

De geschiedenis van de snaartheorie

De wereld is opgebouwd uit heel kleine snaartjes, en heeft veel meer dan vier dimensies. Dat is tenminste wat de snaartheorie beweert. Dit model wordt door vele natuurkundigen gezien als dé theorie die de quantummechanica en de zwaartekracht samen moet gaan brengen in één raamwerk. Op dit moment is het een ontzettend populaire tak van de natuurkunde, en dat zien we ook terug op deze site: er zijn [meer dan 100 artikelen](#) te vinden waarin het woord snaartheorie voorkomt!



Robert van Leeuwen.

Wetenschapshistoricus Robert van Leeuwen doet onderzoek naar hoe deze veelbelovende theorie ooit ontstaan is. In het onderstaande interview vertelt hij mij hier alles over, en legt hij uit dat de snaartheorie al sinds het begin een interessante relatie heeft met de wiskunde

en met experimentele data. Ook vertelt hij dat de theorie niet is begonnen als een unificerende theorie, maar dat haar voorloper een probleem in de deeltjesfysica moest oplossen. Maar we beginnen het interview met de vraag: wat doet een wetenschapshistoricus eigenlijk?

Hoi Robert. Zou je jezelf kort kunnen introduceren? Wie ben je, wat voor soort onderzoek doe je?

“Ik ben Robert van Leeuwen, 31 jaar, en ik doe een promotieonderzoek aan de Universiteit van Amsterdam. Hier werken ik en enkele anderen aan de geschiedenis van de natuurkunde. We zijn een relatief kleine groep, en we horen bij het instituut voor theoretische fysica.”

Hoe ziet het werk van een wetenschapshistoricus eruit? En hoe verschilt dat van het werk van een academicus die zich alleen maar met de natuurkunde bezighoudt?

“Het verschilt in zoverre dat de wetenschapshistoricus niet bezig is met het produceren van nieuwe resultaten, het voortbouwen op bestaande theorieën of het doen van experimenten. Wetenschapshistorici komen ook in alle soorten en maten. Zo zijn er veel mensen die onderzoek doen in de wetenschapsgeschiedenis die ver weg staan van hedendaagse natuurkunde. Wetenschapsgeschiedenis is heel breed, een vorm van culturele geschiedenis. In onze groep ligt de nadruk wel op de natuurkunde. In mijn geval de natuurkunde van... ”

De laatste honderd jaar?

“Ja, precies. Maar de houding in je werk is eigenlijk wel dezelfde. Stel dat je een wetenschapshistoricus bent die zich bezighoudt met zeventiende- of achttiende-eeuwse wiskunde, bij wijze van spreken, dan moet je nog steeds snappen wat er toen gebeurde. Dan moet je dus de inhoudelijke ontwikkelingen in het vakgebied van toen kunnen begrijpen en ze ook nog eens in historische context kunnen plaatsen.

