

De wereld in met aardrijkskunde

Anouk Adang & Marian Blankman

VAKINHOUD



uitgeverij
coutinho

De wereld in met aardrijkskunde
Vakinhoud

De wereld in met aardrijkskunde

Anouk Adang & Marian Blankman

VAKINHOUD

uitgeverij | C
coutinho

bussum 2021

www.coutinho.nl/dwima-vakinhoud

Je kunt aan de slag met het online studiemateriaal bij dit boek. Dit materiaal bestaat uit begrippentrainers en links.

© 2020 Uitgeverij Coutinho bv

Alle rechten voorbehouden.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (www.reprorecht.nl). Voor de readerregeling kan men zich wenden tot Stichting UvO (Uitgeversorganisatie voor Onderwijslicenties, www.stichting-uvo.nl). Voor het gebruik van auteursrechtelijk beschermd materiaal in knipselkranten dient men contact op te nemen met Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, www.stichting-pro.nl).

Eerste druk 2020, tweede oplage 2021

Uitgeverij Coutinho

Postbus 333

1400 AH Bussum

info@coutinho.nl

www.coutinho.nl

Omslag: Buro Gom, Arnhem. Foto's omslag: zie p. 193

Opmaak binnenwerk: Coco Bookmedia, Amersfoort

Cartografie: Anton van Tetering / Studio Haverstraat, Utrecht

Noot van de uitgever

Wij hebben alle moeite gedaan om rechthebbenden van copyright te achterhalen. Personen of instanties die aanspraak maken op bepaalde rechten, wordt vriendelijk verzocht contact op te nemen met de uitgever.

De personen op de foto's komen niet in de tekst voor en hebben geen relatie met hetgeen in de tekst wordt beschreven, tenzij het anders vermeld is.

ISBN: 978 90 469 0714 6

NUR: 846

Voorwoord

Inzichten vanuit recent onderzoek en actuele ontwikkelingen in de maatschappij en in het onderwijs maken dat er behoefte is aan een nieuw handboek aardrijkskunde voor de pabo. Zo zijn er steeds meer scholen die vormen van vakintegratie invoeren, en behoeven ontwikkelingen rond toekomstgericht onderwijs, duurzaamheid, wereldburgerschap en onderzoekend leren meer aandacht op de pabo. Daarvoor is een stevige kennisbasis, ook inhoudelijk, een vereiste.

De studentpopulatie van de pabo wordt bovendien steeds diverser, en dat is een extra reden voor een nieuw handboek. Naast voltijdstudenten die een vierjarig hbo-programma volgen, zijn er versnellers, studenten die een academische opleiding doen of een flexibel traject. Deze studenten hebben een diverse achtergrond wat betreft didactische en inhoudelijke kennis. Met dit boek willen we aansluiten bij dat diverse publiek.

In *De wereld in met aardrijkskunde* bieden we naast de basisstof ook verdieping. We hebben gekozen voor twee aparte delen voor vakinhoud en vakdidactiek, die los van elkaar gebruikt kunnen worden – al naargelang de behoeften van de student of de eisen van de opleiding. In dit vakinhoudelijke deel zijn verschillende thema's uitgewerkt uit de *Kennisbasis aardrijkskunde voor de pabo*, zoals klimaten, bronnen van energie en bestaansmiddelen.

Tijdens het schrijfproces hebben verschillende mensen ons ondersteund. Wij danken Ton Dietz voor de waardevolle tips bij het schrijven van het hoofdstuk over migratie. Arthur Lutz, Miriam Duijkers en Wim Hoek brachten hun expertise in bij het hoofdstuk over onderzoek doen naar klimaatverandering. De cartografische expertise van Maarten Boddaert kwam de kwaliteit van het kaartmateriaal zeker ten goede.

We hopen dat iedereen die met deze uitgave werkt zijn eigen weg erin kan vinden en zich straks goed voorbereid weet voor het aardrijkskundeonderwijs op de basisschool.

Anouk Adang en Marian Blankman,
voorjaar 2020

Inhoud

Inleiding	11
-----------	----

Blok 1

1	Systeem aarde	13
1.1	De aarde als systeem	14
1.2	Plaatsbepaling op aarde	15
1.3	De aarde in het zonnestelsel	16
1.4	Endogene krachten	18
1.5	Meer over de gevolgen van platentektoniek	22
1.6	Exogene krachten	27
1.7	Afsluiting	28
	Begrippenlijst	29
2	Klimaten	33
2.1	Temperatuur	34
2.2	Neerslag	36
2.3	Wind	38
2.4	Klimaat- en landschapszones	44
2.5	Klimaatverandering	50
2.6	Afsluiting	51
	Begrippenlijst	51
3	VERDIEPING Onderzoek naar klimaten in het verleden: voorbeeldregio noordpoolgebied	55
3.1	Aardrijkskundige kennis, wetenschappelijke kennis	56
3.2	Onderzoek naar klimaatverandering	57
3.3	Onderzoek naar klimaatverandering in het poolgebied	59
3.4	Afsluiting	61
	Begrippenlijst	61

Blok 2

4	Landschap en water in Nederland	63
4.1	Het landschap: hier komt alles samen	64
4.2	Vorming van Nederland in het kwartaal	64
4.3	Knutselen aan het landschap	69
4.4	De verschillende landschappen	71
4.5	De grote waterwerken	81
4.6	Afsluiting	84
	Begrippenlijst	85
5	Bronnen van energie	89
5.1	Energieverbruik in Nederland	90
5.2	Soorten energie	92
5.3	Waar zie je dit in Nederland? En waarom daar?	93
5.4	Energieproductie en -consumptie wereldwijd	94
5.5	Afsluiting	97
	Begrippenlijst	97
6	VERDIEPING Waterbeheer in tijden van klimaatverandering: voorbeeldregio Mekongdelta	99
6.1	De Mekong en de Mekongdelta	100
6.2	Rivierdelta's in de wereld	100
6.3	Problemen in de Mekongdelta	102
6.4	Oorzaken van de problemen	102
6.5	Oplossingsrichtingen	104
6.6	Afsluiting	105
	Begrippenlijst	106

