

De Aanranding van de Ψ

Martin Bier

Kwantummechanica is mysterieus. Zaken als bewustzijn, homeopathie, kanker, narcose, etc. zijn ook mysterieus. De “misschien is er een verband”-gedachte is voor de hand liggend. Die gedachte heeft aanleiding gegeven tot veel kwantumbiologische nonsens en ook tot een groot grijs gebied tussen wetenschap en pseudowetenschap.

“Kop dicht en rekenen”

Het is inmiddels al zo’n honderd jaar geleden dat de kwantummechanica tot ontwikkeling kwam. De eerste helft van de 20ste eeuw was een roerige tijd in de natuurkunde. De kwantummechanica bleek uiterst succesvol en zeer nauwkeurig in het beschrijven van processen op atomair niveau. Het uitstralen van licht door opgewarmde objecten (bijv. de gloeilamp), spectraallijnen en later ook zaken als supergeleiding, supervloeibaarheid en de laser konden goed worden begrepen en beschreven met kwantummechanica.

Kwantummechanica is geen benaderingsmethode of een *ad hoc* hulpmiddel om zaken kloppend te krijgen. Het is een fundamentele theorie die geacht wordt te beschrijven wat er op atomair niveau gebeurt. Maar er is een interpretatieprobleem met de kwantummechanica als fundamentele theorie. Aan de basis van de theorie staat een golf functie, de Ψ . Hoe die golf functie zich in de tijd ontwikkelt wordt beschreven door de zogenaamde vergelijking van Schrödinger. Deze differentiaalvergelijking is intuïtief goed te bevatten. Hij is lineair en voor vele gevallen is er een exacte oplossing of op z’n minst een goede benaderingsmethode beschikbaar. Het probleem ontstaat als je de wiskunde even wilt laten voor wat het is en wilt bevatten wat er precies gebeurt bij een waarneming aan een systeem.

Een deeltje, zoals bijvoorbeeld een elektron, wordt in de kwantummechanica beschreven met een golf functie. Het elektron is dan niet langer een puntdeeltje, maar meer zoiets als een rimpeling van het water in een vijver; een rimpeling die op meerdere plaatsen tegelijk aanwezig is. Stel je hebt een apparaat dat de uitkomst van een atomair proces versterkt en zichtbaar maakt op macroscopisch niveau. Een geigerteller is hiervan een goed voorbeeld. Wat er bij een waarneming geacht wordt te gebeuren is dat die golf functie neerstort op één van z’n coördinaatassen. Er is geen vergelijking die die ineenstorting beschrijft. Hoe de waarneming afloopt hangt af van op welke coördinaatas wordt neergestort. Het enige wat in dat verband te berekenen valt zijn de waarschijnlijkheden die met de verschillende coördinaatassen zijn geassocieerd.

Veel fysici hebben problemen met de centrale rol van het vage begrip “waarneming,” met de stochasticiteit van de golf functie en met het mysterieuze instortproces. Beroemd is Einsteins “God dobbelt niet.” Feynmans houding was cynisch en pragmatisch. In *The Character of Physical Law* schrijft hij: “On the other hand, I think



FIG. 1: De beeltenis van Erwin Schrödinger op een Oostenrijks bankbiljet

I can safely say that nobody understands quantum mechanics” (Feynman, 1965). “Shut up and calculate” is een andere bewering met betrekking tot de kwantummechanica die wel eens aan hem wordt toegeschreven.

Er zijn veel tekstboeken, toestellen, artikelen en apparaten die getuigen van het succes van de “shut up and calculate”-mentaliteit. Maar waar het in dit artikel over gaat zijn ontsparingen, d.w.z. gevallen waarin veel gezwamd en weinig berekend wordt. Er circuleren zonderlinge theorieën die weinig verklaren of voorspellen en die respectabiliteit pretenderen te verlenen aan het feit dat ze zich van golf functies bedienen.

Uw lichaam als laserholte

Herbert Fröhlich was een zeer prominent vastestoffysicus in het midden van de vorige eeuw toen de vastestoffysica één van de belangrijkste frontgebieden van de natuurkunde was. Het was in de nadagen van z’n carrière, aan het eind van de zestiger jaren, dat ie zich met de fysische achtergronden van het biologisch functioneren bezig ging houden. Z’n werk aan dit onderwerp verscheen in reguliere wetenschappelijke tijdschriften (Fröhlich, 1968) en zelfs in het prestigieuze *Nature* (Fröhlich, 1970). Ook werk dat heden ten dage voortborduurt op Fröhlichs ideeën verschijnt niet zelden in bona fide tijdschriften. Toch zijn de betrokken ideeën op z’n best speculatief en twijfelachtig te noemen.

Inspiratie voor z’n theorie vond Fröhlich in de laser. Het basisprincipe achter de laser werd geformuleerd door Einstein in een artikel uit 1917 (Einstein, 1917). Werkende lasers werden voor het eerst geconstrueerd in het begin van de zestiger jaren. Het doorgronden van de precieze werking van de laser vereist inderdaad kwantummechanica.

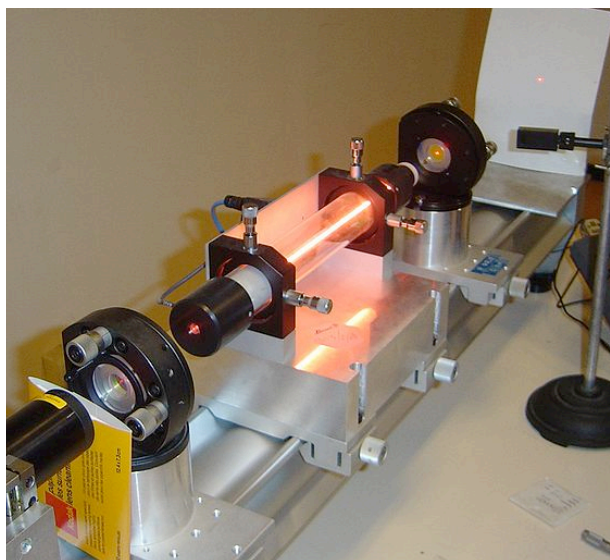


FIG. 2: Een laseropstelling. Het lasermedium bevindt zich in de buis in het midden. Door een gedeeltelijk doorlatende spiegel aan het rechteruiteinde van de buis verlaat de laserstraal het medium.

ica. Maar het mechanisme kan begrepen worden zonder terug te hoeven vallen op golf functies.

