

# The Computational Universe

-  
October 5, 2018

De realiteit wordt over de hele wereld beschreven met natuurkundige en scheikundige wetten. Onze realiteit is gebouwd op wiskundige modellen. Deze modellen zijn er om de werkelijkheid beter te begrijpen en zijn slechts een indicatie van iets wat wij als mensheid nog steeds niet helemaal begrijpen. Zo worden bijvoorbeeld natuurkundige wetten nog steeds aangepast, neem bijvoorbeeld de wetten van Newton. Deze wetten bleken niet te kloppen als het ging om de kwantummechanica. We hadden dus nieuwe wetten nodig om deze tak van de natuurkunde te kunnen begrijpen. Natuurkundige wetten worden dus steeds preciezer omdat wetenschappers constant bezig zijn met het verbeteren van deze wetten en kennis. Komen we dan ook ooit op een punt waarop we geen indicatie meer aan het berekenen zijn maar waarop we precies ons universum kunnen “uitrekenen”? En wat zijn de consequenties als we dat zouden kunnen? Kunnen we dan de toekomst voorspellen?

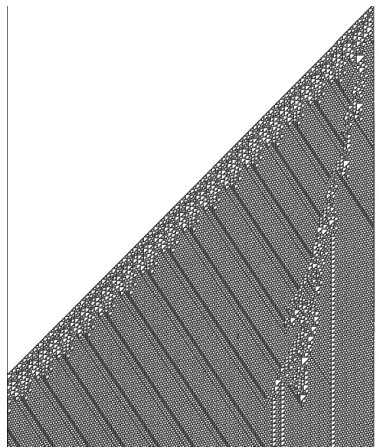
## 1 Vereisten

Er zijn een aantal vereisten voordat we iets kunnen zeggen over het berekenen van het hele universum. Eén van deze vereisten is dat het universum deterministisch is. Dit wil zeggen dat er maar één mogelijkheid is hoe een situatie zich kan uitpakken. In andere woorden, alles wat er gaat gebeuren staat al vast. Dit is een vereiste omdat een computerprogramma nooit compleet willekeurig kan kiezen welke kant het op gaat (een computer kan geen dobbelsteen gooien). Dit brengt een aantal consequenties met zich mee, één daarvan is bijvoorbeeld het feit dat we geen vrije wil hebben als het universum deterministisch is. Als alles al vast staat dan kan niemand daar meer iets aan veranderen.

Een andere vereiste is dat we opnieuw moeten gaan nadenken over de bouwstenen van ons universum. We gaan er nu namelijk van uit dat de bouwstenen moleculen, atomen of zelfs protonen, neutronen en elektronen zijn. Het enige wat we in een computer kunnen stoppen is data in de vorm van enen en nullen. We kunnen het universum dus alleen in een computer stoppen als we ons universum kunnen beschrijven met enen en nullen. Als we aannemen dat het universum te beschrijven is met deze informatie van enen en nullen kunnen we concluderen dat ons universum in essentie bestaat uit informatie. Als we het universum dus kunnen beschrijven met informatie dan kunnen we concluderen dat niet de protonen, neutronen en elektronen de bouwstenen van ons universum zijn maar informatie. Elk deeltje in ons universum is dan te beschrijven als informatie en te coderen als nullen en enen, bits.

Een derde vereiste is, zoals beweerd door John Wheeler, dat alles wat er in het universum gebeurt, alle berekeningen die op de bits aan informatie worden gedaan in essentie een ja of nee vraag beantwoorden. Dit betekent dat alle wetten zoals we die nu kennen omgezet kunnen worden naar binaire keuzes. Veel van deze binaire keuzes kunnen tot complex gedrag leiden. Een voorbeeld van een complexe berekening met simpele stappen is bijvoorbeeld dat van de cellulaire automaten van Wolfram. Dit probleem beschrijft zich als volgt: We nemen een wit stuk papier en delen het in door een grote tabel met vakken te maken. Nu maken we een aantal cellen in de bovenste rij zwart en gaan we de rijen daaronder berekenen met een aantal regels. Deze regels gaan altijd