Blok 3

7	Bevolking en ruimte	107
7.1	Bevolkingscijfers	108
7.2	Een veranderende bevolking	109
7.3	Bevolking in kaart: verschillen op verschillende schaalniveaus	113
7.4	Verstedelijking	116
7.5	Afsluiting	119
	Begrippenlijst	119

8	Arm en rijk	123
8.1	Ontwikkeling gemeten	124
8.2	Wereldwijde verschillen en het wereldsysteem	126
8.3	Niet overal hetzelfde	127
8.4	Oorzaken van armoede	128
8.5	Het gaat beter met de wereld	131
8.6	Armoede en migratie	132
8.7	Afsluiting	133
	Begrippenlijst	133

9	VERDIEPING Migratie: voorbeeldregio Ghana	137
9.1	Migratie	137
9.2	Waarom migreren mensen?	139
9.3	Waarnaartoe vindt migratie plaats?	140
9.4	Gevolgen van migratie	142
9.5	Nederland: een multiculturele samenleving?	143
9.6	Afsluiting	144
	Begrippenlijst	144

Blok 4

10	Bestaansmiddelen	147
10.1	Economische sectoren	147
10.2	De primaire sector	149
10.3	De secundaire sector: industrie en ambacht	153
10.4	De tertiaire sector en de quataire sector: diensten	154
10.5	Industrie en diensten: waar en waarom daar?	155
10.6	Afsluiting	159
	Begrippenlijst	160
11	Grenzen en identiteit	163
11.1	Grenzen	164
11.2	Cultuur	166
11.3	Inzoomen op Europa	168
11.4	Verder inzoomen op Nederland	173
11.5	Afsluiting	174
	Begrippenlijst	175

12 VERDIEPING Globalisering: voorbeeldregio Mexico 177

12.1 Globalisering	178
12.2 Dimensies van globalisering	179
12.3 Gevolgen van globalisering	183
12.4 Afsluiting	184
Begrippenlijst	184

Bronnen	185
Illustratieverantwoording	193
Register	195
Over de auteurs	203

Inleiding

Als (toekomstig) leerkracht in het basisonderwijs is het je taak om leerlingen te helpen zich te ontwikkelen tot zelfstandige en kritische wereldburgers. Een vak als aardrijkskunde kan je daarbij helpen. Door het ontwikkelen van het geografisch besef van leerlingen maak je ze wegwijs in de wereld om hen heen. *De wereld in met aardrijkskunde* geeft je tools voor het ontwikkelen en geven van – zowel didactisch als inhoudelijk – goede aardrijkskundelessen die hieraan bijdragen.

Leeswijzer

De wereld in met aardrijkskunde bestaat uit twee delen, die los van elkaar te gebruiken zijn: een vakdidactisch en een inhoudelijk deel. In dit vakinhoudelijke deel komen de inhoudelijke kennis en vaardigheden aan bod.

Het boek is opgebouwd uit vier blokken van drie hoofdstukken. In elk blok worden twee thema's uit de *Kennisbasis aardrijkskunde voor de pabo* uitgewerkt en komt een verdiepend vraagstuk op basis van een voorbeeldregio aan de orde. Dit zijn ruimtelijke vraagstukken rondom migratie, klimaatverandering, waterbeheer en globalisering, die worden uitgewerkt vanuit verschillende invalshoeken in deze specifieke voorbeeldregio.

Net als in het vakdidactische deel staan in dit boek de bouwstenen van een aardrijkskundeles centraal. Je vindt ze terug in de vorm van de iconen in de kantlijn:



Motiverende start



Waar is dat?



Waarom is dat daar?



Hoe verandert dat?



Wat zijn de voor- en nadelen of de gevolgen daarvan?



Wat zie je als je in- en uitzoomt?



Afsluiting

Aan het eind van elk hoofdstuk vind je een begrippenlijst waarin de dikgedrukte begrippen worden toegelicht.

Je kunt dit boek gebruiken bij de inhoudelijke voorbereiding van je lessen, maar ook ter voorbereiding op de toelatingstoets pabo. De begrippen die met een * zijn gemarkeerd, staan niet in de *Handreiking aardrijkskunde* van de toelatingstoets.

Online studiemateriaal

Op www.coutinho.nl/dwima-vakinhoud vind je het online studiemateriaal bij dit boek. Dit materiaal bestaat uit:

- begrippentrainers;
- links naar relevante filmpjes, lesmaterialen en organisaties.

De wereld in met aardrijkskunde - Vakinhoud

- > Studiemateriaal
- > 1 Systeem aarde
- > 2 Klimaten
- > 3 Voorbeeldregio Noordpoolgebied
- > 4 Landschap en water in Nederland
- > 5 Bronnen van energie
- > 6 Voorbeeldregio Mekongdelta
- > 7 Bevolking en ruimte
- > 8 Arm en rijk
- > 9 Voorbeeldregio Ghana
- > 10 Bestaandmiddelen
- > 11 Grenzen en identiteit
- > 12 Voorbeeldregio Mexico

Welkom

Kies een hoofdstuk om verder te gaan.



