

## Mineralen en gesteenten op Internet

Volgens Allen Glazner, hoogleraar geologie aan de Universiteit van Noord-Carolina, zien zwarte mineralen er allemaal hetzelfde uit. Althans voor het blote oog. In dunne plakken onder de microscoop wordt dat wat anders. Een van Glazners studenten ontwierp een elektronische atlas van alle niet-sedimentaire gesteenten. Deze site kunt u vinden op het internet onder [www.geolab.unc.edu](http://www.geolab.unc.edu) en bevat een 'Index of minerals' en beelden met tekst van plutonische, vulkanische en metamorfe gesteenten (Science, 9 april 1999).

## Onze aarde: continentverschuivingen

Naomi Oreskes deed twintig jaar lang archiefonderzoek en schreef vervolgens het boek 'The Rejection of Continental Drift'. Hierin beschrijft ze waarom haar aardwetenschappelijke voorgangers in Amerika huiverig stonden tegenover continentverschuivingen en convectiestromen, en de leer van de platentektoniek afwezen. Oreskes wijst terug naar de negentiende-eeuwse Engelse onderzoekers Pratt en Airy, die twee verschillende theorieën opstelden voor het beginsel van de isostasie, dat inhoudt dat de soortelijk lichtere continenten zich in drijvend evenwicht bevinden ten opzichte van de zwaardere aardmantel. Onder andere Hayford en Bowie, opeenvolgende directeuren van de U.S. Coast and Geodetic Survey, beperkten de richting van het Amerikaanse denken tot Pratts hypothese omdat de gravimetrische metingen en berekeningen hiervoor goedkoper uitvielen. Deze berekeningen konden namelijk door vrouwelijke en derhalve laagbetaalde rekenaars worden verricht (Science, 16 april 1999).

Tegenwoordig wordt algemeen erkend dat de continenten verschuiven. Er wordt ook veel onderzoek aan gedaan. Zo bestudeerden Chu en Gordon de bewegingen tussen de Nubische, de Somalische en de Antarctische platen. West-Afrika en Oost-Afrika drijven uit elkaar, de scheiding is de Rift-vallei. Dit gebeurt met een snelheid van zo'n 6 millimeter per jaar (Nature, 4 maart 1999).

## Geodynamica

Indien u zich wilt verdiepen in de bewegingen van de diepere aardbodem, de verdwijnende oceanische schollen etc., wijzen wij u op artikelen

van Kárason & Van der Hilst en van Kellogg, Hager & Van der Hilst in Science van 19 maart 1999. In deze aflevering staat ook een redactioneel commentaar van Kerr, 'A Lava Lamp Model for The Deep Earth', over dit onderwerp.

## Utrecht-IJsland-Oxford-Flores

Een vorige keer meldden wij het onderzoek onder het Bajkalmeeer. Nu blijkt dat aardwetenschappers uit Utrecht ook in ander opzicht van zich doen spreken. Zo onderzoeken Bijwaard en Spakman mantelpluimen met behulp van de zogeheten tomografie. Net als bij medische diagnostie technieken maken zij driedimensionale beelden, maar dan van het inwendige van onze aarde. Ze rekenen zich vervolgens in het zweet en verkrijgen uiteindelijk de zogeheten geoptimaliseerde 3D-opnames. Deze methode lieten beide wetenschappers los op seismologische gegevens van IJsland en ontdekten, dat daar heet gesteente als een soort rookpluim van grote diepte, mogelijk vanaf de grens van de aardmantel met de aardkern, omhoog komt. Hun aandacht gaan ze nu richten op Zuidoost-Azië (Volkskrant, 27 februari 1999).

Dit laatste kan geen toeval zijn, want hun collega Deuss, nu in Oxford, maar afgestudeerd in Utrecht, verdiept zich met anderen in de ondergrond van Flores. Hun onderzoek aan de J-golf toont aan dat de aardkern uit vast materiaal bestaat (Volkskrant, 3 april 1999).

