

# Geofysica en natuurkundeonderwijs

KEES FLOOR, *Stichting Opleiding Leraren, Utrecht*

De laatste jaren komen we in het natuurkundeonderwijs nogal eens de uitdrukking 'randgebieden van de natuurkunde' tegen. Men bedoelt er vakken mee als astrofysica, natuurkunde en muziek, historische en filosofische aspecten van de natuurkunde, natuurkunde in de samenleving, natuurkunde in 't vrije veld enz.

Natuurkundeleraren kunnen via deze randgebieden verbindingen leggen tussen stukken natuurkunde en andere onderwerpen die mogelijk de belangstelling van de leerling hebben of waarvan voorkennis of

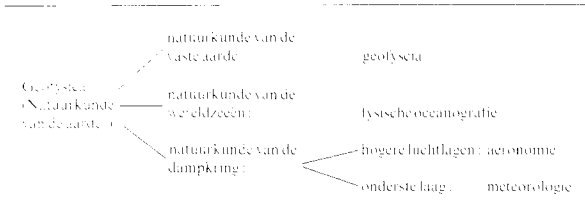
ervaringen aanwezig zijn. Om deze reden komen we altijd wel een of meer van deze randgebieden tegen in de programma's die de nieuwe lerarenopleidingen hun studenten aanbieden. Ook de lijst van keuzeonderwerpen vwo bevat er reeds enkele.

Op een volledige lijst met 'randgebieden' hoort zeker ook het vak geofysica thuis. Hieronder zal worden nagegaan waarom. Verder worden mogelijkheden en moeilijkheden van dat vak, wanneer het in het natuurkundeonderwijs geïntroduceerd wordt, besproken. Uitgangspunt zijn de ervaringen

opgedaan tijdens de voorbereiding, uitvoering en herziening van een cursus geofysica op de SOL.

### Gebiedsafbakening

De geofysica of natuurkunde van de aarde kan worden opgedeeld in een aantal deelgebieden zoals weergegeven in figuur 1.



Figuur 1. Overzicht geofysica

Merk op dat het woord geofysica wordt gebruikt als verzamelnaam voor een aantal vakgebieden, maar ook om één ervan, nl. de natuurkunde van de vaste aarde, aan te geven.

Meteorologie neemt een aparte plaats in. De dagelijkse ervaringen die over het weer bij de leerlingen aanwezig zijn bieden een voor de hand liggend en aantrekkelijk aanknopingspunt voor de natuurkundeleraar. Om deze reden bestaan er gewoonlijk al cursussen meteorologie voordat de geofysica als geheel in de belangstelling komt. Ook bij de keuzeonderwerpen vwo zien we deze ontwikkeling: daar is de meteorologie al vertegenwoordigd in 'weerkunde' en 'natuurkunde van de atmosfeer' voordat er van 'geofysica' sprake is.

Omdat aparte cursussen meteorologie reeds bestaan is het niet wenselijk dit onderwerp in een cursus geofysica op te nemen. Een cursus geofysica voor het onderwijs zal dus gaan over de vaste aarde, de oceanen en de hogere luchtlagen of een keuze daaruit. Het boek *Geofysica* van Veldkamp<sup>2</sup> waarnaar men in het Nederlands taalgebied gemakkelijk zal grijpen behandelt de hogere luchtlagen en de vaste aarde. In het nu volgende beperken we ons echter, evenals bij de SOL-kursus tot de vaste aarde; de onderwerpen zijn weergegeven in figuur 2. Veel

1. ouderdom van de aarde
2. vorm, grootte, zwaartekracht
3. seismologie en structuur van de aarde
4. aardmagnetisme
5. kontinentendrift, verbreding van de zeebodem en schollentektoniek  
steeds uitstapjes naar de exploratiegeofysica

Figuur 2. Onderwerpen natuurkunde van de vaste aarde<sup>3</sup>

van het besprokene is echter ook op andere onderdelen van de geofysica buiten de meteorologie van toepassing.

### Waarom geofysica?

We zullen nu eerst stilstaan bij een aantal argumenten om 'geofysica' een plaats te geven in het natuurkundeonderwijs. Dat het hier een toepassingsgebied van de natuurkunde betreft blijkt wanneer we de onderwerpen uit figuur 2 langslopen. Bij 'ouderdom' vormen radioactieve ouderdomsbepalingen een belangrijk onderdeel. Het zwaartekrachtsveld (resp. aardmagnetisch veld) en zwaartekrachtmetingen (resp. magnetische metingen) komen aan de orde bij 'vorm, grootte, zwaartekracht' (resp. aardmagnetisme). In 'seismologie en structuur van de aarde' komen onder meer seismische trillingen aan bod. Desgewenst kan nader op 'elasticiteit' worden ingegaan. De theorie van de schollentektoniek is het model dat ontwikkeld werd om gegevens ontleend aan de geofysica en andere aardwetenschappen te combineren tot een consistent geheel.

