tijd op een bevredigende manier te omschrijven. Tijd blijft een coördinaat zoals alle anderen. Het beschrijven van een richting en van het beleefde moment als anders dan heden of verleden blijft onbevredigend.

De theorie van David Lewis het "Model Realism"^{xviii} In een zestal doctrines stelt hij het bestaan van meerdere universa, die sterk op het onze lijken en causaal niet verbonden zijn. Ook hij loopt echter vast in het verschijnsel tijd. Zo kan hij geen begin aan zijn universa toekennen in combinatie met het bestaan van een actueel tijdstip. Het begrip indexical om dit te verklaren blijft zwak omschreven. De many-worlds interpretation Hugh Everett^{xix} is strikt genomen geen theorie over het ontstaan van het universum, maar omdat deze theorie het bestaan van toeval categorisch uitsluit wil ik deze toch noemen. Het bezwaar tegen deze theorie is van dezelfde aard als tegen de andere theorieën zonder toeval zoals hierboven beschreven.

Van geheel andere aard is het antropisch principe. Het antropisch principe zoals geformuleerd door Robert H. Dicke en daarna uitgewerkt door anderen. Het zwak antropisch principe past goed binnen dit verhaal, zoals makkelijk is in te zien, het sterk antropisch principe niet omdat dit laatste het toeval miskent. Het participierend antropisch principe doet dit in feite niet, de rol van een bewustzijn in het heelal is subtiel en moeilijk bespreekbaar. Wel is op zijn minst de vraag aan de orde of meerdere entiteiten met een bewustzijn in een universum mogelijk zijn. Voor universa met niet fysische

verklaringen en virtuele universa is het verschil met het hier gepresenteerde duidelijk, ik zal op die verschillen niet ingaan.

VIII samenvatting

Getracht is een aantal theorema's op te stellen die een betrouwbare natuurkunde genereren, een natuurkunde zoals we die in de ons bekende kosmos tegen komen. We gaan er hierbij vanuit dat de regels die in het zo ontstane universum gelden voldoende moeten zijn om dat universum te genereren. In de theorema's speelt toeval een existentiële rol. Een aantal regels die o.a. toeval beschrijven worden verondersteld een universum te laten materialiseren. Belangrijk is de wisselwerking tussen regels en materie. Het is twijfelachtig of alle regels zich zonder wisselwerking kunnen handhaven. De causaliteit in een universum is zwak maar door regels die de grootte van kansen omschrijven wel aanwezig. Ook van de consistentie is de vraag of die volledig is omdat dat gezien het bestaan van toeval niet helemaal nodig lijkt. De regels volgens welke ons universum ontstaan is, gelden op zijn minst gedurende enige tijd na het ontstaan van dit universum. Te verwachten is daarom dat op zijn minst sporen achtergelaten zijn van deze regels in ons universum. Er is een poging gedaan hier voorbeelden van te vinden.

De referenties v, ix, xi, xiii, xvii, xviii

ⁱ kosmos: Oorspronkelijk het Griekse woord voor ordening, de tegenstelling met chaos, hier wordt met universum heelal en kosmos steeds hetzelfde bedoeld.

ⁱⁱ Als er meerdere universa zijn is het nodig een afbakeningsprincipe te hanteren. In de literatuur wordt daarbij vaak gebruik gemaakt het causaliteitsprincipe. Ik noem in navolging van wat gebruikelijk is, twee universa verschillend als geen enkele gebeurtenis uit het ene universum een causale relatie heeft met een gebeurtenis uit het andere universum. Wat een of meerdere universa zijn is punt van discussie als enige vorm van interactie eventueel het verleden voldoende is om tot hetzelfde universum gerekend te worden dan zouden de sterk hypothetische multiworlds en de misschien door zwarte gaten gegenereerde universa of de verschillende Higgs bellen tot een universum behoren. Er zijn andere definities mogelijk waarbij de onmogelijkheid van interactie na een bepaald moment voldoende is om vanaf dat moment tot verschillende universa gerekend te worden. In dit artikel wordt het eerste criterium gehanteerd.

ⁱⁱⁱ Te denken valt aan de constante van Planck en de lichtsnelheid. Hoewel naarstig getracht wordt het aantal onafhankelijke constanten terug te brengen tot nul om daarmee de natuurkunde een noodzakelijk karakter te geven lijkt dat vooralsnog niet te lukken en dus kan het misschien ook niet.

^{iv} b.v. A Brief History of Time: by Stephen Hawking

^v Zie Max Tegmark: The Mathematical Universes; Ar Xiv : 0704.0646v1[gr-qc] 5 april 2007.

^{vi} Het ingrijpen van buiten af is misschien wel de oudste mogelijkheid die de mens geformuleerd heeft, zie de vele scheppingsverhalen. Er zijn ook andere veronderstellingen over de tijdsduur o.a. Epicurius veronderstelde in navolging van Democritus een heelal met een oneindig verleden. (Epicurius hoofdstuk 39: Bovendien het al was altijd zoals het nu is, en zal dat altijd zijn. Want er is niets dat het kan veranderen niets waarin het kan veranderen en bovenal is er niets boven het al dat er binnen zou kunnen komen en verandering veroorzaken.) Het feit dat het bestaan van tijd deel lijkt uit te maken van een universum en overwegingen die verband houden met het toenemen van de entropie, lijken dit model onwaarschijnlijk te maken.