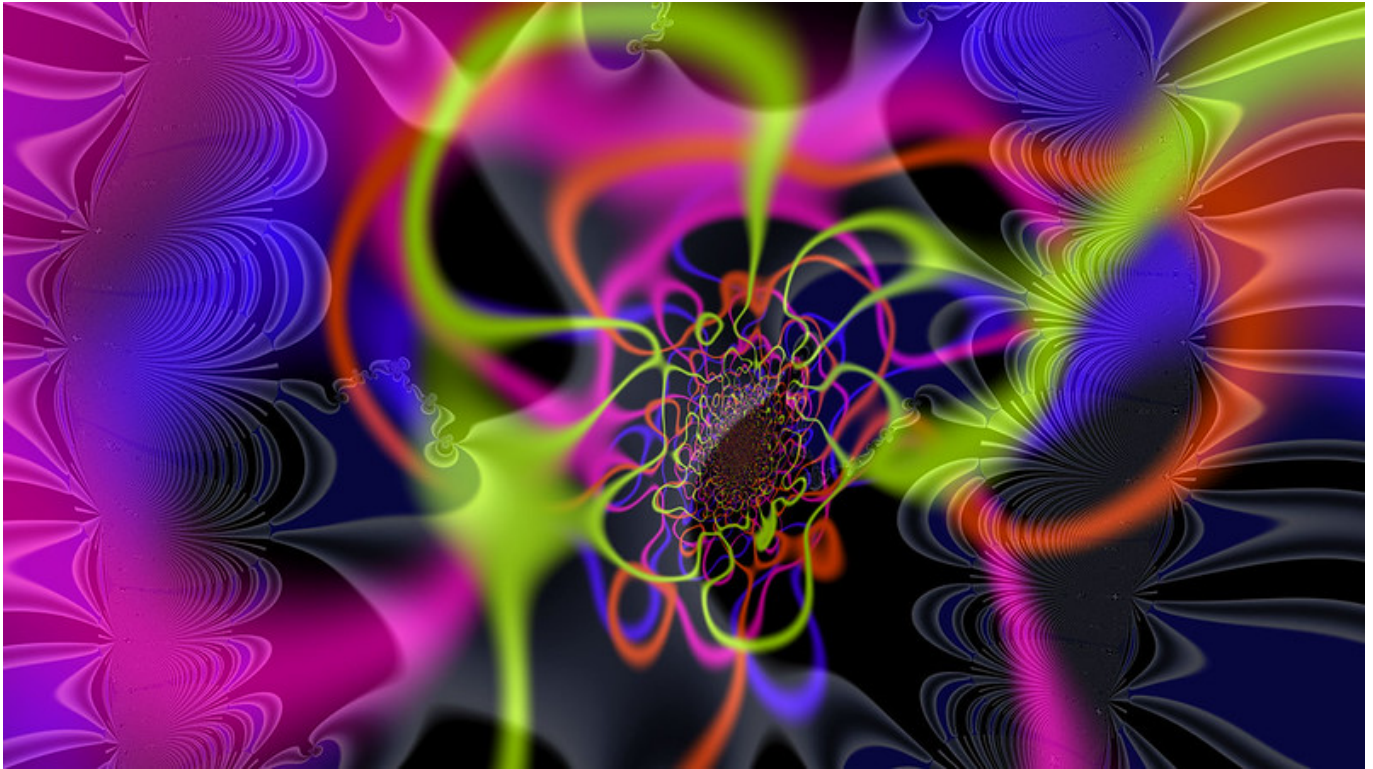
Om terug te komen op je vraag: het grote verschil tussen wat je als natuurkundige doet en wat je als wetenschapshistoricus doet is uiteraard dat je niet bezig bent met het nu, maar dat je bezig bent met het begrijpen van wetenschap in de historische context van die tijd. Wat je daarover zegt gaat niet alleen over de natuurkunde zelf. Een van de belangrijkste lessen als

wetenschapshistoricus is dat je je onthoudt van een oordeel. Je bent er niet om te vertellen welke natuurkunde wel of welke natuurkunde niet goed is. Eerder het tegenovergestelde. De natuurkunde van nu gaat natuurlijk over kennis die nu geaccepteerd is en over problemen die er nu zijn. Maar bijvoorbeeld 50 jaar geleden waren er andere benaderingen, andere problemen, en deels andere theorie. Als historicus probeer je in beeld te brengen en te begrijpen hoe natuurkundigen toen werkten: wat, zeg maar, hun 'wereld' was."

Je bent nu bezig met de geschiedenis van de [snaartheorie](#). Zou je kunnen toelichten wat je dan precies uitzoekt?

"Ja, natuurlijk. De snaartheorie is een belangrijke kandidaat, of eigenlijk een soort kader, voor de [quantumzwaartekracht](#). Het is al sinds de jaren 80 een 'grote' speler. Veel natuurkundigen zijn bezig om die snaartheorie te begrijpen, om daarmee de theorie van de quantumfysica en de zwaartekracht te kunnen verenigen.

