

De Bewegende Aarde, een interdisciplinaire NLT-module

Een aardbeving in Pakistan, een vulkaanuitbarsting in Chili, een tsunami in Indonesië. Regelmatig wordt de wereld opgeschrikt doordat de aarde beweegt. In de natuurprofielen was er tot nu toe nog weinig aandacht voor de bestudering van die bewegingen, hoewel ze een interessant toepassingsgebied vormen voor natuurkunde, scheikunde en wiskunde. Maar nu is er de module *De Bewegende Aarde*.

■ **Marloes Kloosterboer-van Hoeve / Junior College Utrecht en Goois Lyceum**
Hans de Bresser / Faculteit Geowetenschappen, Universiteit Utrecht
Ton van der Valk / Junior College Utrecht en Flsme, Universiteit Utrecht

De module, inhoud en didactiek

De module *De Bewegende Aarde* beschrijft en verklaart de oorzaken en gevolgen van bewegingen in de aarde: vulkaanuitbarstingen, aardbevingen en de vorming van gebergten. De module is in juni 2008 gecertificeerd voor het nieuwe bètavak Natuur Leven en Technologie (NLT) in 5/6 vwo. Elke school die dat wil kan deze module gebruiken. De module is ook informatief voor docenten die bewegingen in de aarde als context in hun vaklessen willen gebruiken.

De module start met twee hoofdvragen waarop de leerlingen aan het einde van de module een antwoord kunnen geven:

1. Welke bewegingen vinden plaats in de aarde, en waardoor worden ze veroorzaakt?
2. Welke gevolgen kunnen deze bewegingen hebben voor het aardoppervlak, de oceanen en de atmosfeer?

Ook de hoofdstukken en de paragrafen starten met vragen die de leerlingen aan het einde moeten beantwoorden.

Om de hoofdvragen van de module te kunnen beantwoorden is inzicht nodig in de fysische en chemische processen die optreden bij plaatbewegingen, aardbevingen, vulkaanuitbarstingen en gebergtevorming. Een belangrijk deel van die processen speelt zich af in het diepe binnenste van de aarde. Voor het bewijs van plaatverschuivingen moet de leerling iets weten van (paleo)magnetisme. Voor het beschrijven van plaatbewegingen is een wiskundige beschrijving van bewegingen op een bol nodig. Bij aardbevingen komt

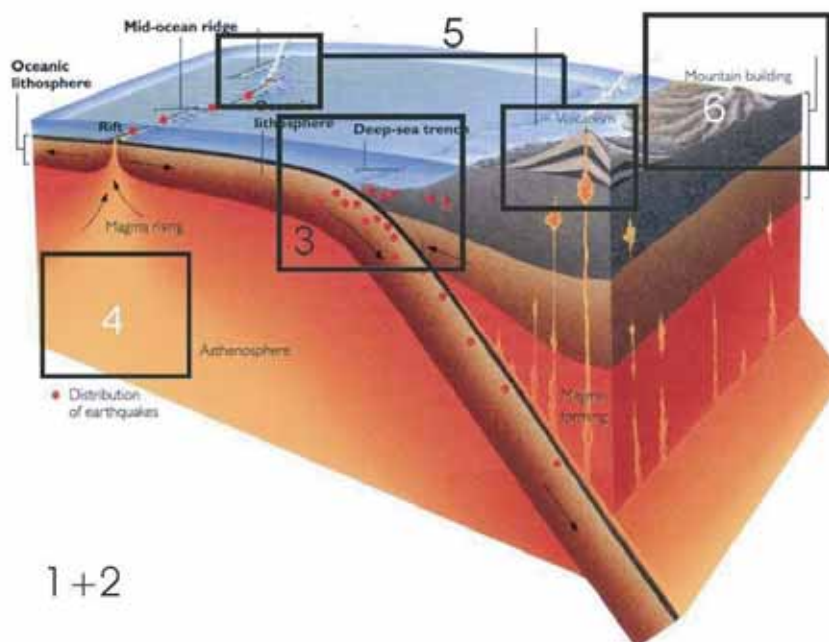
de natuurkunde van golfvoortplanting aan bod. Bij vulkaanuitbarstingen speelt de chemie van zwavel en chloor een rol. Door dit interdisciplinaire karakter vraagt de module inzet van een team van docenten uit verschillende vakken.

