

'De theorie voor alles of niets' is de titel van de inaugurale rede, die Piet Mulders, buitengewoon hoogleraar in de 'theoretische intermediaire-energie fysica' aan de VU, vorige maand hield. Hoe belangrijk is het niets voor het alles?

Cas de Stoppelaar

De aanstaande hoogleraar in de 'theoretische intermediaire-energie fysica' zit in een erg kaal kamertje in de VU. Hij heeft hier nog maar net zijn intrek genomen, over drie uur gaat hij zijn inaugurale rede houden. Aan de wand hangt een schoolbord vol formules, van de soort die striptekenaars of fotografen graag als achtergrond voor zeer geleerde fysici gebruiken — onleesbare reeksen symbolen, die op de structuur van onze materie zullen slaan.

Piet Mulders zelf doet aanvankelijk zichtbaar zijn best om woorden als leptonen, anti-neutrino's en pi-mesonen niet te snel uit te spreken, maar in het toenemend enthousiasme van zijn betoog vuurt hij ten slotte complexe begrippen als versnelde deeltjes op mij af.

Snel nemen we de grondbeginselen door. Maar dan wil ik weten wat 'intermediaire-energie fysica' eigenlijk is. Mulders: "Ik ben opgeleid in Nijmegen, bij de afdeling hoge-energie fysica, waar men zich ondermeer bezig houdt met de laagenergetische kant van de hoge-energie fysica." Hij legt uit dat intermediaire energie echter niet 'halfhoog' betekent, maar dat het begrip meer geïnterpreteerd moet worden als 'bemiddelend tussen': "Naar mijn mening moet het veld van onderzoek gezien worden als het raakvlak tussen kernfysica (laag energetisch) en hoge-energie fysica. Ik zie het dus niet als een nieuwe subdiscipline van de subatomaire fysica."

Welke subatomaire deeltjes hebben vooral uw belangstelling?

"Primair houdt de subatomaire fysica zich bezig met de studie van de atoomkern. Die kern is uit protonen en neutronen opgebouwd. Een proton is maar vijf keer zo klein als de kern zelf. Een 'typische kern' is 3 femtometer groot (1 femtometer is 10^{-15} meter), en daarin zitten protonen van 0,8 femtometer doorsnee. In een kern zoals van die van zuurstof, bestaande uit zestien neutronen en protonen, zitten die deeltjes dus stevig op elkaar gepakt.

"Een proton en een neutron zijn op zich ook weer samengesteld. Ze zijn opgebouwd uit quarks, de elementaire bouwstenen van de materie — voor zover we dat nu kunnen overzien.

"Een vraag van de 'intermediaire-energie' fysicus is bijvoorbeeld: wat voor rol spelen de krachten tussen quarks in de krachten die in een atoomkern heersen? Dit is enigszins vergelijkbaar met de vraag die in de moleculuifysica gesteld wordt: wat voor rol speelt de elektronenstructuur van het atoom binnen het molecuul? De atomen binnen een molecuul kunnen een beetje gepolariseerd worden. Zo kan misschien een proton of een neutron binnen een kern ook een beetje 'gepolariseerd' zijn — al werkt dat hier anders, omdat quarks onderling niet uitgewisseld kunnen worden, in tegenstelling tot elektronen."

We verdiepen ons in elementaire deeltjes. Was de atoom al 'ondeelbaar' volgens de Grieken, volgens Rutherford bestond het atoom uit een kern en in banen rondzwermende elektronen. Er werden protonen en neutronen in de kern ontdekt, en in het begin van de jaren zestig werden door Gell-Mann en Zweig de quarks gepostuleerd als bouwstenen voor de protonen en neutronen.

Een quark kan niet los voorkomen, alleen als drietal (bijvoorbeeld in een proton) of samen met zijn anti-quark (in een meson), dus daarom is een quark moeilijk te bestuderen, en niet direct te zien of hij uit kleinere onderdelen is opgebouwd.

De vraag blijft dus, in hoeverre is een quark nu het allerkleinste onderdeel van de materie — een 'punteeltje'. Of is een quark op zich ook weer samengesteld?

Mulders: "Tot nu toe is er geen reden om aan te nemen dat een quark geen punteeltje is, op grond van onze berekeningen vergeleken met de experimenten die worden gedaan. De theorie staat dus nog overeind. Nog wel. Maar volgend jaar gaat dat misschien mis, want dan beginnen de experimenten met de HERA-versneller bij DESY in Hamburg.

