

Kantelpunten van het klimaat

In verschillende complexe systemen, van ecosystemen tot economische systemen kunnen stabiele situaties ogenschijnlijk van de ene op de andere dag 'omklappen' naar een totaal andere, maar eveneens stabiele situatie. Heldere sloten kunnen ogenschijnlijk vanuit het niets troebel worden en banken kunnen abrupt in een kredietcrisis belanden. Deze omslagen noemt men kantelpunten (*tipping points*).



Figuur 1. Veel voedingsstoffen in het water en een relatief hoge temperatuur zorgen voor de vertroebeling van het water

Wanneer een kantelpunt overschreden wordt, kan een nieuw evenwicht ontstaan. De vraag is echter of terugkeer naar de oorspronkelijke evenwichtssituatie nog mogelijk is.

Het is belangrijk om op zoek te gaan naar aanwijzingen die de komst van zo'n kantelpunt kunnen voorspellen. Misschien is het dan mogelijk om de voortgang van een proces te beïnvloeden of kan geprobeerd worden voorspelbare schade te beperken. Klimaatwetenschappers onderzoeken veranderingen die geassocieerd zijn met de snelle uitstoot van broeikasgassen. Zo wordt er bijvoorbeeld op de polen gekeken naar het smelten van de ijskappen op Antarctica en Groenland, worden er instrumenten gebruikt om de toename van het broeikasgas methaan te meten, maar worden er bijvoorbeeld ook kernen genomen uit de diepzee die dienen als archief van klimaatveranderingen in het verleden. De processen die belangrijk zijn voor het opwarmen van de aarde en de gevolgen ervan kunnen zo stap voor stap in kaart gebracht worden – van extreem weer, wereldwijde zeespiegelstijging tot de verzuring van de oceanen – in het heden en verleden.

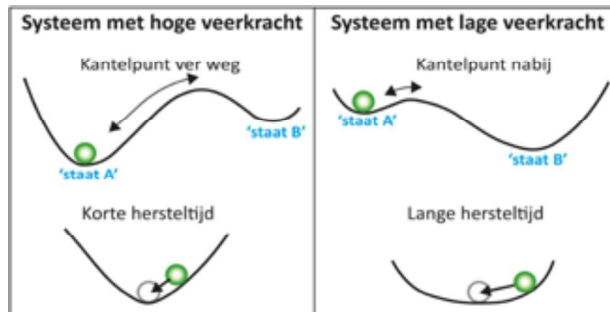
Aan de slag

In het in april 2024 verschenen boek *Water, gewoon bijzonder* (NVON-reeks deel 20) staat een leeractiviteit over het onderwerp 'kantelpunten'. Leerlingen kunnen aan het werk met allerlei materiaal dat via de website Tipping Point Ahead (www.tippingpointahead.nl) wordt aangeboden. Het educatieprogramma Tipping Point Ahead (TPA) startte in 2014 als onderdeel van een ambitieus onderzoeksprogramma naar klimaatverandering. Door middel van educatieve filmclips, lesmaterialen en nascholingsbijeenkomsten biedt het inzicht over de belangrijkste kantelpunten

EEN GLAZEN BOL VOOR KANTELPUNTEN

Kantelpunten lijken misschien van het ene op het andere moment te ontstaan, maar schijn bedriegt. Er zijn wel degelijk signalen die (vroegtijdig) waarschuwen dat er een omslag zit aan te komen (Scheffer et al., 2009; 2012). Ter verduidelijking van wat er tijdens zo'n proces gebeurt, wordt vaak gebruik gemaakt van een 'knikkerplaatje' (zie figuur 2). Het knikkertje kan zich bewegen in kommetjes van verschillende diepte en kent afhankelijk hiervan verschillende evenwichten. Een rollend knikkertje keert in principe steeds weer terug naar zijn stabiele positie op de bodem van het kommetje, dit is het evenwichtspunt. In een ondiep kommetje beweegt het knikkertje zich verder weg de helling op en het duurt langer voordat het weer terugkeert op zijn evenwichtspunt op de bodem. Als het kommetje (om wat voor een reden dan ook) ondieper wordt, worden de uitslagen steeds groter en trager. Wanneer het knikkertje (tenslotte) op de top tussen de twee kommetjes stil blijft liggen, zich op het kantelpunt bevindt, kan het 'de andere kant' oprollen en in het diepere kommetje belanden. Belangrijk is de veerkracht en daarmee de hersteltijd van een systeem; een systeem met hoge veerkracht kan zich snel herstellen en kantelt niet snel om; dit is het geval in een diep kommetje. Nabij een kantelpunt duurt het langer om terug te keren naar de originele evenwichtswaarde en een klein 'duwtje' blijkt genoeg te zijn om in een nieuwe stabiele situatie te belanden waarin sprake is van een alternatief evenwicht (Van Nes & Scheffer, 2007; Hennekam, Van der Bolt et al. 2020).