Stel een molecuul heeft een grondtoestand met energie E_0 en een aangeslagen toestand met een hogere energie E_1 . Wanneer dat molecuul terugvalt van de aangeslagen toestand naar de grondtoestand, dan kan er een lichtdeeltje, een zogenaamd foton, met een energie $\Delta E = E_1 - E_0$ worden uitgezonden. Indien nu zo'n molecuul in z'n aangeslagen toestand wordt geraakt door een foton met energie ΔE , dan kan de wisselwerking tussen het molecuul en het foton ertoe leiden dat het terugvallen naar E_0 wordt gestimuleerd. Na de gestimuleerde emissie zijn het dan twee fotonen die verder gaan. Wanneer gestimuleerde emissie plaatsvindt krijgt de lichtgolf een grotere amplitude en blijft de frequentie onveranderd. Het is duidelijk dat in een medium vol met moleculen in de aangeslagen toestand er een kettingreactie optreedt. De resulterende laserbundel is coherent, d.w.z. alle fotonen zijn in fase. Voor het continu functioneren van de laser is het natuurlijk noodzakelijk dat de moleculen continu worden teruggepompt naar de aangeslagen toestand. Dit kan, bijvoorbeeld, gedaan worden d.m.v. elektrische ontlading.

Volgens Fröhlich kunnen eiwitten en andere moleculen in een levend organisme op eenzelfde manier een wisselwerking met elkaar hebben als de mediummoleculen in een laser. Eiwitten hebben veelal sterke interne dipolen. Wanneer die dipolen trillen wordt er microgolfstraling uitgezonden. Zulke straling kan dan volgens Fröhlich in andere eiwitten, net als bij de laser, de emissie van straling van dezelfde golflengte stimuleren. Het is dankzij deze vorm van "communicatie" tussen eiwitten dat het organisme dan als eenheid zou kunnen functioneren. De

verschillende cellen in het hart zouden op deze manier dan allemaal gecoördineerd met dezelfde hartklopbeweging kunnen meedoen.

Het is waar dat de chemische bindingen in een eiwit kunnen trillen en op die manier elektromagnetische straling kunnen uitzenden. Maar een functionerende laser heb je niet zomaar. Er is een goede reden dat er voor de laser zo'n 40 jaar verstreek tussen het concept en de concrete constructie.

Om een kettingreactie te krijgen is er een grote dichtheid van de kettingreagerende substantie van node. Wanneer, bijvoorbeeld, het lucht-benzinemengsel in de cilinder van een verbrandingsmotor te weinig vernevelde benzine bevat, dan resulteert de vonk van de bougie niet in de gewenste verbranding. Uranium dient te worden verrijkt voordat het kan worden gebruikt in een kernreactor, d.w.z. de hoeveelheid van het werkzame ^{235}U dient tot boven een bepaalde drempelwaarde te worden gebracht voordat er een kettingreactie kan plaatsvinden. Net als bij een verbrandingsmotor of kernreactor is het "alles of niets" bij een laser. Een laserstraal vereist een hoge dichtheid van fotonen en een grote energiedoorvoer in een kleine ruimte. Wanneer die beneden een bepaalde drempelwaarde liggen, dan komt de gestimuleerde emissie eenvoudigweg nooit op gang. Een laserstraal is minimaal zo'n kilowatt per vierkante centimeter. Zulke hoge dichtheden komen niet voor in de energiehuishouding van het menselijk lichaam. Ter vergelijking: een kilowatt is wat profwielrenners als Tom Boonen en Mark Cavendish uit hun hele lichaam persen in de eindsprint na een makkelijke etappe. En dat houden ze dan maximaal zo'n 15 seconden vol. In z'n *Nature* column suggereert Fröhlich om op zoek te gaan naar coherente straling aan de oppervlakte van een organisme (Fröhlich, 1970). Uiteraard is er in de vier decennia sindsdien nooit iets van dien aard waargenomen.

Eiwitten nemen 15 tot 35% van het celvolume in beslag. Maar er zijn veel verschillende soorten eiwitten en voor een individueel type eiwit is de concentratie hooguit een paar gram per liter. Verder zijn eiwitten gecompliceerde moleculen. Wanneer een eiwitoplossing aan een bundel microgolven van een bepaalde golflengte wordt blootgesteld, dan worden microgolven met allerlei verschillende golflengten in alle richtingen verstrooid. Dit is omdat de energie van een geabsorbeerd foton niet op één plek en in één trilling geconcentreerd blijft, maar zich snel over de onregelmatige structuur verspreidt alvorens weer uitgezonden te worden. Een trillende chemische verbinding binnen een eiwit staat in contact met veel andere chemische verbindingen die op andere frequenties kunnen trillen. In de nette periodieke structuur van veel vaste stoffen is het goed te begrijpen hoe gestimuleerde emissie kan plaatsgrijpen. Maar hoe zo iets in een vloeistofoplossing met eiwitten tot stand kan komen is moeilijk voor te stellen.

Communicatie en coördinatie binnen een organisme vinden vooral plaats via hormonen en via het zenuwstelsel. Het gaat dan om hele concrete en hele waarneem-

bare signalen. Veel geneeskunde is gebaseerd op het sleutelen aan zulke signalen. “Fröhlich-coherentie” wordt doorgaans als een soort van eenvoudige “hand van God”-uitleg geopperd wanneer het gaat om een onbegrepen regulering of een moeilijk interpreteerbaar gegeven. Zo is, bijvoorbeeld, gesuggereerd dat effecten op de gezondheid van nabije hoogspanningskabels door verstoring van het Fröhlichmechanisme zouden plaatsvinden. De marketingbranch en het alternatieve circuit maken uiteraard geregeld dankbaar gebruik van Fröhlichs jargon. Het is niet verbazend dat acupuncturisten graag verwijzen naar Fröhlich voor een wetenschappelijke fundering en legitimering van hun activiteiten. Op <http://www.drchauallergyclinic.com/cold.htm> wordt er reclame gemaakt voor een laserlampje. Door problematisch weefsel met dit lampje te beschijnen zou men cellen met elektromagnetische problemen weer terug kunnen dwingen naar de correcte en gezonde frequenties.

