

Continenten



op pad

De aarde beweegt. De werelddelen zijn altijd op reis, en de grond onder onze voeten trilt en schokt bij elke stap. Zonder de continentale trekklust had de wereld er heel anders uitgezien.

■ TEKST: ELLY POSTHUMUS



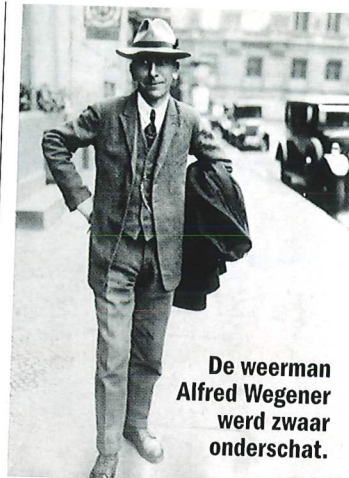
Met de snelheid van een groeiende nagel botsen enorme

Naaldjes razen over lange vellen papier. De pen-netjes van de seismometer trekken schokkerige lijnen en schrijven de rollen vol met zwarte strepen. Op tafel liggen de uitdraaien van het weekend. Iets voor half zes in de ochtend veranderde het rustig voortkabbellende lijntje in gigantische uithalen. Daar ging iets mis. 'Een flinke aardbeving ten oosten van de Koerilleneilanden bij Japan', wijst Femke Goutbeek, seismoloog bij het KNMI, op de enorme zwiepers. 'Een kracht van 8,2 op de schaal van Richter. Maar er is niets aan de hand. Het is een dunbevolkt gebied, en er is gelukkig geen tsunami geweest.' Deze uitschieter herinnert ons eraan dat de aarde altijd in beweging is. Soms hard, soms nauwelijks voelbaar. Hoe dat kan? Door de drift der continenten.

• Wie gelooft een weerman?

De continenten liggen niet verankerd op hun plaats,

maar bewegen langzaam over de aardbol. Toen de Duitse weerkundige Alfred Wegener (1880-1930) dat in 1915 als een van de eersten verkondigde, werd hij amper geloofd. Wegener zag dat de kusten van Afrika en Zuid-Amerika verdacht goed in elkaar passen, als twee enorme puzzelstukken. Verder vond hij het opmerkelijk dat dieren en planten op de verschillende continenten wel familie van elkaar lijken, terwijl ze de oceanen toch echt niet kunnen trotseren. Wegener onderzocht gesteenten en fossielen aan beide kanten van de oceaan en vond veel overeenkomsten. Hij wist het zeker: ooit zaten de continenten aan elkaar. Andere wetenschappers waren minder enthousiast. Wat weet een weerman nu van geologie? Wegener kon bovendien niet verklaren wat de motor van de reizende continenten was. Waarom bewegen hele werelddelen over de aardbol?



De weerman Alfred Wegener werd zwaar onderschat.

• Aarde is een ei

Pas na zijn dood kreeg Wegener gelijk. Uit nieuwe ontdekkingen bleek dat de aardkorst inderdaad altijd op pad is. Ook werd duidelijk wat de drijvende kracht achter de voortstuwende continenten is. Bernd Andeweg, geoloog en voorlichter aan de Vrije Universiteit in Amsterdam: 'De aarde is geen massieve, starre bol maar een soort ei.' De aarde bestaat ruwweg uit drie delen: de kern (het eigeel), daaromheen de mantel (eiwit) en aan de

buitenkant de zeer dunne korst met de continenten (de schaal). De mantel is vloeibaar en bestaat uit zacht plastisch gesteente. Dat stroomt langzaam en is gesmolten door de warmte die de kern afstaat. De warme stroop kruipt naar boven en koelt af bij de aardkorst. Daardoor wordt de stroop zwaarder, zodat hij wegzakt. Dan warmt hij weer op, kruipt omhoog et cetera. Zo ontstaat een soort recyclestrook, die aan de oppervlakte de korst in beweging zet. De korst bestaat uit een aantal grote en kleinere brokstukken: de platen. Daarop liggen de continenten. De enorme stukken korst surfen als het ware op de stroming van de aardmantel. 'Dat doen ze met de snelheid waarmee een nagel groeit', zegt Andeweg. 'Drie tot vijftien centimeter per jaar.'

• Spelen in de zandbak

Leuk om te weten? Dat niet alleen. Want de continentale drift kan veel geologische verschijnselen verklaren. Bijvoorbeeld hoe de aardbevingen ontstaan. In het Sandboxlab van de Vrije Universiteit laat Andeweg dat met heel simpele middelen zien. Op de bodem van een bak met zand legt hij een plank met daaraan een touwtje. Zand eroverheen, en

De warmte van de aardkern zorgt voor stroming in de aarde.

aardplaten op elkaar

Dieren voorspellen beving?

