

*Voor Tao is geen punt in
de tijd lang geleden.*
Chuang Tze, 4^{de} eeuw v.Chr.

EEN TOEKOMST VOOR DE TIJDMACHINE? De stand van zaken in de actuele natuurkunde

Ludo Noens

Een zeer vertrouwd, maar in wezen verbazingwekkend en slechts vaag begrepen verschijnsel in ons universum, is het verloop van tijd.

De mens wordt geboren, groeit, ondergaat een slijtageproces en sterft. Net als dahlia's en tseetseevliegen. Naar ons gevoel speelt zich dit allemaal af in een voorwaartse, onomkeerbare richting, veelal tot onze jammerlijke spijt. Oud worden is letterlijk de natuurlijkste zaak van de wereld, hoewel maar weinigen in vrede leven met een door de tijd getekend uiterlijk.

Het hoe en waarom van de tijd is voor wijsgeren en mathematici onderwerp geweest van talloze, vaak tegenstrijdige speculaties. Wat vooreerst volgt zijn zeker niet al de hypothesen aangaande het tijdsbegrip, maar enige basisdenkbeelden uit de fysica (soms betwistbare 'vertalingen' van wiskundige beschrijvingen), die van ver of van dichtbij iets te maken hebben met ons eigenlijk onderwerp: is het ontwerpen van een machine die ons willekeurig naar het verleden of de toekomst kan brengen in principe mogelijk?

Het is dezelfde vraag die aan de basis lag van de beroemde novelle *De tijdmachine* (1895) van de Britse auteur H.G. Wells; novelle die sindsdien als inspiratiebron heeft gediend voor ontelbare romans en films.

'De mens kan in een ballon de zwaartekracht overwinnen en er tegenin naar boven gaan,' schreef Wells toen, *'waarom zal hij dan niet de hoop koesteren eens in staat te zijn zijn tocht langs de tijddimensie te stoppen of te versnellen of, wie weet, zich om te draaien en er tegenin te gaan?'*

DE PIJL VAN DE TIJD

De ervaring leert dat er zoiets bestaat als een tijdpijl, t.t.z. dat de tijd in één richting loopt. In taal omschreven, gaande van het verleden naar de toekomst.

Die ervaring laat zich op zijn minst in drie vormen ondergaan:

1) de psychologische tijd:

we herinneren ons een verleden, maar normaliter geen toekomst. Er is althans in de praktijk een gevoel aanwezig dat we afstevenen naar gebeurtenissen die nog niet hebben plaatsgevonden.

2) de kosmologische tijd:

staat in verband met de uitdijing van ons dynamisch heelal, volgens de meeste astrofysici ontstaan uit de explosie van een oneindig kleine en

dichte kernmassa (de voorlopig wiskundig niet te omschrijven singulariteit, of in sommige hypothesen een mini-zwart gat).

3) de thermodynamische tijd:

in een gesloten systeem, aldus de tweede hoofdwet van de thermodynamica (Kelvin en Clausius, 1865), neemt de totale entropie (hoeveelheid ongeordende energie) nooit af, maar steeds toe. Je kan ook zeggen: warmte stroomt niet van lagere naar hogere temperaturen, maar omgekeerd.

De Oostenrijkse fysicus Ludwig Boltzmann stelde dat een gesloten systeem dwangmatig neigt naar een thermodynamische evenwichtstoestand van maximale waarschijnlijkheid, t.t.z. een gelijkmatige verdeling van de temperatuur, druk, enz. (wat een ontbinding van elke ordening impliceert). Boltzmann zag hierin een verklaring voor de éénrichtingspijl van de macro-tijd.

Hoe is dan zoveel miljarden jaren na het ontstaan van het heelal het bloeien van hoogstgeordend leven nog mogelijk? Dit is alleen mogelijk omdat het leven (dat zich moet voeden!) lokaal evolueert uit een open en verre van evenwichtig systeem, ten koste van grotere wanorde in de rest van het heelal.

Zo'n systeem zou volgens de Belgische Nobelprijswinnaar Ilya Prigogine (geboren in Moskou) spontaan ordelijke structuren kunnen vormen, alleen probabilistisch voorspelbaar en dus onomkeerbaar in de tijd.

