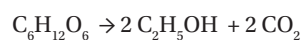


De dop half los

Al zo'n zeven jaar lang bezoek ik middelbare scholen met het rondreizend practicum 'Racen met wc-papier', één van de zes Reizende DNA-Labs. In al die jaren is er één vraag geweest die iedere les weer terugkeert: 'Meneer, waarom moet de dop half los?' Toegegeven, de vraag komt direct uit de practicumhandleiding, maar waarom blijkt juist deze vraag dan zo moeilijk te beantwoorden? En belangrijker nog, wat kan ik doen om de leerlingen wel tot een antwoord te laten komen?

Het practicum is onderdeel van een lesmodule rondom de productie van bio-ethanol uit plantaardige biomassa. Dit proces is een voorbeeld uit de microbiële biotechnologie, het vakgebied dat zich bezighoudt met de inzet van micro-organismen voor industriële doeleinden. Tijdens het practicum gebruiken de leerlingen gist om glucose uit wc-papier om te zetten naar bio-ethanol en koolstofdioxide:



RICHARD GROEN ontwerpt en ontwikkelt lesmateriaal en exposities vanuit biotechnologische concepten. Tevens is hij aanbieder van het Reizend DNA-Lab 'Racen met wc-papier'. Voor meer informatie, zie www.biotecheducatie.nl en www.dnalabs.nl.



Racen met wc-papier: Tijdens de race meten de leerlingen CO_2 -productie bij verschillende verhoudingen tussen gist en wc-papier.



De Biovergister: een voorbeeld van terugwinnen van grondstoffen uit afvalwater met behulp van microbiële omzettingen.

Met de dop half los...

Gedurende het practicum bereiden de leerlingen een gistsuspensie voor, door droge gist in een buisje met water op te lossen en deze met de dop half los in een waterbad van 30 °C te zetten. De leerlingen dienen te verklaren waarom de dop hierbij half los moet. Het antwoord op de vraag vereist enkele (complexe) denkstappen. Allereerst moeten ze begrijpen dat er een druk wordt opgebouwd. Deze toenemende druk kan in theorie worden veroorzaakt door een temperatuurstijging of door een gasproductie. De leerling dient in te zien dat in dit geval de temperatuurstijging minimaal is en zodoende geen significante

bijdrage levert. Wanneer de leerlingen de reactievergelijking in gedachten nemen, kunnen ze tot de conclusie komen dat er koolstofdioxide wordt geproduceerd. Er zit echter één addertje onder het gras. In dit stadium hebben de leerlingen nog geen glucose aan de suspensie toegevoegd. Hoe kan het micro-organisme dan toch koolstofdioxide produceren? Het antwoord ligt in de reserves van de cel. In al die jaren dat ik het practicum aanbied, is er slechts een enkeling geweest die dit laatste heeft kunnen bedenken.

Er is echter een tweede vraag die bij veel leerlingen voor problemen zorgt. Wanneer ik de reactievergelijking bespreek, vraag ik

doorgaans waarom een gistcel glucose omzet in ethanol en koolstofdioxide. Weinig leerlingen lijken te beseffen dat het micro-organisme energie kan onttrekken aan de fermentatie van glucose tot ethanol en CO₂.

Waarom hebben leerlingen nou zo'n moeite met de bovengenoemde vragen? Hun eigen verklaringen lopen uiteen van: "Het staat niet in de handleiding", tot "We moeten aan teveel dingen denken". Ze gaan ervan uit dat het antwoord in de lesstof te vinden moet zijn – en het zelfstandig beredeneren van het antwoord blijkt lastig. Voor een adequaat antwoord op dergelijke vragen is het noodzakelijk dat ze de verschillende facetten van het antwoord bij elkaar schrapen uit hun eigen kennis en ervaring, de theorie en uit het logisch denkvermogen.

Vakoverstijgend denken

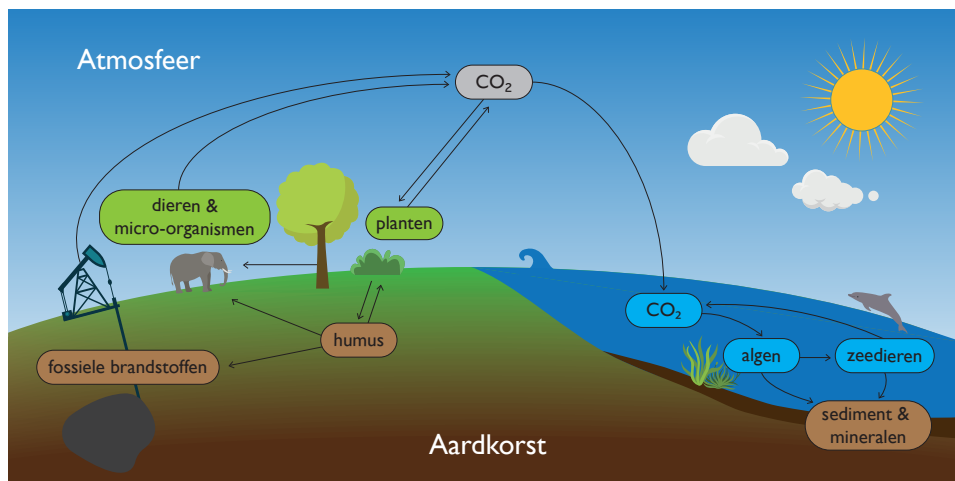
Een ander probleem dat een rol lijkt te spelen, is het feit dat de leerlingen continu kennis uit verschillende vakken en leerjaren moeten aanspreken. Wanneer ik bijvoorbeeld een scheikundige vraag stel, terwijl de leerlingen het practicum in het kader van de biologieles volgen, melden degenen die biologie als keuzevak volgen direct dat ze geen scheikunde in hun pakket hebben. Het lijkt erop dat de leerlingen er bij voorbaat al van uitgaan dat het antwoord buiten hun bereik ligt. Ook de kennis uit voorgaande leerjaren blijkt vaak weggezakt. Een voorbeeld daarvan is de eerdergenoemde vraag waarom gist glucose omzet naar ethanol.