"Het kleinste detail dat we tot op heden kunnen waarnemen is ongeveer $1/100$ ste van de straal van het proton. Op dit niveau zijn quarks nog puntvormig. Maar volgend jaar, bij de experimenten in Hamburg, kunnen we de scherpte van het beeld vertienvoudigen, dan zien we details tot $1/1000$ ste van de straal van het proton."

Hoopt u dat 'het mis gaat'?

"Nou, dat zou heel interessant zijn."

Als quarks worden ontmaskerd als samengestelde deeltjes, moet er dan een nog grotere versneller komen?

"Er zijn al plannen voor nog grotere versnellers, die ons nog een factor tien verder brengen."

Kernfysicus Piet Mulders:

'Mijn vacuüm is als een viool voor een blinde. Hij ziet hem niet maar de viool is er wel'

Bij die superversneller zou je dus de situatie kunnen krijgen dat je een elektron dwars door een quark heen schiet. Wat zie je dan?

"Ja, als een quark samengesteld is, zou dat kunnen gebeuren. Maar dat

Belangrijk voor het theoretisch onderzoek naar de elementaire bouwstenen van onze materie zijn de deeltjesversnellers, waarin de theorie getest moet worden. Uiteindelijk is natuurkunde een empirisch vak, en hoe wiskundig de theoretisch fysicus ook moge denken, hij moet zijn theorie toetsen aan de natuur, hoe onalledaags die ook is binnen een versneller. Een versneller is in feite een microscoop. Een bacterie die onder een conventioneel licht-microscopie ligt, en waarop een lampje schijnt, wordt (om met de woorden van de hoge-energie fysicus te spreken) met fotonen beschoten, of nog beter: 'Ik verstrooi mijn fotonen aan de bacterie'. Op dezelfde manier als fotonen kunnen elektronen (bijvoorbeeld zoals in een elektronen-microscopie) of ook andere deeltjes gebruikt worden. In alle gevallen is het de energie van de deeltjes die hun golfengte en daarmee hun 'oplossend vermogen' (de scherpte van het beeld) bepaalt. Hoe kleiner het object, des te korter moet de golfengte van het deeltje zijn, om nog wat te zien. En hoe hoger zijn energie, des te groter de versneller moet zijn. Uiteindelijk bereikt men de schaal dat de fysicus zegt: 'Ik verstrooi mijn elektronen aan een proton'. Er is dan uiteraard geen sprake meer van enig beeld. De elektron botst met grote vaart op een proton, uit

Jan Libbenga

Het bedrijf Biopure uit Boston heeft kunstbloed ontwikkeld uit runderhemoglobine, het eiwit dat in het bloed het zuurstoftransport regelt. In Guatemala is het kunstbloed, dat Hemopure wordt genoemd, aan tien betaalde vrijwilligers zijn toegediend. Volgens de onderzoeker met goede resultaten. Aan menselijk bloed is in de Verenigde Staten een groot tekort. Van runderhemoglobine, dat biochemisch lijkt op menselijk hemoglobine, is de voorraad echter onuitputtelijk. Alleen al in de Verenigde Staten worden jaarlijks 70 miljoen koeien geslacht. Elke koe levert gemiddeld twintig tot dertig liter bloed.

Infecties

Het risico voor infecties bij sommige bloedtransfusies is erg groot. Van de 4 miljoen Amerikanen die jaarlijks een transfusie ondergaan, krijgen er gemiddeld 250.000 hepatitis (geelzucht). In Nederland ligt dat aantal aanmerkelijk lager, ook percentage.

De angst voor AIDS en andere be-

'doorheen schieten' moet je niet te letterlijk nemen. Je werkt met quantummechanische beschrijvingen, waarbij de deeltjes een golfkarakter hebben. Wanneer een quark-samenstelling zou zijn uit meerdere 'onderdeeltjes, krijgen we een kenmerkend interferentie-patroon."