uit van de drie cellen boven de cel die moet worden berekend. Eén van deze regels kan dus zijn: Als één cel van de drie die boven mij zitten zwart is, maak mij dan ook zwart. Deze regel zorgt ervoor dat op een gegeven moment alle cellen in de rij zwart gekleurd worden. Een regel die voor complex gedrag zorgt is Wolfram's 110de regel. Deze luidt: Een cel wordt wit gelaten als de drie cellen daarboven allemaal zwart zijn of allemaal wit zijn of zwart-wit-wit zijn. Anders wordt de cel zwart gemaakt. Als we deze simpele regel volgen dan zien we al snel dat complex gedrag ontstaat (zie de afbeelding hier onder). Wolfram heeft veel van deze simulaties gedraaid en heeft gezien dat dit soort complex gedrag ook ontstaat in ons universum. Bij het draaien van sommige simulaties werd bijvoorbeeld gevonden dat de figuren die uit de simulatie kwamen overeenkwamen met het binden of verliezen van watermoleculen aan een sneeuwvlokje.



## 2 Gevolgen

Als we aannemen dat het universum in essentie uit informatie bestaat en dat op deze informatie berekeningen worden uitgevoerd kunnen we een aantal gevolgen opstellen. Het eerste gevolg wat we kunnen opstellen gaat over het deterministische aspect van een computerprogramma. Zoals al eerder is gezegd kan het universum alleen door een computer berekend worden als het universum deterministisch is. Het gevolg hiervan is dat, als alles wat er gaat gebeuren al vast staat, we in theorie de toekomst zouden kunnen voorspellen. Als we de wetten van ons universum weten dan zouden we vooruit kunnen rekenen en kunnen voorspellen wat er gaat gebeuren in de toekomst. Dit heeft ook gevolgen op de kijk van onze “vrije wil”. Als we namelijk kunnen voorspellen wat er gaat gebeuren en alles toch al vast staat, dan zou dat betekenen dat wij eigenlijk helemaal geen vrije wil hebben. Wolfram gelooft bijvoorbeeld dat vrije wil slechts een illusie is die is opgeworpen door de onvoorspelbaarheid van het complexe gedrag wat ontstaat uit de simpele basisregels van het universum.

*“Free will to me means only that we sometimes decide what we do, and we know that this is true by the same sort of mental experience that convinced Descartes that he existed, but we have no mental experience that tells us that our decisions are not inevitable consequences of past conditions and the laws of nature”. - Wolfram*

Voor een ander gevolg spoelen we de tijd wat terug. Een ruime veertig jaar geleden hadden we computers waarop je het spel Pong kon spelen. Pong is een spel waarbij je ervoor moet zorgen dat het balletje niet door jou goal heen gaat door een rechthoek te bewegen aan jou kant van het veld. Dertig jaar hierna kwam het spel ‘The Sims’ uit en nu kunnen we 3D werelden real-time laten renderen en met miljoenen spelers in zo’n wereld rond lopen. Wat als we duizenden jaren in de toekomst gaan kijken? Hebben we dan computers die een simulatie van onze wereld kunnen maken? Volgens Elon Musk, zijn er een aantal opties.

De eerste optie is dat we nooit op een punt komen waarop we voldoende rekenkracht hebben. Dit kan bijvoorbeeld komen omdat wij uitsterven of omdat er een grens zit aan onze kennis.

De tweede mogelijkheid is dat we in de toekomst genoeg rekenkracht hebben om onze aarde te simuleren, ervan uitgaande dat ons universum te simuleren is. We zouden dan dus elk stukje informatie waaruit ons universum bestaat kunnen nabootsen in een computersimulatie. Elk mens wat in deze simulatie bestaat zou door een computer berekend kunnen worden. Elon Musk stelt dat we, door morele argumenten, nooit zo'n simulatie zouden maken. Er is namelijk veel leed in de wereld en de mensen die in de simulatie zouden leven zouden dat leed ervaren alsof het echt is.

De derde mogelijkheid is dat we een simulatie maken van ons universum. De mensen in die simulatie zouden dan ook een simulatie kunnen maken. Hierdoor zouden er dus miljoenen universums kunnen bestaan die niet te onderscheiden zijn van ons universum. De kans dat wij ook in een gesimuleerd universum zitten is dus erg groot omdat er zo veel gesimuleerde universums zijn.

