

NVOX

MAGAZINE VOOR HET ONDERWIJS IN NATUURWETENSCHAPPEN

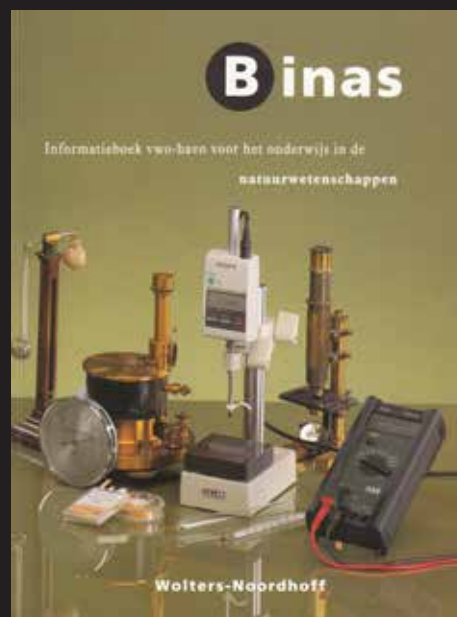
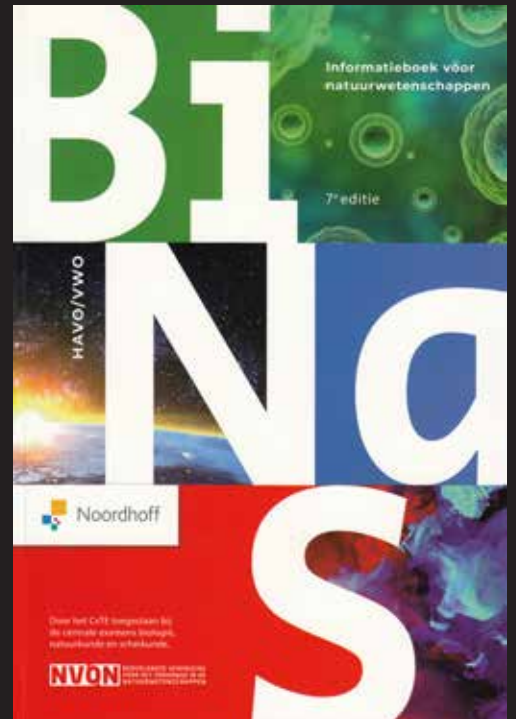
#5
mei
2025
jaargang 50



Wolters-Noordhoff



Wolters-Noordhoff



Wolters-Noordhoff



Tabellenboekje
voor
onderwijs in de
natuur- en scheikunde



Duurzaam scheikundeonderwijs

Beschermen en bestrijden

Online asynchrone cursus Modeldidactiek

WELKE NATUURKUNDE METHODE PAST HET BESTE BIJ JOU?

Wist je dat de meeste scholen in Nederland met Newton of Systematische Natuurkunde werken? Ontdek welke methode het beste bij jou en jouw manier van lesgeven past.

Verbeterd en vernieuwd

Beide methoden krijgen een nieuw jasje én worden inhoudelijk verbeterd. Natuurlijk wel met behoud van het unieke karakter dat je gewend bent. Leerjaar 4 is al gereed!

Newton

- Niveaumarkeringen en opgaven via een stappenplan
- Formules en voorbeelden duidelijk herkenbaar door gebruik van kleurvlakken
- Stel je eigen boek samen met Boeken OpMaat
- Mediumcovers



NIEUW!



Newton

Laat leerlingen natuurkunde begrijpen

- Eerst begrijpen, dan pas rekenen
- Contextrijk en veel differentiatiemogelijkheden
- Doorlopende leerlijn leerjaar 1 t/m 6

Vragen of een presentatie
aan jouw vaksectie?

Neem contact op via 033 - 448 3600 of
vo@thieme.meulenhoff.nl

Systematische Natuurkunde

- Formules en voorbeelden vallen meer op door gebruik van kleurvlakken
- Leerdoelentabel zodat je leerling weet waar hij nog mee moet oefenen
- Stel je eigen boek samen met Boeken OpMaat
- Mediumcovers



SYSTEMATISCHE NATUURKUNDE

Het fundament voor jouw natuurkundeles

- Direct naar de kern
- Uitdagend voor je leerlingen
- Voor bovenbouw havo en vwo