1 Systeem aarde



2 Klimaten



3 Voorbeeldregio Noordpoolgebied



4 Landschap en water in Nederland



5 Bronnen van energie



6 Voorbeeldregio Mekongdelta



7 Bevolking en ruimte



8 Arm en rijk



9 Voorbeeldregio Ghana



10 Bestaandmiddelen



11 Grenzen en identiteit



12 Voorbeeldregio Mexico

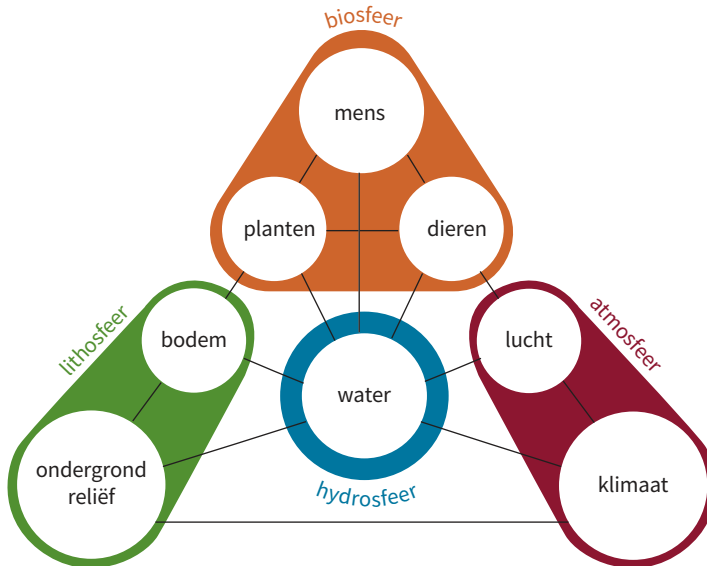


Na een rondje hardlopen kijk je even onder je schoen. Tussen de ribbels van je zool zitten beige, witte en donkerbruine zandkorrels. Die zandkorrels hebben een lange weg afgelegd. Die begon diep in de aarde, waar ze door de hoge temperaturen geen afzonderlijke korrels waren, maar magma, gesmolten **gesteente**. De druk in de aarde nam langzaam toe, en op een gegeven moment was die zo groot dat het gesteente door een vulkaankrater naar buiten spoot. Het belandde op de helling van de vulkaan. Afgekoeld vormde het daar de zwarte bovenlaag. Duizenden jaren lang lag het daar. Af en toe kwam er een nieuwe laag lava overheen. Maar toen werd door beweging in de aarde de bodem opgetild. De gesteentelagen werden afgeschuurd en vielen in stukken uiteen. De steenbrokken werden meegenomen door een rivier, en hotsend en botsend werden ze steeds kleiner, tot het zandkorrels waren. Sommige korrels werden meegevoerd naar de zee, en andere belandden bij het afnemen van de stroomsnelheid op de bodem en langs de oevers van de rivier. Waren deze zandkorrels niet onder je schoen beland, dan waren ze *nóg* miljoenen jaren onderweg geweest. Dan waren ze terecht gekomen onder dikke lagen aarde, waar ze werden samengeperst en omgevormd tot zandsteen of later zelfs tot kwartsiet. En als de korrels tussendoor niet weer aan het aardoppervlak waren gekomen, dan waren ze uiteindelijk weer gesmolten, terug als magma in de diepe aarde (naar Ter Horst, 2014, p. 62-63).

1.1 De aarde als systeem

Plaatsen op aarde worden gevormd door verschillende elementen die elkaar beïnvloeden. Vier zogenoemde 'sferen' vormen samen de aarde (zie figuur 1.1):

- de **atmosfeer**: de luchtlaag rondom de aarde, waarin ook het weer plaatsvindt;
- de **lithosfeer**: het buitenste deel van de aardkorst, met het reliëf, de bodem en de ondergrond;
- de **hydrosfeer**: al het water op aarde, waaronder het grondwater en land- en drijfijis;
- de **biosfeer**: al het leven op aarde, waaronder mensen, planten en dieren.



Figuur 1.1

De vier sferen op aarde (De Boer et al., 2018)

De vier sferen beïnvloeden elkaar. Het water, het klimaat en de bodem bepalen bijvoorbeeld welke plantengroei mogelijk is op een bepaalde plaats. Het **reliëf** (de **hoogteligging**) heeft grote invloed op de temperatuur in de dampkring, en boomwortels zorgen ervoor dat zandkorrels in de bodem op hun plaats blijven. Zo vormen de sferen een samenhangend geheel: een systeem.

Verschiedende kringlopen zijn onderdeel van dit systeem. De **waterkringloop** (zie ook paragraaf 2.2) en de **gesteentekringloop** (zie paragraaf 1.7) bevinden zich geheel in de hydrosfeer en de lithosfeer. Koolstof echter verplaatst zich gedurende de koolstofkringloop tussen verschillende sferen: planten, die onderdeel zijn van de biosfeer, nemen koolstof op uit de atmosfeer en zetten dit om in suikers. **Fossiele** planten vor-

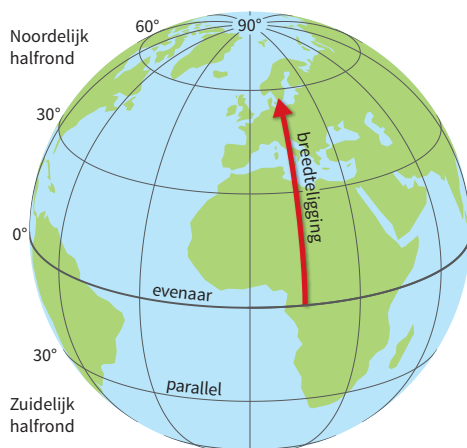
men uiteindelijk steenkool (lithosfeer), en de koolstofdioxide komt na verbranding weer in de atmosfeer terecht.

In deze paragraaf is steeds gesproken over 'de aarde' en niet over 'de wereld'. De betekenissen van deze woorden liggen dicht bij elkaar, maar zijn niet hetzelfde. De aarde beslaat onze planeet en de fysieke kenmerken ervan. Met het woord 'wereld' wordt het geheel aan mensen en samenlevingen bedoeld (Renkema, 2017). In het dagelijks taalgebruik wordt het onderscheid tussen 'wereld' en 'aarde' minder gemaakt.

