

Een algemene onvolledigheidsstelling voor de fysica ***Van de stelling van Gödel tot de digitale filosofie***

We cannot 'reduce' everything we see to a 'Theory of Everything' of the particle physicists' sort. Other factors must enter to complete the scientific description of the Universe. John D. Barrow.¹

1. Theorieën van alles en het emergentiebeprip

Het is een grote droom van het reductionistisch project om de wetenschappen tot een samenhangend geheel te integreren en een theorie van alles te ontdekken. In de theoretische fysica² zoekt men een 'Theory of Everything' (ToE)³. Volgens 'radicale' reductionisten zou deze theorie ook als de basis van een theorie van alles voor alle wetenschappen beschouwd kunnen worden. De snaartheorie ('string theory')⁴ en de unificerende membraantheorie ('M-theory')⁵ worden gezien als kandidaten voor de ToE.

De haalbaarheid van het micro-reductionistisch project is zeer betwist in de menswetenschappen. Ook binnen de exacte wetenschappen groeit de twijfel. Er blijken in de werkelijkheid immers wetten op te duiken die in de huidige stand van de wetenschappen niet uit de fundamentele wetten van de fysica af te leiden zijn. Deze wetten, 'emergente wetten' genoemd, zijn nog niet volledig micro-reductionistisch verklaarbaar. Het stelsel van fundamentele wetten is dan onvolledig. Emergentie wordt eveneens in verband gebracht met onbeslisbaarheid en soms ook met onberekenbaarheid. Met het emergentiebeprip trachten we naast het irreduceerbare of onherleidbare ook het onverwachte, onvoorspelbare, nieuwe en creatieve in de werkelijkheid te vatten. Voor de 'emergentisten' is emergentie een wezenlijk kenmerk van de werkelijkheid en een blijvend probleem, voor de reductionisten is het probleem van voorbijgaande aard.

In de kennisvisie op emergentie kunnen we het probleem al dan niet als tijdelijk beschouwen. In het geval van de zwakke vorm van emergentie verwachten we dat de wetenschap in de toekomst in staat zal zijn om een sluitende verklaring voor emergente wetten te vinden. Voor de sterke vorm van emergentie is dit uitgesloten. Een beperkt stelsel van fundamentele wetten zoals dat van de fysica wordt dan immers als onvolledig beschouwd en zal dit blijven tijdens de verdere ontwikkeling van de wetenschappen. Om alle ontdekte nieuwe wetten te kunnen verklaren moet het stelsel immers steeds verder uitgebreid worden. De sterke vorm van emergentie sluit het bestaan uit van een theorie van alles die op een klein aantal fundamentele wetten gebaseerd is.

¹ Zie: John D. Barrow, *Theories of Everything*, in: John Cornwell (ed.), *Nature's Imagination. The frontiers of scientific vision*, Oxford University Press, Oxford, 1995, p. 46.

² Zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Theoretical_physics

³ Zie: http://nl.wikipedia.org/wiki/Theorie_van_alles en http://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_everything

⁴ Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Snaartheorie> en http://en.wikipedia.org/wiki/String_theory

⁵ Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/M-theorie> en <http://en.wikipedia.org/wiki/M-theory>

2. De stelling van Gödel en een algemene onvolledigheidsstelling voor de fysica

Om het emergentiebeprijp te verduidelijken hebben we onder andere in "*Een integrerend denkkader voor de wetenschappen. Peilen naar de diepere aard van de werkelijkheid*"⁶ verwezen naar de onvolledigheidsstelling van Gödel⁷. Volgens deze onvolledigheidsstelling kan een axiomastelsel dat onder meer de rekenkunde omvat niet samen volledig en consistent zijn. We kunnen altijd geldige stellingen formuleren die niet uit het stelsels van consistente axioma's kunnen afgeleid worden. Hun geldigheid of ongeldigheid is onbeslisbaar binnen dit stelsel. Om de afleiding van nieuwe geldende stellingen mogelijk te maken zijn er bijkomende axioma's nodig. Met een begrensde aantal axioma's zullen we er niet in slagen om de wiskunde volledig te onderbouwen. Een theorie van alles voor de wiskunde is bijgevolg onmogelijk.

