

Robbert Dijkgraaf

Zegetocht van de Snaren

De Academische Boekengids 33, juni 2002, pp. 9.

Het zijn paradoxale tijden voor de natuurkunde, zeker in Nederland. Hoewel het vakgebied onder druk staat door teruglopende belangstelling bij aankomende studenten en links en rechts de zegetocht van de biomedische wetenschappen wordt verkondigd, is de publieke belangstelling voor de esoterische wereld van de moderne fysica nog nooit zo groot geweest. Er is een niet te stillen honger naar verhalen over quarks, zwarte gaten, de big bang, tijdreizen en de mystiek van de kwantumwereld. Het lijkt soms alsof de nieuwe zakelijkheid die deels aan de koudwatervrees van studenten ten grondslag ligt in de vrije tijd wordt gecompenseerd door te lezen over deze bizarre zaken. Er is een fascinatie met de zonderlingen die zich in deze zuurstofarme wereld durven te begeven om het antwoord te vinden op de grote vragen van het leven, om met Faust te zoeken *was die Welt, im Innersten zusammenhält*.

Het startschot voor deze renaissance van de fysica in de populaire cultuur werd gegeven door het ongelooflijke succes van Stephen Hawking's boek *A Brief History of Time*. Het werd mede geschreven om de hoogoplopende medische rekeningen te kunnen betalen, maar Hawking en de internationale uitgeverwereld werden volledig verrast door de fenomenale aantrekkingskracht van dit werk op het grote publiek. Het boek stond zo lang op de internationale bestsellerslijsten dat het uiteindelijk in het *Guinness Book of World Records* terecht kwam. Alleen de paperbackeditie heeft het beter gedaan.

Het is niet erg waarschijnlijk dat alle meer dan tien miljoen kopers van Hawking's boek het volledig hebben doorgewerkt. Het behandelt namelijk een aantal nogal technische onderwerpen zoals de creatie van deeltjes in zwarte gaten, imaginaire tijd en een heelal zonder grenzen. Maar het mengsel van verrassende ideeën en het verslag van de primaire worsteling met de allergrootste vragen over het verleden en toekomst van het universum is onweerstaanbaar gebleken.

In 1999 werd de uitgeverwereld opnieuw verrast door een onverwachte bestseller met een in principe nog moeilijker te verteren onderwerp. In dit geval betrof het *The Elegant Universe*, geschreven door de jonge auteur Brian Greene, hoogleraar wis- en natuurkunde aan Columbia University, en nu in Nederlandse vertaling verschenen als *De Kosmische Symfonie*. In vele opzichten wist Greene dezelfde emoties aan te boren als Hawking eerder had gedaan. Het onderwerp is namelijk de snaartheorie, een ambitieuze poging een complete formulering te geven van de natuurwetten die de elementaire deeltjes en hun onderlinge krachten beschrijven - een 'theorie van alles'.

Ondertussen is het boek een fenomenaal commercieel succes gebleken. Er zijn meer dan een half miljoen exemplaren van verkocht, de auteur is een populaire verschijning in talkshows en verschijnt binnenkort als de gastpresentator van een prestigieuze serie documentaires. In het kielzog van het succes van het boek heeft de snaartheorie zich stevig in het publieke bewustzijn genesteld. Het Guggenheim Museum organiseerde een drukbezochte avond waarin de snaren van de fysica werden gecombineerd met die van een strikkwartet. Vele artiesten hebben zich sindsdien laten inspireren door de snaartheorie. Een hoogtepunt is een recente cartoon in *The New Yorker* waarin een man en een vrouw op straat tegen elkaar zeggen 'It's all string theory to me'.

Wat kan de snaartheorie wat andere fysische theorieën niet kunnen? De twintigste eeuw heeft ongelooflijke successen voor de fysica gebracht. De kwantummechanica van Bohr, Heisenberg en Dirac heeft de wereld van de allerkleinste deeltjes ontsloten. Dit heeft ons geconfronteerd met tegenintuïtieve begrippen zoals de dualiteit tussen golven en deeltjes. Op dezelfde wijze heeft Einstein met de relativiteitstheorie het theoretisch kader geschapen om de allergrootste structuren in het heelal te begrijpen. Ook daar duizelen we van de nieuwe ideeën - een uitdijend heelal, zwarte gaten, een begin of een einde aan de tijd.

Het is echter niet algemeen bekend dat deze twee fantastische bouwwerken, die beide met zeer grote precisie experimenteel zijn geverifieerd, in principe niet compatibel zijn. Einsteins theorie is fundamenteel klassiek van aard en is niet in staat kwantummechanische processen te beschrijven. Toch zullen uiteindelijk ook ruimte en tijd zich aan de wetten van de kwantummechanica moeten onderwerpen. De wereld om ons heen is een concreet bewijs dat Bohr en Einstein uiteindelijk samen door één deur moeten kunnen. Vele fundamentele vragen kunnen alleen beantwoord worden als beide theorieën worden verenigd. Hoe ziet bijvoorbeeld het binnenste van een zwart gat eruit, en wat is er precies gebeurd vlak na de big bang? Wat is het ultieme lot van het heelal?