1.2 Plaatsbepaling op aarde



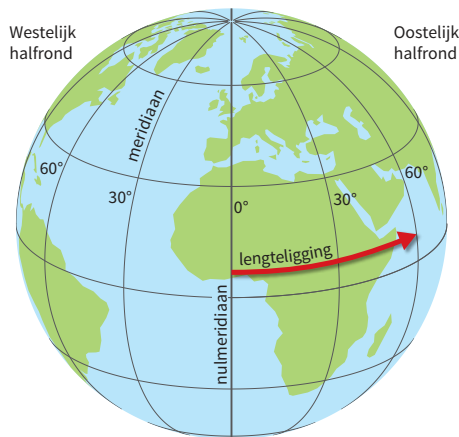
Om de ligging van een plek op aarde aan te geven, kun je gebruikmaken van de **relatieve ligging** of van de **absolute ligging**. Bij de relatieve ligging wordt verwezen naar de locatie ten opzichte van andere plaatsen: Hengelo ligt ten noordwesten van Enschede. Bij de absolute ligging worden de **geografische coördinaten** gebruikt om de ligging ten opzichte van de evenaar en de **nulmeridiaan** aan te geven. De evenaar ligt precies tussen de noordpool en de zuidpool en verdeelt de aarde in een noordelijk en een zuidelijk halfrond (zie figuur 1.2a). De horizontale lijnen op een kaart of globe heten breedtegraden of **parallel**len (ze lopen evenwijdig aan de evenaar). Op elk halfrond zijn er 90 breedtegraden. De noordpool ligt op 90° NB (noorderbreedte), de zuidpool op 90° ZB (zuiderbreedte). Plaatsen op lage breedte liggen dicht bij de evenaar en plaatsen dicht bij de noordpool of dicht bij de zuidpool liggen op hoge breedte (de **breedteligging**).



Figuur 1.2a

De breedteligging

Om aan te geven hoe oostelijk of westelijk een plaats ligt (de **lengteligging**), wordt aangegeven waar deze zich bevindt ten opzichte van de nulmeridiaan (zie figuur 1.2b). Die lijn loopt door de plaats Greenwich, niet ver van Londen. Er zijn 180 **meridianen** die ten oosten van de nulmeridiaan liggen, op het oostelijk halfrond, met als afkorting OL (oosterlengte). Ten westen van de nulmeridiaan, op het westelijk halfrond, liggen ook 180 meridianen, met als afkorting WL (westerlengte).



Figuur 1.2b

De lengteligging

De coördinaten van Utrecht zijn 52° NB 5° OL. Nederland ligt dus iets dichterbij de noordpool dan bij de evenaar en iets ten oosten van Londen. Amersfoort heeft dezelfde coördinaten als Utrecht, omdat de plaatsen zo dicht bij elkaar liggen. Om de ligging preciezer te kunnen uitdrukken, worden de graden daarom verdeeld in zestig minuten en wordt elke minuut weer verdeeld in zestig seconden. De exacte ligging van de Dom in Utrecht is 52° NB 5'27" / 5° OL 7'18".

De **absolute afstand** tussen Utrecht en Amersfoort bedraagt twintig kilometer; dit is de hemelsbrede afstand en dus onveranderlijk. De **relatieve afstand** kan worden uitgedrukt in tijd of geld (de reis duurt minimaal een kwartier, een treinkaartje kost € 4,90) of de daadwerkelijk afgelegde afstand. De snelste route tussen beide steden is 24,9 kilometer lang. Met de komst van de stoomtrein en andere innovaties in transport en infrastructuur is de relatieve afstand flink afgenomen.

1.3 De aarde in het zonnestelsel



De aarde is een planeet: een hemellichaam dat draait rond een (lichtgevende) ster. In ons geval is die ster de zon, een hete gasbol op een afstand van 150 miljoen kilometer.

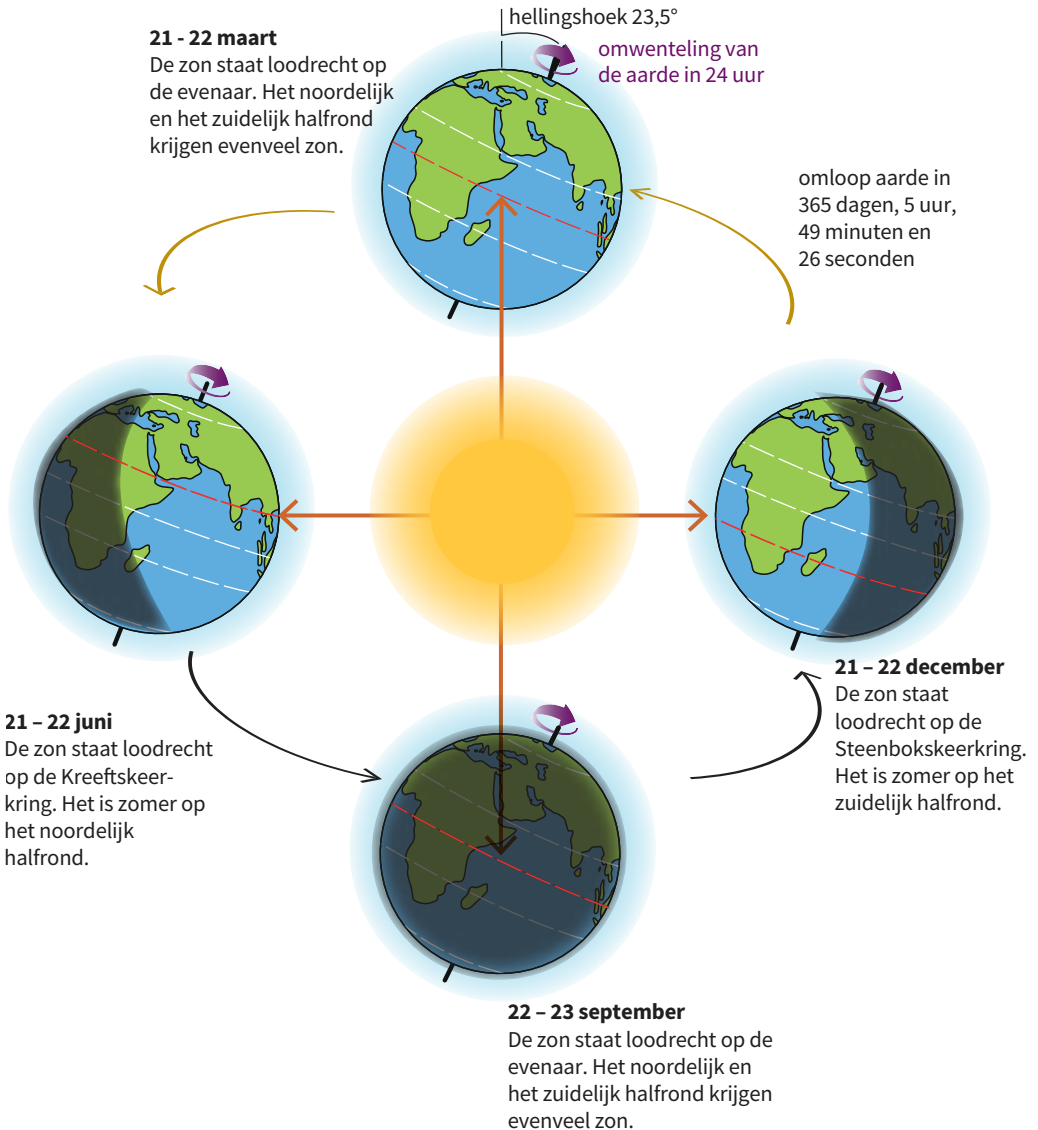
Dat is een gunstige afstand om niet te veel en niet te weinig warmte van de zon te ontvangen. Die juiste temperatuur maakt – samen met onze atmosfeer – leven op aarde mogelijk.