Het vak natuurkunde komt dus in een cursus 'geofysica' ruimschoots aan bod. Geofysica blijkt verder de interesse van velen te kunnen wekken door een zekere verbondenheid die wij als bewoners van deze planeet met onze aarde voelen. 'Hoe ziet de aarde er van binnen uit?' 'drijven de continenten?' 'Hoe weten we dat eigenlijk?': allemaal vragen waar velen niet zonder meer aan voorbij willen gaan.

Een ander argument is de snelle ontwikkeling van het vak gedurende de laatste twee decennia en de aandacht voor de resultaten daarvan in dagbladen en tijdschriften. Nog steeds besteden deze zo nu en dan aandacht aan de theorie van de scholentektoniek of bepaalde uitwerkingen daarvan. Eveneens via de pers bereiken on vaak berichten over aardbevingen en de enorme ravage die zij aanrichten. Deze berichten roepen vragen op als: „Kun je aardbevingen voorspellen?“ „Wat is de schaal van Richter?“ „Kunnen bij ons in Nederland ook aardbevingen voorkomen?“

Geofysische meetmethoden komen we niet alleen op aarde tegen: ook bij het onderzoek van maan en planeten spelen ze een rol. Een voorbeeld vormen de seismografen die destijds op de maan werden geplaatst. Daardoor kan men zich thans een beeld vormen van het inwendige van de maan.

De exploratiegeofysica vervult als praktische tak van het vak een rol bij de opsporing en winning van delfstoffen en heeft daardoor economische betekenis. De tijdschalen van vorming enerzijds en van ontginning en gebruik anderzijds van voorraden delfstoffen brengen ons bij konsekwenties voor het milieu en de grondstoffenvoorziening. Een politieke rol speelt de geofysica bijvoorbeeld in de discussies over de controle op onderaardse kernexplosies. Controle is alleen mogelijk als aardbevingen en kernexplosies in de registraties die zij opleveren uit elkaar gehouden kunnen worden.

Konkluderend kunnen we stellen dat de geofysica voldoende aanknopingspunten biedt, van waaruit belangstelling voor het vak en daarmee voor toepassingen van het vak natuurkunde, kan worden opgewekt.

### *Moelijkheden*

Bij het ontwikkelen van de cursus geofysica op de SOL bleek het vak echter ook zijn moeilijkheden met zich mee te brengen. Er bleek maar weinig materiaal te vinden dat in een dergelijke cursus bruikbaar is. Verder komen er betrekkelijk veel begrippen en feiten naar voren. Enerzijds hangt dit samen met het feit dat het een start in een nieuw

vakgebied betreft. Anderzijds moeten veel zaken uit andere aardwetenschappen geïntroduceerd worden omdat de geofysica zich op het raakvlak van de natuurkunde en de aardwetenschappen bevindt. Voor het vwo zou een goede samenwerking met de collega's voor het vak aardrijkskunde (met belangstelling in fysisch-geografische richting) enige problemen uit de weg kunnen ruimen.

Het experiment heeft in de geofysica een andere plaats dan in andere onderdelen van de natuurkunde. De verschijnselen vinden plaats op een zeer grote (ruimte-en tijd-)schaal, waarbij we de variabelen maar zo moeten nemen als ze zich (nu) aanbieden. Het veranderen van één variabele, waarbij de overige konstant worden gehouden, is hier ondenkbaar. De experimenten zijn daardoor beperkt tot laboratoriummodellen of simulatie-experimenten op de computer. In een klaslokaal moeten we ons beperken tot modellen of analogieën van geofysische verschijnselen, die overigens niet talrijk zijn. (Een voorbeeld is de analogie tussen seismische stralen en lichtstralen)<sup>4</sup>. Eventueel zouden ook principes van geofysische metingen als experiment aan de orde kunnen komen, bijvoorbeeld de slinger voor bepaling van de versnelling van de zwaartekracht of de 'zelfbouw-seismograaf'. De in de geofysica vereiste nauwkeurigheid is echter veel groter dan de in een klaslokaal haalbare, zodat de ruimschoots benodigde tijd achteraf onbevredigend besteed blijkt. Tenslotte bewegen de onderwerpen zich op een weinig concreet nivo. De ruimte- en tijdschalen gaan het concrete voorstellingsvermogen vaak te boven en er is aan geofysica weinig te zien, te horen, te voelen, te ruiken of te proeven.

