

In deze rubriek kraakt **Bernd Andeweg** sleetse concepten in de aardrijkskundeles die aardwetenschappers al tijden niet meer gebruiken.

De schaal van Richter

Maart 2011: een van de zwaarste aardbevingen ooit veroorzaakt langs de oostkust van Japan een desastreuze tsunami en een kritieke situatie bij de kerncentrale van Fukushima. Veel slachtoffers en problemen. Dus een zware aardbeving? Zeker, maar niet een-op-een. In de berichtgeving kwam weer regelmatig ‘9.0 op de schaal van Richter’ voorbij. Dat bestaat niet. Hoe stellen we ook al weer de zwaarte van een aardbeving vast? En waarom is de schaal van Richter daarvoor niet altijd de goede maat?

Even terug naar de tijd vóór er uitgebreide seismologische netwerken waren om aardbevingen te meten. We konden altijd wel vaststellen hoeveel mensen de beving hadden gevoeld, hoe groot het gebied was waarin de beving werd waargenomen en hoeveel schade er was. De traditionele indeling in zwaarte is dan ook gebaseerd op de gevolgen die we ervan merkten: de schaal van Mercalli (figuur 1). Door veel mensen over een groot gebied gevoeld, met veel schade? Een zware aardbeving volgens deze aanpak.



Niet natuurkundig

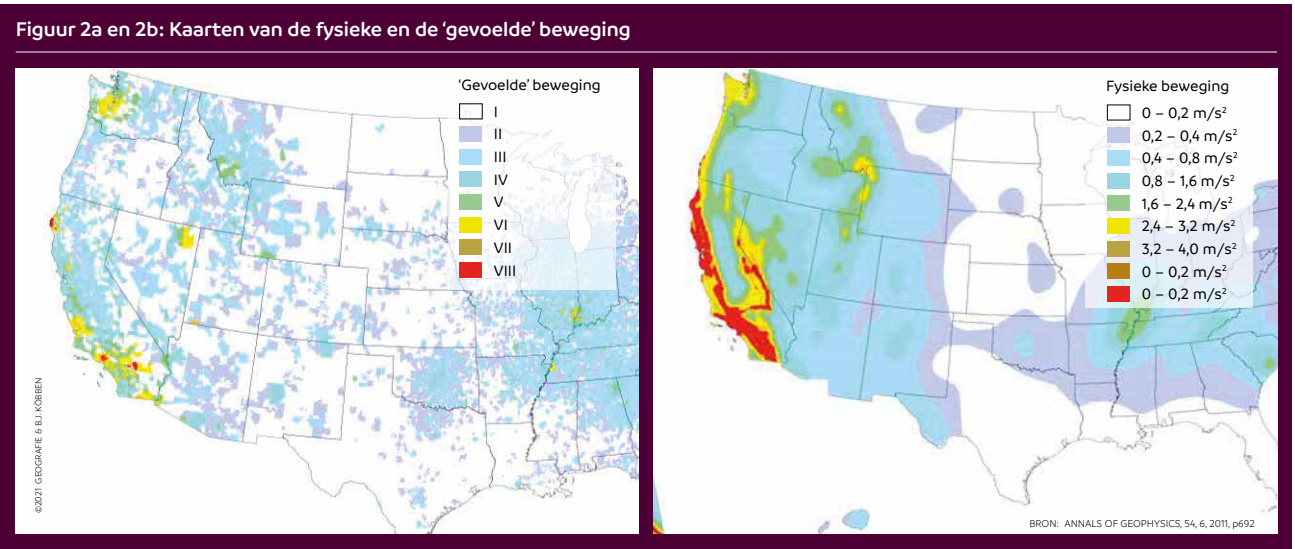
Maar de schade is niet alleen afhankelijk van hoe heftig de grond beweegt. Ook de lokale sociaaleconomische omstandigheden hebben daarop een flinke invloed. Dat blijkt uit twee zeer vergelijkbare aardbevingen, langs een zelfde soort breuk (transform), ongeveer even ondiep (op 10 km), die de bodem op vergelijkbare manier hebben laten bewegen (magnitude 7.1). De eerste vindt plaats in Haïti, januari 2010. Hele wijken van de hoofdstad Port-au-Prince liggen tegen de vlakke. Huizen van los

De aardbeving in Fukushima (2011) had een verwoestende kracht. Maar hoe kwantificeer je die: 9.0 op de schaal van Richter bestaat namelijk niet.