Deeltjesversnellers

deze botsing komen andere deeltjes voort die in worden opgevangen, bijvoorbeeld in een 'dradenkamer' — een opstelling met duizenden draden, verbonden met een computer. Een deeltje schiet langs een draad, wordt gesignaleerd ('geeft een tik') en die signalen, samen met miljoenen andere, worden door de computer uitgelezen tot een beeld of een getal. Voor het onderzoek van de structuur van de atoomkern, samengesteld uit protonen en neutronen (het traditionele onderzoeksterrein van de kernfysica) worden versnellers zoals die bij het Nationaal Instituut voor Kernfysica en Hoge-Energie Fysica (NIKHEF) gebruikt. De elektronen krijgen een energie tot ongeveer 600 MeV (600 miljoen elektron-volt, dit is de energie die een elektron krijgt na een potentiaalverschil van 600 miljoen volt doorlopen te hebben. De versneller hiervoor is tweehonderd meter lang.

Voor het onderzoek van de quarkstructuur van protonen en neutronen zijn versnellers met hogere energie nodig. Zo ontstond historisch gezien de naam 'hoge-energie fysica'. De versnellers werden steeds groter, of (om de lengte oneindig te maken) cirkelvormig. Een nadeel van de cirkelvorm is dat deeltjes bij hogere

snelheden in hun baan gehouden moeten worden. Dat kan door ze 'naar binnen' te trekken. Met name lichtere deeltjes gaan bij hoge snelheid onder invloed van deze kracht een zogenaamde remstraling (fotonen) uitzenden, hetgeen weer energie kost en remmend werkt. Zwaardere deeltjes hebben daar minder last van. In het CERN te Genève worden muonen versneld tot bijna 300 GeV (300 miljard elektron-volt) waarmee een schaal van $1/1000$ ste van die van het proton bekeken kan worden. Met de HERA versneller in Hamburg kan hierin een factor tien verbetering komen. De grote versnellers worden niet alleen gebruikt om het scheidend vermogen op te voeren, maar ook om nieuwe zware deeltjes te creëren door energie om te zetten in massa. De LEP versneller bij CERN is op dit moment de grootste met een omtrek van 27 kilometer. De geplande SSC-versneller in Texas krijgt een straal van 83 kilometer.

De vraag is of dat voldoende zal zijn om te ontdekken of quarks, de (tot op heden elementaire) bouwstenen van protonen en neutronen, uit meerdere onderdelen zijn opgebouwd. Zo ja, dan kan de fysicus weer vele jaren vooruit om die allerkleinste deeltjes te onderzoeken. Zo nee, dan kan hij ook nog vele jaren vooruit, want niemand zegt dat er niet nog eens duizend keer scherper gekeken moet worden om ze alsnog te ontdekken.

metingen zit er in de VS ook goed in: veel mensen hebben hun eigen bloed laten invriezen om dat bij een noodzakelijke transfusie terug te krijgen. Voor het testen van het nieuwe kunstbloed moest naar Zuid-Amerika worden uitgeweken omdat de Food and Drug Administration (FDA), het overheidsorgaan dat onder meer toezicht houdt op de Amerikaanse geneesmiddelenmarkt, geen toestemming had gegeven voor verdere experimenten met Hemopure in de Verenigde Staten. De eerste experimenten in de Northfield Laboratories in Illinois waren weinig bemoedigend. Bij de meeste vrijwilligers waren geen complicaties waargenomen, maar mensen met bloedarmoede (anemie) klaagden over pijn in de borst, duizeligheid en een algemeen gevoel van onbehagen. Biopure schrijft dit echter toe aan onzuiverheden in het kunstbloed dat voor het experiment is gebruikt. De experimenten in het

Runderhemoglobine nog niet geschikt voor kunstbloed

(academische) Herara Llerandi Zienkous in Guatemala zouden wel succesvol zijn geweest. Projectleider dr. Rudolf Garcia-Gallont injecteerde het kunstbloed eerst bij zichzelf en daarna bij negen vrijwilligers, onder wie Nederlanders en Zwitsers. Het gebruik van runderhemoglobine is volgens de onderzoekers minder vreemd dan het lijkt; diabetici worden immers al jaren geholpen met insuline van varkens.