### *Een cursus geofysica*

Rekening houdend met de genoemde moeilijkheden kan een cursus geofysica zich in twee richtingen ontwikkelen. De ene mogelijkheid is een cursus waarin een aantal natuurkundeonderwerpen wordt besproken bij de keuze waarvan men zich dan wel heeft laten leiden door de onderwerpen van figuur 2. Het gevaar dat m.i. aan een derge-

lijke opzet kleeft, vooral wanneer 'gewone' natuurkundigen het vak geven, is dat men in de fysica duikt zonder het geheel in een geofysisch kader te plaatsen. Daardoor vervallen alle argumenten voor de keuze van het vak, behalve dat het een toepassingsgebied van de natuurkunde betreft. De andere mogelijkheid voor een cursus geofysica heeft het lezen van het boek van Veldkamp<sup>2</sup> of een ander geschikt boek als voornaamste leeractiviteit. De doelen beperken zich tot het verwerven van kennis en inzicht. Een uitwerking van een cursus geofysica zal zich tussen de genoemde uitersten in bewegen. De cursus op de sol. bevindt zich het dichtst bij de laatstgenoemde mogelijkheid. Hierdoor werd het probleem bij de ontwikkeling van de cursus: hoe kun je op een zinvolle en leuke manier bezig gaan met de grote hoeveelheid informatie uit het boek van Veldkamp?

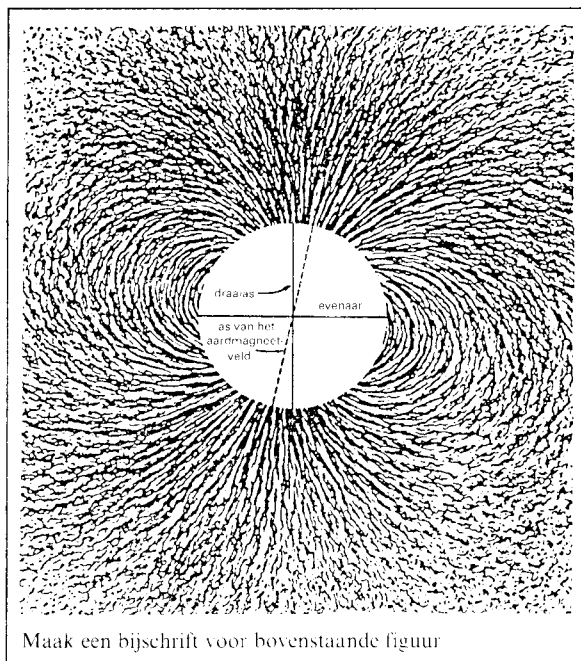
### Opdrachten en plaatjes

Oorspronkelijk werd gekozen voor een handleiding die voornamelijk vragen bevatte over belangrijke zaken uit de leerstof. Al spoedig bleek echter dat weinig deelnemers erin slaagden deze met plezier door te werken, ook niet als er van te voren al enige belangstelling voor het onderwerp aanwezig was. Een tweede versie bleek veel meer aan te slaan. Weliswaar bewogen veel opdrachten zich nog steeds op kennisniveau, maar nu werden ze vooral geïntroduceerd met behulp van plaatjes. Hierdoor werkt men met concreet visueel materiaal. De deelnemers bleken daarmee op een ongedwongen manier aan de praat te raken, dan wel iets op te schrijven, over allerlei zaken uit de leerstof. We geven hier daarom een aantal voorbeelden van de manier waarop de plaatjes in de opdrachten worden verwerkt.

### Voorbeelden

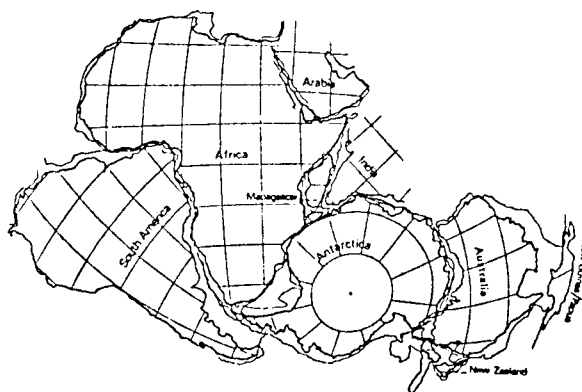
Een eerste mogelijkheid is om het antwoord dat je op een vraag wilt hebben als plaatje aan te bieden.