De snaartheorie weet deze unificatie te bewerkstelligen en doet dit vanuit een verrassend startpunt. De veronderstelling is dat op die zeer kleine afstanden deeltjes niet puntvormig zijn maar kleine elastiekjes, snaren. Deze snaren kunnen trillen, niet veel anders dan een vioolsnaar, en de hoventonen manifesteren zich vervolgens als deeltjes met allerlei verschillende eigenschappen. Omdat alle deeltjes trillingen van dezelfde snaar zijn, verenigt de theorie alle materie en krachten in één omvattend wiskundig formalisme. Ook al werd de snaartheorie allereerst ontwikkeld om een beschrijving van de kernkrachten te geven,

sinds midden jaren zeventig werd het duidelijk dat snaren op een natuurlijke wijze in staat zijn de zwaartekracht en daarmee de relativiteitstheorie te beschrijven. Vervolgens heeft de theorie alleen maar aan populariteit gewonnen en domineert zij in grote mate het denken over deze problematiek.

Heldere presentatie

Greene is er als geen ander in geslaagd een uiterst heldere en toch lichtvoetige presentatie te geven van de intellectuele ontwikkelingen die tot de snaartheorie hebben geleid. Zijn expositie van relativiteitstheorie en kwantummechanica is meesterlijk en hij weet de lezer op een pakkende wijze te leiden naar de onvermijdelijke confrontatie van deze twee zwaargewichten. Sommige passages zijn wel typisch voor de Engelstalige markt geschreven. Zo wordt de lezer de \hbar ingevoerd, een dranklokaal waar de Planckconstante h (h-streep, in het Engels uitgesproken als \hbar) ongewoon groot is. Maar Greene maakt niet de gebruikelijke fout om in zijn enthousiasme de lezer te ver vooruit te lopen zodat het dunne touwtje van begrip breekt. In die zin is Hawkings nieuwe boek *The Universe in a Nutshell* dat nu in de boekhandels ligt een grote teleurstelling, ook al heeft dit de voorspelde opmars naar de bestsellerslijst niet weten te verhinderen.

Greene is een actief onderzoeker die vooral heeft gewerkt aan de wiskundige aspecten van het oprollen van de vele extra dimensies die de snaartheorie eigen zijn. Daartoe moeten bijzondere ruimten worden gebruikt die genoemd zijn naar de wiskundigen Calabi en Yau. Het is moeilijk voor te stellen dat de lange passages over deze Calabi-Yau-ruimten, die onder invloed van de kwantummechanica op raadselachtige wijze spontaan van vorm en grootte kunnen veranderen, voor iedereen eenvoudig te volgen zijn. Maar de populaire cultuur leert ons misschien dat dit ook niet nodig is. Zo zijn inmiddels onder de titel Calabi-Yau al een toneelstuk in San Francisco, een performance in New York City en tien suites voor gitaar verschenen.

Wordt onze wereld door de snaartheorie beschreven? Of zijn deze microscopische snaren als die van de Pythagoreeërs, die het simpele feit dat de gehele getallen op een natuurlijke wijze verschijnen in de boventonen van een trillende snaar uiteindelijk tot een volledige wereldvisie en een van de allereerste wereldwijde religieuze sekten wisten om te bouwen? Op dit punt laat Greene ons voornamelijk achter met een grote dosis optimisme. Momenteel is het concrete bewijs voor het bestaan van snaren op z^n minst slechts indirect. Allereerst staat de interne wiskundige consistentie voorop die uitsluitend met gedachte-experimenten getoetst kan worden. Verder bevestigt de snaartheorie de natuurlijke rol en nauwe verwevenheid van twee pijlers van het moderne fysisch denken, namelijk de relativiteitstheorie en de ijktheorie. Deze laatste theorie is gebouwd rond het inzicht dat symmetrieën uiteindelijk de natuurlijke verklaring geven voor de natuurkrachten, hetgeen briljant bevestigd wordt in de huidige beschrijving van de waargenomen elementaire deeltjes. De meest concrete voorspelling van de snaartheorie is supersymmetrie, een hypothetische symmetrie die de materiedeeltjes en de krachtdeeltjes in de natuur aan elkaar kan relateren. Vele hoge-energiefysici verwachten dit verschijnsel bij de volgende ronde van experimenten aan te treffen.

Op dit moment is de zegetocht van de snaren in de populaire cultuur niet te stuiten. Op 4 april ging de opera *Snaren* van Toneelgroep Amsterdam in première, met muziek van Harry de Wit en tekst van Gerard Reijnders. De vooraankondiging zegt: 'Snaren gaat over Faust, Lucifer, Adam, Eva en al die anderen die domweg willen weten: 'wat, waarom, hoezo?''

Robbert Dijkgraaf is hoogleraar mathematische fysica aan de Universiteit van Amsterdam.

Besproken boeken:

Brian Greene, *De Kosmische Symfonie. Supersnaren, verborgen dimensies & de zoektocht naar de Theorie van Alles*. Amsterdam: De Arbeiderspers 2001. ISBN 90-2952-1996.