Burger (weten) schap



In het onderwijs hebben we met elkaar de taak om aandacht te geven aan burgerschap. In het nieuwe curriculum is de claim hiervoor dermate, dat bij bètavakken gekort werd om hier ruimte voor te maken. We hebben in de NVON-campagne in 2024 duidelijk gemaakt dat burgerschap een belangrijk onderdeel van de bètavakken is. Hiervoor is als argumentatie gebruikt dat kennis uit de natuurwetenschappen een grote rol speelt in de huidige maatschappij. Zonder kennis van zaken geen goede besluiten. Daarnaast moet het mogelijk zijn de verschillende, ook natuurwetenschappelijke en technische, inzichten met elkaar te bespreken en manieren te verzinnen om te kunnen kiezen. Wanneer het niet lukt anderen te overtuigen en tot eensgezindheid te komen, wordt de keuze vaak gemaakt door te stemmen. We kunnen niet met een miljoen mensen overleggen, dus kiezen we vertegenwoordigers, die kennis van zaken kunnen opbouwen, met elkaar het gesprek aangaan en uiteindelijk het besluit namens ons allen nemen. Overal in onze democratie vinden we die structuren. Naast ons parlement zijn er talloze overlegorganen die in ons land van alles regelen. Sommige hebben een adviesfunctie, anderen om besluiten voor te bereiden en bij te sturen. Het poldermodel. In het waterrijke Nederland laten de waterschappen goed zien waar dat overleg toe dient. Een polder maak je samen en je zorgt samen dat die droog en veilig blijft. Niemand

kan en mag zich aan zijn verantwoordelijkheid onttrekken. Aan het Zwarte Water bij Hasselt ligt een middeleeuws stuk dijk dat door bewoners samen gebouwd en onderhouden werd. Iedere familie moest een stuk muur bouwen en onderhouden. Je ziet dat terug als een lange rij scheve maar aaneensluitende muurtjes. De burger - letterlijk: bewoner van de burcht, de versterkte stad - heeft rechten (je mag er wonen, je wordt beschermd) en plichten (je neemt taken op je voor de gemeenschap en bevordert het welzijn van je medeburgers). Overeenkomstige begrippen als citadel, civiel en city hoor je terug in citizen, het Engels voor burger. Dat begrip komt terug in *citizen science*, burgerwetenschap, een term die algemeen in gebruik is om de betrokkenheid van burgers in de wetenschap aan te duiden. Net als open wetenschap groeit de aandacht hiervoor. Zelf heb ik dat lang gezien vanuit het belang van de wetenschap: het helpt als veel mensen waarnemingen doen of materiaal verzamelen. NASA heeft het wereldwijde GLOBE-programma oorspronkelijk opgezet om satellietmetingen te kunnen controleren en verfijnen. Want: een satelliet kan de details bij het aardoppervlak niet goed waarnemen, bijvoorbeeld de fijnste stofdeeltjes in de lucht, kwaliteit van oppervlaktewater of dieren in de bodem. Aanwezigheid van insecten of de temperatuur tussen huizen of onder bomen moet je ook van dichtbij bepalen. Dan is het fijn als er mensen ter plaatse

deze metingen kunnen uitvoeren.

Toch is er meer over te zeggen. Burgerschap heeft ook de betekenis dat je bijdraagt aan het collectieve, de maatschappij. En wanneer leerlingen als burgerwetenschappers onderzoek doen in hun eigen leefgemeenschap, de school, thuis of hun stad of dorp, dan dragen ze op die manier bij aan de samenleving. Op deze manier kunnen leerlingen kennis uit de bètavakken op talloze manieren relevant gebruiken voor de maatschappij. Ze kunnen, bijvoorbeeld de gemeente, helpen om goede keuzes te maken, bijvoorbeeld om met beplanting de stad koel te houden. Dat komt bewoners ten goede. Leerlingen kunnen met hun metingen in de buitenomgeving een bijdrage leveren aan de maatschappij. Burgerschap en natuurwetenschap zijn op die manier betekenisvol verbonden. En wanneer leerlingen betrokken worden, geldt dat ook hun docenten. Waar leerlingen maar enkele weken of maanden met een project aan de slag zijn, kunnen docenten jaar na jaar bijdragen aan toegepast of fundamenteel wetenschappelijk onderzoek, waar ze in hun hbo- of wo-opleiding mee bezig geweest zijn. Burger(weten)schap biedt zo kansen om onderzoekskwaliteiten bij docenten en toa's in te zetten en te versterken, en zo hun werk te verrijken en aantrekkelijk te maken.