Van celskelet tot matzetting

Binnen de natuurkunde stond Nobelprijswinnaar Eugene Wigner vrij eenzaam met z'n idee dat alleen het bewustzijn van de metende mens de kwantummechanische golf functie kan doen instorten. Wigner stierf in 1995. Dat was een jaar nadat Roger Penrose door de Engelse koningin tot ridder was geslagen. Penrose heeft Wigners idee in wezen omgekeerd. Volgens Penrose ontstaat het bewustzijn juist als gevolg van het instorten van de kwantummechanische golf functies binnen de eiwithuishouding.

Qua verbeeldingskracht en veelomvattendheid worden de theorieën van Fröhlich ruimschoots overtroffen door die van Roger Penrose en Stuart Hameroff. Net als Herbert Fröhlich had Roger Penrose z'n sporen ruimschoots verdiend in een niet-biologische tak van de natuurkunde voordat hij, op latere leeftijd, zich ging concentreren op de kwantumoorzaken van leven en bewustzijn. Het boekje *The large, the small, and the human mind* (Penrose, 1997) bevat een bondige en leesbare formulering van z'n kwantumbiologische theorieën. Aan de hand van een grote hoeveelheid voorbeelden beargumenteert Penrose dat de werking van het menselijk brein niet gebaseerd kan zijn op algoritmen. De manier waarop we, bijvoorbeeld, een schaakstelling analyseren is volgens Penrose meer dan een opeenvolging van procedures. In samenwerking met de anesthesioloog Stuart Hameroff heeft Penrose de gedachte ontwikkeld als zou het celskelet een kwantumcomputer herbergen. De door die kwantumcomputer uitgevoerde operaties zouden aanleiding geven tot het bewustzijn.

Het celskelet is een soort stutbalkennetwerk dat een cel structurele bestendigheid geeft. Elke cel die groter is dan een bacterie heeft een celskelet. Microtubule (Figuur 3) is het belangrijkste polymeer in het celskelet. De individuele monomeren in een microtubulespiraal zijn eiwitten van zo'n 800 aminozuren. Zo'n monomeer kan in twee moleculaire toestanden bestaan. Door deze toestanden met de 0 en de 1 van de digitale code te associëren is de

basis gelegd voor een computer. Een kwantumcomputer in dit geval, want voor elke monomeer zweeft de golf functie tussen deze twee toestanden. Via wederom de dipolen kunnen de monomeren in een microtubule een wisselwerking met elkaar hebben. Hierdoor zouden de betrokken golf functies met elkaar verstrengeld zijn. Met de tijdsevolutie van dit systeem van verstrengelde toestanden zou men, in principe, een kwantumcomputer voor handen hebben.

Het celskelet verschilt van een traditioneel steunbalkensysteem in dat het continu in beweging is. Cellen groeien en krimpen voortdurend. Voor zenuwcellen is het zo dat de omvang van synapsen met groeiende of krimpde microtubulepolymeren veranderd kan worden. Het zijn de synapsen waar signalen van de ene cel naar de andere worden doorgegeven. Zodoende zouden celskeletten, volgens Penrose en Hameroff, met het reguliere zenuwstelsel in verbinding staan en een interactie met het zenuwstelsel kunnen hebben.

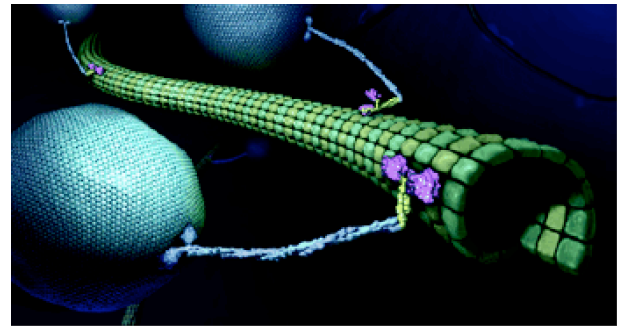


FIG. 3: Omslag van *Journal of Cell Biology*, Vol. 151 (2000). Microtubule als gezien door een artistiek vormgever. Microtubule is het belangrijkste bestanddeel van het celskelet. Elk groen blokje is een monomeer. Zo'n monomeer is een afzonderlijk eiwit van zo'n 800 aminozuren. Het uiteindelijke polymeer is een onbuigzame spiraal die 13 monomeren per winding telt en ongeveer 23 nanometer in diameter meet.

Penrose heeft decennialang verdiensten opgebouwd in de kwantumtheorie en in de algemene relativiteitstheorie. Toch is z'n theorie over het instorten van de kwantummechanische golf functie bijzonder ongebruikelijk. Stel dat een elektron in twee toestanden kan bestaan. De kwantummechanische golf functie zou dan tussen de twee toestanden in verkeren. Volgens Penrose is het zo dat allebei de betrokken toestanden dan werkelijk ontwikkeld worden. Maar er is gravitatie tussen die twee toestanden. Wanneer nu de met die gravitatie geassocieerde energie te groot wordt, dan stort de golf functie neer op één van de toestanden. Voor microtubule wordt het geacht als volgt te werken. Elk monomeer bestaat uit twee clusters en de afstand tussen de clusters is verschillend in de 0 en de 1 toestand. Het verschil is zeer miniem; het gaat om maar enkele tienden van nanometers. De gravitatie leidt tot een elkaar aantrekken van die clusters. In de elektrochemische werkelijkheid wordt die gravitatie volledig overweldigd door elektrostatische interacties en door de