De zon, de acht planeten die daaromheen draaien en de ruim zeventig manen die rond de planeten draaien, vormen samen het **zonnestelsel**. Er zijn verschillende manieren waarop de bewegingen in het zonnestelsel op aarde merkbaar zijn:

- De aarde draait in een etmaal een rondje rond haar eigen as (**aardrotatie**). Daardoor zijn er verschillen in dag en nacht. Doordat de aarde vanaf de noordpool gezien tegen de klok in draait, komt de zon altijd op in het oosten en gaat ze in het westen onder. Wanneer het in Europa midden op de dag is, gaan mensen in Azië al weer naar bed en moet de dag in Noord-Amerika nog beginnen. In principe zijn alle **tijdzones** 15 lengtegraden breed (tweemaal 180 graden in 24 uur). In de praktijk vallen de grenzen van tijdzones doorgaans samen met landsgrenzen.
- De aarde draait in een jaar een cirkel rond de zon (**aardbaan**). De **aardas** staat echter een beetje scheef ten opzichte van de zon. Die hellingshoek is 23,5° (zie figuur 1.3). Daardoor vallen de zonnestralen niet altijd loodrecht op de evenaar, maar de helft van het jaar ten noorden ervan en de overige zes maanden ten zuiden ervan. De loodrechte stand van de zon beweegt zich tussen de Kreeftskeerkring op 23,5° NB (in juni) en de Steenbokskeerkring op 23,5° ZB (in december). Zo ontstaan de seizoenen.

Gebieden op hoge breedte kennen door de schuine aardas een groot verschil in de duur van dag en nacht in de loop van een jaar. Zoals te zien in figuur 1.3 blijft het noordpoolgebied rond 21 juni altijd licht (**midzomernacht**) en rond 21 december altijd donker (**poolnacht**). Rond de zuidpool is het precies andersom. Op het zuidelijk halfrond is het in juni winter en valt Kerst in de zomer.

- De **getijden** ontstaan door de aantrekkingskracht van de maan. Die draait in een cyclus van ruim 27 dagen rond de aarde. Bij grote watermassa's zoals de oceanen is die zwaartekracht merkbaar doordat een 'bult' aan water ontstaat aan de kant van de maan. Precies aan de andere kant van de aarde ontstaat ook een waterbult. Dat komt doordat meer krachten een rol spelen, waaronder de snelheid waarmee de aarde en de maan ronddraaien. De waterbult aan de andere kant dan waar de maan staat, wordt veroorzaakt door water dat door de snelle draaiing naar buiten geslingerd wordt (SchoolTV, 2015). Wanneer het water omhoogkomt, noemen we dat vloed. Op plekken waar de bult weer afneemt, is het eb. Een plaats op aarde, bijvoorbeeld Zandvoort, draait door de aardrotatie langs de twee waterbulten die ontstaan door de zwaartekracht van de maan. Daardoor is het op het strand twee keer per etmaal hoogwater en twee keer laagwater. Eb en vloed komen elk dus twee keer voor en duren steeds ongeveer zes uur.