Figuur 1 geeft een overzicht van geologische verschijnselen en processen aan het aardoppervlak en dieper in de aarde. De figuur vat samen welke bewegingen in welk hoofdstuk van de module besproken worden. Door dit plaatje regelmatig terug te laten komen in de lessen kan de docent de leerling laten weten welk deel van het

geheel aan de orde is en hoe dat met de beweging van platen samenhangt. Ook het stellen en beantwoorden van de hoofdstukvragen draagt eraan bij dat de leerlingen voortdurend weten waar zij mee bezig zijn en waar ze naartoe op weg zijn.

De module bestaat uit twee basishoofdstukken en vier keuzehoofdstukken (zie tabel 1). Hoofdstuk 1 en 2 zijn inleidend en introduceren het idee van de beweging van aardplaten. In hoofdstuk 1 komen drie werkwijzen aan bod die door de hele module gebruikt worden: het gebruik van

Figuur 1. Dit schematische plaatje van een stuk aardkorst geeft in één oogopslag aan wat in *De Bewegende Aarde* besproken wordt. De cijfers verwijzen naar de hoofdstukken.



De opzet van de module

basishoofdstukken

- 1 Inleiding: atlas, gesteenten en dateren
- 2 Plaattektoniek

keuzehoofdstukken

- 3 Aardbevingen
- 4 Het binnenste van de aarde
- 5 Vulkanen
- 6 Gebergtevorming

voorbeelden van opdrachten

- Rekenen aan radioactief verval.
- Dateren met de K/Ar methode.
- Het magneetveld in je woonplaats.
- Bepaling rotatiepool Atlantische Oceaan.
- Lokalisatie aardbeving Nederland 1992.
- Tsunami: voortplantingsroute berekenen.
- Waarom S-golven niet door vloeibare media gaan.
- Voorspel de totale warmtestroom.
- Welke vluchtige stoffen ontsnappen er bij een vulkaanuitbarsting?
- Bereken de pH van regenwater na een vulkaanuitbarsting.
- Gesteenten kunnen breken: experiment met zandsteen.
- Gesteenten kunnen vloeien: demonstratie met maizena.

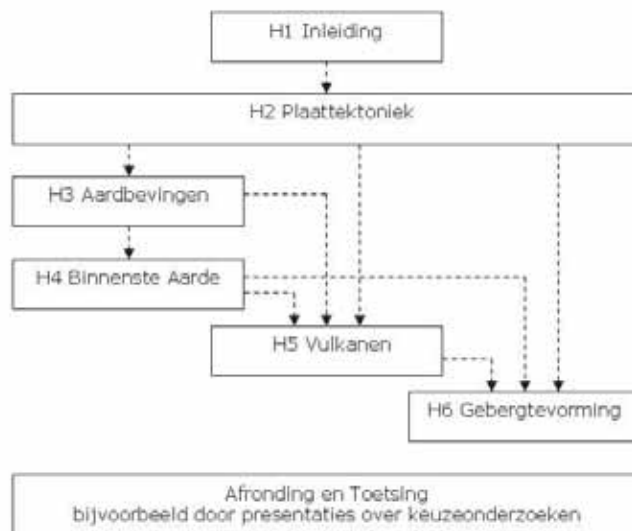
de atlas en Google Earth, het karakteriseren van gesteenten (sedimentair, meta-morf en stollingsgesteente) en het gebruik van dateringsmethoden. Hoofdstuk 2 geeft de algemene inleiding in de theorie van de plaattektoniek. Daarbij worden de bewegingen van de platen niet alleen beschreven, maar er wordt ook aan gerekend. De keuzehoofdstukken gaan over verschijnselen die het gevolg zijn van plaatbewegingen. Welke van de keuzehoofdstukken worden gedaan, hangt af van de voorkennis van de groep, beschikbare tijd en de voorkeur van de docenten. Ook kan de keuze overgelaten worden aan de leerlingen. Zij kunnen een hoofd-

stuk zelfstandig bestuderen en er een presentatie over geven. Figuur 2 geeft mogelijke routes aan in een stroomdiagram. De toetsing kan op verschillende manieren gebeuren, bijvoorbeeld door het beoordelen van ingeleverde opgaven, door beoordeling van de presentaties over keuzeonderwerpen en/of door een proefwerk over de basishoofdstukken.