warmtebeweging van de moleculen. Maar voor het instorten van de golffunctie is de gravitatie volgens Penrose essentieel. Twee toestanden met een verschil ΔE in gravitationele energie kunnen voor een tijdsduur Δt in een golffunctie verweven zijn zolang ΔE en Δt binnen de grens vallen die door Heisenbergs onzekerheidsrelatie, $\Delta E \times \Delta t \approx h/2\pi$, wordt afgebakend. Hierbij is h de heel kleine (6.6×10^{-34} Js) constante van Planck. Het is hiermee niet moeilijk na te gaan dat de gecombineerde golffunctie van ongeveer een miljard monomeren ongeveer een seconde duurt. Volgens het kwantumgravitatiemodel van Penrose is het voor een zwaar object als een mens binnen zo'n 10^{-30} seconde gedaan met de golffunctie. Voor lichtere objecten als een elektron of proton kan de golffunctie vele miljoenen jaren bestaan. Maar voor een polymeer als microtubule bevindt die overlevingstijd van de golffunctie zich dus precies in een voor het zenuwstelsel relevante schaal. Het idee van Penrose en Hameroff is nu dus dat die microtubule kwantumcomputer aan het rekenen slaat, maar dat de berekening elke keer na ongeveer een seconde wordt stopgezet door het kwantumgravitatiemechanisme. Het celskelet zou de toestand van de berekening dan doorgeven aan het zenuwstelsel. Omdat het precieze moment van stopzetten niet algoritmisch is bepaald, maar enige willekeur in zich draagt ontstijgen we hier de algoritmiek en hebben we van doen met een soort van hypercomputer. Op die manier zouden we, volgens Penrose en Hameroff, dan ook ongeveer om de seconde een “moment van bewustzijn” ondergaan. En passant meent de anesthesioloog Hameroff hier ook het grootste probleem van de anesthesiologie te hebben opgelost. Het is namelijk nog altijd maar heel gedeeltelijk begrepen waarom bepaalde chemicaliën tot narcose leiden en andere niet. Volgens Hameroff ligt de sleutel hier niet in de directe beïnvloeding door anesthetica van signalen in zenuwcellen, maar in de interacties tussen de microtubule en de anesthetica.

De theorieën van Penrose en Hameroff zijn ingenieus. Echter, op de mogelijke feitelijkheid valt één en ander af te dingen. Penrose staat nogal alleen met z'n idee dat het menselijk denken geen algoritmisch proces zou kunnen zijn. Aan het eind van *The large, the small, and the human mind* staan drie kritische essays van Penrose z'n vakbroeders over de theorie. Eén van die kritieken behandelt die algoritmiteit. Het kortste van de drie kritische essays is van Stephen Hawking. Hawking wijst erop dat kwantumgravitatie als criterium voor het ineensstorten van de golffunctie twijfelachtig en omstreden is. Er zijn andere mechanismen die tot veel snellere instorting zouden leiden.

In de oorspronkelijke formulering van de kwantummechanica was het de meting die de instorting van de golffunctie beschreef. Er zijn echter maar weinig fysici die geloven dat het bewustzijn van een metend mens de enige manier is om zo'n instorting te bewerkstelligen. Elke verstoring van de golffunctie, zo meent men nu, leidt tot instorting. Zo'n verstoring kan een meting zijn, maar ook een interactie met een ander deeltje. Het is zodoende

legitiem om twee eiwitten en hun wisselwerking in één golffunctie te zetten en daarmee aan de slag te gaan. Maar zo gauw als er een molecuul uit de omringende vloeistof bij één van de eiwitten in de buurt komt, dan is het afgelopen en stort de golffunctie in. In 2000 verscheen er in *Physical Review E* een artikel van de hand van Max Tegmark (Tegmark, 2000). De auteur deed daarin het rekenwerk aan dit voor de hand liggend bezwaar tegen de theorie van Penrose en Hameroff. Z'n uitkomst was dat botsingen van de microtubule met het water en de ionen uit de omringende oplossing de microtubule-golffunctie al binnen 10^{-13} seconde doet bezwijken. Veel sneller dus dan de ene seconde die de kwantumgravitatie oplevert. Ook is die 10^{-13} seconde veel sneller dan de tijdschaal waarop het zenuwstelsel opereert: het ontvangen, verwerken en doorgeven van een signaal door een zenuwcel duurt ongeveer een milliseconde. Golffuncties die elke milliseconde tien miljard maal tot ontwikkeling komen en dan weer instorten kunnen niet meer zijn dan achtergrondruis voor het zenuwstelsel. Er is naar aanleiding van Tegmarks artikel veel gedebatteerd. Een kort commentaar in *Science* deed het voorkomen alsof Tegmarks artikel de bijna definitieve weerlegging van het kwantumbrein was (Seife, 2000). Maar dit bleek een beoordelingsfout. Volgens Hameroff en z'n medewerkers wordt het microtubule zodanig goed afgeschermd in een cel dat de door Tegmark beschreven interacties eenvoudigweg niet voorkomen (Hagan et al, 2002). Inmiddels heeft Hameroff ontdekt dat ook de oorzaak van kanker te vinden is in de verweven kwantumcoherente toestanden van microtubule (Hameroff, 2004). Eveneens in 2004 heeft Roger Penrose weer een boek van meer dan duizend pagina's doen verschijnen: *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*. Echter, met dit boek gaat het wederom om hele bona fide en alom geaccepteerde wetenschap.

Decennialang is de vergaring en verwerking van informatie door levende wezens het werkterrein geweest van de biologie. De theorie van Penrose en Hameroff lijkt op een bokkesprong rechtstreeks van de kwantumfysica naar de hoofdprijs van de neurobiologie, d.w.z. het bewustzijn. Echter, het is juist door het vage begrip “bewustzijn” te laten voor wat het is en zich te concentreren op de transmissie van een signaal door het zenuwstelsel dat de neurobiologie succesvol is geweest en in de laatste halve eeuw tastbare en toepasbare resultaten heeft opgeleverd.

De koude kernfusie en het watergeheugen

In 1988 verscheen er in *Physical Review Letters* een artikel van drie prominente Italiaanse fysici (Del Giudice et al., 1988). *Physical Review Letters* publiceert artikelen van niet meer dan vier pagina's en richt zich tot een breed publiek van fysici. Het is het meest gelezen, meest geciteerde en ook verreweg het meest prestigieuze periodiek in de natuurkunde. De titel van het bewuste artikel was “Water as a Free Electric Dipole Laser.” In dit werk

wordt gespeculeerd over de mogelijkheid dat een hoeveelheid watermoleculen spontaan electromagnetische straling zou kunnen gaan uitzenden volgens een mechanisme dat hetzelfde zou zijn als het mechanisme achter de zogenaamde vrije-elektronenlaser.

De vrije-elektronenlaser is een uitvinding uit de zeventiger jaren. Tegenwoordig zijn er wereldwijd zo'n 50 vrije-elektronenlasers. Bij Nieuwegein runt de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie een vrije-elektronenlaser. Het is in dit verband zinvol om iets nader in te gaan op de werking van de vrije-elektronenlaser en op de in 1988 voorgestelde vermeende analoge waterlaser.