Figuur 1.3

De stand van de aardas en de seizoenen gedurende een jaar (De Boer et al., 2018)

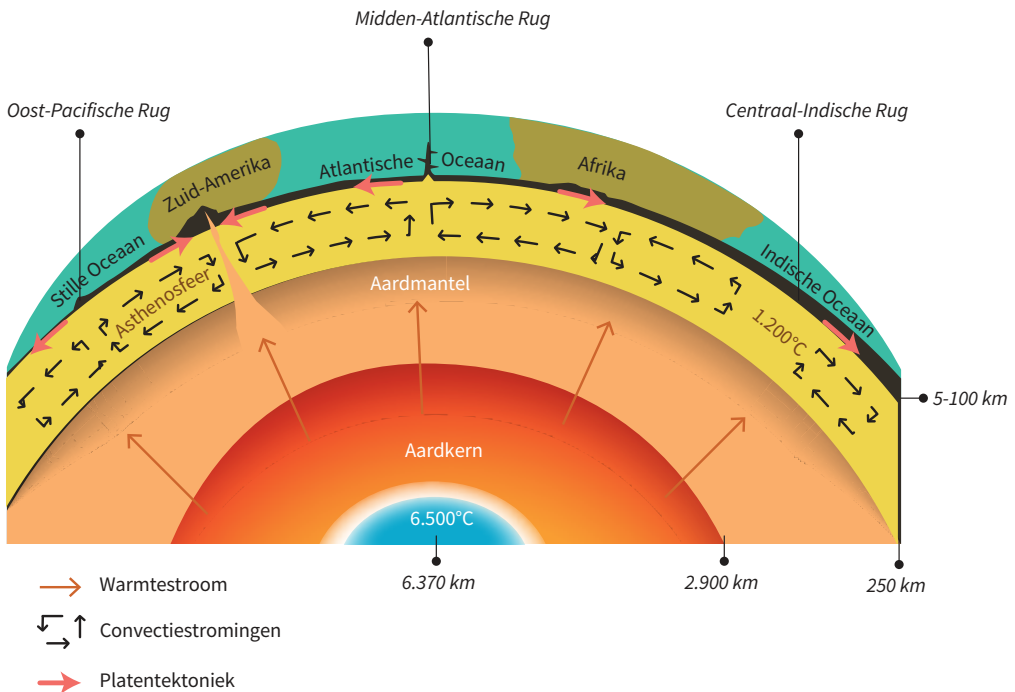
1.4 Endogene krachten



Veel processen in de lithosfeer, zoals **vulkanisme** en gebergtevorming, ontstaan door **endogene krachten**: bewegingen die ontstaan binnen in de aarde.

Opbouw van de aarde

Figuur 1.4 toont een doorsnede van de aarde. De **aardkern** bestaat uit een binnenkern van vast ijzer, iets groter dan de maan, waar de temperatuur meer dan 6.000°C is. De buitenkern is vloeibaar. Daaromheen zit een vaste **aardmantel**, waar de temperatuur nog steeds een paar duizend graden is. Het buitenste deel van de aardmantel, met een dikte van zo'n 250 kilometer, is taai-vloeibaar. Dit heet de **asthenosfeer**. Heet gesteente stijgt hierin met een tempo van enkele centimeters per jaar op en stroomt naar opzij. De afkoeling zorgt voor daling, waardoor dit proces continu kan blijven doorgaan, net als de beweging van oceaanstromen, luchtstromen of in een pan soep op het vuur. Deze bewegingen heten **convectiestromingen**.



Figuur 1.4

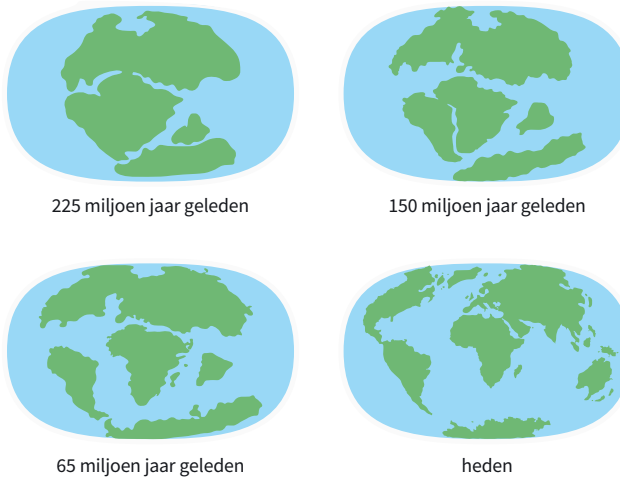
Het ontstaan van convectiestromingen door de warmteafgifte van de aardkern
(Lentjes et al., 2012, p. 15)

Boven op de taai-vloeibare asthenosfeer drijven **platen**: stukken **aardkorst** waarop de oceanen en continenten liggen. De aardkorst is dus niet een aaneengesloten geheel en is vergeleken met de andere lagen in de aarde erg dun – denk aan het velletje van een perzik. Oceanische korst is meestal minder dan 10 kilometer dik en bestaat vooral uit een zwaar gesteente, **basalt**. Continentale korst is iets dikker, tot ongeveer 100 kilometer, onder gebergten iets meer. Deze korst bestaat uit lichtere gesteenten,

zoals **graniet**. De continentale korst in Nederland is 31 kilometer dik (Martens, 2019; Lentjes et al., 2012; Van den Bunder & Padmos, 2016; Ter Horst, 2014).

Platentektoniek

Door de convectiestromingen in de asthenosfeer zijn de platen die daarop drijven ook langzaam in beweging. Dit verschijnsel heet **platentektoniek** en verloopt met een snelheid van enkele centimeters per jaar. Over een periode van miljoenen jaren leidt dat tot aanzienlijke verschuivingen van de continenten (zie figuur 1.5).