De onomkeerbare tijd in thermodynamische processen blijkt wel in strijd te zijn met de symmetrie van de Newtoniaanse dynamische wetten m.b.t. verleden en toekomst. Zo stemt elk mogelijk traject van een atoomdeeltje (of een planeet) overeen met een ander gelijkaardig mogelijk traject, hierin enkel verschillend doordat het in omgekeerde richting loopt.

De wetten der dynamica worden dus geen geweld aangedaan als men zich inbeeldt dat men de moleculaire interacties van een gesloten systeem (na intrede van het evenwicht) plots zou omkeren, en bijgevolg zouden orde en wanorde even vaak moeten voorkomen. Toch ziet in het dagelijkse leven een voetballende rakker nooit de scherven van een gebroken ruit naar elkaar toekruipen om terug hun oorspronkelijke plaats in het raam in te nemen!

Nu heeft nader onderzoek uitgewezen dat vermindering van entropie (hier beschouwd als tijdomkering) in gesloten systemen soms wel degelijk kan voorkomen, bijvoorbeeld bij verschijnselen in verband met de zgn. Brownse beweging (spontane en onvoorspelbare beweging van stofdeeltjes in een vloeistof).

Deze situatie vindt haar parallel op kwantummechanisch niveau (de wereld van de atoomdeeltjes), waar effectieve tijdomkering ook schijnt voor te komen. Dat is bijvoorbeeld de interpretatie van de fysici Richard P. Feynman en E.C.G. Stückelberg van volgend gebeuren.

Een detector aangesloten op een deeltjesversneller registreert een gammastraal die zich splitst in een elektron (min-lading) en een positron

(plus-lading, of het antideeltje van het elektron), met gelijke massa. Op de foto die van zo'n verschijnsel wordt genomen ziet men hoe het positron zich wat verder opnieuw opheft samen met een ander elektron waartegen het aanbotst.

Welnu, volgens voornoemde Nobelprijswinnaars is het eleganter en zelfs logischer te stellen dat het positron geen uit het niets ontstaan plus-deeltje is dat terug in het niets verdwijnt, maar dat het hele proces eenvoudigweg draait rond één min-elektron dat kortstondig terugloopt in de tijd, en wel op het ogenblik dat het ons lijkt alsof het illusoire positron spookachtig verdwijnt.

Voorgaande vaststellingen hebben tot de conclusie geleid dat de éénrichtingstijd van alledag enkel wordt ervaren op grond van het feit dat éénrichtingsverschijnselen (van verleden naar toekomst, of met toename van entropie) in de microwereld statistisch gezien verreweg de overhand hebben. Ludwig Boltzmann stelde namelijk al dat bij grote aantallen niet alleen de wetten der Newtoniaanse dynamica gelden, maar bovendien de wetten der waarschijnlijkheidsrekening.

KLOKPARADOX

Laten we nu de toestand op macroschaal beschouwen.

In 1905 lanceerde de Duitse theoretische fysicus Albert Einstein het eerste deel van zijn fameuze relativiteitstheorie. Deze zogeheten speciale theorie toont in wiskundige termen aan (met als basispostulaat de onveranderlijkheid van de lichtsnelheid ten opzichte van elke waarnemer, ongeacht diens snelheid of bewegingsrichting) dat de tijd in twee systemen die met een constante snelheid ten opzichte van elkaar bewegen, geen gelijke tred houdt. Dit zogeheten tijdverwijdingseffect houdt specifiek in dat voor ieder van de twee bewegende systemen de tijd in het ander systeem langzamer verloopt dan in het eigen systeem.

Naarmate nu de snelheid van het andere systeem ten opzichte van de waarnemer groter is en de lichtsnelheid nadert (300.000 km/sec), zal niet alleen de tijd van de ander merkbaar trager verlopen, maar ook de lengte van diens systeem merkwaardig genoeg afnemen. Met als gevolg dat zijn massa en temperatuur omgekeerd evenredig zullen toenemen.

Het gaat hier uiteraard om een relatief vice-versaverschijnsel: elk der twee waarnemers zal bij zichzelf totaal niets merken van deze aberraties!