Het interessante vanuit mijn perspectief, en waar binnen de gemeenschap van de natuurkundigen ook best wel wat te doen over is geweest gedurende de afgelopen dertig à veertig jaar, is dat de snaartheorie een heel abstracte, mathematische manier is om natuurkunde te doen. Ook daarvoor geldt weer: dat vind ik niet goed of slecht. Maar het is wel een gegeven dat dat op bepaalde punten afwijkt van wat er daarvoor gedaan werd. Zeker van de fundamentele deeltjesfysica, de tak van de natuurkunde die bezig is met het begrijpen van interacties tussen de elementaire onderdelen van de materie. Voor een historicus is dat heel interessant, omdat je ziet dat er een verschuiving is geweest onder natuurkundigen, in ieder geval ten dele, in de manier waarop ze de problemen proberen op te lossen."



Snaren. Bestaat de wereld om ons heen uit kleine trillende snaren? Afbeelding: [Serendigity](#).

Wanneer begon die verschuiving ongeveer? Wanneer gingen natuurkundigen de eerste snaren postulieren?

“Het interessante is dat de snaartheorie voortkomt uit een natuurkundig programma om de [sterke interactie](#) tussen deeltjes in atoomkernen te beschrijven. Dat wordt nu al sinds de jaren 70 met behulp van het [standaardmodel van elementaire deeltjes](#) gedaan. Voordat het standaardmodel gevestigd werd, midden jaren 70, was de voorloper van de snaartheorie ook bezig te proberen die interactie te beschrijven. Eind jaren 60 was er een specifiek soort model, dat het *duale model* heette, waarin die interactie uitgewerkt werd. Dat model had toen nog niet eens met snaren te maken. Of, nou ja, het had wel wat met snaren te maken, maar het begon niet als een theorie van snaartjes. Het begon als een deeltjestheorie, waarmee men probeerde om botsingen tussen deeltjes te beschrijven. Daar ontwikkelden natuurkundigen met de duale modellen een wiskundig kader voor, en gaandeweg werd duidelijk: we kunnen dat kader ook begrijpen door ons subatomaire deeltjes voor te stellen als kleine snaartjes.

In 1968 werd de basis gelegd voor dit soort duale modellen. In ieder geval tot midden jaren 70 zijn mensen daarmee bezig geweest in de context van de sterke interactie. Daarnaast is

midden jaren 70 ook al een voorstel gedaan, door een aantal mensen die er al vanaf het begin bij betrokken waren, die zeiden dat we deze theorie misschien ook kunnen zien als een unificerende theorie van de fundamentele krachten en de zwaartekracht. Dat was toen best een beetje een 'bold move'. Tegelijkertijd was dit voorstel nog niet iets enorm groots in de gemeenschap, want iedereen was nog bezig met het begrijpen van de sterke interactie en de elektro-zwakke interacties. Het was eigenlijk een klein groepje natuurkundigen dat zei: nou, dat model kunnen we ook op deze manier gaan gebruiken. Maar er werd niet meteen gedacht dat dit wel eens dé quantumzwaartekrachttheorie zou kunnen zijn. Op dat moment helemaal niet zelfs."

Dus op dat moment was het nog een beetje 'theoretisch experimenteren'?

"Ja, precies. Tegelijkertijd werd er ook nog onderzocht hoe de duale modellen voor de interactie van de sterke kernkracht kunnen zorgen. Dus het is niet zo dat er een radicale verschuiving plaatsvond."

In je onderzoek kijk je ook naar de relatie tussen snaartheorie en het empirische, toch?

"Ja, dat is historisch gezien ook een interessant aspect: om proberen te duiden hoe natuurkundigen zich verhouden tot empirische resultaten."

Ik ken heel wat medestudenten die zeggen dat snaartheorie eigenlijk helemaal geen natuurkunde is, omdat de theorie zo wiskundig is en we haar niet direct experimenteel kunnen testen. Vonden de natuurkundigen van de jaren 70 dat ook?