Een algemeen bewijs voor het bestaan van de sterke vorm van emergentie ontbreekt nog. Voor een aantal bijzondere gevallen zijn er wel bewijzen te vinden in de literatuur.⁸ In de micro-reductionistische visie kan de sterke vorm van emergentie in verband gebracht worden met de onvolledigheid van de fundamentele wetten van de fysica. Deze wetten worden ook als fundamentele wetten van de exacte wetenschappen en zelfs van de menswetenschappen beschouwd. Een 'stelling van Gödel voor de fysica' zou het bestaan van de sterke vorm van emergentie kunnen bewijzen. Een fysische versie van de stelling van Gödel of een 'algemene onvolledigheidsstelling voor de fysica' houdt in dat een beperkt aantal fundamentele wetten niet volstaat om alle wetenschappelijke wetten te verklaren.

Stephen Hawking verwachtte dat de M-theorie de 'ultieme' theorie voor het universum zou worden. Zich baserend op de onvolledigheidsstelling van Gödel heeft hij die mening echter herzien en betwijfelt of een dergelijke ultieme theorie wel met een beperkt aantal uitspraken geformuleerd kan worden.⁹ Volgens hem zal onze zoektocht naar inzicht nooit

⁶ Zie: http://www.vub.ac.be/CLEA/dissemination/groups-archive/vzw_worldviews/publications/integrerend.pdf

⁷ Zie: http://nl.wikipedia.org/wiki/Onvolledigheidsstellingen_van_G%C3%B6del, http://en.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6del%27s_incompleteness_theorems en http://en.wikipedia.org/wiki/On_Formally_Undecidable_Propositions_of_Principia_Mathematica_and_Related_Systems

⁸ In het boek van John D. Barrow, *Impossibility. The Limits of Science and the Science of Limits*, Oxford University Press, 1998, is een deel van het hoofdstuk over 'Impossibility and us' gewijd aan: 'Gödel's theorem and physics' en 'Does Gödel stymie physics?'. Daarin wordt naar een aantal voorbeelden verwezen van onbeslisbare en onberekenbare problemen bij fysische systemen uit het domein van de 'condensed-matter physics', de algemene relativiteitstheorie en de kwantummechanica (golfvergelijking). Het blijkt ook onmogelijk te zijn om een algemeen algoritme te vinden dat kan beslissen of een evenwicht van een systeem al dan niet stabiel is. Zie: <http://www.amazon.com/Impossibility-The-Limits-Science/dp/0195130820> Meer voorbeelden zijn te vinden in: http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0809/0809.0151v1.pdf en http://www.livskvalitet.org/pdf/TSWJ2006%20Human_Development_V_Biochemistry_unable_to_explain_morphogenesis.pdf

⁹ "Up to now, most people have implicitly assumed that there is an ultimate theory that we will eventually discover. Indeed, I myself have suggested we might find it quite soon. However, M-theory has made me wonder if this is true. Maybe it is not possible to formulate the theory of the universe in a finite number of statements. This is very reminiscent of Gödel's theorem. This says that any finite system of axioms is not sufficient to prove every result in mathematics. (...) Some people will be very disappointed if there is not an ultimate theory that can be formulated as a finite number of principles. I used to belong to that camp, but I have changed my mind.

eindigen en er zullen altijd nieuwe dingen te ontdekken zijn. De hoop dat het micro-reductionisme een 'einde van de wetenschappen' zal inhouden is dan ook weinig realistisch. Bovendien zullen er verschillende naast elkaar bestaande wetenschappen nodig blijven om de werkelijkheid te beschrijven.

Om spijs het onvolledigheidsprobleem toch oplossingen te vinden voor het 'verklaren' van emergente wetten worden soms niet zuiver micro-reductionistische benaderingen gevolgd waarbij principes van buiten de fysica ter hulp geroepen worden. In de kwantum kosmologie doet Stephen Hawking bijvoorbeeld niet alleen een beroep op de fundamentele wetten van fysica maar ook op het antropisch principe¹⁰. Het zwak antropisch principe wordt door Stephen Hawking toegepast in de kwantum kosmologie om de 'dierentuin' aan oplossingen van de membraantheorie in te perken.¹¹ Samen met Thomas Hertog ontwikkelde hij een op het antropisch principe gebaseerde 'top-down' benadering van de kosmologie.¹²

Volgende tabel verduidelijkt de overeenkomst verder tussen de stelling van Gödel en een algemene onvolledigheidsstelling voor de fysica en tussen een theorie van alles voor de wiskunde en de ToE.