Deze theorie, die wiskundig logica noch natuurwetten schendt, moet kennelijk in de praktijk tot paradoxen leiden. Men heeft het dan ook over de beroemde klokparadox.

Stel u twee broers voor – een tweeling. Paul vertrekt met een raket voor een reisje naar Proxima Centauri (dichtsbijzijnde ster, 4 lichtjaren van ons verwijderd) heen en weer; Leo wacht op de aarde op zijn terugkeer. Nu heeft die high-tech raket een snelheid die deze van het licht benadert, zegge 240.000 km/sec.

Na 10 jaar ziet Leo Pauls raket terug in het blauwe zwerk van de aarde verschijnen. Maar omdat diens raket zich tegen 80% van de lichtsnelheid

ten opzichte van de aarde heeft verplaatst (fysische en biologische processen vertraagd met een factor $5/3$), zal het voor Paul lijken alsof hij amper 6 jaar is weggeweest.

Hier ligt de paradox: ging het in de speciale relativiteitstheorie niet om relatieve bewegingen? In een oneindig heelal kan men dus evengoed stellen dat het de aarde is die met 80% van de lichtsnelheid ten opzichte van Pauls raket is weggeschoten en dat het dus Leo moet zijn die er 4 jaar jonger op werd.

Maar... het gaat hier niet om een constante snelheid. De raket voert versnelde bewegingen uit. De paradox valt weg omdat zij die versnelde beweging uitvoert ten opzichte van de verre 'vaste' sterren, en de aarde niet. Het is dié asymmetrische relatie tussen raket en aarde die theoretisch de effectieve tijdverwijding tot gevolg heeft.

In 1971 kon dit alles experimenteel getoetst worden door fysicus J. C. Hafele, van de Washington University in St. Louis. In oktober van dat jaar werden vier cesiumklokken ingescheept in een straalvliegtuig dat twee routinevluchten rond de wereld ondernam: één omwenteling oostwaarts (vertrek 4 oktober) en één omwenteling westwaarts (vertrek 13 oktober), rond de zelf naar het oosten draaiende aardbol.

In het U.S. Naval Observatory in Washington had Hafeles ploeg zicht op vier gelijkaardige atoomklokken. Ten opzichte van de achtergebleven referen-tieklokken vertoonden de jetklokken effectief een tijdwinst van 273 nanoseconden (miljard/sec.) tijdens de westelijke vlucht, en een tijdverlies van 59 nanoseconden tijdens de oostelijke vlucht!

Hafeles wiskundige voorspellingen op grond van de relativiteitstheorie bleken tamelijk nauwkeurig met deze resultaten overeen te komen. Rekening werd uiteraard gehouden met 1) de afwisselende snelheid, hoogte en vluchtroute van de jet, 2) de rotatiesnelheid en het gravitatieveld van de aarde.

In theorie (de vereiste – constante – snelheid is duizelingwekkend!) zou dus ook de Paul-Leo situatie niet helemaal onmogelijk zijn, met dan inderdaad voor de ondernemende astronaut-broer een *sans retour* reisje naar de (aardse) toekomst!

DE RUIMTETIJD

In 1915 publiceerde Einstein het tweede deel van zijn relativiteitstheorie: de algemene theorie. Hierin gaat het in het bijzonder om de zwaartekracht en de structuur van het heelal waarin wij leven.

Volgens Einstein heeft ieder systeem zijn eigen ruimtetijd, waarin mathematisch ook de tijd beschreven wordt als een dimensie (of coördinaat) zoals de ons bekende drie dimensies: lengte, breedte en hoogte.

De eindige snelheid van het licht heeft tot gevolg dat tijd en afstand tussen hetzelfde paar gebeurtenissen, door twee coördinatenstelsels die ten opzichte van elkaar bewegen anders beoordeeld worden. Maar de separatie (het verschil van de kwadraten van het respectievelijk gemeten tijds- en

afstandsinterval) tussen de betrokken paar gebeurtenissen is absoluut en blijft onveranderd voor ieder coördinatenstelsel.

De Poolse wiskundige Hermann Minkowski ontwierp grafische voorstellingen (diagrammen) die de beweging van een voorwerp in de ruimtetijd illustreren.