Het hoofdstuk *Gebergtevorming* bijvoorbeeld

Waar bewegende platen botsen, ontstaat een gebergte. Daarbij worden gesteentes van grote diepte omhoog gedrukt en gaan sedimenten van het oppervlak naar de

Figuur 2. Stroomdiagram van mogelijke routes door de module. De gestippelde pijlen geven keuzemogelijkheden aan.



diepte. Tijdens deze processen worden de gesteentes sterk vervormd. Deze deformatie kan snel of langzaam gaan, bij hoge of juist lage temperatuur en druk optreden, en geheel droog plaatsvinden of onder aanwezigheid van water. Een breed scala aan fysische processen kan tot deformatie leiden, allen met hun karakteristieke structuren op micro- tot kilometerschaal. Gebergtevorming is een zeer langzaam proces, maar goed kijken naar structuren in gedeformeerde gesteenten (in bijvoorbeeld de Alpen) geeft veel inzicht in de processen en omstandigheden van gebergtevorming. Door die waarnemingen vervolgens te vergelijken met de resultaten van laboratoriumexperimenten ontstaat een goed beeld van de rol die materiaaleigenschappen spelen bij gebergtevorming.

Het hoofdstuk *Gebergtevorming* bevat opdrachten waarin natuurlijke structuren worden bekeken, experimentele gegevens worden verwerkt en theoretische aspecten van deformatieprocessen worden doorgerekend. Voor het bestuderen van natuurlijke structuren worden foto's gebruikt, inclusief opnames van natuurstenen wandplaten uit gebouwen; zie als voorbeeld figuur 3. Proefjes met maizena illustreren vervolgens de breek- en vloeiprocessen die ook bij de deformatie van gesteenten optreden (figuur 4). Uiteindelijk leidt dit tot het inzicht dat processen op microschaal essentieel zijn voor het ontstaan van gebergten op kilometerschaal.



Figuur 3. Plooiën zichtbaar in natuurstenen wandbekleding uit een pand aan de Oude Gracht in Utrecht.



Figuur 4. Hans de Bresser laat zien dat een vloeibaar papje maïzena brokkelig wordt bij plotselinge beweging, net als gesteente onder hoge druk. Foto: Saskia Lelieveld.

Ervaringen in de klas

De module werd oorspronkelijk als ‘verrijksmodule’ ontwikkeld voor het Junior College Utrecht (JCU), een samenwerkingsverband tussen de Universiteit Utrecht en 26 partnerscholen uit de regio Midden Nederland voor onderwijs aan getalenteerde vwo-leerlingen¹. Het werd gegeven in 6 vwo door vijf medewerkers van het Departement Aardwetenschappen van de Universiteit Utrecht. De JCU-leerlingen vonden de stof pittig, maar erg interessant. Op grond van deze ervaringen werd een vereenvoudigde tweede versie

Figuur 5. Een leerling bestudeert het onderwerp gesteentevorming uit het moduleboek. Foto: Saskia Lelieveld.



gemaakt, die geschikt moest zijn voor het vak NLT op reguliere vwo-scholen. Die versie is op drie scholen beproefd, in het kader van voorbereiding van het vak NLT in 5 vwo (schooljaar 2007/08). De docenten hadden zich uitgebreid inhoudelijk en didactisch voorbereid, gebruikmakend van de ervaringen op het JCU. De samenwerking met collega’s was inspirerend. Op de scholen was deze samenwerking verschillend geregeld. Het meest ideaal was een projectweek waarin vier vakdocenten de hele module beschikbaar waren.