Jan Jaap Wietsma
Voorzitter NVON
Reacties naar: j.j.wietsma@nvon.nl



6

Duurzaam scheikunde- onderwijs voor de toekomst

In dit artikel beschrijven Martin Goedhart en Frans Meindertsma hoe de drie programma's voor scheikunde, voor vmbo-tl, havo en vwo, eruit zien en welke perspectieven de programma's bieden voor de toekomst. Ook gaan zij dieper in op de verschillen met de huidige programma's.



OP HET OMSLAG: Collage Binas, zie 'Evolutie van de scheikunde-eindexamens (2)' vanaf pagina 26.



10

Beschermen en bestrijden

Christy van Beek is duurzaamheidsmanager bij Bayer Crop Science in Nederland. Ze is al jarenlang gefascineerd door het snijvlak tussen wetenschap en maatschappij. Als bodemkundige stond ze aan de wieg van de hernieuwde waardering van de bodem. Ze ziet een trend van toenemende betrokkenheid van mensen bij hun voedsel, maar ook bezorgdheid over de toekomst van de landbouw. Anneke Thurlings en Marianne Offereins interviewden haar.



14

Online asynchrone cursus Modeldidactiek

Modeldidactiek geeft structuur aan onderzoekend leren en zet leerlingen écht aan het denken als jonge wetenschappers. In een intensieve online asynchrone cursus verdiepen docenten uit binnen- en buitenland zich in deze aanpak. Het resultaat? Meer diepgang, hernieuwd enthousiasme en direct toepasbare inzichten voor de lespraktijk. Cathy Baars praat ons bij.

- 8 Curriculum & examens** Conceptexamenprogramma's nlt en O&O - Brigitte Bloem
- 16 In de klas** Hitte op het schoolplein - Rosa Prager-Lizanzu, Marcella van Steenberghe, Dorien Dorresteyn en Martijn Kuller
- 18 In de klas** Quantumlesje 11: Diamant als quantumsensor - Rutger Ockhorst en Lodewijk Koopman
- 20 Ingezonden** 4TU.Schools - Heleen Bot en Leendert Verduijn
- 22 Curriculum & examens** Alternatieve antwoorden in het CE - Emmy Zeetsen en Frans Meindertsma
- 23 Achtergrond** Higgsveld - Toon van der Sandt
- 24 Didactiek** Generatie Z in een bètaklas - Janneke ter Bille
- 25 Achtergrond** Brandstof voor de toekomst - Trienke van der Spek
- 26 Curriculum & examens** Evolutie van scheikunde-eindexamens (2) - John van den Boogert
- 32 In de klas** Evolutie in beeld - Narjiss Ben Kerroum, Hikmat Haibe en Hanna Stammes
- 34 In de klas** Medicijnafgifte gesimuleerd? - Henriette Klein Bluemink en Ad Mooldijk
- 40 Wetenschap** Van koorts naar kuur - Monika Irmak Šalandová
- 45 Interview** (Zelf)reguleren met Barend Last - Marianne Offereins
- 46 Interview** Over de generatiekloof - Marianne Offereins
- 50 In de klas** Maatschappelijk debat in de scheikundeles - Martin Vos en Marcel van den Heuvel

RUBRIEKEN

- 13 Column** Ruimtevervuiling - Robert Wielinga
- 29 Column** Het element E - Arne Mast
- 30 Jong NVOX** Conferentieverlag Jong NVOX - Tosca Tamis
- 36 Het kabinet**
- 42 Recensies**
- 49 Collegiale tips** - Rolf Soer
- 53 Column** Focusvlinders en motiviemieren - Machteld de Kok
- 54 Van de Bestuurstafel** - Anika Embrechts
- 55 Zonnesteek en windvlagen** Immense windturbines uit China - Hein Bruijnesteijn
- 56 Achterop** Kikkers - Marianne Offereins



Periodiek van de NVON

Nederlandse Vereniging voor het
Onderwijs in de Natuurwetenschappen


Binas

Eind jaren zeventig deed mijn eerste klas 6-vwo eindexamen natuurkunde. Ik denk dat ik dat net zo spannend vond als zij. Het hele circus kwam in volle vaart op mij af: Binasboekjes controleren, eerste correctie, tweede correctie; mogelijk ook herexamens, maar dat kan ik mij niet herinneren.