De constructie van een vrije-elektronenlaser is iets ingewikkelder dan die van een traditionele laser. Er is geen medium in de laserholte bij een vrije-elektronenlaser. In plaats daarvan wordt er gebruik gemaakt van een bundel elektronen die versneld is tot bijna de lichtsnelheid. De laserholte is een vacuüm waar aan weerszijden magneten zijn opgesteld (zie Figuur 4). Door de Lorentzkracht worden de elektronen afgebogen in een richting die loodrecht staat op zowel de richting van de snelheid van de elektronen als op de richting van het magneetveld zelf. Wanneer bewegende elektronen in een gekromde baan worden gedwongen, dan komt er zogenaamde synchrotronstraling vrij. Hier is niets mysterieus aan. Elektrische ladingen die van snelheid veranderen veroorzaken electromagnetische straling. Dat is ook de manier waarop een zendantenne werkt. De synchrotronstraling heeft in principe een zeer wijd frequentiebereik - van microgolven via het zichtbare spectrum tot aan Röntgenstraling. Echter, bij de in de figuur getoonde opstelling treedt er een feedbackmechanisme op waardoor het systeem convergeert naar de uitstraling van één enkele golflengte. Fotonen met de juiste golflengte kunnen één periode (λ_u in de figuur) verder langs het traject dat de elektronen volgen de emissie stimuleren van een foton van precies dezelfde golflengte. Uiteindelijk ontstaat er op die manier een nette coherente laserbundel.

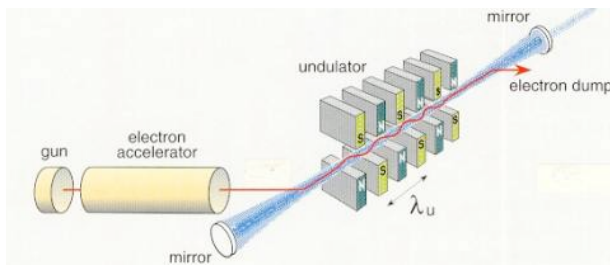


FIG. 4: De vrije-elektronenlaser. Een bundel snelle elektronen beweegt heen en weer in de undulator. De afbuigingen doen straling vrijkomen. Gestimuleerde emissie kan optreden voor straling met een golflengte die in de juist verhouding staat tot de periodiciteit van de elektronenbaan.

De juiste fysische beschrijving van de vrije-elektronenlaser vereist kwantumveldentheorie. In de kwantumveldentheorie beschrijft men interacties

tussen geladen deeltjes door kwantummechanica te combineren met Einsteins speciale relativiteitstheorie. De vergelijkingen waar de auteurs reeds vroeg in het artikel mee aankomen zijn intimiderend. Ik vrees dat ook veel professionele fysici door de gecompliceerdheid van het formalisme al vroeg uit het veld zijn geslagen. De grondgedachte is dat wanneer watermoleculen met hun sterke dipool gaan draaien er ook ladingen in gekromde banen bewegen. Dit zou dan straling en zelfs gestimuleerde emissie kunnen veroorzaken.

In de voorlaatste alinea van hun artikel maken Del Giudice, Preparata en Vitiello een voorbehoud "Even though, it must be admitted, our analysis is in many ways at a preliminary, rather rudimentary stage, nevertheless, we believe that ..." De laatste zin van het artikel luidt: "Of course much more work is needed in this direction." Sinds z'n publicatie in 1988 is het artikel zo'n twintig maal aangehaald in andere wetenschappelijke artikelen. Ondanks de geuite behoefte is er onder dat twintigtal publicaties zo goed als niets gedaan aan de verdere onderbouwing van de Free Electric Dipole Laser (FEDL). Wel is het FEDL artikel bij herhaling naar voren gebracht ter onderbouwing van allerlei uiterst dubieuze toestanden in de wetenschappelijke marge.

Nauwelijks twee maanden na de roemruchte "koude kernfusie"-persconferentie van Fleischmann en Pons wordt de FEDL in een kort speculatief artikel ("It is the purpose of this paper to provide a few hints that might lead to a theoretical understanding of the fascinating phenomena ...") betrokken bij een verklarend mechanisme voor de koude kernfusie (Bressani, Del Giudice & Preparata, 1989). Twee van de drie auteurs op dit artikel hadden hun naam ook staan boven het oorspronkelijke FEDL artikel.

Het verhaal kreeg hier zowaar een civielrechtelijk staartje. In een boekbespreking in 1991 in de Italiaanse krant "La Repubblica" werd de koude kernfusie betiteld als "wetenschappelijk bedrog." Prompt stapten Fleischmann, Pons en de drie auteurs van het bovengenoemde 1989-artikel naar de rechter om vijf miljoen dollar in schadevergoeding te eisen. Het Italiaanse gerecht heeft toen een grootschalig onderzoek ingesteld om na te gaan of de die betiteling nu terecht, dan wel lasterlijk was. De conclusie viel uit in het nadeel van de vijf aanspanners van de rechtzaak. En deze laatsten hebben uiteindelijk de door het hof gemaakte kosten moeten betalen.

Als een soort achterafgedachte wordt aan het eind van het FEDL artikel gesuggereerd dat in water een permanente elektrische polarisatie kan ontstaan rondom een "impurity that carries a sizeable electric dipole." De mogelijkheid van zo'n ordening rolt uit de lange en ingewikkelde formules en wordt pas op de laatste pagina naar voren gebracht. Het blijft allemaal erg vaag. Al vele decennia lang zijn theoretici en experimentalisten bekend met, bijvoorbeeld, de onbewegelijke schil van watermoleculen die zich in water rondom een ion vormt. Dit gebeurt omdat watermoleculen een sterke elektrische dipool hebben. Binnen een afstand van ongeveer een

Ångström (10^{-10} meter) van het ion richten die dipolen zich naar het elektrische veld van het ion en vormen daarbij een stevige bolvormige eenheid rondom het ion. Die schil van watermoleculen is berekenbaar en heeft meetbare consequenties in de reageerbuis. Er is bijvoorbeeld een hoeveelheid energie nodig om die schil af te breken. Deze energie heeft hele waarneembare gevolgen voor chemische reacties. Maar in het FEDL artikel gaat het over “ordered structures in macroscopic domains.” Er wordt geen enkele schatting gedaan met betrekking tot de geassocieerde energie of entropie. Wat betreft het bereik van deze ordening wordt er verder gezegd dat het om enkele tienden van millimeters kan gaan. Nergens in de literatuur heb ik ook verder een berekening of benadering gevonden van die energie. Dit is des te pijnlijker omdat de traditionele kwantummechanica juist altijd erg succesvol is geweest in het met grote precisie getalsmatig voorspellen van energieniveaus.