U ziet de vlotte juffrouw Ina (of de knappe jongeheer Noud) aan de overkant van de straat lopen en uw hart begint sneller te kloppen. Maar misschien zult u wel even terugdeinzen om het woord tot haar/hem te richten als u bedenkt dat Ina/Noud eigenlijk een driedimensionale doorsnede is van een uitgerokken en warrig sliertachtig wezen in de vierdimensionale ruimtetijd!

Inderdaad is ieder ruimtelijk object de driedimensionale doorsnede van een 'gebeurtenis' (de bestaansduur) op wat Minkowski de tijd- of wereldlijn noemt.

Toegepast op de kosmische tijd van het heelal als geheel, heeft deze redenering het ontstaan gegeven aan het idee van een 'blok-universum': verleden, heden en toekomst bestaan in eeuwigheid en het is enkel ons (spleet) bewustzijn dat stap voor stap langs de wereldlijn van dat blok-universum schuift. Of dit enkel gebeurt tot zover onze eigen lichamelijke tijdlijn reikt, valt dan nog te bezien.

Overigens móét er wel zoiets als een blok-universum bestaan. Volgens de speciale relativiteitstheorie zullen verschillende waarnemers die in het heelal ten opzichte van elkaar bewegen een andere mening hebben over de volgorde in de tijd van dezelfde twee ruimtelijk gescheiden gebeurtenissen. De relativiteit van de gelijktijdigheid sluit een algemeen geldige *Nu* uit en dus moeten de relatieve *Nu's* wel over een vierdimensionale tijdruimte of blokuniversum uitgesmeerd liggen.

Een pluspunt voor de mogelijkheid tot tijdreizen, want met het vorige staat dus wetenschappelijk vast dat ons verleden en onze toekomst nóg en ál ERGENS bestaan!

Beschouwen we nu het volgende.

De snelheid van een voorwerp bepaalt de hoek die het vormt met de tijdas in een ruimte-tijd coördinatenstelsel. Zo maakt het licht – met zijn absolute snelheid van 300.000 km/sec. – een hoek van 45°. Verspreid in alle richtingen krijgt het licht in de ruimtetijd de vorm van een lichtkegel (vgl. de radiale expansie op een tijdas van golven op het oppervlak van een vijver waarin een steen werd geworpen). Omdat volgens de relativiteitstheorie niets sneller reist dan het licht kan geen enkel ruimtelijk voorwerp zijn weg vinden buiten een uit ieder punt van diens verleden vertrekkende lichtkegel.

Uit Einsteins vergelijkingen van de algemene relativiteitstheorie blijkt nu dat een zware massa de ruimtetijd vervormt en wereldlijnen buigt die in haar buurt komen. De aantrekkingskracht zon-aarde bvb. moet dan begrepen worden als de spiraalsgewijze voortgang van de wereldlijn der aarde rond de wereldlijn van de veel zwaardere zon.

Gravitatie is volgens Einstein een (niet-Euclidische) meetkundige eigenschap van de ruimtetijd; voorwerpen volgen in een gravitatieveld een kromme of geodetische baan ten gevolge van hun eigen 'traagheid', t.t.z. hun natuurlijkste baan.

De algemene theorie stelt ook dat hoe sterker een gravitatieveld, hoe langzamer de tijd verloopt.

Nu is het niet ondenkbaar dat de ruimtetijd rond een enorm zware massa (bvb. een zogeheten zwart gat of geïmplodeerde ster) zodanig vervormd wordt, dat de wereldlijn van een nabije raket een gesloten lus beschrijft. Geen natuurwet wordt geschonden, en toch opent zich plots een toegang tot het verleden! Want onze raket volgt dan geen spiraal-wereldlijn, maar een wereldlijn die cirkelvormig terugkeert naar het tijds punt waarop de extreme vervorming van de ruimtetijd op de raket haar invloed begon uit te oefenen. Zo'n baan wordt in de fysica een CTC genoemd (Closed Timelike Curve).

CLOSED TIMELIKE CURVE

J. Richard Gott, natuurkundige van de Princeton University (New Jersey), publiceerde in de *Physical Review Letters* van maart 1991 een artikel dat op basis van volgende redeneringen niet minder dan de theoretische mogelijkheid van tijdreizen verdedigde.