Hoe die aardkern er precies uitziet blijft voor velen een raadsel. Niet zo lang geleden meldde Song c.s. namelijk dat de binnenkern van de aarde, een massief brok ijzer, één gigantisch ijskristal is, dat draait in een vloeibare ijzeren buitenkern. Deze vaste binnenkern heeft een diameter van 2.400 kilometer en bestaat uit twee lagen: binnen-binnenkern en een buitenlaag van 120 kilometer die trillingen gelijkmatiger geleidt. (Science, 30 oktober 1998 / Volkskrant, 31 oktober 1998).

Nog iets langer geleden meldde de Japanner Okuchi c.s. dat het verschijnsel dat de aardkern tien procent lichter is dan men op grond van de omvang zou verwachten, deels verklaard kan worden uit de mogelijke aanwezigheid van waterstof in de ijzeren kern. Dat hebben zijn proeven met gesmolten ijzer onder zeer hoge druk uitgewezen. Waterstof zou voor zes van de tien pro-

cent massatekort verantwoordelijk zijn (Science, 5 december 1997).

De gedachte dat de aarde veel xenon bevat, gebaseerd op de aanwezigheid hiervan in meteorieten en in de zon, hebben we inmiddels vaarwel moeten zeggen. Amerikaanse hogedrukproeven en quantumberekeningen tonen aan, dat xenon zich zelfs onder extreme druk niet met ijzer verbindt (Science, 15 augustus 1997).

## Californië

Intussen ontdekten Amerikaanse onderzoekers dat onder Los Angeles een tot nu toe onbekend breukvlak ligt. Dit veroorzaakte vermoedelijk de aardbeving van 1987 met een kracht van 6 op de Richterschaal. De breuk beweegt zo'n 0,5 tot 2 millimeter per jaar en dat betekent, dat zich hierdoor eens in de 250 tot 1000 jaar aardbevingen kunnen voordoen met een kracht van 6,5 tot 6,6 (Science, 5 maart 1999).

## Dichterbij huis: de Waddenzee

Half maart presenteerde de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) de 'Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee'. Volgens deze IBW is de invloed van bodemdaling als gevolg van gaswinning op de flora en fauna van het gebied marginaal. Op de Groninger kwelders kunnen mogelijk problemen ontstaan, maar die zijn op te vangen met maatregelen die grondafzetting bevorderen, iets dat men daar al eeuwen doet. De maximale daling van de zeebodem komt uit op zo'n 28 centimeter, maar door het extra zand dat de getijdestromingen uit de Noordzee naar de Waddenzee voeren, 50 miljoen kuub in vijftig jaar, is de werkelijke daling zes tot acht centimeter (Volkskrant, 13 maart 1999). Nu heb ik al horen zeggen, dat op deze wijze de natuurbeherende organisaties juist worden geholpen: normaal zou de Waddenzee dichtslibben met al dat zand, maar door de bodemdaling hoeft men het niet weg te baggeren. Vergelijk dit met de Weerribben in Overijssel, die nu moeten worden leeggebaggerd om de waardevolle natuur in stand te houden. Gesteentemechanicus Roest van de Technische Universiteit Delft is expert op het gebied van de bodemdaling en meent dat de onderzoekers voor het IBW de beste gegevens hebben gebruikt die beschikbaar zijn en daaruit de juiste conclusie trokken (Volkskrant, 20 maart 1999). De leden van de Noordelijke Overleggroep Bodemdaling 'Willem

Beton' denken hierover heel anders. Zij menen dat de gehanteerde berekeningsmodellen, die zijn gebaseerd op hypothesen, nergens kunnen worden gecontroleerd.

*'Nederland is een groot dorp dat geen deskundigen meer huisvest die niet direct of indirect bij de winning van gas zijn betrokken. Alles en iedereen op het terrein van de diepe ondergrond in Nederland hangt met elkaar samen: ministeries, onderzoeksinstituten en bedrijfsleven. De berekeningen in de Waddenzee zijn de afgelopen twee jaar onder zeer strikte geheimhouding gemaakt. Dat regime, daar word je koud van. Op universiteiten in Nederland wordt enorme druk uitgeoefend op andersdenkenden, bijvoorbeeld op de afdeling mijnbouwkunde van de TU Delft.'* (Volkskrant, 27 maart 1999).