In veel van het pseudowetenschappelijk werk waarin het FEDL artikel wordt aangehaald suggereert men dat de traditionele natuurkunde moet worden gelaten voor wat ze is en dat het FEDL artikel een diepere en correctere waarheid onthult. Maar het FEDL artikel bevat voornamelijk vaagheid en een gebrek aan intuïtiviteit. Bij een vrije-elektronenlaser gaat het om een gerichte bundel elektronen in een vacuüm die met bijna de lichtsnelheid beweegt. Net als bij een gewone laser gaat het bij een vrije-elektronenlaser ook om energiedichtheden die in een levend organisme niet voorkomen. Wel is er in het vloeibare water waar de meeste levende organismen voor het grootste deel uit bestaan een hele intense warmtebeweging: watermoleculen bij kamertemperatuur bewegen met zo’n 500 meter per seconde en hebben elke seconde wisselwerkingen met enige tientallen biljoenen andere watermoleculen. Meer dan honderd jaar vloeistoffysica heeft o.a. het inzicht opgeleverd dat er meer nodig is dan een enkel ion, oscillerend of niet, om in zo’n omgeving orde op macroscopisch niveau af te dwingen. Om in vloeibaar water, met al z’n warmtebeweging, op macroscopisch niveau een ordening teweeg te brengen zijn er macroscopische hoeveelheden energie nodig. Die energie kan niet uit de warmtebeweging zelf worden gehaald. De tweede hoofdwet van de thermodynamica staat dat niet toe. Om macroscopisch ordening te krijgen kun je het water, bijvoorbeeld, bevriezen. Maar dan heb je een koelkast nodig die macroscopische hoeveelheden energie consumeert. Dat een enkel geladen ion of een molecuul met een al dan niet trillende dipool het omringende water op grote schaal tot ordening zou dwingen is in strijd met natuurkundige wetten, met natuurkundig inzicht en met natuurkundige intuïtie.

Het is vooral de “permanent electric polarization around an impurity”-suggestie in het FEDL artikel die de laatste jaren steeds veelvuldiger wordt aangehaald om claims te onderbouwen als zou vloeibaar water een “geheugen” met zich mee kunnen dragen. Structuren in het water zouden een “geheugen” behouden voor een oorspronkelijke oplossing, ook als de verdunningen zo-

danig zijn dat geen enkel molecuul van de oorspronkelijke oplossing zich nog in het water bevindt.

Het bestaan van een “watergeheugen” werd voor het eerst gesuggereerd in een omstreden publicatie in *Nature* van de groep van Jacques Benveniste (Davenas et al., 1988). Dat was in hetzelfde jaar als waarin het FEDL artikel verscheen. Benveniste en z’n medewerkers rapporteerden hoe een biochemische oplossing ook een effect had nadat de oorspronkelijke moleculen door opeenvolgende verdunningen volledig waren verdwenen. Nooit eerder had een legitimering van de homeopathie een zo prestigieus wetenschappelijk tijdschrift bereikt. In een poging z’n resultaten geloofwaardig te maken ten overstaan van de wetenschappelijke mainstream speculeren Benveniste en z’n co-auteurs aan het eind van het artikel dat water wellicht over een soort van geheugen zou kunnen beschikken. Een opgelost molecuul zou een soort van permanente afdruk maken op het omringende water en die afdruk zou voortbestaan ook nadat het oorspronkelijk molecuul is wegverdund. Ter onderbouwing van die bewering wordt verwezen naar een publicatie van de voornoemde Herbert Fröhlich.

Speurend in de Science Citation Index ziet men dat pakweg de helft van de referenties naar het FEDL artikel pas in het laatste decennium zijn gedaan en wel in *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. Bijna al die verwijzingen zijn ter onderbouwing van een claim als zou de moderne kwantumveldentheorie ondersteuning geven aan de homeopathische basisprincipes. De eerste referentie is van 1998 en betreft een overzichtsartikel van bijna 30 pagina’s lang over homeopathie (Valance, 1998). Dat artikel bevat 4 pagina’s met referenties. Het tweede artikel in *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* dat het FEDL artikel als bronvermelding bevat vormt een afwijking van het patroon. Het gaat hier niet om homeopathie. Het is een artikel uit 2002 van Beverly Rubik dat in wezen weinig anders is dan een slecht verhuilde advertentie voor een apparaat dat mensen zou beschermen tegen de schadelijke effecten van stress door het organisme “homeodynamisch te stabiliseren.” Het gaat hier om een gepatenteerd fabrieksgeheim en daarom lezen we: “Presently, the precise engineering details of Sympathetic Resonance Technology are proprietary, a trade secret. Only a general description of Sympathetic Resonance Technology can, therefore, be provided here.” In de alinea daarna worden we vervolgens vergast op absurditeiten als “The output is the proprietary non-Hertzian fields generated by the proprietary frequencies.” Blijkbaar kan men dus ook patent hebben op een frequentie. Bij een vaag apparaat hoort een vage theorie en we lezen in dat verband: “Sympathetic Resonance Technology involves subtle energy, an energy that has certain properties of electromagnetic fields but is subtle so that its key frequencies cannot be detected by using conventional electromagnetic detectors.” Enkele regels verder wordt ons dan verteld dat materie informatie kan opslaan en doorgeven en het FEDL artikel wordt daarbij als bronvermelding gegeven.

Na z'n *Nature* artikel van 1988 heeft Benveniste de watergeheugen-hypothese verder ontwikkeld tot een uitgebreide en zonderlinge theorie over hoe water signalen kan kopiëren en doorsturen. Ook hij heeft de weg naar het FEDL artikel gevonden. Benveniste is in 2004 overleden, maar z'n webstek wordt nog altijd onderhouden (<http://www.digibio.com>) en het FEDL artikel is daar de enige referentie op de "What is Digital Biology"-pagina.