Er is geen wetenschappelijk bewijs voor, maar ooggetuigen zijn er zeker van: dieren voelen een aardbeving of daarop volgende vloedgolven aankomen. Op het internet krioelt het van de ooggetuigenverslagen over dieren en zelfs planten die zich vlak voor grote

bevingen vreemd gedroegen. Als we ooggetuigen moeten geloven, beginnen honden spontane blafsalso's (wat ze anders natuurlijk nooit doen), rennen olifanten al toeterend de bergen in, komen slangen uit hun winterslaap, en worden konijnen en varkens wild en

agressief vlak voor een aardbeving. De speculaties over hoe dit kan, lopen uiteen van dieren met extra gevoelige voetkussens, tot het ruiken van gassen die voor een beving vrijkomen en keffertjes met paranormale gaven. Tja, achteraf kun je altijd alle gebeurtenissen aan elkaar praten.

voilà: we hebben een stuk van de aardkorst gemodelleerd. Andeweg trekt rustig aan het touwtje, en de plank komt in beweging. Aan de zijkant verschijnen dan scheuren. Hier bewegen stukken aardkorst langs elkaar. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de 1300 kilometer lange San Andreasbreuk in de Amerikaanse staat Californië. Hier schuren drie platen langs elkaar, met zware aardbevingen als gevolg. Andeweg trekt langzaam door. Aan de voorkant van de nageemaakte plaat komt het zand omhoog. Bij een botsing tussen twee

continentale platen wijkt meestal geen van beide voor elkaar. Met grote kracht duwen ze op elkaar. De plaatranden kreuken en komen omhoog; er ontstaan gebergten. Een voorbeeld is de Himalaya. India lag miljoenen jaren geleden los van de rest van Azië. 'Met grote snelheid schoot de plaat met India naar het noorden', vertelt Andeweg. 'In zeventig miljoen jaar reisde de plaat van de zuidpool naar Azië, een afstand van 2000 kilometer.' Daar botste India op Azië, en werd de Himalaya geboren. Het reusachtige gebergte is nog steeds niet uit-



Kleine aardverschuiving in Californië na een aardbeving.

Gapende gaten?

Het zal je maar gebeuren. De aarde beeft, onder je voeten scheurt de aardkorst uit elkaar, en je valt in een eindeloos donker gat. De grond drukt zich langzaam dicht en van jou, je auto of zelfs je huis is geen spoor meer te vinden. Dit kan gelukkig alleen in

films en boeken. Tijdens een aardbeving drukt de grond aan weerszijden van een breuklijn juist tegen elkaar, en wijken de randen niet uiteen. Wel kunnen ondiepe scheuren in de grond ontstaan door een grondverzakking. Dat kan ook vervelend zijn. Zo meldt een

rapport van het Amerikaans leger over de Japanse Fukui-aardbeving in 1948 dat een vrouw de dood vond in een scheur. Toen de beving optrad, was ze aan het werk op een rijstveld. Tijdens haar vlucht viel ze in een 1,2 meter diepe spleet, die daarna dichtgedrukt werd.

Satellieten schaduwen wereldreis

Het Global Positioning System (GPS) is een handig hulpmiddel bij het bijhouden van de route die de continenten afleggen. De 24 satellieten van het GPS-systeem vliegen op 20.000 kilometer hoogte. Op aarde staan grondontvangers die 24 uur per dag van tenminste 4 satellieten informatie ontvangen. Zo stellen

ze vast waar ze precies op aarde staan. Geologen kunnen zo onderzoeken of de ontvangers in de loop der tijd zijn verschoven. En zo ja, in welke richting en met welke snelheid. De snelst bewegende plaat op aarde raast met 24 centimeter per jaar voort en ligt vlakbij de Samoa-eilanden, ten noordoosten van Australië.

Heet magma boort zich op een zwakke plek door de aardkorst.



Aardbevingen in het zuiden van Nederland ontstaan omdat



De ketting van de vulkanische eilanden-groep Hawaï.

