

**Alles of niets**

Het nadeel van generalisten is dat ze ‘niets weten over alles’ en het nadeel van knappe koppen dat ze ‘alles weten over niets’. Alles weten over niets? Was het maar waar. Bij navraag blijkt dat men weinig tot niets weet over het niets. Wetenschappers zwijgen, maar het zit ze niet lekker. Stel je voor dat het innovatie platform een inval pleegt en vraagt waar je mee bezig bent en je moet antwoorden dat je aan het “niets” werkt - aan het *nietsen* bent - dan betekent dat zonder twijfel een frisse duik in de koele meren des doods. Het niets is iets waar je je carrièregewijs gemakkelijk in kunt verslikken. Het vacuüm, het niets, de leegte; de legendarische fysicus John Archibald Wheeler zei er het volgende over: “*No point is more central then this, that empty space is not empty. It is the seat of the most violent physics*”. Zoveel is zeker, niets bestaat niet, de notie van het niets berust op een misverstand. Wat wel bestaat is noodzakelijke onwetendheid.

Dus, *much ado about nothing*. Wat is er dan mis met het niets? Een modale vis zou antwoorden: “Wel, geen medevis, geen waterplant, geen speelrotsje en geen grint op de bodem.” Maar wat de modale vis nooit zou zeggen is: geen water. Dat het niets iets is waarin hij niet zou kunnen bestaan komt in zijn vissenkop niet op. De modale mens weet inmiddels beter, zonder lucht krijgt hij het knap benauwd. Vroeger werd dit feit met een simpele proef gedemonstreerd. Men zette een vogeltje onder een glazen stolp en pompte vervolgens de lucht eruit. Vogeltje dood. Een experiment dat op katholieke meisjesscholen grote onrust veroorzaakte. Maar het is niet alleen het leven dat lucht nodig heeft om zich voort te planten, dat geldt ook voor geluidsgolven. Geluid heeft een medium nodig om zich in voort te planten, beton, water of lucht het doet er niet toe, maar geluid plant zich niet voort in het vacuüm. Leg je mobieltje onder voornoemde stolp en pomp de lucht er uit. Bel vervolgens naar het mobieltje en je hoort niet die favoriete *ping-pong-song* of die nep *Für Elise*. De vraag is dus wat er over blijft als we alles weghalen, al het water, alle lucht, alle atomen en moleculen. We blijven net zo lang doorpompen tot er niets meer over is en we een perfect vacuüm hebben. Als we klaar zijn met pompen *zien* we dat mobieltje nog wel liggen. Het werd niet gaandeweg donker onder de stolp tijdens het pompen. Licht is een vorm van straling, en die kan zich kennelijk ongehinderd voortbewegen door het vacuüm onder de stolp. We kunnen het probleem nu beter omkeren, en de vraag stellen: als elektromagnetische golven – licht, radiogolven, Röntgenstraling etc. - zich zo gemakkelijk door het vacuüm voortplanten, wat is dan dat “vacuüm”? Door welk medium planten die golven zich voort? Aan het einde van de 19^{de} eeuw is hier heel veel om te doen geweest. Toonaangevende geleerden geloofden dat elektromagnetische golven zich voortplantten in de *ether* (een term die trouwens afkomstig is van Aristoteles). Die ether zelf zou net als water of lucht zich kunnen bewegen en die beweging zou invloed hebben op de voortplantingseigenschappen van de golven. Het beroemde *Michelson-Moreley experiment* liet zien dat deze invloeden tegen de verwachting in afwezig waren en de conclusie moest zijn dat er geen ether was. Deze gewichtige discussie over niets, was de kiem van een van de grote keerpunten in de moderne wetenschap, het voerde Einstein tot zijn speciale relativiteitstheorie

waarin inderdaad op hardhandige wijze afgerekend werd met de notie van de ether. Licht plant zich, zo bleek, juist wel voort in het vacuüm, in het niets, daar was geen ether voor nodig. Er was geen vuiltje meer aan de lucht, dacht men.

De moderne natuurkunde zit gevangen tussen twee ijzeren tangen – niet zozeer tussen zon en maan maar tussen quantumtheorie en algemene relativiteit. Quantumtheorie geeft een wonderbaarlijk precieze beschrijving van de materie en straling en algemene relativiteit van de ruimte en tijd. Dat maakt het niets er niet eenvoudiger op.