Wiskunde	Fysica
Stellingen	Wetten
Axioma's	Fundamentele wetten
Niet-herleidbare geldige stellingen	Emergente wetten
Stelling van Gödel	Onvolledigheidsstelling voor de fysica
Theorie van alles voor de wiskunde	ToE

Tabel 1: Overeenkomst tussen de axiomatisch gestructureerde vorm van de wiskunde en de micro-reductionistisch gestructureerde fysica.

I'm now glad that our search for understanding will never come to an end, and that we will always have the challenge of new discovery." Zie: <http://www.hawking.org.uk/godel-and-the-end-of-physics.html>

¹⁰ Zie: http://nl.wikipedia.org/wiki/Antropisch_principe en http://en.wikipedia.org/wiki/Anthropic_principle

¹¹ Zie: <http://www.hawking.org.uk/quantum-cosmology-m-theory-and-the-anthropic-principle.html>

¹² Zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Fine-tuned_Universe#Top-down_cosmology en <http://arxiv.org/pdf/hep-th/0602091v2.pdf>

3. De onvolledigheid van de wiskunde

Zoals door de onvolledigheidsstelling van Gödel bewezen werd is een theorie van alles voor de wiskunde onmogelijk. In dezelfde lijn heeft Gregory Chaitin de onvolledigheid van de formele axiomatische theorie van de wiskunde aangetoond. Chaitin wijst in dit verband niet alleen op de onvolledigheid van de zuivere wiskunde. Hij heeft het ook over onberekenbaarheid, algoritmische onherleidbaarheid en algorithmic randomness¹³. Volgens hem kan uitgaande van ideeën over complexiteit en toeval en met hulp van de moderne informatietheorie aangetoond worden dat een theorie van alles voor de wiskunde niet mogelijk is.¹⁴ Sommige 'wiskundige feiten' kunnen niet in een theorie met een beperkt aantal axioma's gecompriëerd worden omdat ze te complex zijn.¹⁵ Chaitin heeft het in verband over de 'onherleidbare complexiteit' van de zuivere wiskunde. Bovendien benadrukt hij de overeenkomst van de wiskunde met de fysica.¹⁶

Bij het ontwikkelen van zijn theorie baseerde Chaitin zich op het stopprobleem ('halting problem')¹⁷ van Alan Turing. Het is onmogelijk om een algemeen algoritme ontwikkelen dat vooraf kan bepalen of een computer zal stoppen of eindeloos blijven doorgaan met de verwerking van een programma. Het gaat om een beslissingsprobleem, een type van probleem dat ook bij de onvolledigheidsstelling van Gödel een rol speelt.¹⁸ Chaitin bepaalde de waarschijnlijkheid dat een willekeurig programma zal stoppen, de constante omega.¹⁹ Chaitin's constante is een heel goed gedefinieerd en specifiek getal dat echter niet door een eindig computerprogramma kan berekend worden.²⁰ Er bestaat geen algoritme om het getal Ω cijfer na cijfer (of bit per bit) te berekenen. De cijfers zijn immers totaal willekeurig. Dit

¹³ "Hilbert wanted to find a perfect language giving all of mathematical truth, all mathematical knowledge, he wanted a formal axiomatic theory for all of mathematics. This was supposed to be a Theory of Everything for the world of pure math. And this cannot succeed, because we know that every formal axiomatic theory is incomplete, as shown by Gödel, by Turing, and by my halting probability Ω . Instead of finding a perfect language, a perfect formal axiomatic theory, we found incompleteness, uncomputability, and even algorithmic irreducibility and algorithmic randomness." Zie: <https://www.cs.auckland.ac.nz/~chaitin/metabiology.pdf> p. 36

¹⁴ "By using ideas on complexity and randomness originally suggested by the mathematician-philosopher Gottfried w. Leibniz in 1686, the modern theory of algorithmic information is able to show that there can never be a "theory of everything" for all of mathematics." Zie: <http://arxiv.org/pdf/math/0411091v1.pdf> en <http://www.umcs.maine.edu/~chaitin/sciamer3.pdf> p. 74

¹⁵ "Unlike Gödel's approach, mine is based on measuring information and showing that some mathematical facts cannot be compressed into a theory because they are too complicated. This new approach suggests that what Gödel discovered was just the tip of the iceberg: an infinite number of true mathematical theorems exist that cannot be proved from any finite system of axioms."

