

# Klimatkoffer

## Een leskoffer met de belangrijkste fysisch-chemische processen

Klimaatverandering, je kunt er niet meer omheen. Als burger niet, met als recent voorbeeld de stikstofcrisis. En als docent niet, al jaren ervaren we een stortvloed aan lesmateriaal. Er zijn ook best duidelijke proefjes beschikbaar (of we kunnen ze zelf bedenken), maar nu is er een Duitse leskist op de markt die de belangrijkste fysisch-chemische processen bij klimaatverandering laat zien. Deze 'Klimakoffer' verdient meer aandacht.

De Klimakoffer is ontwikkeld op de Ludwig-Maximilians-Universität München (QR-code A). De naam van het project, 'Klimawandel: verstehen und handeln,' zal elke docent bevalen: eerst begrijpen wat er gebeurt, dan bepalen wat de beste aanpak is, en daarna met zijn allen de schouders eronder zetten. Handel met kennis van zaken. De leskist wordt op de markt gebracht door de Caritas-Werkstatt München-Dachau. Bestellen gaat gemakkelijk, betalen pas na aflevering, en transfer van de btw is geen probleem. De kosten zijn € 325,13 (inclusief bezorging), waar nog € 68,29 aan btw overheen komt.

Als de koffer arriveert, is de eerste indruk fantastisch: een stijlvol blank-geschuurde, berken-multiplex koffer. Het handvat voelt solide, en aan de onderkant zitten rubberen voetjes, zodat de kist niet krast op het tafelblad. Bij openen valt onmiddellijk op hoe praktisch de koffer is ingericht, en hoe moeilijk het zal zijn om alles na afloop weer netjes op te ruimen.

Daarna volgde een fase van verwarring. Wat hoort waarbij, waar is de handleiding? Het handboek leek in eerste instantie een boek



Figuur 1. De Klimakoffer.

met theoretische achtergrondinformatie. Maar daarmee wordt de samenstellers onrecht aangedaan, want het handboek bevat ook alle instructies voor de experimenten, op een niveau dat een havo/vwo-bovenbouw natuur-profiel leerling prima zelfstandig aankan.

### Ondersteuning

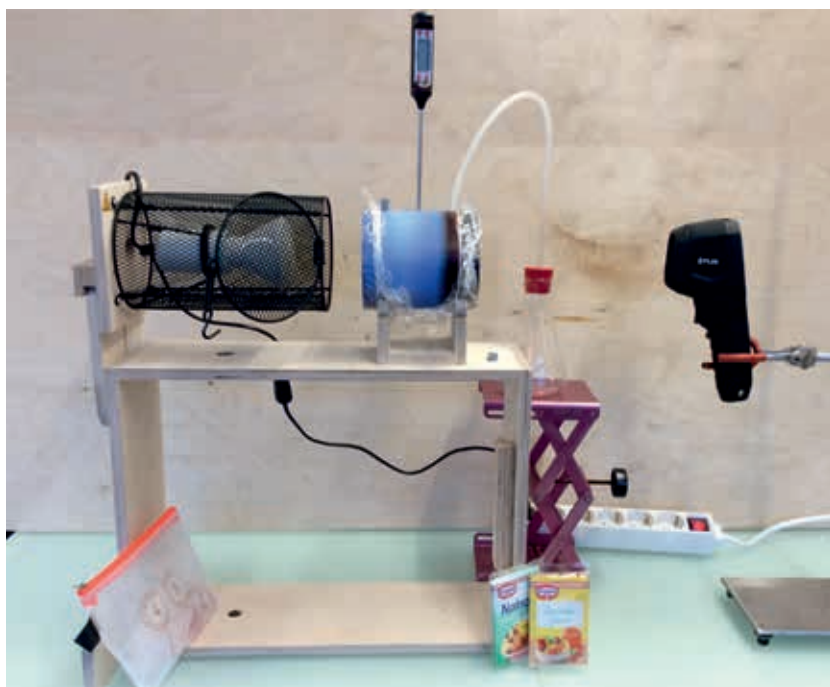
De Klimakoffer wordt zorgvuldig ondersteund vanuit de website Klimawandelschule.de (QR-code B). Niet alleen zijn alle teksten digitaal beschikbaar, er is veel extra materiaal (bijvoorbeeld uitweidingen

over zonnepanelen) en er zijn filmpjes van lezingen en demonstraties met de leskist (zie YouTube kanaal via QR-code C).