In de quantumwereld denken we over het vacuüm als een toestand van een medium met tamelijk bizarre eigenschappen. Het vacuüm is de laagste energie toestand van het medium en wordt de *grondtoestand* genoemd. Die grondtoestand heeft zelf een zekere energie maar die is moeilijk te bepalen. In eerste instantie zijn we daar ook niet echt in geïnteresseerd, wat we doen is dat we die energie per definitie nul noemen en dan meten we de energieën van alle andere toestanden t.o.v. van deze laagste energie. Net zoiets als het kiezen van het nulpunt bij op de schaal van een thermometer. Tamelijk willekeurig dus. Vaak is die grondtoestand niet uniek. Het medium kan overgaan van de ene grondtoestand naar een andere. Water kan bevriezen, vloeibaar worden of verdampen, afhankelijk van de temperatuur. Een dergelijke faseovergang is een ingrijpende reorganisatie van hoe de moleculen zich al dan niet aan elkaar vastklampen. En er kan bij een dergelijke overgang energie vrijkomen (of opgenomen worden), energie die latent aan(af)wezig was in de eerdere grondtoestand. Maar dan nog, ook hierbij gaat het alleen over energieverschillen.

Het is weer Einstein's algemene relativiteitstheorie van de ruimtetijd, die deze discussie op een ander plan bracht. Die theorie zegt in een slagzin samengevat, dat materie en straling de ruimte doen krommen. Als er veel massa en straling in het heelal zitten, kromt het zo sterk, dat het eindig en gesloten is, waardoor het uiteindelijk na een periode van uitdijning weer zal samentrekken in een *Big Crunch*. Als er weinig gewone energie is kan het negatief gekromd zijn wordt het heelal open en blijft het voor altijd uitdijen. Het blijkt dat deze theorie gevoelig is voor wat de energie van het vacuüm precies is, en niet alleen voor energieverschillen. Door nauwkeurig naar de energie-inhoud en de kromming van het heelal te kijken kunnen we een uitspraak doen over de absolute grote van de energie van het vacuüm. En wat blijkt, uit spectaculaire astrofysische waarnemingen van de afgelopen jaren, moeten we concluderen dat maar liefst 73% van de totale energie in het heelal vacuüm energie is! Als je alle vormen van materie en straling wegneemt blijft er een loodzware leegte achter. De ledigheid – des duivels oorkussen - domineert.

Aangezien het heelal sinds de oerknal uitdijt en daarom afkoelt is het inderdaad door verschillende faseovergangen heen gegaan en de vacuümenergie die daar al dan niet bij vrij gekomen is heeft enorme gevolgen gehad op de evolutie van het heelal. En misschien is dat uiteindelijk wel de manier om te begrijpen waarom er zoveel energie in ons heelal zit. De vacuümenergie heeft de merkwaardige eigenschap om overal een antizwaartekracht te veroorzaken. Waar alle materie en straling door de aantrekkende werking van de zwaartekracht de uitdijning van heelal afremt, doet de vacuümenergie precies het tegenover gestelde, het zorgt voor een tegendruk die het uiteindelijk zelfs wint: het heelal zal voor eeuwig versneld uitdijen, dat is de consistente conclusie van een aantal recente experimenten.

Er is nog een andere essentiële vraag die het idee van een grondtoestand onherroepelijk oproept, namelijk, van *wat* is het vacuüm de grondtoestand. Om dat te weten te komen moet je

die grondtoestand exciteren, je moet er energie aan toevoegen en kijken wat er gebeurt. Verkoop het een oplawaai en dan weet je wat voor vlees je in de kuip hebt. Je gooit een steen in het water en ziet de golven zich voortplanten, je klapt in je handen en hoort al of niet iets, je verkoopt iemand een mep en krijgt er al of niet een terug, enzovoorts. In het spectrum van mogelijke “aangeslagen” toestanden toont de grondtoestand zijn ware aard. Maar dan zijn we terug bij af, want de vraag van het niets is gereduceerd tot de vraag van het alles. Aldus beginnen we enige waardering te krijgen voor de woorden van John Archibald Wheeler.

De leegte die we net beschreven hebben heeft iets angstaanjagends. Iets ongrijpbaars. We hebben het over een fantastisch verschrikkelijk niets. Je zou denken dat het niets heel weinig is maar zelfs dat is niet waar. Een *contradictio in terminis*? Nee, zegt de natuurkunde. En dat komt allemaal door die andere ijzeren tang genaamd quantummechanica.