Zie: <http://www.umcs.maine.edu/~chaitin/sciamer3.pdf> p. 75 - 76

¹⁶ "In my opinion mathematics is different from physics, but maybe not as different as most people think. My work on metamathematics using complexity and information-theoretic ideas suggests to me that perhaps we should emphasize the similarities between the world of mathematics and the world of physics instead of emphasizing the differences." Zie: <https://www.cs.auckland.ac.nz/~chaitin/metabiology.pdf> p.154

¹⁷ Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Stopprobleem> en http://en.wikipedia.org/wiki/Halting_problem

¹⁸ Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Beslissingsprobleem>, http://en.wikipedia.org/wiki/Decision_problem en http://en.wikipedia.org/wiki/Undecidable_problem

¹⁹ Zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Chaitin%27s_constant en <http://mathworld.wolfram.com/ChaitinsConstant.html>

²⁰ "Omega is perfectly well defined and has a definite value, yet it cannot be computed by any finite computer program." Zie: <http://www.umcs.maine.edu/~chaitin/sciamer3.pdf> p.76

houdt volgens Chaitin in dat er een onherleidbaar wiskundig feit bestaat zodat een theorie van alles voor de wiskunde uitgesloten is.²¹

Chaitin pleit voor de toepassing in de wiskunde van de pragmatische methode uit de fysica in de wiskunde.²² Indien wiskundigen dan te doen hebben met als plausibel beschouwde irreduceerbare wiskundige feiten kunnen ze als axioma's bijgevoegd worden.²³ Hij stelt ook de vraag of de wiskunde is zoals de fysica. Chaitin heeft het verder nog over een nieuwe metatheorie voor de wiskunde, een 'metamathematics', die op de algoritmische informatietheorie gebaseerd is en formele axiomatische theorieën bestudeert.²⁴ Merkwaardig is de toepassing van deze theorie op de evolutieleer.

De 'Meta Math' van Chaitin doet denken aan het pleidooi van Robert Laughlin voor het heruitvinden van de fysica in "A Different Universe: Reinventing Physics from the Bottom Down". Laughlin stelt dat de als fundamenteel beschouwde wetten in feite niet de meest fundamentele wetten van de fysica zijn.²⁵ Belangrijker volgens hem zijn de emergente wetten die het resultaat zijn van organiserende interacties. Hij verdedigt het emergentieconcept, verzet zich tegen een 'Theory of Everything' en vermoedt zelfs dat het idee van 'fundamentele wet' volledig mythologisch is.²⁶

²¹ "Because omega is irreducible, we can immediately conclude that a theory of everything for all of mathematics cannot exist." Zie: <http://www.umcs.maine.edu/~chaitin/sciamer3.pdf> p.79

²² "So perhaps mathematicians should not try to prove everything. Sometimes they should just add new axioms. That is what you have got to do if you are faced with irreducible facts. The problem is realizing that they are irreducible! In a way, saying something is irreducible is giving up, saying that it cannot ever be proved. Mathematicians would rather die than do that, in sharp contrast with their physicist colleagues, who are happy to be pragmatic and to use plausible reasoning instead of rigorous proof. Physicists are willing to add new principles, new scientific laws, to understand new domains of experience. This raises what I think is an extremely interesting question: Is mathematics like physics?"

Zie: <http://www.umcs.maine.edu/~chaitin/sciamer3.pdf> p. 79

²³ Chaitin heeft het over een 'quasi-empirical mathematics'.

²⁴ Zie: <http://arxiv.org/pdf/math/0404335.pdf> , <https://www.cs.auckland.ac.nz/~chaitin/metabiology.pdf> p. B7 - 92 en p. 104 - 106 , <https://www.cs.auckland.ac.nz/~chaitin/iqc.html> , <http://en.wikipedia.org/wiki/Metamathematics> en <http://www.cs.utexas.edu/users/cannata/cs345/Class%20Notes/06%20Chaitin%20MetaMath.pdf>

²⁵ "Laughlin considers the world of emergent properties - meaning the properties, such as the hardness and shape of a crystal, that result from the organization of large numbers of atoms. Laughlin shows us how the most fundamental laws of physics are in fact emergent. A Different Universe is a truly mind-bending book that shows us why everything we think about fundamental physical laws needs to change."