Dit zou dus betekenen dat als we aannemen dat ons universum berekend kan worden, we kunnen zeggen dat er een grote kans is dat ons universum nu ook berekend wordt in een ander universum op een supercomputer.

### 3 Bewijs van een berekenbaar universum

Kunnen we bewijzen dat we een deel zijn van een simulatie? Het eerste bewijs wat wordt geleverd staat hierboven al, als onze computers steeds sneller worden dan zouden we op een gegeven moment op een punt komen waarop we ons eigen universum kunnen uitrekenen. Als we dat dan in een simulatie kunnen stoppen dan is de kans groter dat wij ook een simulatie zijn. Want als het ons lukt, dan kan het in de simulatie dus ook.

Een echt empirisch bewijs is bijna onmogelijk omdat een simulatie niet verschillend zou zijn aan een echt universum. We kunnen wel in de buurt komen zoals hierboven al geprobeerd is. Max Tegmark, een professor Fysica, geloofd dat we wel degelijk empirisch kunnen testen of wij in een simulatie leven. Dit kan volgens hem door bijvoorbeeld een 'glitch' in onze wereld te creëren. Een glitch is een onverwachte output die het gevolg is van een kortdurende storing. Hij beweerd dat als iemand een simulatie van ons zou maken, het zeer waarschijnlijk is dat er zo veel mogelijk geoptimaliseerd is. In andere woorden zou het dus niet hoeven om delen van ons universum te simuleren totdat iemand er naar kijkt. Een goed voorbeeld hiervan zou bijvoorbeeld een spaarvarken zijn, de inhoud van dit spaarvarken hoeft namelijk pas visueel gesimuleerd te worden als er in gekeken wordt of hij kapot wordt geslagen. We zouden volgens Tegmark moeten kijken naar bewijs van dit fenomeen.

***“Suppose someone is simulating our universe – it would be very tempting to cut corners in ways that makes the simulation cheaper to run. You could look for evidence of that in an experiment.”*** - Max Tegmark

Tegmark's woorden kunnen nog worden versterkt met de kwantummechanica. De onzekerheidsrelatie tussen de plaats en snelheid van een deeltje kan namelijk een goed voorbeeld zijn van een deel van ons universum wat niet wordt gesimuleerd als er niemand naar kijkt. Elektronen gedragen zich namelijk als golven als we niet kijken waar de elektronen zich bevinden, pas als we dat gaan toetsen dan kunnen we zien waar een elektron zich bevindt. Dit zou kunnen duiden op de computer die delen van ons universum weglaat als we er niet naar kijken.

Een tegenargument voor het berekenbare universum heeft ook te maken met de hoeveelheid rekenkracht die een computer moet hebben om een universum te simuleren. Als we namelijk precies ons universum willen simuleren dan hebben we daar veel opslagruimte voor nodig, om

elk atoom op te kunnen slaan in een simulatie van ons universum hebben we namelijk minimaal datzelfde atoom nodig in ons universum. Met andere woorden, als we de eigenschappen willen opslaan van vijftig atomen dan kunnen we dat niet doen op minder dan vijftig atomen, want dat zou betekenen dat de vijftig atomen in ons universum meer informatie bevatten dan de vijftig atomen in de simulatie van ons universum wat weer zou betekenen dat we informatie te weinig hebben opgeslagen over de simulatie van ons universum. We zouden dus zo nooit precies ons universum kunnen simuleren omdat we daar simpelweg te weinig opslagmedium voor hebben.

## 4 Conclusie

Het toetsen van de berekenbaarheid van ons universum is lastig. Tot nu toe kunnen we alleen redeneren over de berekenbaarheid van ons universum. We kunnen eigenlijk pas zeker zijn van de berekenbaarheid van ons universum als we zelf hebben geprobeerd een simulatie te maken. Als dit is gelukt komen we meer te weten over de oorsprong van ons universum. Tot dan blijft het een lastig onderwerp om over te redeneren, vooral omdat we nog zoveel niet weten. We hebben dus nog een lange weg te gaan voordat we met zekerheid over de berekenbaarheid van ons universum kunnen redeneren.

## References

- [1] Steven Weinberg, Is the Universe a Computer?
- [2] Olivia Solon, Is our world a simulation? Why some scientists say it's more likely than not.
- [3] Vox, Why Elon Musk says we're living in a simulation.