^{vii} Een proces waarbij een tijdsafhankelijk toeval lijkt op te treden is het verval van instabiele atoomkernen. Als hier dit inderdaad geen tijdsafhankelijk maar toestandsafhankelijk toeval zou zijn, heeft dat implicaties voor het begrip tijd die niet zo makkelijk te overzien zijn.

^{viii} Een voorbeeld van een tijdsafhankelijk toeval zou het al dan niet winnen van een loterij kunnen zijn. Het langer bewaren van het loterij briefje verhoogt de kans op het winnen van de loterij niet. Anderzijds is er wel een moment van trekking dat de tijd in voor en na de trekking verdeeld. Je zou kunnen zeggen dat de trekking tijd heeft gecreëerd met twee mogelijke waarden “voor” en “na”

^{ix} Over dit onderwerp is veel gepubliceerd. Een goed overzichtartikel is dat van Alan Hájek: Interpretations of Probability, Stanford encyclopedia of philosophy. First published Mon Oct 21, 2002; substantive revision Sat Jul 7, 2007

^x Er zijn gecompliceerder situaties denkbaar. Zo kan naast de genoemde mogelijkheid ook B volgen uit D. Terug kijkend in de tijd zien we dat de mogelijkheid A is opgetreden uit B waar ook D had kunnen optreden uit B. Dit zou je ook een beslissing kunnen noemen waaruit dan zou volgen $t_1 > t_2$. De richting van de tijd zou dan dus ook omgekeerd kunnen zijn. Of er voor alle of tenminste een groot aantal universa toestanden B ook een toestand D bestaat is niet triviaal.

^{xi} John Locke, Essay concerning human understanding Book II Chapter XXVII Of Identity and Diversity: 4 Identity of vegetables. We must therefore consider wherein an oak differs from a mass of matter, and that seems to me to be in this, that the one is only the cohesion of particles of matter any how united, the other such a disposition of them as constitutes the parts of an oak; and such an organization of those parts as is fit to receive and distribute nourishment, so as to continue and frame the wood, bark, and leaves, &c it continues to be the same plant as long as it partakes of the same life, though that life be communicated to new particles of matter vitally united to the living plant, in a like continued organization....

^{xii} Gödels tweede onvolledigheidsstelling houdt in dat de formele rekenkunde haar eigen consistentie niet kan bewijzen..

^{xiii} EPR-paradox de Einstein, Podolsky en Rosen paradox. De verborgen variabelen zijn weerlegd door geavanceerde uitvoeringen van Bell's experiment. Daarnaast zijn er interferentieproeven gedaan die deze interpretatie lijken te weerleggen. Zie b.v. S. P. Walburn, M. O. Terra Cuna, S. Padua and C.H. Monken, Double-slit quantum eraser, Physical Review A Volume 65, 033818.

^{xiv} Het kwantum mechanisch toeval kan goed als volgt beschreven worden: Een deeltje (b.v. een elektron) heeft twee eigenschappen A en B (te denken valt aan impuls, plaats, spin, kleurlading bij een quark). Eigenschap A kan de waarde A1 en A2 en B de waarde B1 en B2 te hebben bij A1 hoort een toestand α_1 voor de andere waarden horen zo ook overeenkomstig genoteerde toestanden. Zodra de waarde van A middels een daartoe geschikte methode bepaald wordt en die alleen de uitkomst A1 of A2 kan hebben, bevindt het deeltje zich in een toestand die een mengsel is van β_1 en β_2 . Het bepalen van de waarde van B die, verassend genoeg alleen de uitkomst B1 of B2 kan hebben, leidt ertoe dat het deeltje zich in een toestand bevindt die een mengsel is van α_1 en α_2 , waarmee A weer onbepaald is. Indien een deeltje zich in de mengtoestand van α_1 en α_2 of β_1 en β_2 bevindt is onvoorspelbaar welke waarde gemeten wordt, wel is daar statistisch iets over te zeggen. A en B kunnen meer dan twee toestanden kennen maar dit veradert het verhaal niet. Voor de zorgvuldigheid: A en B moeten verschillende stelsels eigenfuncties hebben maar dit is doorgaans het geval.

^{xv} De zwaartekracht is slechts tot afstanden van minimaal enkele mm gemeten, op grote afstanden wijst de zogenaamde donkere materie en negatieve energie op anomalieën. De range waarover de r^{-2} afhankelijkheid van de gravitatiekracht is geverifieerd is dus beperkt.

^{xvi} WIMP's: weakly interacting massive particles. Dit zijn hypothetische deeltjes die omdat ze weinig wisselwerking buiten de gravitatiekracht vertonen nog niet ontdekt zijn. Deze zware, onbekende deeltjes zouden een verklaring moeten zijn voor de onverwacht grote gravitatiekracht aan de buitenkant van melkwegstelsels.

^{xvii} Een goed artikel over verschillende universum modellen is dat van Robert Lawrence Kuhn: "Why this universe" Skeptio volume 13 number 2 2007 pagina's 28 t/m 39.

^{xviii} Zie voor een goed overzicht en commentaar op de theorie van David Kellog Lewis het internet artikel van Peter J. King Oxford U.K. <http://users.ox.ac.uk/~worc0337/modal.realism.html>

^{xix} Hugh Everett Many-worlds interpretatie, een interpretatie van de quantum mechanica waarbij verondersteld wordt dat alle mogelijkheden die de quantum mechanica beschrijft daadwerkelijk gerealiseerd worden in parallelle werelden zie b.v. . Brian Green, The fabric of the cosmos ISBN 0-14101111-4 blz. 205 vv. of http://en.wikipedia.org/wiki/Many-worlds_interpretation