Zie: <http://www.amazon.com/Different-Universe-Reinventing-Physics-Bottom/dp/0465038298>

" Ironically, the very success of reductionism has helped pave the way for its eclipse. Over time, careful quantitative study of microscopic parts has revealed that at the primitive level at least, collective principles of organization are not just a quaint side show but everything – the true source of physical law, including perhaps the most fundamental laws we know. The precision of our measurements enables us to confidently declare the search for a single ultimate truth to have ended – but at the same time to have failed, since nature is now revealed to be an enormous tower of truths, each descending from its parent, and then transcending that parent, as the scale of measurement increases. Like Columbus or Marco Polo, we set out to explore a new country but instead discovered a new world."

Zie: <http://www.physicscentral.com/explore/writers/laughlin.cfm>

²⁶ Zie: <http://www.closetotruth.com/video-profile/Why-is-Emergence-Significant-Robert-Laughlin-/1515>

4. Een algemene onvolledigheidsstelling voor de fysica

We hebben er reeds op gewezen dat een algemeen bewijs voor het bestaan van de sterke vorm van emergentie ontbreekt. Om dit bewijs te leveren kunnen we vertrekken van de overeenkomst tussen de linker- en rechterhelft van tabel 1. We gaan er daarbij ook van uit dat de sterke emergentie van fysische wetten betekent dat ze zowel logisch als wiskundig²⁷ niet volledig uit de fundamentele wetten afleidbaar zijn. Bovendien brengen we de sterke vorm van emergentie in verband met onberekenbaarheid. Dit idee maakt het mogelijk om een beroep te doen op de berekenbaarheidstheorie²⁸. Deze benadering lijkt ons om pragmatische redenen aannemelijk.

In het hier voorgestelde bewijs baseren we ons op de volgende definitie van volledige afleidbaarheid: alle als volledig uit de fundamentele wetten afleidbaar beschouwde fysische wetten²⁹ moeten niet alleen logisch afgeleid kunnen worden maar ook berekenbaar zijn uitgaande van de wiskundige modellen voor deze fundamentele wetten. In deze definitie worden onberekenbare fysische wetten eveneens als niet volledig afleidbaar beschouwd. Voor wetten die volledig logisch afleidbaar zijn kan de berekenbaarheid een nog probleem stellen. De logische afleiding van fysische wetten die wel theoretisch uit de fundamentele wetten afleidbaar zijn maar waarvan de afgeleide wiskundige modellen toch niet berekenbaar blijken, leidt niet tot een resultaat. We vinden geen concrete oplossing en hebben er niets aan voor praktische toepassingen.

Hieruit volgt dat volledige afleidbaarheid in feite gekoppeld wordt aan berekenbaarheid en de sterke vorm van emergentie aan onberekenbaarheid. Een 'fysisch feit' dat onberekenbaar is kan dan als sterk emergent beschouwd worden. We hebben reeds gewezen op het stopprobleem van Turing en de onberekenbaarheid van de constante van Chaitin. Daar een Turing-machines³⁰ waarop het bewijs van het stopprobleem en de onberekenbaarheid van de constante Ω gebaseerd is kunnen gebouwd of gesimuleerd worden bestaat er minstens één fysisch feit dat onberekenbaar is. Hieruit kunnen we besluiten dat de fysica onvolledig is.

Merk hierbij op dat berekenen en simuleren verwant zijn met elkaar. Met 'simuleren' bedoelen we hier virtuele simulatie, het met computers numeriek (digitaal) oplossen van fysische problemen. De wiskundige modellen worden daartoe in algoritmen voor computerprogramma's vertaald. Simulatiemethodes laten bijvoorbeeld toe om stelsels van partiële differentiaalvergelijkingen op te lossen die analytisch niet oplosbaar zijn. Om bij een simulatie een eenduidig resultaat te kunnen vinden wordt vereist dat het stelsel van

²⁷ Met 'wiskundig' bedoelen we hier analytisch, d.w.z. door het uitwerken van wiskundige vergelijkingen, dus niet met numerieke methodes.

