

Oorzaak en gevolg

Platentektoniek in het onderwijs

In het vorige nummer van *Geografie* reageerde Bernd Andeweg op een verwarrend bericht in *de Volkskrant* over een 'nieuwe vondst' in de platentektoniek. Ook de lesmethodes en examensyllabi lopen niet in de pas met de huidige wetenschappelijke kennis. Hoog tijd voor een *update*.

Het veel onderwezen model van platentektoniek laat zien hoe platen passief meebewegen met convectiestromen die in de bovenste 600 kilometer van de aardmantel convectiecellen vormen en de platen meesleuren, zoals de vellen in een pannetje kokende melk (figuur 1). Maar dit idee stuit in de praktijk op allerlei bezwaren. Zo blijken de mid-oceanische ruggen niet statisch te zijn, maar te bewegen ten opzichte van de onderliggende mantel. Dit kun je in een les gemakkelijk inzichtelijk maken aan de hand van de Afrikaanse plaat, die aan twee kanten wordt begrensd door mid-oceanische ruggen. De aangroei van oceanische korst is alleen mogelijk als ook minstens één van de ruggen zich verplaatst. Als dit proces gedreven zou worden door grote convectiecellen, zouden die cellen dus zelf door de mantel bewegen.

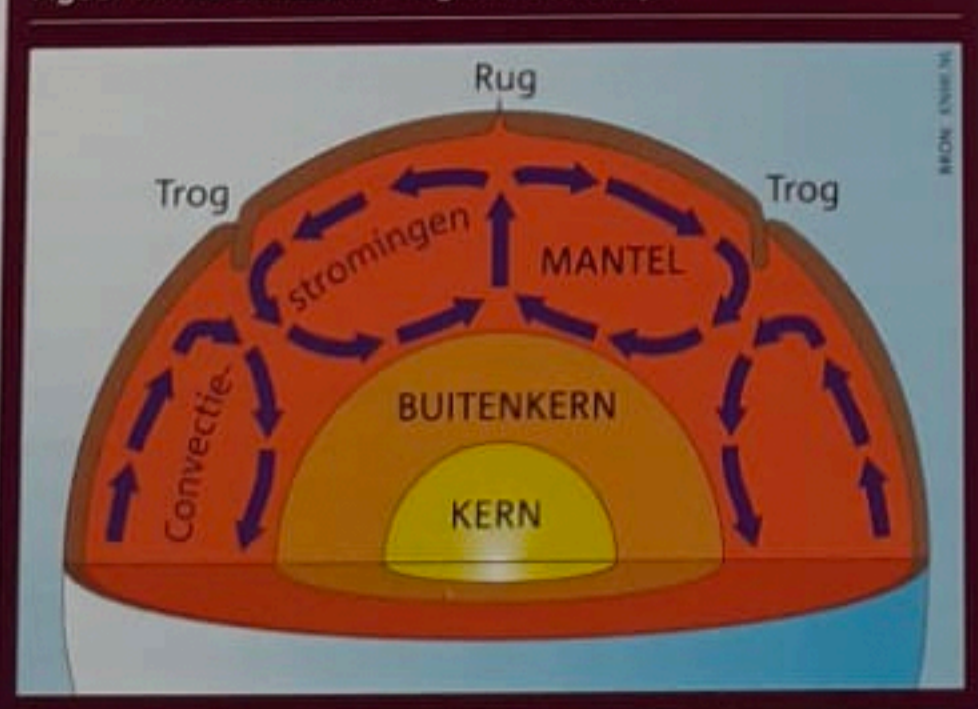
Wanneer je met leerlingen de geologische kaarten in *Alcarta* (218-219) of *De Grote Bosatlas* (238b) bestudeert, zijn er nog veel meer van dit soort 'probleemgebieden' aan te wijzen. De figuren van convectiecelletjes in de lesmethoden laten zien hoe de groei van platen bij ruggen wordt gecompenseerd doordat de platen

de mantel in duiken (subductiezones). Gemiddeld over de aarde is dat ook zo, maar de Noord- en Zuid-Amerikaanse platen subduceren (bijna) nergens en groeien dus: dan zou hier dus een convectiecel moeten meegroeien.