Voor de zekerheid hebben we bij ir. Roest geïnformeerd wat zijn inbreng bij de IBW is geweest: geen, en niemand heeft druk uitgeoefend bij zijn meningsvorming.

## Mars en Venus

Hij is van Mars en zij is van Venus. Maar als je je als aardse geoloog wilt verdiepen in deze planeten, hoe doe je dat dan? Dan bestudeer je meteorieten van Mars of je neemt achter een monitor plaats en bestudeert de onderzoeksgegevens van ruimtesondes, bijvoorbeeld van de Mars Global Surveyor of de Magellan, die naar Venus reisde.

Van die Marsmeteorieten zijn er een stuk of dertien bekend.

Zo is er Marsmeteoriet ALH84001, in 1984 ontdekt op Antarctica en in de zomer van 1996 in het nieuws omdat er volgens een aantal onderzoekers wormachtige fossielen in zouden zitten. Anderen beweren dat het slechts resten van pyroxeen- en carbonaatkristallen zijn (Nature, 4 december 1997) en weer anderen menen, dat het koolstof in deze meteoriet afkomstig is uit het ijs van Antarctica (Science, 15 januari 1998).

De dertiende meteoriet werd gevonden in de Sahara in het voorjaar van 1997. De herkomst blijkt uit de samenstelling van het ingesloten gas. De relatieve hoeveelheden edelgassen daarin komen nauwkeurig overeen met die in de Marsatmosfeer. De meteoriet is overigens niet geschikt voor de speurtocht naar fossiele overblijfselen van micro-organismen die mogelijk ooit op Mars hebben geleefd. De Sahara is niet steriel genoeg en de meteoriet bevat veel aardse verontreinigingen (Volkskrant, 22 augustus 1998).

Uit de gegevens van ruimtesondes concludeerde men dat op Venus ongeveer achthonderd miljoen jaar geleden een vulkanische uitbarsting het gehele oppervlak heeft bedekt met een tien kilometer dikke laag lava. Ook op Mars moet veel vulkanisme

zijn geweest en het water dat ooit over het Mars-oppervlak stroomde was afkomstig uit de bodem en niet uit de lucht (Nature, 18 februari 1999 / Scientific American, maart 1999).

## Mars Global Surveyor

Deze ruimtesonde is een compleet laboratorium. Eén van de instrumenten is de Mars Orbiter Camera. De foto's tonen geologische structuren als duinenvelden, terrasvormige hellingen en ijsvlakten. Een laser-hoogtemeter bepaalt het reliëf van de bodem. De resultaten komen in Science van 28 mei 1998 uitgebreid aan de orde. De magnetometer heeft al gegevens aangeleverd die de conclusie rechtvaardigen dat het zwakke magnetische veld veroorzaakt wordt door restmagnetisme in oppervlaktegesteenten. Met een infrarood-spectrometer wordt een gedetailleerde geologische kaart samengesteld. De spectra doen vermoeden dat de Marskorst voor tachtig procent uit pyroxeen bestaat en voor 20 procent uit plagioklaas. En ten leste wordt met behulp van een accelerometer de atmosferische dichtheid op verschillende hoogten bepaald (Science, 13 maart 1998).

Het laatste nieuws is, dat er ooit wellicht op Mars sprake is geweest van platentektoniek (Nature, 27 mei 1999).

## Het heelal

Over buitenaardse intelligentie, ET of 'aliens' willen wij het hier eigenlijk niet hebben. Toch zijn er mensen die menen dat het minder onwaarschijnlijk is dat er buitenaardse beschavingen bestaan dan wel eens wordt gedacht (Volkskrant, 5 september 1998).