De controle van de Binassen was een serieuze zaak want in het eerste, groene, Binasboekje was een aantal lege pagina's opgenomen. Ik heb nooit begrepen waarom dat was. Uit het artikel dat John van den Boogert schreef over de scheikunde-examens van de afgelopen vijftig jaar (zie pagina 26) begrijp ik nu dat er een groep natuurkundedocenten was die vond dat de leerlingen de formules, die nodig waren bij een eindexamen natuurkunde, gewoon uit het hoofd moesten kennen. Kom daar nu nog eens om. Het nadeel van die lege pagina's was dat leerlingen die gebruikten om met een dun potlood de benodigde formules toch te noteren. En bij een examen mocht dat uiteraard niet. Als docent moest je dan vooraf controleren of die Binassen schoon waren. Ik legde aan de leerlingen uit dat ik de pagina's waar wel wat op stond eruit zou knippen of dicht zou plakken. Dat hielp deels.

Een van de leerlingen, laat ik haar Mieke noemen, had toch de verleiding niet kunnen weerstaan en had een paar formules op die lege pagina's genoteerd. Dat zag ik helaas te laat, namelijk tijdens het examen. Ik meldde dat bij de andere surveillant en toen begon zich een ware tragedie af te spelen: Mieke geschorst voor de rest van het examen en ik kreeg op mijn donder omdat ik niet goed genoeg had gecontroleerd. Gelukkig is dat nu allemaal niet meer nodig.

NB. Controleer of je Binassen (7e editie, bijdruk 3/24) wel de tabellen 39 t/m 54 bevatten. Zie het bericht op pagina 54.

Anneke
Thurlings 

Hoofdredacteur NVOX
redactie@nvon.nl

Duurzaam scheikundeonderwijs voor de toekomst

Wat hebben de nieuwe programma's ons te bieden?

In maart zijn de nieuwe conceptexamenprogramma's voor de natuurwetenschappelijke vakken gepubliceerd. Hoe zien de drie programma's voor scheikunde, voor vmbo-tl, havo en vwo, eruit en welke perspectieven bieden de programma's voor de toekomst?

Nieuwe examenprogramma's

Tweeëneenhalf jaar is er door de Vakvernieuwingscommissie (VVC) gewerkt aan de nieuwe concept-examenprogramma's en in maart zijn deze opgeleverd. Niet voor niets worden het conceptprogramma's genoemd, want er volgt nog een traject van beproeving in scholen en uiteindelijk moeten de programma's ook door de overheid worden goedgekeurd. Ondertussen zijn commissies gestart met de ontwikkeling van syllabi die een meer gedetailleerd beeld moeten geven wat van leerlingen op het examen wordt verwacht. Naar verwachting zullen de nieuwe programma's rond 2029 worden ingevoerd.

Wat is er veranderd?

Als we kijken naar de scheikundeprogramma's, dan is vooral het vmbo-programma ste-

vig onderhanden genomen. Dat was ook nodig omdat de laatste herziening dateerde van 1999. Het meest ingrijpende voorstel is om een praktisch schoolexamen in te voeren. Bij havo en vwo was de insteek om de bestaande programma's bij te stellen, maar grotendeels intact te laten. Een van de veranderingen bij het vwo is dat een aantal onderwerpen is verschoven van CE naar SE (Tabel 1). Hier ontbreekt de ruimte om uitgebreid in te gaan op alle wijzigingen. Hiervoor verwijzen we naar de website van SLO (SLO, 2025a).

Alle programma's volgen dezelfde opzet met zes domeinen (Tabel 2). De verschillen tussen de schoolsoorten zitten vooral bij de concepten.

Vraagstukken als maatschappelijke contexten

In dit artikel beperken we ons tot de vraag in hoeverre de nieuwe scheikundeprogramma's toekomstbestendig zijn en dan kijken we met name naar het domein Vraagstukken. Het belang van het domein Vraagstukken wordt onderstreept door de Vakvernieuwingscommissie: "Voor scheikunde werkt men vanuit het domein Vraagstukken" (SLO, 2025b, p. 27). Deze dienen als "context om scheikunde betekenis te geven en [...] relevant te maken voor leerlingen" (SLO, 2025b, p. 24). Voor

de Vraagstukken heeft men de volgende thema's geselecteerd: gezondheid, voeding, alledaagse chemie, duurzame energie, schoon milieu, circulair produceren en consumeren, en voor het vwo komen er fundamentele vraagstukken met wetenschappelijke onderwerpen bij. De vraagstukken beogen mede een invulling te geven aan burgerschapsvorming, waarbij leerlingen vanuit chemisch perspectief maatschappelijke onderwerpen uitwerken. Veel van deze onderwerpen lenen zich voor een multidisciplinaire aanpak, niet alleen met andere natuurwetenschappelijke vakken maar ook met maatschappijleer en aardrijkskunde. Leerlingen en docenten kunnen hun eigen voorkeuren inbrengen en het geeft mogelijkheden tot verdieping en maakt het scheikunde-onderwijs voor leerlingen tastbaar en betekenisvol.