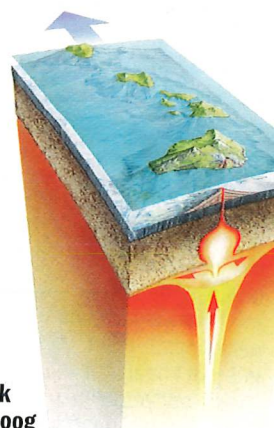
Hot spot rijgt eilandketting

Een bijzonder type vulkaan is de zogeheten *hot spot*. Zo'n 'hete plek' staat aan de basis van Hawaï. Om de een of andere reden komt het magma hier al miljoenen jaren lang op een vaste plek omhoog. Het boort zich dwars door de oceaانبodem, die desondanks onverstoorbaar in noord-

westelijke richting voortbeweegt. Het gevolg: Hawaï is een reeks eilanden die netjes op een rijtje liggen. Het eiland Mauna Loa ligt nu even ten noordwesten van de *hot spot*. Nog verder weg liggen de oudere eilanden, die langer geleden boven het omhoogrijzende magma lagen. Pal boven de *hot spot*

ligt nu de Loihi. Geologen gokken dat deze jongste telg van de eilandketting zich over 50.000 jaar boven water vertoont.

De oceaankorst verschuift, de plek waar magma omhoog komt niet.



Nederlandse bevingen treffen vooral dak en schoorsteen.

zeebodem in de hete mantel omgesmolten. Deze hete brei wil weer omhoog, en boort zich omhoog via een zwakke plek in de korst: een vulkaan. Vulkaanuitbarstingen en aardbevingen zijn in Indonesië dan ook bepaald geen uitzonderingen.

● Oceanen dijen uit

Door het voorttrekken van de namaakplaat wordt het gat achter de plank steeds groter. In de echte wereld werkt het ook zo. Achter een reizend continent dijt de oceaan steeds verder uit. Niet dat een kracht zo hard aan de plaat trekt, hij wordt juist geduwd. In het midden van veel oceanen, op de grens tussen twee platen, komt nieuw materiaal omhoog. Het vloeibare gesteente stolt direct omdat het in contact komt met het water en vormt nieuwe korst. De nieuwe korst zakt langzaam opzij en duwt de platen uit elkaar. Dit gebeurt ook aan de achterkant van de plaat waar India op ligt. India wordt nog steeds voortuit geduwd.

Geen enkel stuk oceaankorst is ouder dan 180 miljoen jaar. In

die periode wordt de oceaankorst dus compleet gerecycled. Dezelfde hoeveelheid die aan de ene kant aangroeit, smelt er aan de andere kant, waar de platen onder elkaar duiken, af. Elk stuk land op die plaat reist langzaam mee in de richting waarin de aangroei de plaat duwt. Tot 180 miljoen jaar geleden kunnen we vrij precies nagaan welke weg de continenten op deze manier aflegden. Aan de leeftijd van de oceaانبodem zien we waar en wanneer nieuwe korst aangroeide en waar continenten naartoe gingen. 'We kunnen de bewegingen ook volgen door de gesteenten van de continenten te

vergelijken', voegt Andeweg toe. 'Maar hoe verder je teruggaat in de tijd, hoe ingewikkelder de puzzel wordt.'

● Nederland zakt weg

Wat merken wij van al dat ondergrondse geweld? De allerzwaarste aardbevingen vinden plaats op de grensvlakken tussen twee platen. Nederland ligt midden op een plaat. 'Toch kennen wij ook aardbevingen', vertelt Goutbeek van het KNMI. 'Denk maar aan die van Roermond in 1992.' Met een kracht van 5,8 op de schaal van Richter was dit de zwaarste Nederlandse beving van de afge-

gegroeid. India kruipt met een snelheid van ongeveer vijf centimeter per jaar nog steeds dichtertegen Azië aan. Dat liet de aardbeving in Pakistan van oktober 2005 onmiskenbaar merken.

● Korst duikt onder

Maar de schuivende continenten verklaren nog meer. Soms duikt bij een botsing de ene plaat onder de andere. Dat gebeurt met name als een stuk met zware zeebodem land tegenkomt, zoals de Indische Oceaan die op Indonesië knalt. Andewegs zandbak is niet geavanceerd genoeg om dit te illustreren, maar hij legt uit wat er gebeurt. De oceaankorst is veel dunner en zwaarder en duikt daarom onder de lichtere continentale korst. 'De oceaانبodem is ongeveer vijf kilometer dik,' schetst de geoloog. 'Dat is niets ten opzichte van de dertig kilometer van continentale korst onder onze voeten.' In de diepte wordt de ondergedoken

Het eiland Ascension is slechts het topje van een gigantische bergketen.



Onderwaterreuzen

De massiefste bergen liggen niet op land, maar in zee. Zo is de Mid-Atlantische Rug (in de Atlantische Oceaan) de langste bergketen ter wereld, met een lengte van 16.000 kilometer. Ter vergelijking: de

Zuid-Amerikaanse Andes is, met zijn 7200 kilometer, de langste bergketen boven zee-niveau. De Mid-Atlantische Berg-rug ligt zo'n 2500 kilometer diep. Alleen de hoogste punten komen boven

de oceaan uit en vormen eilanden, zoals Ascension. De bergen ontstaan doordat op deze plek de platen aardkorst uit elkaar scheuren, en de omhoog komende magma tot nieuwe aardkorst afkoelt.