"Dat is een heel interessante vraag. Ik probeer ook daar inzicht in te krijgen. Ik denk dat je kan stellen dat dit pas echt een probleem werd, toen de theorie in de jaren 80 echt doorbrak als mogelijk dé manier om de quantumzwaartekracht te begrijpen. Maar het is wel zo dat ook toen het nog over de sterke kernkracht ging, dus nog voordat het model op die nieuwe schaal werd geïnterpreteerd, er wel al wat wrevel was. De theorie was abstract en mathematisch, en heel erg gericht op interne consistentie. Het was hopen dat het model uiteindelijk zou matchen met de waarneming, in plaats van dat nieuwe waarneming als startpunt werd gebruikt."

De nieuwe bijkomstigheid in de quantumzwaartekrachtcontext, is dat het praktisch lastiger is om experimentele input te verzamelen. Uit de duale modellen kwam ook al wel naar voren dat je meer dan vier dimensies nodig had, namelijk 26 of 10 dimensies. En er waren bepaalde theoretische deeltjes die je nodig had om het model kloppend te maken, die er niet waren in het standaardmodel. Uiteindelijk waren er ook nog specifieke experimentele resultaten van botsingen die aantoonde dat er heel harde puntdeeltjes in de atoomkern zouden moeten zitten, quarks. Dat de botsingen zo plaatsvonden, konden de duale modellen niet verklaren. Destijds waren natuurkundigen wel al erg afgedwaald in een heel wiskundige manier van werken, en waren ze gericht op interne consistentie.

Er is in ieder geval in de jaren 80 echt een heel grote, langdurige periode geweest waarin er wel de hoop was, een beetje gechargeerd gesteld: 'door het consistent te maken, moeten we er uiteindelijk maar gaan uitkomen dat het wel zal gaan kloppen.'

Dus wiskundige consistentie was belangrijker dan het direct kunnen meten van de voorspellingen van de theorie?

"Ja, en dat is interessant. Ook omdat dat wel in een bredere dynamiek binnen de geschiedenis van de natuurkunde past. Niet zozeer een ontwikkeling één kant op, maar dit soort spanning die draait om de vraag: waar moeten we beginnen? Moeten we beginnen met de vergelijkingen, met de wiskunde, en volgt van daaruit dan de waarneming? Of moeten we echt beginnen met fenomenologie, met experimentele input? Die spanning is veel vaker zichtbaar geweest in de geschiedenis. Daar zijn klassieke voorbeelden van, zoals de quantummechanica.

Het is interessant is dat snaartheorie in zekere zin voortkomt uit een heel empirische benadering. Die duale modellen, die ontstonden juist uit een manier van werken waarbij het idee echt was: we willen alleen maar de resultaten van die botsingen van deeltjes gebruiken. Dat is het enige wat we voor echt aannemen. Verder gaan we er alleen wiskunde op loslaten. Dat stond haaks op de andere benadering van dat moment, namelijk degene waarin men met [quantumvelden](#) werkt. Daar wordt aangenomen dat we fundamenteel gezien velden hebben, en die velden hebben excitaties. Die excitaties zijn quantumdeeltjes en die worden uitgewisseld. Dat hele gebeuren werd juist in de voorloper van snaartheorie afgezworen. Die zei: nee, wat wij moeten doen is gewoon kijken naar wat we zien, en dan gaan we verder

alleen wiskundige analyse doen.”

Je vergelijkt dat met de quantummechanica. Kun je dat wat meer toelichten?

“In het begrip van quantumatoom is op een gegeven moment een sprong gemaakt door Werner Heisenberg¹. Die bedacht dat we af moesten stappen van het idee dat we een intuïtief, fysisch begrip hebben van wat er in het atoom gebeurt. Nee, waar we mee te maken hebben zijn een soort waarschijnlijkheidsbanen. We kunnen die beschrijving zelf niet gemakkelijk als fysisch systeem begrijpen, maar we kunnen er wel de uitkomst van metingen mee uitrekenen.