²⁸ Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Berekenbaarheid> , http://en.wikipedia.org/wiki/Computability_theory en http://en.wikipedia.org/wiki/Computable_function

²⁹ Het gaat hier om hier om fysisch mogelijke wetten, d.w.z. actueel bestaande en potentieel mogelijke wetten.

³⁰ Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Turingmachine> , http://en.wikipedia.org/wiki/Turing_machine , http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Turing_machine en <http://www.turing.org.uk/turing/scrapbook/tmj.html>

fundamentele wetten zowel consistent als voldoende volledig is³¹, tot berekenbare wiskundige modellen leidt en in een algoritmevorm kan 'gegoten' worden.

Volledige afleidbaarheid kunnen we dan pragmatisch ook als volgt formuleren: de volledige afleidbaarheid van de wetten van de fysica wordt niet alleen bepaald door voorwaarden van volledigheid en berekenbaarheid maar ook door de voorwaarde van simuleerbaarheid van wiskundige modellen die de fundamentele wetten beschrijven. Als we deze definitie aannemen en vaststellen dat de Turingmachine gesimuleerd kan worden dan geldt er dus ook een onvolledigheidsstelling in fysica die overeenkomt met de stelling van Gödel uit de wiskunde en bestaat de sterke vorm van emergentie.

In de plaats van de pragmatische definitie die we invoerden zouden we ook een plausibele hypothese kunnen vooropstellen. Volgende hypothese kan bijvoorbeeld aangenomen worden: ieder bestaand fysisch systeem is op een computer simuleerbaar. Deze hypothese is sterker dan de definitie. Over haar aanneembaarheid kunnen echter vragen gesteld worden. Ze komt overeen met het Church-Turing-Deutsch principe.

Het Church-Turing-Deutsch principe ('CTD principe')³² legt eveneens een link tussen de wiskundige en fysische werelden. Dit principe is gebaseerd op een hypothese uit de berekenbaarheidstheorie, de Church-Turing thesis³³. In dit door David Deutsch voorgestelde principe neemt men aan dat ieder eindig realiseerbare fysisch systeem perfect gesimuleerd kan worden door een universele computer die met beperkte middelen werkt.³⁴ Hij toont aan dat de universele kwantumcomputer en de kwantumtheorie verenigbaar zijn met dit principe. Sterker geformuleerd stelt het principe dat een universeel computersysteem ieder fysisch proces kan simuleren.³⁵ De stelling dat kwantumcomputers aan het CTD-principe voldoen zou inhouden dat de kwantummechanica alle fysische processen kan beschrijven. Deze aanname sluit echter de sterke vorm van emergentie in de fysica uit.³⁶

We hebben reeds opgemerkt dat het bestaan van de sterke vorm van emergentie in feite een theorie van alles uitsluit. Indien deze vorm van emergentie bestaat worden we immers in de werkelijkheid met irreduceerbare wetten geconfronteerd die niet uit de fundamentele wetten afleidbaar zijn. Om dit probleem op te lossen kunnen het stelsel van fundamentele wetten aanvullen en dit eventueel met de emergente wetten doen. Dit is een pragmatische manier waarop men in de fysica en wetenschappen tewerk gaat. In de verschillende wetenschappen en theorieën worden wetten als fundamentele wetten beschouwd hoewel ze het niet noodzakelijk zijn.

³¹ Het stelsel van vergelijkingen dat de fundamentele wetten aangevuld met de beginvoorwaarden en randvoorwaarden beschrijft moet tot een eenduidige oplossing kunnen leiden. Het mag daartoe geen tegenstrijdigheden bevatten en niet onderbepaald zijn. Onderbepaalde stelsels leiden tot verschillende oplossingen en kunnen op emergentie wijzen.

³² Zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Church%E2%80%93Turing%E2%80%93Deutsch_principle

³³ Zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Church%E2%80%93Turing_thesis

³⁴ Zie: http://www.cs.berkeley.edu/~christos/classics/Deutsch_quantum_theory.pdf p.3

³⁵ Zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Church%E2%80%93Turing%E2%80%93Deutsch_principle

³⁶ Meer informatie over de visie van David Deutsch op reductionisme en emergentie is te vinden in: http://en.wikipedia.org/wiki/The_Fabric_of_Reality, http://www.evolbiol.ru/deutsch/index_en.html en http://www.amazon.com/The-Fabric-Reality-Universes-Implications/dp/014027541X#reader_014027541X

Zowel het onzekerheidsprincipe van Heisenberg³⁷ als de onvolledigheidsstelling van Gödel leggen beperkingen op aan wat respectievelijk fysisch en wiskundig mogelijk is. In het eerste geval gaan consistentie en volledigheid niet samen en in het tweede geval een kan nauwkeurige bepaling van positie en impuls niet tezelfdertijd . Het een gaat ten koste van het ander. Dit zou op een onderlinge relatie tussen het principe en de stelling kunnen wijzen.

Cristian Calude and Michael Stay tonen in "*From Heisenberg to Gödel via Chaitin*" aan dat onzekerheid onvolledigheid impliceert.³⁸ Er kan een verband ontdekt worden tussen het onzekerheidsprincipe van Heisenberg, de informatie-theoretische onvolledigheid van Chaitin en de onvolledigheidsstelling van Gödel. Calude en Stay hebben het ook over een 'formal uncertainty principle' dat equivalent zou zijn aan 'algorithmic randomness' en Chaitin's informatie-theoretische onvolledigheid inhoudt. Ze stellen dat dit formeel onzekerheidsprincipe voor alle systemen geldt waarbij golffuncties een rol spelen. Het formele onzekerheidsprincipe ondersteunt het vermoeden dat onzekerheid niet alleen in de wiskunde 'algorithmic randomness' impliceert maar ook in de fysica.

5. Van de stelling van Gödel tot de digitale filosofie

In deze tekst werd emergentiebegrif als een kennisprobleem in het kader van een micro-reductionistische visie op de werkelijkheid benaderd. Ook zijn we van een axiomatische gestructureerde benadering van de wetenschappelijke theorieën uitgegaan waarbij de fundamentele wetten als de axioma's beschouwd worden. Emergente wetten kunnen dan als bijkomend axioma's beschouwd worden die het mogelijk maken op om werkelijkheid meer volledig op een gestructureerde manier te beschrijven. Dit komt overeen met de methode die Chaitin voorstelt om het axiomastelsel van de wiskunde te vervolledigen door er irreduceerbare wiskundige feiten als bijkomende axioma's in op te nemen.

De wiskunde kan als de 'taal' van de fysica beschouwd worden. De wiskunde wordt niet alleen zeer veel toegepast in de fysica maar in een geformaliseerde en gestructureerde vorm vertonen beide domeinen een opvallende gelijkenis. We hebben reeds op de analogie tussen de axiomatisch gestructureerde benadering van de wiskunde en de reductionistische

³⁷ Zie: http://nl.wikipedia.org/wiki/Onzekerheidsrelatie_van_Heisenberg en http://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty_principle

³⁸ "*In 1927 Heisenberg discovered that the "more precisely the position is determined, the less precisely the momentum is known in this instant, and vice versa". Four years later Gödel showed that a finitely specified, consistent formal system which is large enough to include arithmetic is incomplete. As both results express some kind of impossibility it is natural to ask whether there is any relation between them, and, indeed, this question has been repeatedly asked for a long time. The main interest seems to have been in possible implications of incompleteness to physics. In this note we will take interest in the converse implication and will offer a positive answer to the question: Does uncertainty imply incompleteness? We will show that algorithmic randomness is equivalent to a "formal uncertainty principle" which implies Chaitin's information-theoretic incompleteness. We also show that the derived uncertainty relation, for many computers, is physical. In fact, the formal uncertainty principle applies to all systems governed by the wave equation, not just quantum waves. This fact supports the conjecture that uncertainty implies algorithmic randomness not only in mathematics, but also in physics.*" Zie: <http://arxiv.org/pdf/quant-ph/0402197v6.pdf>

visie op de fysica geweest. De onvolledigheidsstelling van Gödel zou met een onvolledigheidsstelling voor de fysica kunnen overeenkomen en de niet tot de axioma's herleidbare geldige stellingen met emergente wetten. Emergentie kan ook in verband gebracht worden met de onherleidbare complexiteit van Chaitin.