Al sinds de Byrds in het begin van de jaren zeventig in de Groninger Martinihal zongen over een tochtje met hun Mr Spaceman, wacht ik op een invitatie voor een excursie. Tot die tijd lees ik de berichten over pogingen om in contact te treden met buitenaardse wezens met enige scepsis ten aanzien van kosten en nut.

Zo kun je ruimtesondes als de Pioneer en Voyager voorzien van plaquettes en beeldplaten met boodschappen; dat kost niet veel extra. Of je kunt als Frank Drake gecodeerde radioboodschappen de ruimte insturen. Maar een ruimtesonde met menselijk DNA het heelal in zenden, vind ik pure vervuiling. Wie hier anders over denkt kan zijn eigen haar plus vijftig dollar opsturen aan het Encounter-2001-project. Dit is opgestart door Charles Chafer, brein achter Celestis Inc., een bedrijf dat ruimtebegravenissen verzorgt. Hij meent dat deze vorm van 'actieve SETI' (Search for Extra-Terrestrial Intelligence) de toekomst heeft. Tot nu toe werd er voornamelijk geluisterd (Volkskrant, 17 maart 1999).

## SETI@Home-project

Geluisterd wordt er namelijk nog

steeds, bijvoorbeeld in Berkeley, Californië. De Arebico-radiotelescoop op Puerto Rico vangt echter zoveel gegevens op uit de ruimte dat de meest geavanceerde supercomputer duizenden jaren zou moeten rekenen om te kunnen bepalen of zich tussen alle ruis een signaal van een andere planeet bevindt. Daarom mag iedere enthousiasteling met een computer en een telefoonansluiting meerekenen in het SETI@Home-project. Indien u mee wilt doen: zoek op het net <http://setiathome.ssl.berkeley.edu> (Volkskrant, 5 juni 1999).

## Exoplaneten

Die andere planeten, buiten ons zonnestelsel, nemen in aantal toe. In weet niet of er op dit moment nieuwe ontstaan, maar wel wordt gemeld dat er nieuwe worden ontdekt. Bijvoorbeeld met behulp van de Keck-telescoop op Mauna Kea, Hawaï. Men speurt daar naar planeten in de buurt van sterren die op de zon lijken.

In september 1998 waren er al twaalf exoplaneten bekend. Een daarvan, in de buurt van moederster HD 187123 in het sterrenbeeld Zwaan, heeft een omlooptijd van drie dagen. Een andere reist in 437 dagen rond de ster HD 210277 in het sterrenbeeld Waterman (Volkskrant, 26 september 1998). In april 1999 waren er inmiddels vijftien bekend. Drie daarvan vormen een planetenstelsel rond de ster Upsilon Andromedae, 44 lichtjaren van ons verwijderd. De planeten reizen in respectievelijk 4,6; 242 en 1269 dagen rond hun moederster (Volkskrant, 17 april 1999).

## Vuurbal

Met de hiervoor genoemde Keck-telescoop werd in 1997 een vuurbal waargenomen die uitdijde met de snelheid van het licht. De vuurbal ontstond bij de explosie van twee supercompacte neutronensterren en werd in vier maanden honderd keer zo groot als ons eigen zonnestelsel. Bij dit soort explosies komt in een seconde meer energie vrij dan onze zon in tien miljard jaar uitstraalt (Nature, 18 september 1997).

## Ouderdom van het heelal

Zoals u hiervoor kunt lezen is er in ons heelal heel wat aan de hand. Maar hoe oud is het heelal nu eigenlijk?

Het antwoord luidt volgens Lineweaver: 13,4 miljard jaar. En de oudste sterren zijn ongeveer 12,2 miljard jaar oud.

Bahcall c.s. bevestigen dit en komen door hun onderzoek verder tot de conclusies dat er te weinig materie in het heelal is om het uitdijen te stoppen, dat het uitdijen steeds sneller verloopt en dat de ruimte vlak is (Science, 28 mei 1999).

Over het vlak zijn van de ruimte moet ik nog maar eens nadenken.