Bloedvervangend middel

Ook bij het Centraal Laboratorium van de Bloedtransfusiedienst van het Nederlandse Rode Kruis in Amsterdam wordt gewerkt aan de ontwikkeling van bloedvervangend middel, een hemoglobineoplossing bereid uit menselijke erythrocyten (rode bloedlichaampjes). Het voordeel van een hemoglobineoplossing is dat het snel en zonder bloedgroepbepaling kan worden toegediend. Zo'n middel zou vooral bruikbaar zijn na ernstige ongelukken, als de patiënten naar het

te zijn, want het vacuüm heeft een ingewikkelde structuur, zestig jaar geleden al (voor elektronen) in theorie opgesteld door Paul Dirac. Mulders: "Een aardig voorbeeld is de viool en de blinde. Mijn vacuüm is als een viool. Ik zie hem niet, maar hij is er wel. Het vacuüm heeft dus een ingewikkelde structuur, want een viool is een ingewikkeld instrument, maar voor de blinde is die zonder betekenis. Door energie aan de viool toe te voegen, zeg maar gewoon door over de snaren te strijken, ontstaat een toon. En die nemen we waar. Dan 'zien' we iets."

De oratie van Mulders is getiteld 'Een theorie voor Alles of Niets?'. Hij behandelt behalve dit Niets ook het Alles, maar stelt dat, zelfs als we de theorie voor 'alles' hebben, dit nog niet betekent dat we ook het vacuüm — dit 'niets' — begrijpen. (Dit is dan ongeveer tegengesteld aan de 'Oosterse mystiek', waarmee iemand als Fritjof Capra schermt in relatie tot de quantummechanica; in een filosofische leer als het Boeddhisme wordt eerst naar de totale 'leegte' gestreeft om op grond daarvan een inzicht in de kosmos te verwerven.)

Een aantal fysici hebben zich in afgelopen jaren de opmerking laten ontvallen dat binnen afzienbare tijd de wereld opgeleurd zou worden met een 'Theorie Voor Alles', een soort elementairfysische toverspreuk, die zo krachtig en veelomvattend is dat het hele heelal verklaard zou kunnen worden, op basis van een aantal elementaire deeltjes en hun onderlinge krachten (van elektrische krachten tot en met zwaartekracht). De verdedigers van dit standpunt hebben zich daarmee de spot van anderen mee op de hals gehaald, zoals de Amsterdamse natuurkundige Ad Lagendijk, die deze houding 'arrogant' noemde.

Waarom kunt u, na een top-down benadering die een Theorie voor Alles kon opleveren, de omgekeerde weg niet bewandelen om, uitgaande van zo'n theorie, de opbouw van de wereld om ons heen te verklaren? Komt een aan de hand van quarks beschreven olifant niet tot leven?

"In theorie moet dit mogelijk zijn, zou je dan zeggen. Maar ik weet zeker dat dit in de praktijk nooit kan gebeuren. Stel dat je een computer wilt bouwen die de gehele olifant tot in details simuleert, dan is die computer in feite die olifant. Het aantal vrijheidsgraden is zo groot, dat je de olifant niet kan beschrijven vanuit de Theorie voor Alles."

"Daarnaast heb je uiteraard nog de problemen, die de computer zelf ontmoeten en die de natuur zelf soms heel onlogisch heeft opgelost: je komt punten tegen waar je gewoon een keuze moet maken. Je kan in je theorie een kromme tegenkomen met bijvoorbeeld een scherpe hoek erin — in ieder geval niet continu — of een reeks hobbels en dalen, met hier een laagste energieniveau, en daar, en daar, en waar de natuur gewoon een toevallige keuze maakte."

Zoals linksdraaiend melkzuur en een rechtsdraaiend slakkehuis.

"Ja, dat soort keuzes zijn niet te berekenen door de fysicus. In zijn berekeningen komen beide mogelijkheden als oplossing voor."

"En afgezien hiervan, waarom maak je al die theorieën? Je stelt ze op om de essentie van een natuurlijk verschijnsel te leren kennen — dat wil zeggen de relevante vrijheidsgraden te isoleren — en niet om die natuur na te bouwen."

"Stel dat je een computer wilt construeren om het weer buiten tot op de regendruppel nauwkeurig te voorspellen. Dan heb je oneindig veel gegevens nodig, je hebt oneindig veel vrijheidsgraden, en dan kan zelfs de snelste computer met het beste programma het niet beter of sneller doen dan het weer zelf. En wat heb je daar dan aan? Wat leer je daar nog van?"