Een voorbeeld geeft de opdracht van figuur 3.



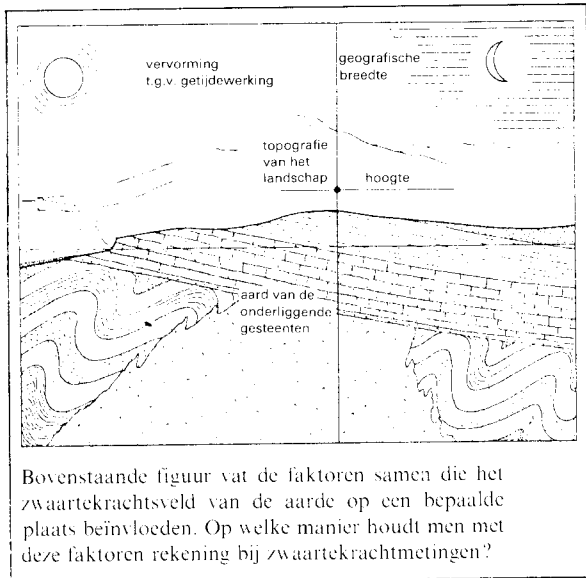
Figuur 3

De theorie drift der continenten berust op een aantal argumenten, waaronder de overeenkomst in de kustlijnen van bijvoorbeeld Afrika en Zuid Amerika. Deze argumenten worden teruggevraagd met de volgende opdracht: 'Bespreek de argumenten voor continentendrift aan de hand van de volgende illustraties' gevolgd door figuur 4 en vele andere.



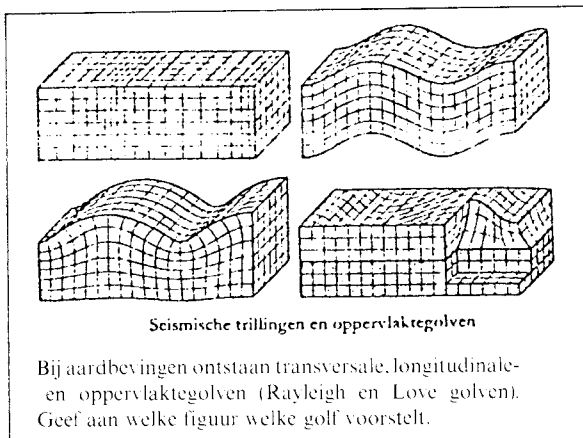
Figuur 4 Vermoedelijke ligging van de continenten (volgens computerberekeningen uit 1970)

Een tweede mogelijkheid is het geven of laten maken van een samenvatting van een stukje leerstof m.b.v. een plaatje (figuur 5).