Voor de maatschappelijke vraagstukken is beperkt tijd ingeruimd, variërend van 10 uur (vmbo, havo) tot 20 uur (vwo). Dat is volgens inschatting van de VVC ongeveer 5-7% van de totale lestijd. Daarbij wordt er een keuze gemaakt uit de genoemde onderwerpen: bij het vwo twee van de vijf vraagstukken.

De vraagstukken vallen onder het schoolexamen. Hoewel de verdeling CE-SE als 50/50 is vastgelegd, kan dit een bedreiging



MARTIN GOEDHART is emeritus hoogleraar Didactiek van de Wiskunde en Natuurwetenschappen aan de Rijksuniversiteit Groningen. Hij was tevens leraar en vakdidacticus scheikunde. Contact: m.j.goedhart@rug.nl



FRANS MEINDERTSMA is vakdidacticus scheikunde aan de Universiteit van Amsterdam en leraar scheikunde aan het Bornego College in Heerenveen. Contact: f.m.meindertsma@uva.nl

voor dit examenonderdeel worden. Immers, de focus op het centraal examen en tijdgebrek kunnen betekenen dat docenten de CE-onderdelen prioriteren en dat de vraagstukken onvoldoende tot hun recht komen.

Naar duurzaam chemieonderwijs?

Bert Weckhuysen – hoogleraar Universiteit van Utrecht en wetenschappelijk directeur van een landelijk consortium dat chemisch onderzoek en innovatie op het gebied van duurzame en circulaire chemie bundelt – gaf recentelijk aan dat de chemie op een kruispunt staat: de chemie dreigt irrelevant te worden als ze niet meer werkt aan de duurzaamheidsuitdagingen van de toekomst (Dijkgraaf, 2024). Die boodschap betekent dat we duurzaamheid centraal moeten stellen in het chemieonderwijs. De VVC neemt als uitgangspunt voor de Vraagstukken de *Sustainable Development Goals* van de VN (SDG Nederland, z.d.). Duurzaamheid gaat dan om het creëren van een leefbare wereld, waarin armoede, honger, ongelijkheid, klimaatverandering en de biodiversiteitscrisis aangepakt worden

Hoe zou duurzaam chemieonderwijs er dan uit kunnen zien? Vanzelfsprekend moet scheikundeonderwijs leerlingen basiskennis en -vaardigheden (concepten, denk- en werkwijzen) van de chemie bijbrengen en hun een duidelijk beeld geven van de aard van (natuur)wetenschappen. Daarnaast heeft het chemieonderwijs de taak om een link te leggen met beroepssectoren en de maatschappij (industrie, wetenschap, laboratorium, gezondheid). Vooral de Vraagstukken bieden mogelijkheden voor duurzaam chemieonderwijs. Fundamentele chemische begrippen kunnen ook heel goed vanuit de Vraagstukken worden ontwikkeld, waarbij die chemische begrippen ook meer betekenis voor leerlingen krijgen (Burmeister et al., 2012; Juntunen & Aksela, 2014). Noodzakelijk is dan dat de vraagstukken meer worden uitgewerkt. Het accent in de uitwerkingen in de conceptprogramma's ligt nog erg op het verwerven van kennis en vaardigheden en weinig op attitudevorming, socialisatie en persoonlijkheidsontwikkeling. Toch was het de bedoeling om de drie doeldomeinen (kwalificatie, socialisatie, persoonsvorming) (Biesta, 2018) onder te brengen in de

Subdomein	Eindterm	Van centraal examen (CE) naar schoolexamen (SE)
Reactiemechanismen (B3)	13	<ul style="list-style-type: none"> toepassen van de termen elektrofiel, nucleofiel en radicaal weergeven van het verloop van een moleculaire reactie door het verplaatsen van valentie-elektronen
Evenwicht en Entropie (B5)	17	<ul style="list-style-type: none"> uitvoeren van berekeningen aan evenwichtsprocessen (onder andere Kz en Kb-berekeningen)
Scheiden en analyse (B7)	19	<ul style="list-style-type: none"> interpreteren van een chromatogram om de samenstelling van een mengsel te bepalen verband leggen tussen moleculaire fragmenten enerzijds en karakteristieke patronen en relatieve piekhoogten anderzijds in een massaspectrum