De zon schijnt inmiddels tegen de ruiten, met 'intermediaire-hoge energie', bemiddelend tussen stapelwolk. Het uur van de oratie nadert. Mulders trekt zijn jasje aan, en stap met een hoge frequentie van passen over de gang naar de lift.

ziekenhuis worden vervoerd. Daar zouden ze alsnog normale bloedtransfusies kunnen krijgen. Om het zuurstoftransport in het lichaam te bevorderen wordt de stof 2-nor-2-formylpyridoxaal-5-fosfaat (NEPLP) aan de hemoglobine toegevoegd. Ongemodificeerd hemoglobine heeft het nadeel dat het slecht zuurstof aan de weefsels afstaat en het snel uit het vaatstelsel verdwijnt. Het is de bedoeling dat de gemodificeerde hemoglobine langer dan 24 uur in het lichaam blijft en minstens een jaar bewaard kan worden. Dr. J.C. Bakker, projectleider van het hemoglobineproject van de afdeling Bloedchemie van het Centraal Laboratorium van de Bloedtransfusiedienst, heeft in runderhemoglobine minder vertrouwen. Omdat het in eerste instantie om een dierlijk eiwit gaat, is volgens hem de kans groot dat het lichaam antilichamen tegen deze stof ontwikkelt. In dat geval zou het kunstbloed maar één keer bij de patiënt kunnen worden toegediend. Daarnaast zouden zelfs dierlijke virussen kunnen worden overgebracht.

Biologische 'spoken' houden Nieuw-Zeeland nog in hun greep

Toen de Europeanen Nieuw-Zeeland ontdekten, viel het hun op dat er weliswaar een grote soortenrijkdom bestond aan planten en kleine gewervelde dieren, maar dat er geen landzoogdieren op beide eilanden voorkwamen (met uitzondering van de mens dan, vertegenwoordigd in de stam van de Maori's) en ook geen grote herbivoren en carnivoren.

Toen na de introductie van Europese diersoorten een grote hoeveelheid inheemse soorten het loodje legde, concludeerden ecologen dan ook dat de Nieuw-Zeelandse flora zich in een betrekkelijk onbeschermde ecosysteem had ontwikkeld en dat de planten als gevolg van hun geografische isolatie niet noodzaak waren geweest defensieve mechanismen te ontwikkelen tegen grote herbivoren of carnivoren. Recentelijk is echter gebleken dat in de flora van Nieuw-Zeeland wel degelijk adaptaties te vinden zijn die duidelijk wijzen op verdediging tegen herbivoren. Sommige planten scheiden giftige of onverteerbare chemicaliën uit, andere camoufleren zich als on eetbare planten of dode twijgen, weer andere nemen een schutkleur aan of vertakken zich met wijde hoeken die de consumptie bemoeilijken. Deze eigenschappen hebben zich ontwikkeld bij planten die al zeer lang inheems zijn en niet zijn 'meegenomen' door van elders afkomstige planten.

Ook uitbarstingen van maserstraling op de zon

De zon zendt niet alleen licht uit, maar ook een heel breed spectrum van radiostraling (en röntgenstraling). Een deel van die radiostraling komt in kortdurende uitbarstingen en hangt samen met vlammen en andere eruptieve verschijnselen op de zon. Nu blijkt dat die radio-uitbarstingen zelfs tot maserstraling kunnen leiden, een verwante vorm van laserstraling, zo hebben onderzoekers van het California Institute of Technology in Pasadena (VS) ontdekt.

Laserstraling is lichtstraling, maar dan licht van één frequentie (kleur) waarvan de golven in fase verkeren. De straling wordt geproduceerd door atomen en moleculen te dwingen een deel van hun energie gelijktijdig en als licht van één golfengte uit te zenden. Op deze manier produceert een laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) coherent licht dat miljoenen malen helderder kan zijn dan spontaan uitgezonden licht. Het analoge effect op radiogolflengten wordt maser genoemd (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

Radio-uitbarstingen als gevolg van zulke masers had men al waargenomen in de ionosfeer van de aarde en in de magnetosfeer van Jupiter. Men vermoedde dat ze ook de oorzaak

Dikte Noordelijke IJszee in elf jaar met 15% afgenomen

De Noordelijke IJszee is grotendeels een bevroren oceaan. De eerste gegevens over de dikte van het ijs stammen van Fridtjof Nansen, die in de jaren 1893-1896 met de 'Fram', ingevroren in het ijs, een lange tocht over de oceaan maakte. Hij vond ijsdijken van 3,1 tot 3,8 m. Later hebben anderen waarnemingen gedaan die een grotere spreiding laten zien. Meer gegevens zijn beschikbaar gekomen sinds omstreeks 1960 onderzoekers begonnen met sonar-waarnemingen. Het bleven verspreide waarnemingen over een uitgestrekt gebied. Gevolgtrekkingen over een mogelijke verandering onder invloed van een stijging van de aardse temperatuur laten zij niet toe.