Bovenstaande staat uitgebreider beschreven in het boek *Water, gewoon bijzonder* (Hennekam et al. 2024)

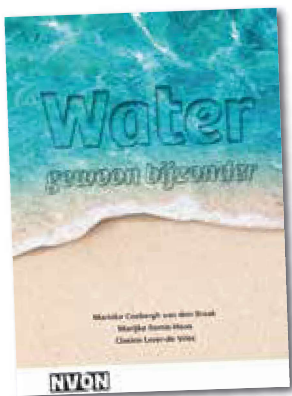


Figuur 2. Een 'knikkerplaatje' waarin de knikker zich in een landschap begeeft met heuvels en dalen. De afstand tot het kantelpunt geeft aan hoeveel de beweging van het knikkertje verstoord kan worden voordat het in een andere stabiele omgeving terecht komt. Een systeem met hoge veerkracht zal zich snel herstellen bij verstoringen. Een systeem met een lage veerkracht zal zich langzamer herstellen van verstoringen (en loopt meer risico een kantelpunt 'te bereiken')

in het klimaatsysteem. Alle lesmaterialen worden geplaatst op een aparte schoolwebsite geplaatst (zie: <https://school.tippingpointahead.nl/>).

Tipping Point Ahead werkt samen met de Hogeschool Utrecht, wetenschappers van KlimaatHelpdesk en docenten van het Kantelpunt-initiatief, die ook lesmateriaal over dit onderwerp maken specifiek voor havo/vwo onderbouw en mbo (beschikbaar vanaf eind 2024). Bovenstaande links zijn via de NVON-website aan te klikken, scan QRC A. (Het materiaal nodigt leerlingen uit om meer te weten te komen over 'de aard' van bepaalde klimaat-

veranderingen en hoe (nabije) kantelpunten zijn te voorspellen. Daarbij gaat het dus om het herkennen van de momenten waarop ogenschijnlijk kleine veranderingen samen kunnen zorgen voor de plotselinge omslag naar een nieuwe situatie. Het inzicht in en de bewustwording van wat er 'allemaal' gaande is, kan zo worden vergroot.



>> Uitvoering

Op de eerder genoemde websites staat een aantal (downloadbare) modules die elk een bepaald aspect van klimaatverandering behandelen. Elke module bevat een complete lessenserie maar biedt ook de mogelijkheid om een paar onderdelen uit het materiaal te gebruiken. De modules zijn goed bruikbaar bij de monovakken (biologie, scheikunde, natuurkunde, aardrijkskunde, wiskunde) en zijn eveneens geschikt voor het vak nlt en voor vakoverstijgende bètaprojecten. De afsluitende opdracht van de modules is meestal 'een filmpje maken' en een bijbehorend scenario schrijven. Er kan natuurlijk ook gekozen worden voor andere vaardigheden zoals het maken van een PowerPointpresentatie met bijbehorend verhaal of het schrijven van een plan waarin oplossingen van het probleem worden geformuleerd. Via de website www.klimaathelpdesk.org

kunnen allerlei vragen gesteld worden over klimaatverandering en kunnen antwoorden gevonden worden op eerder gestelde vragen. Een vraag wordt doorgestuurd naar experts, die een antwoord schrijven dat daarna als artikel wordt gepubliceerd op de website. Dit kan de start zijn van een uitgebreider (profiel)werkstuk over het betreffende onderwerp.

Voorbereiding

De modules zijn van een hoog niveau. Het is nodig dat de docent zich van tevoren goed inhoudelijk voorbereidt op de stof die behandeld wordt.

Op de website van Tipping Point Ahead (TPA) staan ook zogenaamde 'LesSnacks'. Dit zijn 'tussendoortjes' van 20-30 minuten over klimaatverandering, geschikt voor onder- en bovenbouw van havo/vwo. Leerlingen kunnen die zelfstandig door werken en dit kan dienen als voorbereiding op de uitgebreidere module.

Extra informatie

Artikelen uit het boek *Water, gewoon bijzonder* (scan QRC B voor de interactieve inhoudsopgave):

- Rick Hennekam et al., 'Abrupte omslagen naar zuurstofloze zeeën', p. 43-49
- Jan Seys et al., 'Verzuring van de oceaan', p. 233-239 ●



* De overige bronnen staan bij dit artikel op de NVON-website.

BRON

- Coebergh van den Braak, Marieke, Domis-Hoos, Marijke, en Lever-de Vries, Clasien. *Water, gewoon bijzonder*. NVON (2024), p. 47-48 en 75-76.

21-03-2024

t/m

05-01-2025

Dichter bij het zwarte gat



rijksmuseum
boerhaave

rijksmuseumboerhaave.nl