LCH, MARH, RHom, PhD, CChem, FRSC

Het Free Electric Dipole Laser artikel van 1988 is een standaard bronvermelding geworden in het omvangrijk oeuvre van Lionel R. Milgrom. Lionel R. Milgrom is de voormalige directeur van de Britse "Society of Homeopaths." Achter z'n naam heeft Lionel een gigantische hoeveelheid titels; titels die hij meezeult van het ene artikel naar het andere. Gestaag is z'n stroom van publicaties en heel geregeld draagt hij ook bij aan *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*.

De kwantummechanica zoals we die traditioneel kennen is van toepassing op atomair niveau. Er zijn elegante afleidingen die duidelijk maken hoe de kwantummechanica overgaat in de klassieke mechanica als we de schaal vergroten en de voornoemde constante van Planck verwaarloosbaar klein wordt. Maar Lionel is niet voor een gat te vangen. Er is namelijk "... a more general version of quantum theory (called weak quantum theory; WQT), which relaxes several of its nanoscopically limiting axioms, including Planck's constant" (Milgrom, 2008). Het betreffende artikel draagt de indrukwekkende titel: "A new Geometrical Description of Entanglement and the Curative Homeopathic Process."

De patient, z'n genezer en de genezing zelf worden in dit artikel meedogenloos als golf functies neergezet: "The idea of PPR entanglement on the other hand, envisages the patient (Px), practitioner (Pr), and remedy (Rx) achieving a potentially therapeutic macro-entangled state. This is described by a state function $|\Psi_{PPR}\rangle$ (as are each of the patient, $|\Psi_{Px}\rangle$; the practitioner, $|\Psi_{Pr}\rangle$; and the remedy, $|\Psi_{Rx}\rangle$) in a 'therapeutic state space.' However, these state functions are not related to quantifiable physical observables (e.g., position and momentum) as in orthodox quantum theory. They are related to more qualitative observables, such as the signs and symptoms of a dis-ease, as expressed by the patient and observed by the practitioner." De golf functies worden op de hoekpunten van regelmatige veelvlakken gezet en vervolgens worden er dan tetraeders gespiegeld en gedraaid. De uiteindelijke conclusie is een kunstig stukje New Age taal "... the practitioner may notionally facilitate formation of the tetrahedral entangled PPR and curative stella octangula states but not, in semiotic terms, be at their epicenters. These 'places' are reserved exclusively for the patient through the journey to cure."

Tevergeefs zoekt men op de pagina's van *The Jour-*

nal of Alternative and Complementary Medicine naar zelfs maar een kritische kantekening bij Milgroms nogal groteske theorieën. Echter, heel rechtstreekse kritiek kan men vinden in de bloggerswereld. Lionel is zeer hard aangepakt in de blogosfeer. Bloggers hebben weinig ontzag voor titulatuur, voor golf functie formalismen en voor verbaal ectoplasma. Op 19 december 2008 levert de blogger "Orac" van <http://scienceblog.com/insolence> uitgebreid en fel kritiek op Milgroms bovengenoemd artikel. Maar ook Orac kan niet ontkennen dat er een grote verbeeldingskracht schuilt in het werk van Lionel. Orac vergelijkt Milgrom met Tolkien in de zin dat ook Milgrom een soort van eigen universum creëert. Milgroms universum is inderdaad een heel uniek mengsel van middeleeuwse mystiek en moderne wetenschap. Bij een deel van Milgroms bronvermelding gaat het om serieuze en legitieme natuurkunde, maar veelvuldig heeft hij het ook over, bijvoorbeeld, de "vital force" wat hij dan heel professioneel afkort met "Vf." Dit levert prachtige retoriek op als "Given the already-mentioned multidimensional nature of Vf ..." Literaire gaven kan men Milgrom niet onzeggen. Zinsconstructies, woordkeus en betooglijnen zijn perfect. De illustraties zijn indrukwekkend. Ongemerkt wordt de lezer meegevoerd naar een magische, kabbalistische wereld. Het geeft te denken dat Milgrom's artikel 1 April als publicatiedatum heeft, ware het niet dat het hier blijkt te gaan om deel 11 in een serie van artikelen over Patient-Practitioner-Remedy Entanglement.

Ook Andy Lewis van <http://www.quackometer.net/> besteedt op 5 juli 2008 uitgebreid aandacht aan Milgroms kwantumtheoretische overdenkingen. Indien het Milgrom erom ging serieuze natuurkunde te bedrijven met z'n "quantum theory of homeopathy," dan had hij volgens Lewis in de natuurkundige vakliteratuur moeten gaan publiceren. Indien het kwantummechanisch golf functie formalisme bedoeld is als beeldspraak, dan faalt het omdat een beeldspraak een moeilijk idee verheldert door vergelijking met iets waar het publiek beter mee bekend is. Kwantumfysica is niet echt een algemeen bekend terrein, noch voor het brede publiek, noch onder alternatieve genezers. Aldus redeneert Lewis.

Maar Milgroms verhaal heeft een moraal en hij heeft de kwantumfysica nodig om die moraal er bij de lezer door te drukken. Al in de tweede alinea lezen we: "Evidence-based medicine and the double-blind randomized-controlled trial, like much of biomedical science, are rooted in the reductionist philosophy of logical positivism combined with local realism." En even verder "... quantum theory transcends local realism and the reductionism of biomedicine" en "PPR analysis affords a *post hoc* explanation of the observed 'leakage' between verum and placebo groups during recent double-blind provings of homeopathic remedies ..." Kortom, Milgroms kwantumtheorie moet duidelijk maken dat de werkelijkheid oneindig veel gecompliceerder is dan klinische toetsing, dubbelblind onderzoek en statistische analyse. Aan het eind van het artikel luidt het: "... it is clear that the nature of the therapeutic process requires its initial

separation and ‘isolation’ from the usual external environment as a necessary prerequisite for the coherence of entanglement to occur and cure to begin.” Hetgeen dus inhoudt dat het voor de effectiviteit van de homeopathie noodzakelijk is dat er geen bemoeienis plaatsvindt van de kant van tuchtcolleges, klinimetristen, nieuwsgierige onderzoekers, de James Randi Educational Foundation, etc. etc.