De speciale relativiteitstheorie verzekert dat klokken langzamer lopen naarmate de lichtsnelheid wordt benaderd. Bij lichtsnelheid stopt de tijd. En bij snelheden hoger dan 300.000 km/sec. zou de tijd terugdraaien.

Maar de theorie postuleert uitdrukkelijk dat niets zich sneller kan bewegen dan licht. Toch is er een mogelijkheid om de tijd terug te draaien, aldus Gott. Hij speculeert dat een extreme zwaartekracht de ruimtetijd zodanig zou kunnen kromtrekken dat het voor een voorwerp met bescheidener snelheid mogelijk moet zijn om via een binnenweg een lichtstraal die zich met zijn absolute snelheid verplaatst in te halen. Misschien opent zich dán wel een weg naar het verleden.

Er zou slechts weinig materie in het heelal bestaan die zo massief is dat ze Gotts slimme binnenweg kan creëren. Maar zijn oplossing van Einsteins veldvergelijkingen beschrijft exact zo'n situatie rond twee zogeheten kosmische snaren, hypothetische dunne stromen energie, gevormd na de Big Bang of oerknal. Astrofysici zijn van oordeel dat die *Cosmic Strings* meer dan denkbaar zouden kunnen zijn en dus werd Gotts blauwdruk voor een tijdmachine eens nader bekeken.

De energie van één kosmische snaar vertegenwoordigt omgerekend een massa van 40 miljoen miljard ton per 2,5 cm (1 inch). Zo'n massa moet een omringende ruimteschijf kegelvormig krommen (wat er eigenlijk gebeurt is dat de omtrek van die schijf kleiner is dan $2\pi r$). Vierdimensionaal stellen we ons dan een oneindig lange cilinder rond de oneindige snaar voor, waarin de ruimtetijd 'kegelvormig' gekromd is.

Gott beschrijft nu de stand van zaken rond twee oneindig lange en rechte kosmische snaren die met een bijna-lichtsnelheid in tegengestelde richting en parallel ten opzichte van elkaar bewegen. In overeenstemming met de

speciale relativiteitstheorie zou deze situatie een rond de beide snaren bewegende waarnemer de gelegenheid moeten geven een dubbele sprong achterwaarts in de tijd te maken en naar zijn vertrekpunt in ruimte en tijd terug te keren. Voorwaarde is dat de waarnemer zijn traject rond de snaren aflegt in tegengestelde richting van hun respectievelijke relatieve beweging, en wel op het ogenblik dat ze elkaar het dichtst naderen. De procedure wordt dan mogelijk omdat de systemen rond snaar 1 en 2 elkaars spiegelbeeld zijn en men kan spreken van een gravitationeel lenseffect.

TEGENWIND

Natuurlijk gaat het hier allemaal om toestanden die slechts in mathematische vorm bestaan, en die bovendien gebaseerd zijn op geïdealiseerde uitgangspunten. De hypothetische situatie toetsen in een laboratorium is onmogelijk. Maar de vraag is of de natuur CTC's in principe toelaat. Zo ja, dan is het niet helemaal uitgesloten dat (verre) toekomstige technologische ontwikkelingen deuren zullen openen voor het reizen in de tijd.

Voorlopig zijn er nogal wat bezwaren. Het vooral problematische reizen naar het verleden zou onoverkomelijke paradoxale toestanden scheppen, de oorzakelijke keten in de war schoppen en zo illusoir zijn als het perpetuum mobile.

Gotts collega's waren er als de kippen bij om denkfouten uit diens ontwerp te vlooien. Onderzoekers van het *Massachusetts Institute of Technology* en het *Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics* argumenteerden dat er in een open universum (geen materie genoeg om het uitdijingsproces in te dijken) onvoldoende massa en energie aanwezig is om Gotts kosmische snaren te vormen en ze de vereiste snelheid te geven. Maar is ons universum wel open?

Volgens de Nederlandse fysicus Gerard 't Hooft is een CTC zelfs in een gesloten universum (na expansie volgt inkrimping) onmogelijk. Massa genoeg nu, maar te weinig tijd om de baan rond beide snaren te voleindigen. 't Hooft verzekert dat de *Big Crunch* (finale terugklap) de ongelukkige tijdreiziger zou hebben ingehaald.