Aan de westkant van de Noord-Amerikaanse plaat is het idee dat convectiecellen de platen voortdrijven nog moeilijker te rijmen. De San Andreasbreuk is een transforme breuk, waarbij de Pacificische plaat naar het noordwesten beweegt ten opzichte van de Noord-Amerikaanse plaat. Dat zou vereisen dat er twee parallel aan elkaar lopende, maar in tegengestelde richting bewegende convectiestromen door de bovenmantel kolken. Dat is op zich al moeilijk te verklaren. Maar daar komt nog bij dat de Noord-Amerikaanse en Pacificische plaat samen, en dus ook de San Andreasbreuk, naar het westen bewegen over de mantel. Er zou dus dwars op de twee convectiestromen nog een derde convectiestroom moeten zijn. Dat wordt allemaal wel erg complex om te verklaren. En hoe valt uit te leggen dat platen soms enorme veranderingen ondergaan in snelheid of richting? De Pacificische plaat veranderde 50 miljoen jaar geleden zo'n 50 graden van bewegingsrichting in een tijdsbestek van een paar miljoen jaar. Op de geologische wereldkaart is dit duidelijk zichtbaar aan de knik in de Hawaii-Emperorketen. India accelereerde rond 65 miljoen jaar geleden in een zelfde tijdsbestek van 8 naar 18 cm/jaar – voor geologisch begrippen is dat razendsnel. En zo zijn er meer voorbeelden. Het is niet te verklaren hoe enorme cellen zo snel in tempo of richting kunnen veranderen.

De convectiestromen vormen dus geen sluitende verklaring voor bewegende platen. Waarom doen we in het onderwijs dan nog steeds alsof dit wel het geval is?

Figuur 1: Plaattektoniek 'volgens het boekje'