Tabel 1. Verschuivingen van CE naar SE voor het vwo

Domein	Korte inhoudsomschrijving	SE of CE
Aard van Natuurwetenschappen en Technologie	Methoden en uitkomsten van wetenschap, wisselwerking tussen wetenschap en technologie	SE
Concepten	Chemische begrippen en theorie	Voornamelijk CE
Denkwijzen	Kenmerken van natuurwetenschappelijk redeneren (systemen, causaliteit, kringlopen e.d.)	CE-SE
Vraagstukken	Chemische contexten in leefwereld, maatschappij en wetenschap	SE (op vmbo sommige onderdelen CE-SE)
Werkwijzen	Onderzoeks- en ontwerpvaardigheden, redeneren, communiceren	CE-SE
Zelfontwikkeling	LOB, zelfregulatie, samenwerken	SE

Tabel 2. Overzicht domeinen in de conceptscheikundeprogramma's vmbo, havo, vwo

examendoelen. Van die laatste twee doeldomeinen, die onder meer over persoonlijke verantwoordelijkheid voor leefomgeving, milieu en natuur gaan, is in de conceptprogramma's nog weinig terug te vinden.

Al veel beschikbaar

Ondertussen zijn er al allerlei scholen druk bezig om duurzaamheidsonderwijs vorm te geven. Er zijn mooie voorbeelden. Op het Bornego College in Heerenveen stonden dit jaar een aantal vakken in het teken van duurzaamheid. Leerlingen dachten in groepjes na over uitdagingen en oplossingen rondom dit thema en er waren gastsprekers. Ook in de bundel Plan Bèta (Kamp & Nypels, 2023) zijn voorbeelden te vinden. Die laten zien dat duurzaamheidsonderwijs zich niet hoeft te beperken tot kennisoverdracht maar ook kan leiden tot duurzaam gedrag. Ook zijn in NVOX de afgelopen jaren tal van artikelen verschenen van onderwijspraktijken die duurzaamheid benadrukken. En natuurlijk zijn nlt en Onderzoek & Ontwerpen voorbeelden van nieuwe schoolvakken waarin het werken aan multidisciplinaire proble-

men centraal staat. We zien steeds meer dat schoolboeken en docenten zelf het initiatief nemen om binnen de bestaande kaders duurzaam chemieonderwijs vorm te geven.

En de toekomst?

Gelet op de beperkte ruimte voor docenten om aandacht te besteden aan de maatschappelijke vraagstukken, is de stap naar duurzaam chemieonderwijs nog niet gemaakt. Daarmee sluiten de programma's niet goed aan op actuele en toekomstige ontwikkelingen in de chemie en de samenleving. Dit zou veel steviger in de examenprogramma's verankerd moeten worden. Dat is niet gebeurd door het uitgangspunt dat de programma's voor havo en vwo niet te veel gewijzigd moesten worden. Een volgende vernieuwing van examenprogramma's zal nog wel zo'n tien jaar op zich laten wachten. Het is de hoogste tijd voor een fundamentele discussie over de toekomstige richting van het chemieonderwijs. ●

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

Conceptexamenprogramma's nlt en O&O

Begin maart publiceerde SLO de zeventien concept-examenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken, samen met het toelichtingsdocument. In twee voorgaande edities van NVOX stonden de concept-examenprogramma's biologie, natuurkunde en scheikunde in de spotlights. Deze keer is het de beurt aan de vakken Natuur, leven en technologie (nlt) en Onderzoek en Ontwerpen (O&O) voor havo en vwo.

Nlt en O&O zijn relatief jonge (vakoverstijgende) vakken. Om de samenhang tussen alle natuurwetenschappelijke vakken te benadrukken en de samenwerking te bevorderen, is als basis een gezamenlijk raamwerk ontwikkeld voor vmbo, havo en vwo. Dit raamwerk bestaat uit zes domeinen: Aard van natuurwetenschap en technologie, Concepten, Denkwijzen, Vraagstukken, Werkwijzen en Zelfontwikkeling. Het zorgt voor een uniforme opbouw van de vakken en stimuleert de onderlinge samenhang.