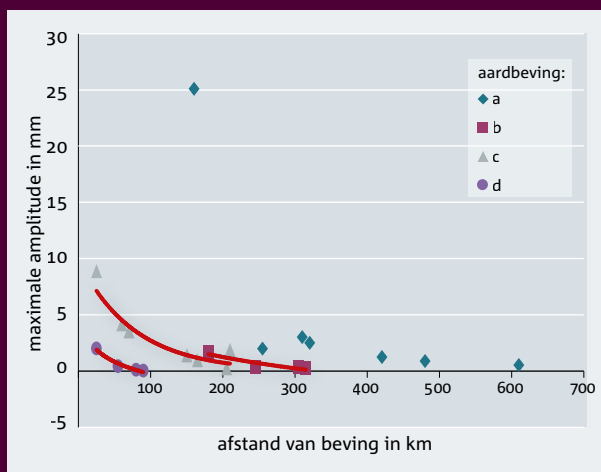
september 2010. Nabij Darfield, een dorp in de vlakten ten zuiden van Christchurch, vindt ook een aardbeving plaats (niet te verwarren met die in februari 2011, dichterbij de binnenstad). Van rond het moment van de beving is bekend dat er iemand aan een hartstilstand is overleden. Dat zou door de aardbeving kunnen zijn veroorzaakt. Samen met een aap, bedolven door een ingestort verblijf in een dierentuintje, de enige slachtoffers. Er is beperkte schade aan wegen, spoorweg, heggen, akkerland en enkele boerderijen. Kortom: de omvang van de schade hangt sterk af van de kwaliteit van de infrastructuur. San Francisco en Japan zijn terdege voorbereid op flinke aardbevingen. Gebouwen worden op ingenuwe manier geconstrueerd. Door de aardbeving zelf, voor de kust van Sendai/Japan in 2011, vielen dan ook geen slachtoffers. Het was de vloedgolf die erop volgde, die de problemen veroorzaakte: duizenden doden, huizen verwoest en zware problemen met de kerncentrale in Fukushima. Behalve infrastructuur speelt ook de manier waarop de overheid en bedrijven omgaan met seismische dreiging een grote rol. ‘Corruption kills’, schrijven de Engelse seismologen Nicholas Ambraseys en Roger Bilham in 2011 in een artikel in *Nature* over aardbevingen, slachtofferaantallen, overheidsreguleringen en andere sociaaleconomische factoren. Haïti is hier opnieuw illustratief: een zwakke corrupte overheid, arme bevolking, slechte bouwvoorschriften. De schaal van Mercalli is zeker handig om de lokale gevolgen en schade in beeld te krijgen: mensen kunnen na een aardbeving meteen meldingen doorgeven, zodat de omvang van de schade snel bekend is en de hulpvraag in te schatten is. Maar deze schaal heeft geen directe natuurkundige relatie met de beving zelf. Stel, er is een aardbeving op de Zuidpool waarbij 3000 pinguïns omvallen. Die is 0 op de schaal van Mercalli. Een ander lastig aspect is dat afhankelijk van hoe vóór je van de aardbeving bent,

Figuur 1: Schaal van Mercalli, met intensiteit en op basis waarvan die is bepaald