Een fundamentele eigenschap van de quantumtheorie komt tot uitdrukking in de *onzekerheids relaties* van Heisenberg. Natuurlijk, alle relaties zijn onzeker, maar hier gaat het over een exacte relatie *tussen* onzekerheden in uiterst elementaire en concrete zaken. Die relaties zeggen kortweg: als je veel wil weten over het één, kom je weinig te weten over het andere. Als je precies wil weten *waar* een deeltje is dat kun je niet *tegelijkertijd* heel precies weten wat zijn snelheid is. Hoe meer je weet hoe minder je weet. Zo zit de natuur nu eenmaal in elkaar. Eigenschappen waarvan je denkt dat ze niets met elkaar te maken hebben – bijvoorbeeld waar je precies bent en hoe hard je gaat – blijken bij nader inzien niet onafhankelijk. Bepaalde eigenschappen zijn incompatibel met elkaar. Op een fundamenteel niveau heeft dat dramatische gevolgen. Het betekent bijvoorbeeld dat je een deeltje niet op een heel precieze plek stil kunt leggen, want dan zouden zowel de plaats als de snelheid tegelijkertijd precies vastliggen en dat mag niet van Heisenberg. Als je het stilletje heeft het een snelheid precies gelijk aan nul en weet je dus niet meer waar het ligt, en als je het precies daar en daar deponereert heeft het een onbekende snelheid. Dit is niet een technisch meetprobleem maar een principieel feit. De onzekerheidsrelaties impliceren een complementariteitbeginsel over dingen die je wel of niet tegelijkertijd kunt weten. Deze filosofische valkuil waar Bohr zijn tijdgenoten mee tot wanhoop dreef leidt tot een fundamentele onvoorspelbaarheid. Immers, als je niets over de snelheid van een deeltje weet, hoe weet je dan waar het een fractie van een seconde later is? Dat kun je dus niet weten. Het klassieke determinisme werd met een forse dreun om zeep geholpen. Sommigen zien deze fundamentele onzekerheid als de belangrijkste wetenschappelijke ontdekking aller tijden omdat het de weg baant naar de vrije wil, anderen zijn van mening dat de natuurkunde hiermee een soort vadermoord heeft gepleegd.

Het is een mooi principe, maar auto's doen er kennelijk niet aan mee; ze staan heel precies in hun parkeervak en tegelijkertijd staan ze doodstil. Heel voorspelbaar. Hoe zit dat? Hoe groot is die quantumvaagheid eigenlijk? Inderdaad, dingen zijn niet zomaar quantumvaag – er is sprake van een *zekere* onzekerheid. De schaal van die onzekerheid wordt gegeven door de constante van Planck h . Uitgedrukt in huis-, tuin- en keukeneenheden is deze verschrikkelijk klein, 0 komma vierendertig nullen 1. Daarom hebben auto's er weinig last van, maar op (sub)atomaire schaal manifesteert die kleine h zich op dramatische wijze. Op volstrekt redelijke vragen krijg je dan gewoon geen gewoon antwoord. Hoe meer je weet hoe minder je weet; wat je ook doet, hoe gewiekst je het ook aanpakt.

Terug naar het niets. Stel nu dat je veroordeeld tot deze onzekerheid toch de precieze structuur van het vacuüm wil onderzoeken. Om te weten dat er niets is moet je heel precies kijken op heel kleine afstandsschalen, maar als je dat wil weet je niets meer over de snelheden of anders gezegd, over de energieën van de fluctuaties op die schaal, de energie van fluctuaties met

een golflengte die gelijk is aan die kleine schaal. Die energieën kunnen wel eens heel erg groot zijn. En met het adagium van Einstein dat energie en massa equivalent zijn kunnen we spreken van “*The unbearable heaviness of not-being*”. Een energie die gigantisch is en die een gevolg is van de fluctuaties in het vacuüm. Het niets als een collectie van hoog energetische processen die onzichtbaar – letterlijk virtueel - zijn. Hevige energie fluctuaties hebben hevige fluctuaties van de ruimtetijd tot gevolg, die daarom op kleine afstandsschalen eigenlijk niet meer te begrijpen is. En zo keren we andermaal terug bij de woorden van John Archibald Wheeler die ik eerder aanhaalde. Holistischer kan het bijna niet, diep in het niets zit het al verborgen.

Zo blijven de allesweters zitten met een onbekend maar hevig niets; met noodzakelijke onwetendheid en een leegte die als een molensteen om hun nek hangt. Het is een troost te weten dat we niet voor niets niets weten over het niets.