Het bewijs van een algemene onvolledigheidsstelling voor de fysica werd in deze tekst niet in het domein van de fysica zelf gezocht. We opteerden om gebruik te maken van de analogie tussen de gestructureerde opbouw van de wiskunde en de fysica. Het is mogelijk om een definitie te formuleren die de link tussen beide domeinen legt. Indien deze definitie aangenomen wordt leidt de onvolledigheid van de wiskunde tot de onvolledigheid van de fysica, is een theorie van alles in deze twee disciplines onmogelijk en bestaat de sterke vorm van emergentie in de fysica. De voorgestelde definities houden in dat onberekenbare en niet simuleerbare wetten als sterk emergent beschouwd worden. Deze definitie is verdedigbaar, zeker vanuit een pragmatisch en praktisch oogpunt.

We kunnen in de wetenschap een ontwikkeling vaststellen waarbij informatie als meer fundamenteel beschouwd wordt dan materie en energie. Ook lijkt de werkelijkheid niet langer alleen continu maar kan ze op kwantumniveau ook als discreet beschouwd worden. De doorbraak van de computertechnologie en de digitale fysica³⁹ zijn niet vreemd aan de groeiende belangstelling voor deze visies. We kunnen wetenschappelijke kennis als informatie beschouwen en er de algoritmische informatietheorie op 'loslaten'. Daarbij wordt door Chaitin aandacht besteed aan informatiecomplexiteit, algoritmische informatieinhoud, samendrukbaarheid van informatie en 'elegantie' van programma's.⁴⁰ Reductionisme is een vorm van informatiecompressie.

Al deze ontwikkelingen leiden tot filosofische bedenkingen. Chaitin stelt bijvoorbeeld dat bepaalde wiskundige feiten zonder reden waar kunnen zijn.⁴¹ Ook voor als sterk emergent beschouwde wetten is er geen onderliggende verklaringsgrond te vinden die volledig sluitend is. De digitale fysica gaat samen met de digitale filosofie⁴², die een terugkeer tot de metafysica⁴³ zou inhouden. Een merkwaardige voorbeeld van deze denkwijze is het holografisch principe in de kosmologie.⁴⁴ In een uitgebreide vorm stelt deze theorie en dat het volledig universum beschouwd kan worden als een tweedimensionale informatiestructuur die op de kosmische horizon 'geschilderd' werd. Aanhangers van de

³⁹ Zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_physics

⁴⁰ Zie: <https://www.cs.auckland.ac.nz/~chaitin/metabiology.pdf> p. 103 - 105

⁴¹ *"Mathematicians certainly believe in reason and in Leibniz's principle of sufficient reason, because they always try to prove everything. No matter how much evidence there is for a theorem, such as millions of demonstrated examples, mathematicians demand a proof of the general case. Nothing less will satisfy them. And here is where the concept of algorithmic information can make its surprising contribution to the philosophical discussion of the origins and limits of knowledge. It reveals that certain mathematical facts are true for no reason, a discovery that flies in the face of the principle of sufficient reason."*

Zie: <http://www.umcs.maine.edu/~chaitin/sciamer3> p. 77 - 78

⁴² Zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_philosophy, http://www.academia.edu/5803733/On_digital_philosophy_and_digital_physics, <https://www.cs.auckland.ac.nz/~chaitin/eesti.html> en <http://64.78.31.152/wp-content/uploads/2012/08/intro-to-DP.pdf>

⁴³ Zie: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Metafysica> en <http://en.wikipedia.org/wiki/Metaphysics>

⁴⁴ Zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Holographic_principle en <http://arxiv.org/pdf/hep-th/0003004v2.pdf>

simulatiehypothese beschouwen het geobserveerd universum zelfs als een computersimulatie.⁴⁵

Met de micro-reductionistische benadering en de computersimulaties worden heel wat problemen opgelost die vroeger praktisch onoplosbaar waren. Er blijven echter nog vragen open waarop geen antwoord te verwachten is en een onoplosbaar mysterie zullen blijven voor de wetenschap.

Hubert Van Belle

24/02/2015

⁴⁵ Zie: http://en.wikipedia.org/wiki/Simulation_hypothesis, <http://www.technologyreview.com/view/429561/the-measurement-that-would-reveal-the-universe-as-a-computer-simulation> en <http://arxiv.org/pdf/1210.1847v2.pdf>