P. Wadhams van het Scott Polar Research Institute in Cambridge heeft nu gegevens gepubliceerd die in dit opzicht beter bruikbaar zijn (Nature 28 juni). Hij vergeleek de metingen die in oktober 1976 door een Britse onderzoekboot waren verzameld, met de me-

Mutatie mitochondriaal tRNA oorzaak van zeldzame epilepsie

Voor het eerst is een erfelijke ziekte gevonden die niet wordt veroorzaakt door een defect eiwit, maar door een fout in een transfer-RNA (tRNA), betrokken bij de eiwitsynthese. De ziekte, een zeldzame vorm van epilepsie bekend onder de afkorting MERRF (myoclonic epilepsy and ragged-red fibre disease), veroorzaakt plotselinge, kortdurende spierverkrampingen. Op de lange duur raken zenuw- en spierweefsel, lever en nieren ernstig beschadigd.

De oorzaak van een erfelijke ziekte ligt meestal in een niet of slecht werkend eiwitmolecuul. Er is dan iets mis met het gen, liggend op de chromosomen in de celkern, dat voor dat eiwit codeert.

Een tweede bijzonderheid aan MERRF is dat de genetische code voor het tRNA niet in de celkern ligt, maar in de mitochondriën, de aparte compartimenten die een cel van energie voorzien. Het is daarmee ook voor het eerst dat de oorzaak van een erfelijke ziekte in het DNA van de mitochondriën moet worden gezocht. Mitochondriën zijn zeer waarschijnlijk de afstammelingen van vroegere bacteriële symbioten, die door de gastheer cel zijn 'getemd'. Hoewel de mitochondriën hun eigen DNA hebben, staan zij ten dele ook onder invloed van het DNA van de celkern. Ze worden daarom genetisch 'semi-autoom' genoemd. Het DNA van mitochondriën heeft altijd de vorm van een

Het ziet er naar uit dat deze mechanismen zijn ontwikkeld tegen endogene, maar thans uitgestorven herbivoren. Het moderne ecosysteem in Nieuw-Zeeland is dus maar ten dele het gevolg van de huidige verhoudingen tussen de soorten en weerspiegelt in belangrijke mate ook voormalige ecologische relaties.

Dat is eigenlijk ook niet zo vreemd, indien men bedenkt dat maar liefst een vijfde van alle vogelsoorten en de helft van de grote zoogdieren tijdens het late Pleistoceen (de laatste IJstijd) is uitgestorven. Hoewel ze dus zijn verdwenen, leven ze nog als een soort 'spoken' voort in de adaptaties van hun prooi.

Een van de kandidaten van deze evolutionaire spoken is de Nieuw-Zeelandse moa, een struisvogel-achtig loopvogelgeslacht van kolossale afmetingen waarvan ongeveer twaalf soorten bestonden tot het circa 1.000 jaar geleden uitstierf snel na de aankomst van de Maori's. Geconserveerde kroppen van moa's bevatten de resten van op zijn minst 38 verschillende plantesoorten. De moa's, die niet minder dan 200 kilo wogen en soms bijna drie meter hoog werden, moesten elke plant met het grootste gemak in één beet hebben kunnen uitrukken, wat voor de planten een voldoende aanslag kan zijn geweest om speciale defensiemechanismen te ontwikkelen. Later geïmporteerde soorten als heren en opossums grazen op een geheel andere wijze dan de moa's, waardoor de op Nieuw-Zeeland geëvolueerde adaptaties geen effect hadden tegen de nieuwe dieren. (Nature, 28 juni).

zouden zijn van de korte, intense uitbarstingen van radiostraling die op de zon en andere sterren zijn waargenomen, maar tot nu toe kon men de lokatie van die uitbarstingen nog niet zo nauwkeurig bepalen. Onderzoekers van het Caltech zijn daar nu onlangs in geslaagd met behulp van twee op enige afstand van elkaar staande radiotelescopie. Deze waren voorzien van ontvangers die speciaal ontworpen waren voor het registreren van de snel variërende signalen van de zon.