De beroemde Amerikaanse astrofysicus Stephen Hawking verwerpt in zijn *The Chronology Protection Conjecture* Gotts CTC op grond van specifieke kwantumeffecten die optreden bij het naderen van twee zeer lange kosmische snaren. Hawking voorspelt het ontstaan van 'zwart gat'-eigenschappen rond het systeem, wat resulteert in de vernietiging van een CTC op het ogenblik dat ze gecreëerd wordt.

Eerder had Stephen Hawking al de hypothese van Kip Thorne weerlegd, die stelde dat de door John A. Wheeler geponeerde wormgaten (die op één of andere kronkelige manier zwarte en witte gaten in het universum zouden verbinden) wel eens tunnels naar het verleden konden zijn.

KWANTUMEFFECTEN

Volgens de stelling van David Deutsch en Michael Lockwood van de Universiteit van Oxford zou tijdreizen helemaal niét in strijd zijn met de natuurwetten. In het tijdschrift *Scientific American* stelden zij Hawkings bezwaren in vraag met de opmerking dat zijn vergelijkingen geen rekening hielden met het feit dat de kwantummechanica nog steeds niet toegepast kan worden op gravitatieverschijnselen.

De oplossing voor het tijdreizen ligt in de wetten van de kwantummechanica, stellen Deutsch en Lockwood, en dit willen ze aantonen aan de hand van de zgn. grootvaderparadox. Wat gebeurt er met iemand die naar het verleden reist en (on)willekeurig verhindert dat zijn eigen grootvader kennis maakt met zijn grootmoeder?

Volgens de klassieke fysica leggen de algemene wetten van het universum beperkingen op aan lokale handelingen. Zelfs indien volmaakt consistent op zich, zouden zekere handelingen toch van zodanige aard blijken dat ze niet compatibel zijn met de gang van zaken in de rest van het universum. Welnu, een CTC is een voorbeeld van zo'n ongeoorloofde handeling. Uit oogpunt van de Newtoniaanse wetten der fysica is er maar één gedetermineerde geschiedenis en zou interventie in het verleden leiden tot onontwarbare paradoxen.

Maar, stellen Deutsch en Lockwood, de vergelijkingen van de kwantummechanica – nauwkeuriger gebleken dan de klassieke wetten van de fysica – laten tijdsprongen eenvoudigweg toe zonder paradoxale complicaties.

We hebben al gezien hoe Feynman in zijn interpretatie van het mysterieuze ontstaan en verdwijnen van deeltjesparen beroep deed op een naar het verleden terugspringend elektron. Het is niet onwaarschijnlijk dat op micro-niveau het tijdreizen aan de orde van de dag is.

Wat Deutsch en Lockwood voorstellen zou niet indruisen tegen de natuurwetten, maar doet wel even slikken.

Alles draait rond het volgende. Op kwantummechanisch niveau kunnen gebeurtenissen in ruimte en tijd niet precies voorspeld worden, maar enkel statistisch. Een neutron bijvoorbeeld kan elk ogenblik uiteenvallen in drie andere deeltjes, al zijn er ogenblikken die waarschijnlijker zijn dan andere. Er blijkt op deeltjesniveau inderdaad een fundamenteel indeterminisme te heersen, een vaststelling waar zelfs Einstein levenslang problemen mee had.

In 1957 stelde een onderzoeker met de fraaie naam Hugh Everett III de Vele Werelden-interpretatie van de kwantummechanica voor. Het zogeheten Multiversum van Everett bestaat uit een eindeloze reeks van parallelle universa, waarin ons voorbeeldneutron respectievelijk effectief uiteenvalt op het ogenblik dat het KAN uiteenvallen.

Voor ieder potentieel waarnemingsogenblik van verval bestaat er een onafhankelijk heelal waarin dit gebeurt, inclusief waarnemer, zijn laboratorium en de hele wereld waarin hij zich beweegt. Er zou dus in theorie een oneindig aantal dubbelgangers van ieder van ons bestaan, ontstaan uit ieder onbeslist moment in het verleden!