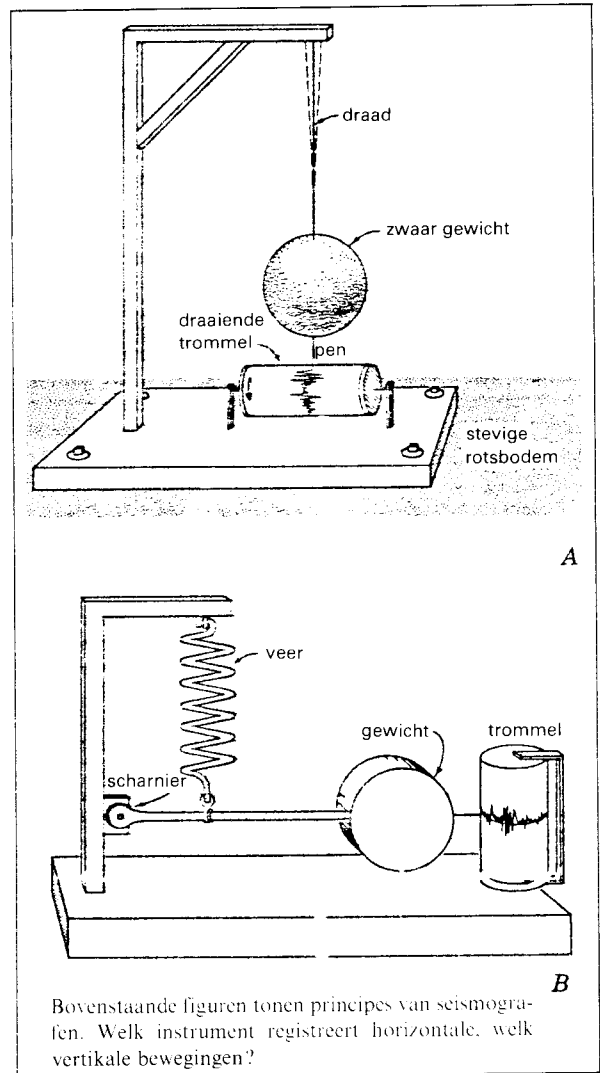
Figuur 5

Een derde mogelijkheid voor het gebruik van plaatjes ligt bij het aanleren van en inhoud geven aan begrippen. Het kan hierbij zowel gaan om begrippen uit de natuurkunde als uit de aardwetenschappen (figuur 6).



Figuur 6

Op vergelijkbare wijze kan men zich bezighouden met de werking van meetinstrumenten (figuur 7).

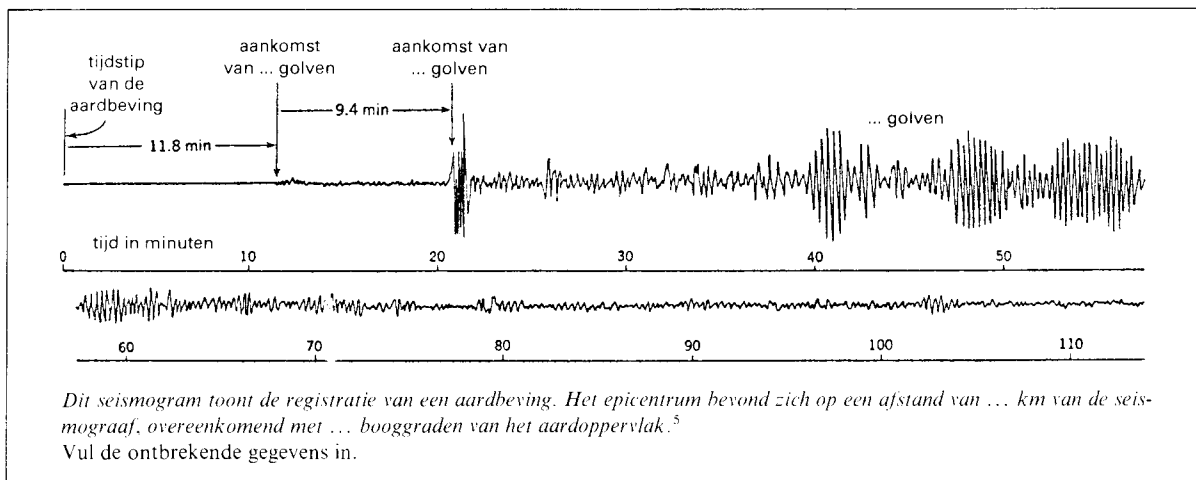


Figuur 7

Als laatste mogelijkheid noemen we het verwijderen van getallen of andere gegevens uit boek-illustraties. Als opdracht moet men deze gegevens uitrekenen, opzoeken en of afleiden uit grafieken (figuur 8).

### Konklusies

– Een natuurkunde leraar met kennis van geofysica beschikt over zinvolle achtergrondinformatie voor zijn lessen.



Figuur 8

- Geofysica verdient een plaats in het natuurkundeonderwijs, bijvoorbeeld als keuzeonderwerp vwo.

Een cursus geofysica bevat relatief veel nieuwe begrippen en informatie; de problemen die dit oplevert bij het geofysica-onderwijs verdienen extra aandacht bij de voorbereiding van het onderwerp.

#### Noten

1. Eventueel van de maan en de planeten.
2. J. Veldkamp, *Geofysica*, Aula Paperback 20, Utrecht 1974<sup>2</sup>.
3. Een uitvoeriger onderwerpenlijst geeft R. A. Rudin in *Geophysics without Geology Am. J. Phys* **45**, 572 (juni 1977).
4. C. Floor, Seismische stralen en lichtstralen *Faraday* **47**, 50; (april 1978).
5. Voor de berekening van de afstand is een diagram met zg. looptijdcurven nodig. Zie bijvoorbeeld noot 2 fig. 58 of noot 4 fig. 2.