Afrika tegen Europa aandrukt

God telde zijn onderdanen

Mensen uit oude culturen wisten niet wat de oorzaak was van de angst-aanjagende aardbevingen die hen soms troffen. Zij bedachten allerlei verklaringen, de een nog gekker dan de

andere. Zo meenden de Mongolen dat Boeddha de aarde boven op een gouden kikker had gemaakt. Bij elke beweging van de kikker beefde de aarde. De Hindu's uit India geloofden dat 8 enorme

olifanten de wereld op hun rug droegen. Als een van hen moe werd, schudde hij zijn kop en liet de aarde meedeinen. De oude Grieken hielden zeegod Poseidon verantwoordelijk. Zij zagen hem als aardsschudder en als beheersers van stormen en vloedgolven. In Peru dachten ze dat hun god af en toe op aarde kwam om een volkstelling te houden. Als hij over de planeet liep, trilde de aarde. Dit was handig voor de god, want de mensen vluchtten dan hun huizen uit zodat hij zijn onderdanen makkelijker kon tellen.



lopen eeuw. Bevingen in het zuiden van Nederland ontstaan omdat Afrika tegen Europa aandrukt. De spanning aan de plaat-

randen zorgt ervoor dat de Alpen omhoog worden geduwd en veroorzaakt veel aardbevingen in Griekenland en Italië. De



Leven vol risico's

De aardbeving van 1923 in het Japanse Tokyo verwoestte 70 procent van alle gebouwen.



- San Francisco, Californië, Verenigde Staten, 750.000 inwoners. Laatste grote beving in 1906 (7,9 op de schaal van Richter). De volgende klapper wordt binnen 30 jaar verwacht.
- Tokio, Japan, 12 miljoen inwoners. Laatste grote beving in 1923 (8,3 op de schaal van

Richter). Een volgende zware beving treedt waarschijnlijk binnen 50 jaar op.

- Wellington, Nieuw-Zeeland, 370.000 inwoners. Laatste grote beving in 1855 (7,1 op de schaal van Richter). Er is vooralsnog geen gok gedaan naar de 'grote klap'.

Alpen vormen een soort kreukelzone, maar ze nemen niet alle druk weg. Een deel van de spanning zet zich voort in de West- en Noord-Europese ondergrond. 'In Nederland komt de druk van twee kanten', vertelt Goutbeek. 'Vanuit het zuiden nadert Afrika, en vanuit het noordwesten de plaat waarop IJsland ligt. Door de druk uit het zuiden en noordwesten beweegt de ondergrond opzij.' Hierdoor zakt de grond over een breedte van 29 kilometer tergend langzaam onder onze voeten weg. Roermond ligt precies op de rand van deze verzakking. Maar vergeleken met aardbevingen door over elkaar kruipende platen hebben we niks te vrezen. Want bij ons zijn de schokken minder zwaar. Bovendien bouwen wij betere en vooral sterkere huizen dan bijvoorbeeld in Pakistan.

● Broeikasgas is nodig

Hoe enorm verwoestend een schokkende aarde ook kan zijn, zonder de reizende continenten was het leven een stuk moeilijker geweest. 'Dan hadden we geen gebergtevorming, en was de aardkorst nooit boven de oceaan uitge-

komen', legt Andeweg uit. 'Dan hadden de continenten helemaal niet bestaan.'

De warmte van de aarde is de motor van de continenten. Als de aarde te veel afkoelt, beweegt niets meer. Ooit zullen de continenten tot stilstand komen, zegt Andeweg. Een gevaarlijke situatie, want de atmosfeer raakt dan verstoord. Zo komt dan, door gebrek aan vulkaanuitbarstingen, geen koolstofdioxide in de lucht. Met als mogelijk gevolg dat de aarde gaat afkoelen. Wordt het dan eigenlijk te koud voor leven? Zonder broeikasgassen in onze atmosfeer zou het op aarde gemiddeld acht graden onder nul zijn. Maar wees niet bang, dat duurt nog miljarden jaren, en het is nog maar de vraag of we dat ooit zullen meemaken.

elly.posthumus@questmag.nl

! MEER INFORMATIE

www.falw.vu.nl/aardbeving: uitleg over wat in de aardkorst gebeurde bij een aantal recente aardbevingen.
www.knmi.nl/seismologie: aardbevingen in Nederland en wereldwijd
<http://tinyurl.com/232432>: verschillende animaties over plaattektoniek.