De koffer biedt een twaalftal activiteiten over de fysisch-chemische processen die verantwoordelijk zijn voor het opwarmen van de aarde. Andere effecten van de mens op het milieu (microplastics, zure regen, overmaat aan stikstof, gat in de ozonlaag) worden niet behandeld. Die keuze valt te billijken. Toch is aandacht voor de ozonlaag misschien verstandig omdat dit een voorbeeld is van mondiale samenwerking die een levensgevaarlijke dreiging heeft afgewend.



Figuur 2. Verhoogde instraling leidt tot een nieuw stralingsevenwicht.



Figuur 3. CO<sub>2</sub> absorbeert warmtestraling, en warmt daarbij zelf op.

En misschien ook omdat veel leerlingen (en journalisten!) het broeikas effect en het gat in de ozonlaag nog steeds door elkaar halen. Hieronder een samenvatting van de aangeboden experimenten.

### Opwarming van de aarde

De eerste activiteit vertelt de leerling over de bouw van ons zonnestelsel, de zone van leefbare planeten, en het belang van voldoende massa om een atmosfeer vast te houden. Bij

de tweede activiteit wordt uit de onderdelen van de leskist een proefopstelling gebouwd om te laten zien hoe verhoogde instraling van zonlicht leidt tot opwarming, die op zijn beurt leidt tot toegenomen uitstraling, waarna zich een nieuw stralingsevenwicht instelt bij een hogere temperatuur.

Figuur 2 laat het experiment zien.

De thermometer is keurig voorzien van een batterijtje en deed het meteen. Links op de voorgrond het etuije waarin alle losse

onderdelen zaten, en rechts het instructieblad met tabel. De opstelling is overduidelijk nauwkeurig geïjkt, de voorgedrukte tabel en de grafiek zijn precies op schaal.

In het tweede deel van deze activiteit wordt de aarde vervangen door een wit kartonnetje als model voor gletsjers, terwijl er van de linkerkant een tweede thermometer ingebracht wordt met een zwart kartonnetje dat rotsformaties verbeeldt. Het hoeft geen betoog dat hiermee duidelijk wordt dat smelten van sneeuw en ijs zal leiden tot versnelling van de opwarming, omdat er minder licht wordt gereflecteerd.

### Warmtebeeld camera

Voor de derde activiteit is een warmtebeeld camera nodig. Dit is het enige onderdeel dat niet in de leskist zit (en dat de leskist ook veel duurder zou maken, terwijl veel scholen al een camera bezitten). De leerling wordt eerst uitgenodigd om met de camera te spelen (maak een foto van een gezicht, wat is het warmste deel, wat doet een bril), en daarna te kijken naar warmtestralers en isolatoren. Een petrischaaltje tussen een warmtebron en de camera neemt eerst alle warmtestraling weg, maar komt daarna langzaam op temperatuur. Als de camera het petrischaaltje volgt als het uit de bundel wordt gehaald, dan blijkt het schaalje een netto straler te zijn geworden. Al 'spelende' wordt duidelijk hoe warmtetransport en -isolatie werkt.

Activiteit vijf (nummer vier past beter hierna) laat zien dat CO<sub>2</sub> een broeikasgas is (zie figuur 3). Het gas wordt ter plekke gemaakt door natriumbicarbonaat en citroenzuur (beide in poedervorm) te mengen in een erlenmeyer. Na het toevoegen van water wordt snel een stop met glazen buisje en slang op de erlenmeyer gezet. Het slangetje wordt verbonden met een kamer, waar aan de ene kant een warmtebron staat en aan de andere kant een warmtebeeld camera, terwijl de temperatuur in de kamer gemeten wordt met een thermometer. Het zal onderhand niet verbazen: alle benodigdheden zijn aanwezig in de kist. Het proefje laat zien dat de temperatuur in de kamer oploopt, terwijl de camera laat zien dat licht nog steeds prima door de kamer komt, in tegenstelling tot de warmtestraling. Het CO<sub>2</sub> heeft dus selectief de warmtestraling geabsorbeerd.





Vervolgens wordt in activiteit vier het verschil tussen het natuurlijke en het versterkte of antropogene broeikas effect schematisch uitgelegd met een A3-poster en brede en smalle pijlen. Op het eerste gezicht lijkt dit wat saai, maar op deze manier wordt de kennis van de proefjes uit activiteit drie en vijf goed in context gezet. De activiteit kan wat levendiger gemaakt worden door het eerst snel voor te doen, daarna alle onderdelen dooreen te vegen, en de leerling uit te dagen het schema nu zelf te leggen, als was het een legpuzzel.