Men verzekert ons dat de meeste kwantumkosmologen Everetts interpretatie van de vaak ongerijmde, maar niettemin succesvolle kwantumvergelijkingen in ernst overwegen.

In het Multiversum wordt de grootvaderparadox opgelost in die zin dat het tijdreizen neerkomt op de spoorwisseling naar een parallel universum. Er is een universum waarin de 'grootvader' van de tijdreiziger kinderloos sterft en er bijgevolg geen sprake kan zijn van een tijdreiziger, en er is een universum mét een grootvader en mét een tijdreiziger als kleinkind.

Het feit dat de 'grootvader' in het eerste universum kinderloos sterft kan probleemloos de interventie van de tijdreiziger als oorzaak hebben, maar deze is dan wel afkomstig van het tweede universum (waar grootvader ongemoeid wordt gelaten).

Hier zien we dus het CTC-verschijnsel verklaard als het wisselspoor tussen twee parallelle universa à la Hugh Everett III.

Deze duizelingwekkende theorie zou overigens ook van repliek kunnen dienen voor een bijkomend bezwaar van Stephen Hawking tegen tijdreizen in het algemeen:

'Als er ooit in een verre toekomst tijdmachines zullen ontworpen worden, waar blijven dan de toeristen die onze eigen tijd onveilig maken?'

Maar waarom, meneer Hawking, moet ik nu plots denken aan al die duizenden onopgeloste UFO-waarnemingen, zowel in de Verenigde Staten zestig jaar geleden, als op de autostrades van onze Waalse burens een paar decennia terug?

Verlaten we hiermee even het wetenschappelijke terrein om ons op de onstabiele wegen der verbeelding te begeven? Of...

KARATEKA'S VERANDEREN HET VERLEDEN

Recente natuurkundige uitspraken over tijdreizen komen van de fysici Huw Price en Henry Stapp van respectievelijk de University of Sydney en de University of California, Berkeley.

Huw Price gelooft dat veel van de paradoxale verschijnselen tijdens kwantumexperimenten verklaard zouden kunnen worden indien we aannamen dat de toekomst het verleden kan beïnvloeden. Zijn idee dat een atoomdeeltje een lichtsnel (aanbiedings)golf uitzendt naar een ander deeltje (wat betekent dat het er in de toekomst mee in botsing zal komen) en dat het tweede deeltje op één of andere manier vanuit de toekomst een (antwoord)golf terugzendt zodat de feitelijke botsing halverwege gebeurt, was al eerder in de kwantummechanica opgeworpen. Op microniveau zou het oorzakelijke verband dus in twee richtingen lopen.

Wat Henry Stapp hierover te melden heeft is interessanter, omdat het macroniveau (en dus verschijnselen in ons dagelijks leven) erbij betrokken wordt.

Stapp is er in geslaagd de basisvergelijkingen van de kwantumtheorie zodanig te wijzigen dat het toegelaten wordt te geloven in het veranderen van het verleden door menselijke (wils)handelingen! De Amerikaanse

fysicus werd geïnspireerd door de fameuze experimenten van parapsychoog Helmut Schmidt in verband met het mentale beïnvloeden van een door een toevalsgenerator geactiveerde reeks lampen.

Stapp gebruikte zo'n radioactieve toevalsgenerator om een reeks positieve en negatieve cijfers te bekomen, voorlopig nog door niemand gekend. Zeven maanden later werd aan een groep karatestudenten (het konden ook duivenmelkers geweest zijn) gevraagd de onzichtbare, via elektronische weg opgeroepen cijfers mentaal zodanig te beïnvloeden dat het statistische gemiddelde van de uitslag naar de positieve cijfers toe zou overhellen. Het resultaat wás een meerderheid van positieve cijfers, één kans op 1000 toevallig opgeworpen.

Betekent dit dat de karateka's het door toeval geregeerde radioactief verval van de atomen in de generator hadden beïnvloed, en dit bovendien in het verleden? Op welke wijze dienen we deze geslaagde interventie te verstaan?

Henry Stapp maakte een eigen versie van de niet-lineaire kwantumvergelijkingen van Steven Weinberg (1989), versie die nu toelaat te geloven in een interactie tussen de geest van de waarnemer en de uitslag van een kwantummeting. Wat eerder als hypothese gold.