De leerlingen vonden het leuk om van verschillende docenten les te krijgen. De meeste leerlingen werden door het onderwerp gegrepen. De module leent zich zeer goed om zelfstandig te ‘ploeteren met het materiaal’. Uit de evaluatie bleek dat ze de module leuk vonden, actueel, uitdagend, afwisselend en zeker niet te gemakkelijk. Wat ze soms misten was structuur. Verder zagen ze soms het nut van al het rekenwerk niet in.

Aan de hand van deze ervaringen is een laatste revisie gedaan en het is deze gereviseerde versie die gecertificeerd is.

Docenten die de module getest hebben:

Wat ze goed vonden:

- variatie in opdrachten doordat kennis van verschillende vakken gecombineerd wordt;
- de bijgeleverde PowerPoints: goede aanvulling en goed voor de instructie;
- het is goed om zo met elkaar (docenten en leerlingen) in zo’n module te duiken.

Wat ze lastig vonden:

- je moet het jezelf eigen maken; volgend jaar zal het wel beter gaan;
- voor leerlingen is het vreemd, natuurkundig denken bij aardrijkskunde; het lijkt wel of kennis op slot zit

Inpassing in NLT en beschikbaarheid

De module past in domein C (Aarde en Klimaat) van het NLT-examenprogramma voor vwo. Ook komen er veel vaardigheden uit het domein A aan de orde. De module is gemaakt voor 5/6 vwo, hij is 40 studielasturen groot waarvan 20 à 24 klokuren contacttijd. Het NT-profiel bevat de nodige kennis om alle leerstof aan te kunnen. Voor NG-leerlingen moeten keuzen worden gemaakt vanwege hun beperkte wis- en natuurkundige kennis.

Het materiaal van deze NLT-module is beschikbaar via de website www.betavak-nlt.nl. Het Bètasteunpunt regio Utrecht (www.best-utrecht.nl) ondersteunt het materiaal.

Er zijn PowerPoint presentaties, een docentenhandleiding en evaluatierapporten beschikbaar. Ook als op uw school (nog) geen NLT wordt gegeven dan kan het toch de moeite lonen het materiaal te bestuderen.

U kunt onderdelen eruit in de klas gebruiken, bijvoorbeeld als toepassing van natuurkundeleerstof. Meer informatie kunt u krijgen bij de modulecoördinator, M.L. Kloosterboer-van Hoeve, MKloosterboer@gl.gsf.nl.

Noten

1. Valk, A.E. van der, & Tromp, S. (2007). Gemotiveerde leerlingen méér uitdagen. *NVOX*, 32(2), 84.

Vwo-leerlingen over de module

Wat ze goed vonden:

- de combinatie van aardrijkskunde met de bètavakken is leuk;
- interessant om aan gebeurtenissen uit het verleden te rekenen, lastig maar wel een uitdaging.

Wat ze lastig vonden:

- sommige opdrachten snap je pas als de docent zegt wat je moet doen;
- veel formules die we nog nooit hebben gehad.

Wat ze geleerd hebben:

- Dat van die P- en S-golven. Ik heb nooit geweten hoe ze dat allemaal konden berekenen.
- Aardbevingen en vulkanen, je leerde er mee rekenen en dat kon ik nog niet.

Oproep

De Verenigde Naties hebben 2009 uitgeroepen tot het Internationaal Jaar van de Sterrenkunde (International Year of Astronomy – IYA 2009). IYA 2009 is een initiatief van de Internationale Astronomische Unie en de Unesco. Het is dan 400 jaar geleden dat Galileo Galilei de eerste astronomische ontdekkingen deed met een telescoop. Zijn waarnemingen vormen het startpunt van de moderne astronomie. Ook in Nederland worden allerlei activiteiten voorbereid onder het motto: Het heelal, ontdek het zelf!

Raadpleeg ook

www.astronomy2009.nl.

Ongetwijfeld zijn er docenten die voornemens zijn in hun lessen aandacht aan IYA 2009 te besteden. De redactie zou graag in contact komen met docenten die een artikel (maximaal 1500 woorden) willen schrijven over de activiteiten die zij met hun leerlingen ondernemen.

Nadere informatie kunt u inwinnen bij Arnoud Pollmann, eindredacteur anw, a.pollmann@kpnplanet.nl

Redactie NVOX