### 'Duitse humor'

Gingen activiteiten 1 tot en met 5 over oorzaken van het opwarmen van de aarde, hierna gaat het over de consequenties. Activiteit zes laat zien dat de zeespiegels stijgen door het smelten van ijskappen op vasteland, en door het uitzetten van het zeewater. Van dat laatste is een versneld filmpje beschikbaar (ga via QR-code C naar A6.2), waarop een assistent gedurende 15 minuten met zijn handen een erlenmeyer met blauw gekleurd water verwarmt. De assistent wijpt ongeduldig van het ene been op de andere, terwijl de commentatorstem droog uitlegt dat enig geduld noodzakelijk is.

Activiteit zeven demonstreert met een zon-paneeltje dat de schuine instraling (zoals op hogere breedtegraden) leidt tot minder energie per m<sup>2</sup>, waardoor de klimaatzones op aarde zijn ontstaan. Vervolgens wordt verwezen naar een recent artikel waarin wordt uitgelegd dat het opwarmen van de aarde leidt tot een opschuiven van deze klimaatzones, met een snelheid van circa 6 km/jaar, en wat dit betekent voor de natuur. Een mooi stukje oefening van de leesvaardigheid.

Daarna volgen drie activiteiten die laten zien dat de oceanen het opwarmen van de aarde tegenhouden door CO<sub>2</sub> en warmte op te nemen. Activiteit acht is weer een leuk experiment, dat velen bekend voor zal komen. Twee ballonnetjes, de een gevuld met water en de ander met lucht, worden boven een waxinelichtje gehouden. De uitkomst laat zich raden. Als er geen oceanen waren, was de gemiddelde temperatuur op aarde nu al veel hoger, al zou ons aard-ballonnetje nog niet geknapt zijn. Dat oceanen verzuren door het opnemen van CO<sub>2</sub>, en dat bij het opwarmen van oceanen deze CO<sub>2</sub> weer afgegeven wordt, leert de leerling met de proefjes in



Figuur 4. 'Lagerhuis-debat' over klimaat-voorstellen in 4-vwo, RSG Magister Alvinus. Middenachter de jury, bestaande uit docenten klassieke talen, Engels, en nlt. Foto: Herman de Vries

activiteiten negen en tien. Opwarmen van de oceanen zal dus leiden tot meer CO<sub>2</sub> in de lucht, en dus tot verdere versterking van de opwarming.

De besproken effecten leiden zo logischerwijze tot een beschouwing over negatieve en positieve terugkoppeling. Met behulp van een speciaal gevormde wip en een balletje wordt tot slot getoond hoe kleine uitwijkingen van een evenwicht opgevangen kunnen worden, maar dat er een omslagpunt bestaat, en als dat bereikt is, wordt het heel moeilijk om weer terug te komen bij het vorige evenwicht (ga via QR-code C naar de videoregistratie van activiteit A11). De plaatsen op aarde waar dit soort risico's optreden, worden besproken in activiteit twaalf, met een A3-wereldkaart en een memory-achtig spel. De boodschap is zonneklaar. De kennis is wetenschappelijk onbetwist. Als we niet oppassen, gaat het heel erg fout. De website geeft ook ondersteuning aan wat ieder zelf bij kan dragen. In deze fase ligt samenwerking met vakken als maatschappijleer, burgerschap en Nederlands om discussies, debatten en betogen te organiseren, zeer voor de hand (zie figuur 4).

### Er is maar één nadeel...

... alles is in het Duits. Een vertaling zou zeer welkom zijn (zie kader). Gelukkig is alles goed toegankelijk, en veel collega's zijn toch al gewend om een proefvoorschrift aan te passen naar de eigen omstandigheden. De leskist biedt genoeg materiaal voor een rolatie-practicum (al moeten sommige activiteiten in een vaste volgorde afgewerkt

worden). De leskist kan ingezet worden bij vakoverstijgende projecten, bij nlt-modules of bij aardrijkskunde. De experimenten zijn niet geschikt voor frontaal-klassikale demonstratie. Om te zien wat er gebeurt, moeten de leerlingen zich rond de demotafel kunnen scharen.

Samengevat, een prachtig uitgevoerde leskist, fantastisch digitaal ondersteund, gevuld met demonstraties van de belangrijkste fysisch-chemische processen die leiden tot het opwarmen van de aarde. Een waardevolle bijdrage aan de oplossing van dit probleem vanuit Beieren, het land van Hermann Scheer (zie bijvoorbeeld de documentaire via QR-code D). ●

.....  
 Een Nederlandstalige versie van het handboek en de activiteiten is broodnodig. Er wordt al gewerkt aan een Engelstalige versie. Als u zin hebt om mee te helpen aan een Nederlandse versie, neem dan contact op met de auteurs, via [mart.mojet.nvox@gmail.com](mailto:mart.mojet.nvox@gmail.com).  
 .....