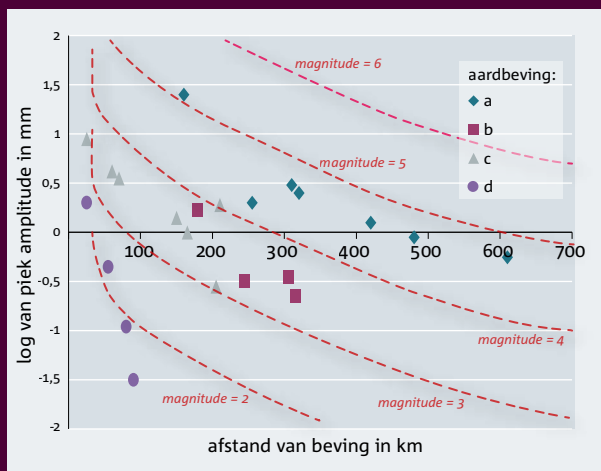
Intensiteit	Omschrijving
I	Niet gevoeld
II	Nauwelijks gevoeld
III	Zwak
IV	Vrij sterk
V	Sterk
VI	Licht beschadigend
VII	Beschadigend
VIII	Zwaar beschadigend
IX	Vernielend
X	Verwoestend
XI	Allesverwoestend
XII	Catastrofaal



Figuur 3: Per aardbeving (a,b,c en d) gemeten beweging (amplitude) bij elk van de seismografen



Figuur 4: Dezelfde gegevens, logaritmisch uitgezet. En de lijnen die Richter koos voor verschillende sterktes. Dicht naar de aardbeving buigen die snel omhoog



dezelfde beving een ander getal krijgt. Zo is het appels met peren vergelijken als je wilt weten of de aardbeving in jouw land zwaarder was dan die in een ander land. Of als je wilt begrijpen wat er bij een aardbeving nou eigenlijk gebeurt.

Schaal van Richter

Met dat in het achterhoofd plaatste Charles Richter in 1931 een serie seismometers in California, honderden kilometers uit elkaar. Hij wilde meten hoeveel beweging van de grond de apparaten zouden registreren bij een en dezelfde aardbeving op verschillende afstanden van de beving. Vergelijk een aardbeving met een steen die je in het water gooit: waar de steen in het water plonst, ontstaat er een flinke golf, die zich in alle richtin-

De zwaarte van een beving hangt vooral af van hoe lang een breuk blijft schuiven

gen over het wateroppervlak beweegt. De golf wordt daarbij steeds minder hoog, omdat de energie over een steeds grotere cirkel verdeeld is. Als je de rimpelingen van het water op een bepaalde afstand meet, kun je zeggen hoe hoog de beginplons is, bedacht Richter. En toen was het wachten. En ja hoor. Tot 1932 beleefde Californië enkele lichte aardbevingen. Hoopvol zette Richter de beweging die de meters registreerden uit in een grafiek (figuur 3). De grafiek toont een aantal aardbevingen, waarbij (a) de meeste groundbeweging veroorzaakte. Dicht bij de aardbevingen ging de aarde redelijk op en neer, verder weg nam de beweging heel snel af. Denk aan de steen die in het water plonst, maar anders dan in water verspreidt de golf zich nu ook de diepte in en neemt daardoor nóg sneller af in hoogte! Richter merkte al snel dat het beperkte netwerk van seismografen op een paar honderd kilometer afstand van de aardbeving maar heel kleine verschillen tussen de bevingen kon waarnemen. Zie in figuur 3 het cluster van b, c en a rond de 170-300 kilometer afstand. Daarom zette hij de metingen ook uit in een logaritmische grafiek (figuur 4), dus met stappen van x10 (10-1, 100, 101, 102, 103, enzovoort) in plaats van +10 (0, 10, 20, 30). Zo was het verschil duidelijker te zien: vergelijk figuur 3 en 4 maar met elkaar.

Met zijn beperkte meetnet en meetgegevens kon Richter niet anders dan een willekeurige standaard kiezen. Een gemiddelde aardbeving uit zijn serie die op 100 kilometer afstand maximaal 1 mm beweging veroorzaakte, gaf hij een magnitude 3. Een magnitude 4 aardbeving geeft dan op 100 km afstand een uitslag van 1x10 mm (10 tot de macht 1), een beving van magnitude 2 nog maar 0,1 mm. Waren er in Richters meetperiode in Californië zwaardere bevingen geweest, of juist alleen heel lichte, dan had de schaal van Richter er heel anders uitgezien.