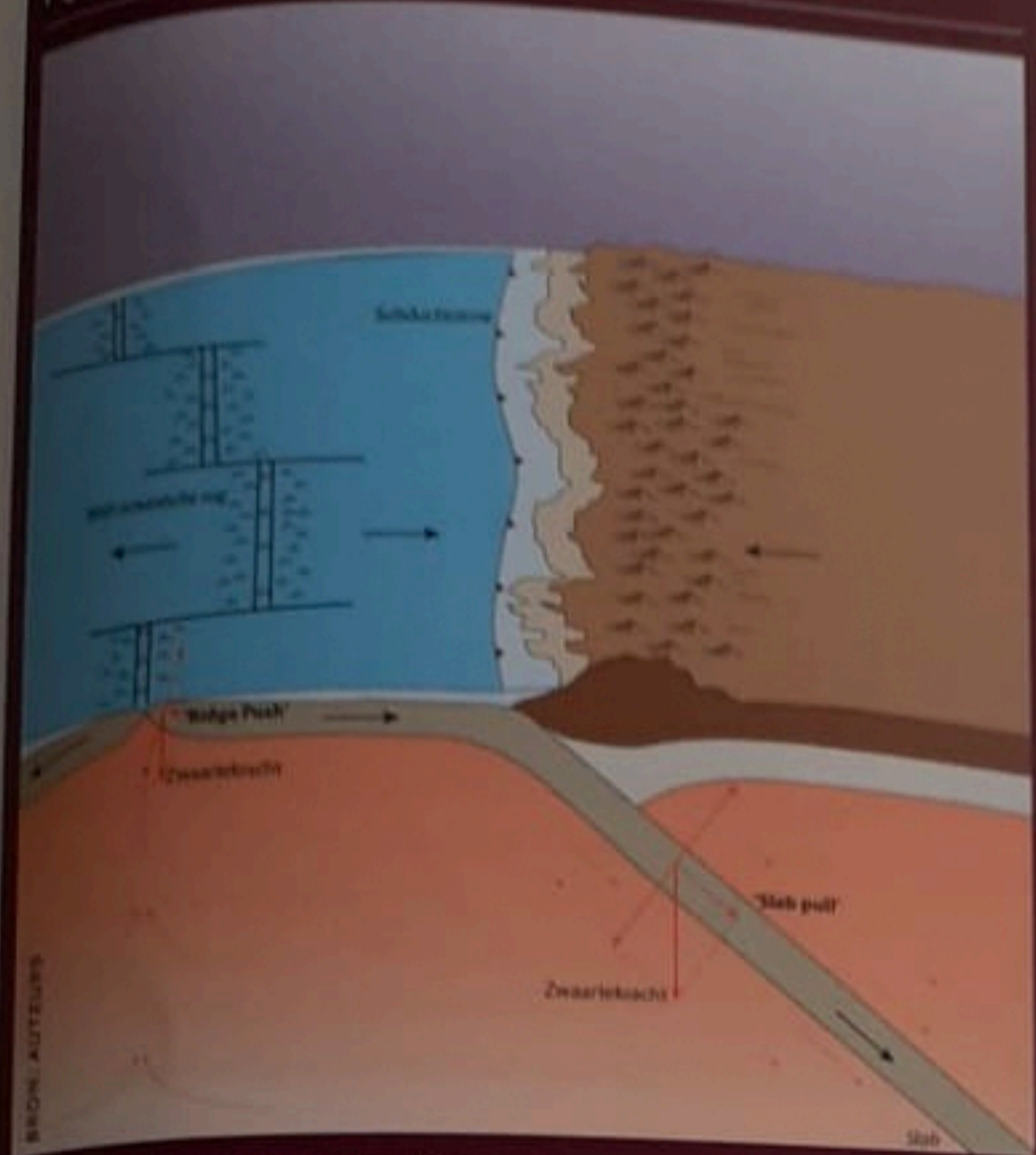


Ridge push en slab pull

Al sinds de jaren 70 worden in de wetenschap twee krachten op platen beschouwd als de drijvende mechanismen van platentektoniek: *ridge push* en *slab pull*.

Op plaatsen waar platen uit elkaar bewegen (divergeren), welt de aardmantel op en smelt daardoor ten dele. Dit gesmolten gesteente is lichter dan het mantelmateriaal, stijgt verder en de scheur tussen de platen wordt opgevuld met magma en vormt zo nieuwe oceanische korst. Omdat de lithosfeer aan de rug warm is en dus een relatief lage dichtheid heeft, drijft deze hoog op de asthenosfeer (het vloeibare deel van de mantel) en vormt zo een mid-oceanische rug. Terwijl oceanische korst van de rug weg beweegt en afkoelt, zakt ook temperatuur in de onderliggende bovenste laag van de asthenosfeer. Samen vormen ze een

Figuur 2: Oceanische korst met ridge push en slab pull



De zwaartekracht is ontleed in een x-component die gecompenseerd wordt door de normaalkracht, en een resterende y-component. De y-component brengt de plaat in beweging. Deze kracht is bij slab pull duidelijk groter dan bij ridge push. De bewegingen in de mantel zijn het resultaat van de beweging van de korst en zijn dus passief.

dikkere, stijve lithosfeer. Na miljoenen jaren wordt deze lithosfeer dichter dan de asthenosfeer. Deze toename van dichtheid van oudere oceaankorst heeft onder meer tot gevolg dat er diepe oceaانبekkens ontstaan – tot wel 2000 meter dieper dan de mid-oceanische ruggen. Door dit hoogteverschil ligt de oceanische plaat tussen de rug en het bekken schuin op de asthenosfeer, waardoor de zwaartekracht de plaat ‘naar beneden’ laat schuiven (figuur 2). Door deze beweging duwt het jongere deel van de plaat het oudere deel vooruit: *ridge push*.