De Biovergister

In een andere tak van mijn werkzaamheden kom ik dezelfde problemen tegen. In opdracht van het Science Centre Delft werk ik aan de ontwikkeling van de Biovergister, een demonstratieopstelling waarin verschillende micro-organismen in een biotechnologisch, circulair proces worden ingezet voor de zuivering van afvalwater en de productie van biogas en biodiesel uit gft-afval.

Zowel het vooronderzoek dat heeft geleid naar de ontwikkeling van deze opstelling, als het onderhoud en de optimalisatie ervan, worden uitgevoerd door mbo-, hbo- en wo-studenten in het kader van hun stage. Een van mijn taken is het begeleiden van deze studenten.

Hoewel de studenten de middelbare school reeds achter zich hebben gelaten, hebben ook zij moeite met het schakelen tussen verschillende disciplines. Ook zij vinden het lastig om specifieke concepten met elkaar in verband te brengen door deze in groter perspectief te plaatsen.



Biotechnologie en kringlopen

Om leerlingen en studenten een helpende hand te bieden in het analyseren van vraagstukken, vraag ik hen regelmatig om een 'helicopterview' aan te nemen. Ik vraag hen (1) om weg te stappen bij de details van het probleem, (2) te bepalen hoe een vraagstuk in verhouding staat tot kennis die zij al hebben en (3) om aan te geven hoe zij het probleem in een groter geheel kunnen plaatsen. Vanuit het kader dat ontstaat, kunnen zij vervolgens proberen het vraagstuk in detail te beantwoorden. Ter ondersteuning maak ik hierbij veelvuldig gebruik van kringlopen. Tijdens het practicum bijvoorbeeld, laat ik aan de hand van de koolstofcyclus zien hoe het gebruik van fossiele brandstoffen wel bijdraagt aan een stijging van de CO₂-concentratie in de atmosfeer en het gebruik van biobrandstoffen niet.

Ook de studenten hebben baat bij het gebruik van kringlopen. De redoxcycli voor koolstof, stikstof en zwavel bijvoorbeeld, helpen hen te begrijpen welke (microbiële) omzettingen er mogelijk zijn en onder welke omstandigheden deze plaatsvinden. Hiermee hebben ze de middelen om beter te begrijpen wat er in de Biovergister gebeurt en hoe ze de processen kunnen beïnvloeden.

Deze aanpak werkt. Zowel de leerlingen als de studenten geven aan dat ze hier baat bij hebben. Het aannemen van de 'helicopterview' biedt een gestructureerde strategie om het probleem in kaart te brengen en de kringlopen fungeren daarbij als een kapstok om eventuele nieuwe kennis een plekje te geven.

Biotechnologie in de klas

Wat het practicum bij uitstek zo waardevol maakt, is dat er verschillende onderwerpen uit alle bètavakken als ook maatschappelijke en

economische vraagstukken aan bod komen. De leerling wordt uitgedaagd om zich niet te laten beperken door de kaders van een vak en om vanuit een overkoepelend perspectief verbanden tussen de verschillende disciplines te leggen. Deze vaardigheid komt hen ten goede in de voorbereiding op hun examen, maar ook later tijdens hun vervolgopleiding en in de praktijk.

Naast het practicum zijn er andere vakoverstijgende lesprogramma's te bedenken rondom het thema biotechnologie. Deze programma's zijn onlosmakelijk verbonden met de praktijk, waardoor de leerstof betekenisvoller wordt. Zo kan een overkoepelende module in het kader van meerdere vakken worden gebruikt. Microbiële omzettingen worden dan uitgevoerd tijdens de biologieles, terwijl bij scheikunde de zuivering van het ontstane product wordt belicht. De wiskunde speelt een belangrijke rol in de verwerking en analyse van alle experimentele data en de maatschappelijke en economische invloeden kunnen worden behandeld in het kader van economie. Er liggen zelfs kansen voor talige vakken in de vorm van mondelinge en schriftelijke rapportage.

De vraag van de half losse dop heeft mij uiteindelijk doen inzien dat leerlingen gebaat zijn bij meer oefening in het beantwoorden complexe en vakoverstijgende vraagstukken. Lesmodules rondom biotechnologie zijn bij uitstek geschikt om hen hierin te ondersteunen. Bovendien vormen dergelijke programma's een goede voorbereiding op het examen en hoef ik mij in het vervolg hopelijk niet meer druk te maken om de losse dop.

Foto's: Peter Groen BiotechEducatie ●