Mondiale vraagstukken

De belangrijkste veranderingen zijn volgens curriculumexpert Thijs Goedegebure: "We werken met zes vaste domeinen die in elk natuurwetenschappelijk concept-examenprogramma terugkomen. Er is veel aandacht voor de aard van de natuurwetenschappen, in combinatie met technologie. Daarnaast is er veel aandacht voor zelfontwikkeling. Dit kwam bij nlt en O&O al aan bod - en nu ook bij de monovakken biologie, natuurkunde en scheikunde. Ook dit bevordert de kruisbestuiving tussen de vakken."

Een belangrijke inhoudelijke wijziging bij nlt is dat de huidige examenprogramma's uitgaan van kennisgebieden. De nieuwe concept-examenprogramma's richten zich veel meer op de mondiale vraagstukken, zoals beschreven in de Sustainable Development Goals (SDG's). "Een thematische insteek blijft zeker mogelijk bij nlt, denk aan forensisch onderzoek, maar het concept-examenprogramma vraagt ook om leerlingen geregeld te laten nadenken over de grote vraagstukken van deze tijd,



zoals schoon drinkwater voor iedereen", aldus Elise Quant, vakdidacticus O&O en nlt en lid van de voormalige vakvernieuwingscommissie natuurwetenschappelijke vakken.

Goedegebure licht toe: "We hebben drie clusters van SDG's gemaakt. De bedoeling is dat leerlingen binnen elk cluster minimaal één vraagstuk behandelen dat wereldwijd speelt. Zo verwerven ze kennis over een breed scala aan onderwerpen. Voor het vwo is er bovendien nog een cluster met fundamenteel-wetenschappelijke vraagstukken."

Quant vertelt dat het bij nlt nog een flinke puzzel was om interdisciplinariteit goed in de eindtermen te verwerken en wat je vervolgens van leerlingen vraagt, zodat ze kunnen laten zien wat ze over interdisciplinariteit hebben geleerd. "We hebben gezocht naar een goede balans, zodat het niet té meta zou worden. Ik vind dat we daar goed in geslaagd zijn", zegt ze tevreden.

Nlt kennisgericht, O&O procesgericht

Bij O&O zijn de werkwijzen centraler komen te staan. "Daar ligt de nadruk dus vooral op het proces en het bijsturen daarvan, in combinatie met de eigen sturing van de leerling", legt Marijn Meijer, Curriculumexpert scheikunde en O&O, uit. "Bovendien heeft O&O meer een bèta-karakter gekregen door de aangebrachte samenhang en elementen, zoals modellen, wiskunde, en aard van natuurwetenschap en technologie."

De concept-examenprogramma's vragen niet alleen om kennis, maar ook om reflectie en toepasbaarheid. Quant: "Waar het voorheen vooral 'interessant om te weten' was, ligt de focus nu meer op: wat is er al aan kennis over dit mondiale vraagstuk en wat heb je aan die kennis? Bovendien kijken leerlingen naar mogelijke oplossingen."

Goedegebure illustreert dit met een voorbeeld: "Bij nlt laten we leerlingen niet simpelweg waterstof als energiebron bestuderen, maar leren we ze om te kijken naar de energietransitie als



geheel. Het is belangrijk dat leerlingen leren nadenken over mogelijke oplossingen en hoe zijzelf en hun omgeving daarin staan." Een belangrijke toevoeging, aldus Martin Mollema, docent nlt, natuurkunde en wiskunde en eveneens voormalig lid van de vakvernieuwingscommissie, is de rol van wiskunde binnen O&O. "Voor nlt was die verbinding er al wat sterker", stelt hij, "maar omdat O&O werkt met opdrachten van externe opdrachtgevers, moet je goed in de gaten houden dat wiskunde er ook een rol in krijgt. Daarom is het goed dat wiskunde expliciet genoemd wordt."

Breed gedragen

Quant kijkt terug op een intensief ontwikkelproces: "Van tevoren had ik me niet gerealiseerd met hoeveel partners we aan tafel zouden zitten. Maar door alle feedback die we kregen, werd het eindproduct steeds sterker en breder gedragen. Het feit dat we één commissie vormden, zorgde voor veel kruisbestuiving. Nlt en O&O werken bij uitstek vakoverstijgend."

Mollema sluit zich daarbij aan. "De dwarsverbanden tussen natuurwetenschappelijke vakken en ook die met wiskunde zijn essentieel voor een vak als nlt." Hij merkte dat deelname aan de commissie hem ook in zijn dagelijkse werk als docent heeft beïnvloed. "Ik ben anders gaan kijken naar hoe ik nlt geef. Vanuit de concept-examenprogramma's zie je snel waar je als docent verbeteringen kunt aanbrengen in je lessen, zonder dat er rigoureuze veranderingen nodig zijn."