Milgroms troebele rijstebrij van semiotische tekens en verweven golffuncties is uiteindelijk weinig anders dan een doorzichtige poging om de homeopathie te immuniseren tegen het vonnis van Evidence-Based Medicine en z’n Double-Blind Randomized-Controlled Trial. De Double-Blind Randomized-Controlled Trial is de enige geloofwaardige manier om de effectiviteit van een geneeswijze met die van een andere geneeswijze te vergelijken en om die effectiviteit dan getalsmatig uit te drukken. Voortgang van de medische wetenschap vindt plaats aan de hand van zorgvuldig uitgevoerde Double-Blind Randomized-Controlled Trials en zonder Double-Blind Randomized-Controlled Trials is de medische wetenschap eigenlijk geen wetenschap meer.

Als de Double-Blind Randomized-Controlled Trial om fundamentele redenen niet van toepassing is op de homeopathie, dan is de homeopathie genoopt om altijd te blijven wat het in essentie altijd al was: een geloof. Ik ben altijd erg onder de indruk geweest van de verblijvende dingen die er in de natuurkunde met kwantummechanische golffuncties kunnen worden gedaan. Maar ik had nooit kunnen vermoeden dat die golffuncties, in de handen van Lionel Milgrom, uiteindelijk het vermogen zouden blijken te hebben om de ware aard van de homeopathie te onthullen.

Biotheologie

Het is pas in de loop van de laatste paar eeuwen dat men tot de conclusie is gekomen dat er geen speciaal “vitaal” principe van node is om een levend organisme te doen functioneren. Het aantal biochemici en biofysici is enorm gegroeid en steeds vaker en overtuigender blijkt dat de biologie z’n grondslag vindt in de wetten van de chemie en de fysica. De hierboven behandelde kwantumbiologische theorieën lijken erg op een weer terugvallen naar de gedachte dat de stuwende kracht achter het leven iets magisch en onmeetbaars is. Verder dan wat vage pseudo-uitleg zijn de kwantumbiologen eigenlijk nooit gekomen.

Tragisch is vooral de medische spin-off waar de kwantumbiologie aanleiding toe heeft gegeven. Google en op “quantum healing” levert vele duizenden resultaten op. Er bestaat tegenwoordig blijkbaar ook “quantum touch” therapie. Bij een bezoekje aan <http://www.quantumtouch.com> kan men reeds snel vaststellen dat het hier eigenlijk om weinig anders gaat dan eenvoudige ouderwetse handoplegging. Maar er wordt nu een geheel nieuw jargon omheen gebreid: “When the practitioner holds a high vibrational field of life-force en-

ergy around an affected area, she or he facilitates healing through the process of resonance and entrainment.” En even verder: “We believe that what we’re doing is affecting matter on that quantum, subatomic level and it works its way up through the atoms, the molecules, the cells, the tissue ... and then we see bones move.” En dan zien we dat het vanuit wetenschappelijk oogpunt allemaal heel bona fide is want kwantumbioloog Glen Rein “has found that healers were capable of affecting the very winding of DNA. In order to accomplish this, healing must first begin on a quantum or subatomic level and work its way through the rest of the body.” Elders (<http://www.soundenergy.net/dnamod.htm>) blijkt dat Glen Rein ook heeft uitgevogeld dat rock muziek de DNA-windingen niet lossen kan maken, maar dat religieuze chants en Gregoriaanse gezangen dat wel kunnen. Glen Rein runt het Quantum Biology Research Lab in Northport in de staat New York en hij is faculteitsadviseur bij de nogal vage Holos University. En jawel, hij blijkt ook redacteur te zijn bij hetzelfde *Journal of Alternative and Complementary Medicine* dat we al eerder tegenkwamen. Tenslotte is hij nog betrokken bij de marketing van “Aulterra.” Aulterra is “an organic, paramagnetic and diamagnetic material prepared with a unique blend of scientific and homeopathic processes.” Je kunt een “Aulterra Neutralizer” kopen en aan je gsm bevestigen om zo de schadelijke effecten van de elektromagnetische straling van de gsm te reduceren en reeds geleden schade zelfs te herstellen.

Kwantumbiologie is toch echt weinig anders dan New Age biotheologie en een voorwendsel voor kwakzalverij.

Literatuur

- Bressani, T., E. Del Giudice & G. Preparata (1989). First steps toward an understanding of “cold” nuclear fusion. *Il Nuovo Cimento* 101A (5), 845-849.
- Davenas, E., F. Beauvais, J. Arnara, M. Oberbaum, B. Robinzon, A. Miadonna, A. Tedeschi, B. Pomeranz, P. Fortner, P. Belon, J. Sainte-Laudy, B. Poitevin & J. Benveniste (1988). Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserum against IgE. *Nature* 333, 816-818.
- Del Giudice, E., G. Preparata & G. Vitiello (1988). Water as a free electric dipole laser. *Physical Review Letters* 61(9), 1085-1088.
- Einstein, A. (1917). Zur Quantentheorie der Strahlung. *Physikalische Zeitschrift* 18, 121-128.
- Feynman, R.P. (1967). *The character of physical law*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press
- Frohlich, H. (1968). Long range coherence and energy storage in biological systems. *International Journal of Quantum Chemistry* 2, 641-649.
- Frohlich, H. (1970). Long range coherence and the action of enzymes. *Nature* 228, 1093.
- Hagan, S., S.R. Hameroff & J.A. Tuszyński (2002). Quantum computation in brain microtubules: decoherence and biological feasibility. *Physical Review E* 65, 061901

- Hameroff, S.R. (2004). A new theory of the origin of cancer: quantum coherent entanglement, centrioles, mitosis, and differentiation. *BioSystems* 77, 119-136.
- Milgrom, L.R. (2008). A new description of entanglement and the curative homeopathic process. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 14(3), 329-339.
- Penrose, R. (1997). *The large, the small and the human mind*. Cambridge, England: Cambridge University Press
- Rubik, B. (2002). Sympathetic resonance technologyTM: scientific foundation and summary of biologic and clinical studies. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 8(6), 823-856.
- Seife, C. (2000). Cold numbers unmake the quantum mind. *Science* 287, 791.
- Tegmark, M. (2000). Importance of quantum decoherence in brain processes. *Physical Review E* 61(4), 4194-4206.
- Vallance, A.K. (1998). Can biological activity be maintained at ultra-high dilution? An overview of homeopathy, evidence, and bayesian philosophy. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 4, 49-76.
- Martin Bier is natuurkundeprofessor aan East Carolina University in Greenville, North Carolina.