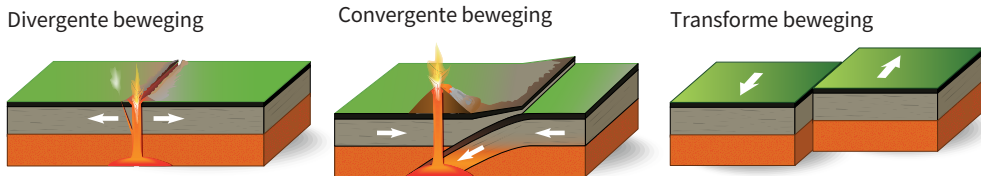
Figuur 1.5

Continentverschuiving van 225 miljoen jaar geleden tot nu

Bewegingsrichtingen van platen

Er zijn drie bewegingsrichtingen van platen (zie figuur 1.6):

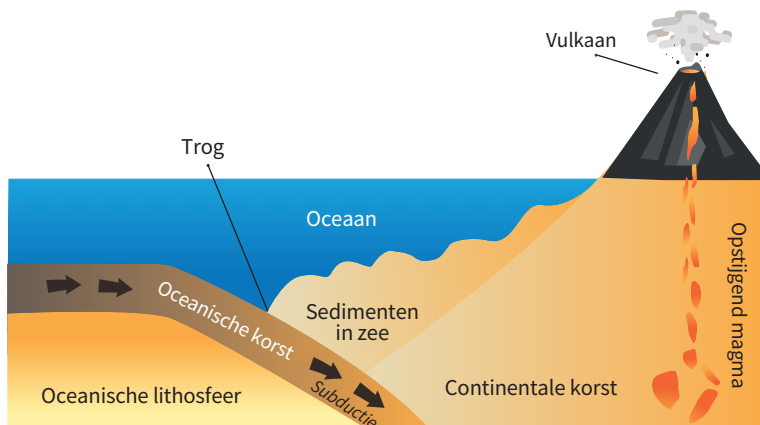
- De platen drijven uit elkaar (**divergentie**). Dit komt bijna alleen voor bij twee oceanische platen en hierbij wordt nieuwe aardkorst gevormd. **Magma** stroomt tussen de uit elkaar bewegende platen naar buiten. Zo ontstaan **mid-oceanische ruggen**: langgerekte onderzeese gebergteketens met vulkanisme. In Oost-Afrika vindt divergentie van twee stukken continentale korst plaats: een diepe scheur maakt de Grote Slenk steeds breder en dieper (Van den Bunder & Padmos, 2016).
- De platen bewegen naar elkaar toe (**convergentie**). Hierbij zijn drie verschillende mogelijkheden:
 - Een oceanische plaat botst tegen een continentale plaat. De zwaardere oceanische plaat duikt dan onder de continentale plaat en zinkt in de mantel. Dit heet **subductie**. Door het zinken ontstaat er een **trog** en zinkend in de mantel smelt



Figuur 1.6

De bewegingsrichtingen van platen

- het gesteente van de oceanische korst. Opstijgende bellen met magma veroorzaken vulkanisme en **aardbevingen** langs de subductiezone (zie figuur 1.7).
- Subductie en een trog ontstaan ook wanneer twee oceanische platen botsen. De oudste, zwaardere plaat zakt dan onder de jongere. Het vulkanisme dat hiermee gepaard gaat, vormt een vulkanische eilandenboog.
 - Twee continentale platen die tegen elkaar botsen, hebben een ander effect. Door het lichtere gesteente van gelijk gewicht treedt geen subductie op, maar ontstaat er een **plooiingsgebergte** waarbij de continentale korsten in en over elkaar worden geduwd en waarbij ook aardbevingen plaatsvinden.
 - De platen schuiven horizontaal langs elkaar (**transforme beweging**). De San Andreasbreuk in Californië is daarvan het bekendste voorbeeld. Door de opbouw van spanning in de aardkorst komen hier veel aardbevingen voor.



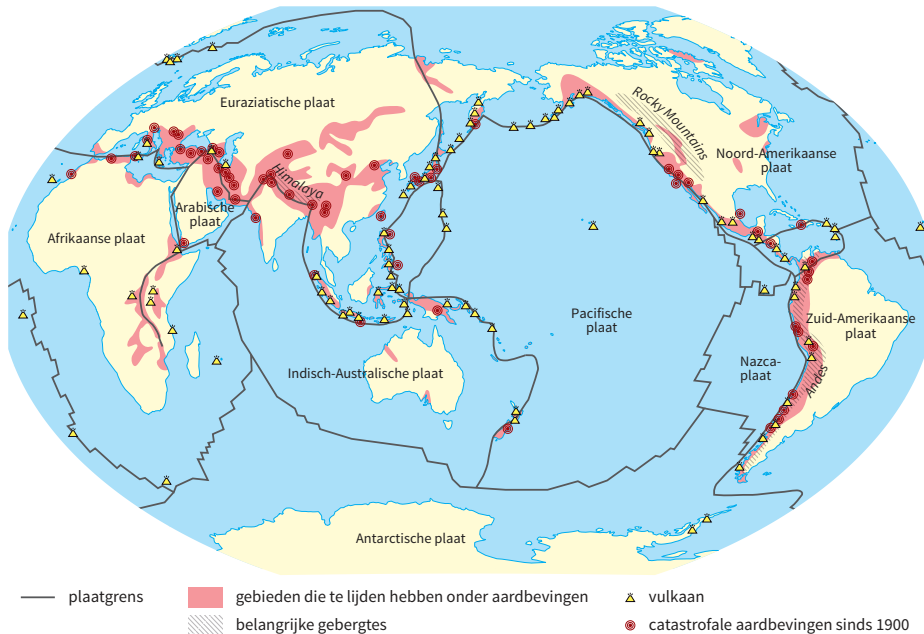
Figuur 1.7

Convergentie van een oceanische en een continentale plaat, waarbij subductie optreedt (Van den Bunder & Padmos, 2016)

1.5 Meer over de gevolgen van platentektoniek



De continentverschuiving verloopt zó langzaam dat ze voor mensen onmerkbaar is. De mensheid komt wel in aanraking met de gevolgen van die platentektoniek en ziet de resultaten aan het aardoppervlak. Een trillende of vuurspuwende aarde is indrukwekkend, maar kan natuurlijk ook grote schade aanrichten. Figuur 1.8 toont dat vulkanisme en aardbevingen vooral voorkomen op de plaatgrenzen.