Bij subductiezones duikt de dichte oceanische lithosfeer dan de mantel in. Dat gebeurt meestal onder een hoek van zo’n 40-60 graden. De subducerende *slabs* hebben een hogere dichtheid dan het omringende mantelmateriaal en tijdens de duik neemt door metamorfe reacties in de slab de dichtheid nog verder toe. De slab wordt door de zwaartekracht dus verder de mantel ingetrokken (figuur 2). Door deze trekkracht wordt de rest van de plaat richting de subductiezone getrokken: *slab pull*. De overzichtsstudie van Carolina Lithgow-Bertelloni uit 2014 laat zien

dat slab pull de belangrijkste drijvende kracht van de platen tektoniek is: deze bedraagt ongeveer 90% van de krachtenbalans, terwijl ridge push zo’n 10% bijdraagt.

Toch convectiestromen?

De drijvende krachten achter de platen tektoniek worden dus primair veroorzaakt door dichtheidsverschillen en zwaartekracht. Toch moet er wel sprake zijn van convectie in de mantel, maar dat die de vorm heeft van convectiecellen is allerm minst zeker. In subductiezones zinken platen de asthenosfeer in richting – uiteindelijk – de grens tussen mantel en kern. En waar materiaal daalt, moet ergens anders materiaal stijgen (zie Bernd Andewegs uitleg in *Geografie* maart). Dat stijgen gebeurt vooral aan mid-oceanische ruggen. Maar omdat het systeem gedreven wordt door de plaatbewegingen, hoeft dit proces van stijgen en dalen alleen maar gemiddeld over de aarde in balans te zijn en is de convectie vooral *passief*, in steeds veranderende patronen die zich aanpassen aan plaatsnelheid en plaatconfiguratie. Ze worden primair veroorzaakt door ridge push en slab pull, en zijn dus niet de *oorzaak* van platen tektoniek, maar het *gevolg* ervan.

Onderwijs

In het huidige aardrijkskundeonderwijs worden de begrippen ridge push en slab pull onterecht nauwelijks behandeld. De kern-doelen van het SLO en de huidige bouwstenen van het curriculum geven geen specifiek leerdoel over de *oorzaak* van platen tektoniek. De methodes gaan echter uit van convectiestromen als drijvende kracht. Dit gebeurt in zowel *De Geo*, *De Wereld Van*, *BuiteNland* als *Humboldt*.

De examensyllabus havo 2021 geeft bij subdomein C2 onderdeel 7a 1 als belangrijk begrip convectiestromen, maar ridge push en slab pull ontbreken. Gek genoeg noemt de examensyllabus vwo 2021 bij hetzelfde subdomein als aandachtspunt: ‘Plaatbewegingen zijn het resultaat van een duwkracht vanuit de (mid)oceanische rug (ridge push) en een trekkracht als gevolg van het wegduiken van de oceanische korst bij een subductiezone (slab pull)’. Bij de belangrijke begrippen staan echter wel convectiestromen genoemd, maar ontbreken ridge push en slab pull wederom. De examensyllabi, en in hun voetspoor de lesmethodes, lopen dus achter op de gangbare wetenschappelijke kennis. Leerlingen wordt in 2021 kennis aangeleerd die al vijftig jaar geleden is weerlegd. Een actueel vak als aardrijkskunde kan zich dat volgens ons niet permitteren. Hoog tijd voor een herziening. •

Lars van Hinsbergen is docent aardrijkskunde aan het Fioretti College in Lisse. Douwe van Hinsbergen is hoogleraar Mondiale Tektoniek en Paleogeografie aan de Universiteit Utrecht. •

BRON

Lithgow-Bertelloni, C. (2014). Driving Forces: Slab Pull, Ridge Push. In J. Harff, M. Meschede, S. Petersen & J. Thiede (Eds.), *Encyclopedia of Marine Geosciences*. Dordrecht: Springer.

Leerlingen wordt in 2021 kennis aangeleerd die al vijftig jaar geleden is weergelegd