Sleutelen

Tegenwoordig kunnen we met een heel fijn netwerk van meet-apparatuur (denk aan Groningen) heel dicht bij een lichte aardbeving een heel kleine beweging vaststellen. Dan heb je het misschien over 0,01 mm beweging op 10 kilometer afstand en kom je in de uiterste linkeronderhoek van de grafiek uit. Een aardbeving van 0 bestaat dus en betekent niet hetzelfde als geen aardbeving.

Goed om je te beseffen: aan het aardoppervlak pal boven een aardbeving van 3.2 op 3 km diepte (hypocentrum), is de diepte meteen de afstand tot de beving. Dat veroorzaakt in het epicentrum, bijvoorbeeld Loppersum, best wat beweging. Maar op 50 km, in de stad Groningen, al nauwelijks meer. En in Den Haag op het Binnenhof al helemaal niet meer. Daarentegen kan een diepe aardbeving (op honderden kilometers onder het aardoppervlak, veelal in duikende platen) volgens de schaal van Richter behoorlijk zwaar zijn en over een groot gebied wél merkbare trillingen veroorzaken (bijvoorbeeld heen en weer schuddende wolkenkrabbers in Tokio, op 370 km van het epicentrum in Sendai), maar toch weinig schade veroorzaken.

Lichte aardbevingen zijn op grote afstand (> 500 km) niet te meten met de oorspronkelijke schaal van Richter, en ook zware aardbevingen vallen buiten de boot – je kunt je leerlingen dit zelf laten ontdekken aan de hand van de lesopdracht op www.geografie.nl. Daarbij is de ondergrond van Californië niet die van Groningen, dus de schaal is eigenlijk alleen lokaal te gebruiken. Daarom wordt de zwaarte van de aardbeving, de magnitude bij de schaal van Richter, tegenwoordig aangegeven als M_L met de L van *local*. Richter merkte met zijn leerling Gutenberg zelf al dat de schaal niet goed toepasbaar was bij aardbevingen verder weg. Daarom sloegen ze aan het rekenen met het volledige patroon aan seismische golven van aardbevingen ver weg om daarvan de magnitude te bepalen. Daarvoor stelden ze formules op die ze in overeenstemming brachten met de lokale schaal van Richter. Al die manieren bleken voor- en nadelen te hebben. De ene leverde snel een resultaat, maar was niet precies. De andere was wel precies, maar pas na lange tijd vast te stellen, of niet goed voor diepere aardbevingen.