Bij de voorlopers van de duale modellen heerste er een vergelijkbaar idee: we moeten alleen kijken naar wat we zien bij die botsingen. Verder moeten we niet proberen te zeggen wat er fysisch echt gebeurt, want daarmee snijden we onszelf in de vingers. Ik vind dat wel een interessante beweging. Dat het daarmee begint, en dat die duale modellen dan uit dat soort werk voortkomen.

Die duale modellen zijn dus een heel interessant goed werkend mathematisch kader, waar je best wel veel natuurkundige dingen uit kan halen. En dan uiteindelijk zegt men van, ‘ja maar wacht even, dus dit is een beschrijving van de werkelijkheid!’ Dus dan kom je van het idee dat we alleen maar metingen en wiskunde hebben, tot een wiskundig kader. Vanuit een wiskundig kader ga je dan zeggen: dit is wél de werkelijkheid. Namelijk: fundamentele snaartjes.”

Dus je bedoelt dat Heisenberg de wiskunde eigenlijk alleen gebruikte om de metingen aan elkaar te linken, maar dat hij verder niets zei over wat er echt is. En nu bij snaartheorie zegt men: “maar het zijn wel echt snaren!”

“Niet alle mensen, maar dat is wel een plausibel idee: dat uiteindelijk de natuur op fundamentele schaal zo is. Dat zijn vooral het soort dingen die ik als wetenschapshistoricus probeer in kaart te brengen. En dan dus niet om er een oordeel over te vellen of het goed of slecht is, maar wel om te zien van nou, zo gaan die dingen.”

Denk je dat het belangrijk is dat historici dit soort kennis delen met natuurkundigen, bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van de natuurkunde?

“Ik wil mezelf niet te belangrijk maken. Uiteindelijk doen natuurkundigen natuurlijk veel interessant en belangrijk werk zonder mij. Tegelijkertijd denk ik wel degelijk dat er een belang is, al was het maar omdat er ook veel verloren gaat bij elke nieuwe generatie natuurkundigen. Al het werk wordt altijd gecomprimeerd, en daar komt dan een verhaal uit. Hier gaan wel eens dingen verloren. En ook wat betreft de interpretatie denk ik dat mijn verhaal of het verhaal van de wetenschapshistoricus naar de natuurkundigen toe kan helpen om de eigen positie wat beter te begrijpen.”



Bert ziet sterren. De podcast van Robert van Leeuwen is te beluisteren op Spotify. (Link onderaan dit artikel.)

Denk je ook dat het kan helpen om de natuurkunde beter te begrijpen als student?

“Ja, dat denk ik ook wel. En dan nog een stap verder: wanneer je ziet waar bepaalde concepten en ideeën ooit vandaan kwamen, welke ideeën er ooit achter zaten en daar ook misschien de context van ziet, denk ik wel dat dat iets kan toevoegen aan hoe je zelf het

probleem probeert op te lossen of te begrijpen.

Andersom is het natuurlijk ook zo dat ik heel veel nut heb van contact met natuurkundigen. Ik ga bijvoorbeeld na de zomer in Amerika ook allemaal mensen interviewen die vroeger aan snaartheorie werkten, om hen te vragen om hun ervaringen met en hun herinneringen aan het werk wat ze destijds deden te delen. Zo hoop ik vanuit een bepaalde historische context meer inzicht te krijgen in wat ze aan het doen waren. En wat er dus ook veranderd is ten opzichte van nu, bijvoorbeeld, in termen van hoe ze dingen begrepen.”

Robert maakt ook een toegankelijke podcast over natuurkundige fenomenen, genaamd “Bert ziet sterren”. Deze is onder andere te luisteren via [spotify](#).

[1] Deze geschiedenis komt ook terug in het boek Helgoland, van Carlo Rovelli. Evita Verheijden heeft hier vorig jaar een [leuke recensie](#) over geschreven voor de site.