Figuur 1.8

Platentektoniek en reliëf wereld

Vulkanisme

Bij een vulkaanuitbarsting (eruptie) stroomt magma uit de asthenosfeer (het bovenste deel van de aardmantel) uit een krater naar buiten. Zodra het magma buiten de aardkorst komt, wordt het lava genoemd. Behalve gesmolten lava komen er bij een eruptie ook vulkanische as, gestolde brokken lava en verschillende gassen naar buiten. Wanneer de vulkaan bedekt is met sneeuw of ijs kan het smelten hiervan leiden tot een modderstroom (De Boer et al., 2018; Ter Horst, 2014; Peters & Westerveen, 2016).

Er zijn honderden actieve vulkanen op aarde. Ongeveer tachtig procent hiervan is ontstaan bij convergerende platen (subductie) en zo'n vijftien procent bij divergerende platen. De overige vijf procent van de actieve vulkanen op aarde is ontstaan

bij **hotspots** (Van den Bunder & Padmos, 2016). Dit zijn hete pluimen magma die uit het onderste deel van de mantel naar boven komen, dwars door de lithosfeer heen breken en zo vulkanisme veroorzaken. De hotspots liggen dus meestal niet op een plaatrand. Door de platentektoniek verschuift de aardkorst langzaam over deze constante mantelpluim, waardoor een rij vulkanische eilanden ontstaat. De oudste, inmiddels uitgedoofde vulkanen liggen verder weg; hoe dichterbij de hotspot, hoe jonger de vulkaan. Voorbeelden zijn Hawaï, midden op de Pacificse plaat, en de Canarische eilanden.

Typen vulkanen

Vulkanen waarin het magma erg dun en vloeibaar is, daardoor makkelijk ver weg vloeit voordat het stolt en dus flauwe hellingen oplevert, heten **schildvulkanen** of bij een langgerekte scheur **spleetvulkanen**. Ze komen voor bij hotspots en divergerende plaatgrenzen.



Figuur 1.9

De Bromo op Java is een stratovulkaan met steile hellingen

Daartegenover staan de **stratovulkanen** (zie figuur 1.9), waarbij de steile wanden opgebouwd zijn uit afwisselend lagen lava en vulkanische as. Deze vulkanen komen voor bij subductiezones, waar een combinatie van het oceanische basalt en het continentale graniet het magma taai en stroperig maakt. Het magma kan ook veel gas bevatten, en daardoor zijn de uitbarstingen niet constant, maar vormen een cyclus van stolling in de kraterpijp, opbouw van druk, explosieve uitbarsting van lava met veel vrijgekomen gesteentebrokken, vulkanische as en gassen, en opnieuw een verstopping in de kraterpijp. Wanneer een vulkaanuitbarsting zó explosief is dat het centrale deel wordt opgeblazen en instort, noemen we het resultaat een **caldera**. In de diepte kan een kratermeer ontstaan, en soms ook een nieuwe vulkaan (Van den Bunder & Padmos, 2016; Lentjes et al., 2012).

Bij vulkanen komen niet alleen erupties en aardbevingen voor. Er zijn ook vulkanische verschijnselen die ontstaan doordat het hete magma zich op sommige plaatsen heel dicht onder het aardoppervlak bevindt. Dat kunnen mineraalrijke warmwaterbronnen zijn, **fumarolen** (die soms giftige dampen uitstoten) of **geisers** (waarbij water zich in een ondergrondse bron verzamelt tot het kookpunt is bereikt en dan in een kokendhete straal omhoogkomt) (De Boer et al., 2018).

Ondanks de risico's wonen miljoenen mensen op aarde in de buurt van actieve vulkanen. Het vulkanisme levert namelijk ook voordelen op, zoals een vruchtbare landbouwgrond door de mineralen in de lava en as, delfstoffen in de bodem, de beschikbaarheid van warmwaterbronnen en **geothermische energie**, en niet te vergeten het toerisme dat op deze spectaculaire plekken afkomt. Door de trillingen, vrijkomende gassen en de hoogte van de vulkaan goed in de gaten te houden, kan de bevolking gewaarschuwd worden voor een naderende uitbarsting en kan men tot evacuatie overgaan (Waarlo, 2017; Ter Horst, 2014).

Aardbevingen

Tussen aardplaten bouwen zich spanningen op, want de beweging van de aardplaten is meestal niet soepel en geleidelijk. Vaak wordt de continentbeweging tegengehouden door wrijving. De ontlading van de opgebouwde spanning zorgt voor een plotselinge beweging van de grond en dit veroorzaakt trillingen en aardschokken: een aardbeving. Aardbevingen kunnen ook andere oorzaken hebben, zoals de aardgaswinning in Groningen.

Het **hypocentrum** is de plaats in de aardkorst waar de aardbeving ontstaat, dit kan tot wel honderd kilometer diep zijn. Het punt aan het aardoppervlak daar recht boven heet het **epicentrum**. Hier vinden de zwaarste schokken plaats. Bij convergente plaatbewegingen ligt het hypocentrum vaak erg diep en zijn de aardbevingen zwaar. Ook bij transforme en divergente bewegingen komen aardbevingen voor.

De kracht van een aardbeving wordt uitgedrukt op de schaal van Richter. Deze logaritmische schaal is gebaseerd op de hoeveelheid energie die bij een aardbeving vrijkomt. Een punt hoger betekent tien keer meer energie die is vrijgekomen. De schade die een aardbeving aanricht, heeft niet alleen te maken met de kracht ervan. Ook de duur van de trillingen en het aantal naschokken spelen een rol. Daarnaast zijn er menselijke factoren, zoals de bevolkingsdichtheid en de stevigheid van gebouwen. Aardbevingen kunnen niet voorspeld worden. Maatregelen om de schade te beperken, zijn het aardbevingsbestendig bouwen van gebouwen en viaducten (zie figuur 1.10) en zorgen dat de bevolking weet wat te doen tijdens en na een aardbeving (zoals zich beschermen tegen vallende objecten en het afsluiten van gas, water en stroom) (Rode Kruis, z.j.; De Boer et al., 2018).