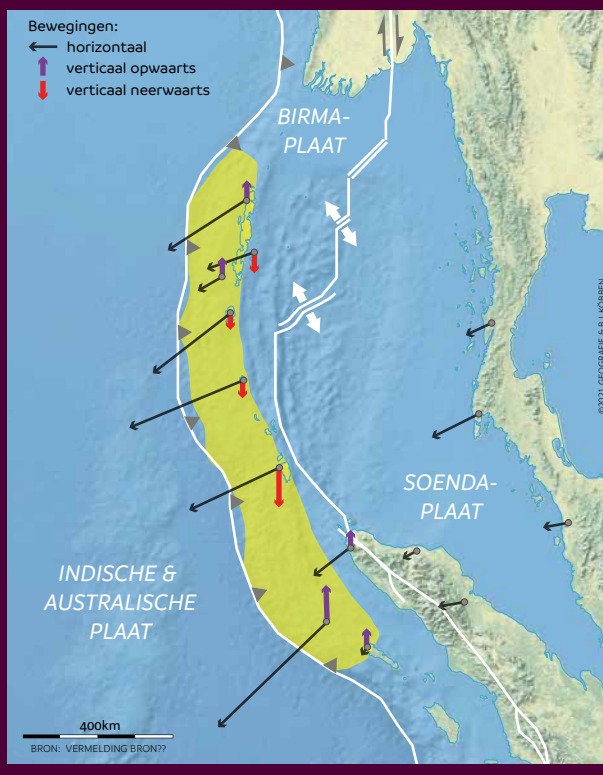
Andere manier van denken

Inmiddels is ook duidelijk dat de zware bevingen niet per se nóg harder schudden veroorzaken en dat de zwaarte vooral afhangt van hoeveel tijd een breuk blijft schuiven. In Japan in 2011 duurde dat bijvoorbeeld drie volle minuten. Daarom zijn er ook zo veel filmpjes van. Iedereen had genoeg tijd om zichzelf eerst in veiligheid te brengen en daarna nog met een camera aan de slag te gaan. Kortom: er kwam een andere manier van denken in beeld. In plaats van de beweging van de bodem bij een beving te meten, kun je ook bedenken: een aardbeving is het gevolg van verschuiving langs een breukvlak. De beweging langs dat breukvlak houdt ergens ook weer op. Over een lange afstand een grote verschuiving? Zware aardbeving.

Moment magnitude

Hoeveel energie is er nodig om een breukoppervlak van x m² over een gemiddelde afstand van x m te verplaatsen? Vermenigvuldig deze met elkaar en voeg dan nog iets van materiaaleigenschappen van gesteente en/of het breukoppervlak toe. Dat bepaalt hoeveel schuifspanning er nodig is voor hoeveel schuifbeweging. Bij natuurkunde noemen ze zoiets ‘moment’ of ‘arbeid’. Seismisch moment dus, M_0 . Tegenwoordig is met gps, satellieten, naschokken en metingen in het veld prima vast te stellen hoeveel verschuiving er is opgetreden. Zo weten we dat bij de aardbeving bij Sumatra in 2004 een stuk plaatgrens van meer dan 1500 x 100 km (gele gebied in figuur 5), dat is alles wat je tot aan de horizon ziet als je van hier naar Barcelona rijdt, gemiddeld een aantal meters verschoof. Op dezelfde manier kun je ook voor breukbewegingen uit het verleden (bijvoorbeeld van de Peelrandbreuk) in het veld vaststellen hoeveel verschuiving er per keer heeft plaatsgevonden. Dus weten we achteraf hoe zwaar aardbevingen kunnen zijn

Figuur 5: Horizontale en verticale bewegingen bij de aardbeving bij Sumatra, kerstmis 2004



geweest tot 100 duizenden jaren geleden. Misschien was het je nog niet opgevallen: uit het rekensommetje van seismisch moment komt geen logaritmische relatie. En hoe kun je dat dan vergelijken met de schaal van Richter? Het zou wat zijn om alle oude gegevens niet meer te kunnen gebruiken. Of alles te moeten omrekenen, voor zover dat al zou kunnen. Dus werd een formule opgetuigd om te zorgen dat de moment magnitude (M_w , met de ‘w’ van *work*) voor het deel waarin Richters schaal prima werkt (ongeveer magnitude 3 tot 5.5) gelijk is aan de schaal van Richter op basis van het seismische moment: $M_w = 2/3 \log M_0 - 10.7$. Inderdaad, een ingewikkelde formule, maar op die manier gebruiken we via een achterdeur nog altijd de schaal van Richter. Bij zwaardere aardbevingen gaan M_L en M_w steeds verder uit elkaar lopen, Richters schaal onderschat die. Dus bij aardbevingen boven 5.5 kun je niet meer spreken van ‘op de schaal van Richter’. Ook al doen de *NOS* en de *Volkscrant* dat gewoontegetrouw nog wel. En als docent deed jij dat misschien ook nog. Nu weet je waarom je een ‘aardbeving met magnitude 8.2’ hoort te zeggen. En je leerlingen straks ook. •

[i] Zie www.geografie.nl/artikel/de-schaal-van-richter voor een opdracht over de schaal van Richter in de klas en de video van de Universiteit van Nederland over dit onderwerp.

BRONNEN: ZIE WWW.GEOGRAFIE.NL

Dit artikel is een variant van een video op de Universiteit van Nederland. Zie www.geografie.nl/artikel/de-schaal-van-richter