Volgens de kwantumtheorie zou een subatomaire gebeurtenis (verval) zich in een superpositie van 'al dan niet voltrokken zijn' bevinden tot een experimentator de meting verricht. De zogeheten waarschijnlijkheidsgolf stort dan onomkeerbaar in en een concrete waarneming is het resultaat.

Indien nu geen menselijk oog de cijfers heeft gezien die een toevalsgenerator zeven maanden eerder heeft opgeworpen, dan bevinden zich ook die cijfers op het ogenblik van het telekinetische experiment in een 'golf van waarschijnlijkheid'. Volgens de klassieke vergelijkingen van de kwantum-mechanica zou de actuele toestand na meting statistisch de meest waarschijnlijke blijken.

Welnu, volgens de niet-lineaire vergelijkingen van Henry Stapp is het mogelijk om met mentale druk het resultaat te veranderen. Die vergelijkingen houden namelijk rekening niet alleen met de kwantum (t.t.z. onbesliste) staat van de cijfers, maar ook met de kwantumstaat van de geest die de cijfers op een bepaald ogenblik zal waarnemen.

Het is de combinatie van de actuele twee staten die volgens Stapp beslissend is voor de uitslag van de cijfers die meer dan een half jaar eerder door een toevalsgenerator werden uitgezocht.

Wat op het eerste zicht dus voorkwam als een aantasting van de causale keten, blijkt nu met Stapps theorie mooi in overeenstemming met het oorzakelijke proces.

JULES VERNE

Met dit alles zijn we uiteraard vér van de romantische en vlotlopende tijdsmachine van H.G. Wells beland. Theorieën en wiskundige vergelijkingen kunnen, hoe fraai en elegant ook geformuleerd, niet meteen ingeruild worden voor een ticket Toekomst of Verleden – heen en terug.

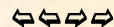
Maar de vraag was of tijdreizen in ons universum hoe dan ook mogelijk is. Wat dat betreft is er al hoop. Volgens de artikels over het onderwerp die geregeld in de vakpers verschijnen, vinden fysici het idee van tijdreizen nog zo gek niet. Verder is het een feit dat succesvolle mathematische theorieën op één of andere manier bruikbaar zijn om voorspellingen te doen en dus refereren naar een concrete realiteit. Hoe dat kan weet eigenlijk niemand precies.

Het wachten is dus op de geniale formule die aan de basis ligt van de concrete tijdreis.

De 19^{de}-eeuwse Franse anticipatieauteur Jules Verne zei ooit:

'Al wat een mens zich in zijn verbeelding kan voorstellen, kunnen andere mensen tot werkelijkheid maken.'

In ieder geval geldt deze uitspraak al voor de meeste van Vernes eigen fantasierijke technologische bedenkzels.



Referenties:

Maurice Mashaal, *Le Temps en Physique*. La Recherche 260, december 1993, vol. 24.

J. Richard Gott, *Closed Timelike Curves Produced by Pairs of Moving Cosmic Strings: Exact Solutions*. Physical Review Letters 9, 4 maart 1991, vol. 66.

B. Allen and J. Simon, *Time travel on a string*. Nature, 7 mei 1992, vol. 357.
John Travis, *Could a Pair of Cosmic Strings Open a Route Into the Past?* Science, 10 april 1992, vol. 256.

D. Deutsch and M. Lockwood, *The Quantum Physics of Time Travel*. Scientific American, Maart 1994.

J.C. Hafele, *Around-the-World Atomic Clocks: Observed Relativistic Time Gains*. Science, 14 juli 1972, vol. 177.

Julian Brown, *Martial arts students influence the past*. New Scientist, 27 augustus 1994.

John Gribbin, *Handshake' from future makes a mockery of time*. New Scientist, 3 september 1994.

R. Flood en M. Lockwood, *Onomkeerbaarheid van de tijd*. Aramith Uitgevers, A'dam, 1988.

G. J. Whitrow, *Het tijdsbegrip in de moderne wetenschap*. Het Spectrum, Utrecht, 1965.

Vague d'OVNI sur la Belgique, Sobeps, Bruxelles, 1991.