De maserstraling bestaat uit stoten die één tot twee tiende seconde duren en een intensiteit hebben die miljarden malen zo groot is als die van de 'rustige' radiostraling. De straling hangt samen met een zonnevlek, waarin een magnetisch veld heerst dat 30.000 maal zo sterk is als het magnetische veld van de aarde. De maserstraling wordt geproduceerd wanneer elektronen het gebied binnenkomen waarin de magnetische veldlijnen sterk naar elkaar toe komen. De ingevangen elektronen hebben dan gedurende een fractie van een seconde een zodanige energieverdeling (d.w.z. snelheidsverdeling), dat de radiostraling die zij uitzenden gigantisch kan worden versterkt.

De betreffende elektronen blijken afkomstig te zijn van een zonnevlek die op enige afstand van de zonnevlek optrad. Dit versterkt het vermoeden dat een aanzienlijk deel van de energie van zonnevlammen wordt verspreid door middel van herabsorptie van maserenergie door naburige gebieden op de zon. (George Beekman).

tingen door een andere Britse onderzoekboot, die in mei 1987 nagenoeg hetzelfde traject van 6.000 km aflegde in het gebied tussen Groenland en de Noordpool.

Gemiddeld bleek de dikte van het ijs in elf jaar met 15% te zijn afgenomen. Op sommige plaatsen werden sterkere reducties van de ijsdikte gevonden, van 6 meter in 1976 tot 3 meter in 1987. Zulke extreme waarden zeggen niet veel, ijsdijken van meer dan 5 meter zijn het gevolg van stuwung van het ijs onder invloed van zeestromen en wind. Zij zijn daardoor afhankelijk van de meteorologische omstandigheden van jaar tot jaar. Het lijkt nog te vroeg om aan de nu verkregen uitkomsten de gevolgtrekking te verbinden dat de ijsdikte onder invloed van een versterkt broeikas-effect afneemt, al bestaat er geen twijfel over dat zo'n effect zich op hoge breedte het eerst en het duidelijkst zal manifesteren.

Wel moet het duidelijk zijn dat het de inspanning waard is om nauwkeurig te blijven volgen wat er in de Noordelijke IJszee gebeurt. Smelten van dit drijvende ijs heeft natuurlijk geen invloed op het zees-niveau, maar dit reusachtige ijsveld oefent wel een grote invloed uit op het klimaat van het noordelijk halfrond. (A.Brouwer)

gesloten cirkel. De lengte varieert zeer sterk van soort tot soort; bij de mens bedraagt hij 16.000 baseparen. De overerving van het mitochondriaal DNA verloopt heel anders dan van het celkern-DNA. MERRF erfte dus ook anders over dan we van erfelijke ziekten gewend zijn. Iedere eicel en iedere spermaceel bevat honderden mitochondriën. Bij de bevruchting komt uit de spermaceel echter alleen celkern-DNA in de eicel terecht. Mitochondriaal DNA erfte dus uitsluitend via de moeder over. Alleen moeders kunnen de ziekte MERRF derhalve aan hun kinderen doorgeven. MERRF kan in beide geslachten tot uiting komen. Het is echter helemaal niet zeker dat een erfelijke afwijking bij de moeder ook in de nakomelingen tot uiting komt.

Het DNA van de vele mitochondriën in de eicel is niet identiek en het is een kwestie van kansverdeling welk mitochondriaal DNA meedeelt bij de celdeling in het embryo. Daardoor is het mogelijk dat mitochondriën met een fout in het DNA helemaal niet overerven of slechts in enkele organen verspreid raken. De ernst van de ziekte wordt dan ook nog bepaald door de energiebehoefte van de organen. Komen er minder goed functionerende mitochondriën in de huid terecht, dan zal de drager er niet veel last van hebben. In organen die veel energie verbruiken, zoals het centraal zenuwstelsel, de spieren, lever en nieren geeft een gebrekkige energievoorziening echter al snel problemen.

Mitochondriële erfelijke ziekten hebben een aan overervingspatroon met heel andere kansverdelingen dan de erfelijke ziekten die ontstaan door een gendefect in het celkern-DNA. (New Scientist, 30 juni)