Inbreng

De intensieve samenwerking tussen de vakvernieuwingscommissie en de Stichting Technasium en de Vereniging NLT was volgens alle vier van grote meerwaarde. "We kregen brede respons vanuit de achterban en die feedback was heel waardevol", zegt Meijer. Mollema constateert dat de concept-examenprogramma's inhoudelijk aansluiten bij de bestaande praktijk. "Veel collega's en ook ikzelf laten deze actuele onderwerpen al aan bod komen in onze lessen. De concept-examenprogramma's geven vooral een goede structuur en veel meer houvast." Quant stelt dat beide vakken hiermee volwassen worden en beter aansluiten bij actuele ontwikkelingen en bijvoorbeeld ook bij de aandacht voor burgerschap. Goedegebure voegt toe: "Onderwijs gaat immers niet alleen over kwalificatie, maar ook over socialisatie en persoonsvoor-

ming. Die belangrijke kwaliteiten hebben nu een veel sterkere basis gekregen in alle conceptexamenprogramma's. We willen leerlingen laten kennismaken met de manier van denken en redeneren van natuurwetenschappers en technologen. Zo doen ze belangrijke vaardigheden op voor hun functioneren op de arbeidsmarkt. Ze leren denken in oorzaak-gevolgrelaties en kunnen straks een goede redenatie opzetten."

Nlt en O&O kennen geen centraal examen. De afronding vindt plaats via het schoolexamen. Dit betekent dat scholen veel vrijheid hebben in de uitwerking. Er komt daarom ook geen syllabus. Wel komen er handreikingen voor de scholen en docenten.

Fase van beproeven

Komend schooljaar beproeft SLO de programma's voor nlt en O&O, samen met leraren, leerlingen en schoolleiders. De deelnemende scholen gaan met de conceptexamenprogramma's aan de slag. Stichting Technasium en de Vereniging NLT zullen ook in deze fase een actieve rol spelen, aldus Goedegebure.

"Ze worden betrokken bij het ontwikkelen van materialen voor onderwijs en toetsing, zoals het doorontwikkelen van modules voor nlt."

De aanmeldingstermijn voor de fase van beproeven is voor nlt en O&O dan wel gesloten, maar Goedegebure roept docenten op om vooral ook te participeren in commissies die nlt-modules aan gaan passen en focusgroepen die zich buigen over het ontwikkelen van een passend programma voor toetsing en afsluiting (PTA) voor zowel nlt als O&O. Sowieso is zijn advies aan alle docenten: "Lees de concept-examenprogramma's, praat erover met elkaar, zoek samenwerking met andere vakken, probeer al onderdelen uit en blijf op de hoogte van de actuele ontwikkelingen."

Docent Mollema is blij met de concept-examenprogramma's "Sterker nog, ik bouw onderdelen van het concept-examenprogramma nlt nu al in bij ons op school. Dat is ook het fijne van nlt en O&O, het zijn vakken waarin je als docent veel ruimte hebt voor eigen inbreng. Ik ben begonnen met het laaghangend fruit. Door mijn rol in de vakvernieuwingscommissie ben ik natuurlijk extra betrokken. Maar ik verwacht dat ook mijn collega's in het land ervan doordrongen zijn dat beide vakken een actualisatie van de examenprogramma's nodig hadden. Ik adviseer mijn collega's om zich nu al in de concept-examenprogramma's te verdiepen en er met elkaar over te praten. Dit is dé kans om het onderwijs in beide vakken concreter en nóg completer te maken." ●

MEER INFORMATIE

Je vindt de opgeleverde conceptexamenprogramma's op www.slo.nl/actualisatie. Meer informatie over het vervolg vind je op het webplatform: www.actualisatie-examenprogrammas.nl/natuurwetenschappelijke-vakken. Hier kun je je ook aanmelden voor automatische updates.

Beschermen en bestrijden

Een interview met Christy van Beek

Achterop NVOX 1 van dit jaar stond een vraag over bestrijdingsmiddelen. Daar werd door een aantal mensen op gereageerd. Een van degenen die reageerden was Christy van Beek, zij had de vraag gelezen en wilde er wel over in gesprek gaan.

Christy van Beek is duurzaamheidsmanager bij Bayer Crop Science in Nederland. Ze is al jarenlang gefascineerd door het snijvlak tussen wetenschap en maatschappij. Als bodemkundige stond ze aan de wieg van de hernieuwde waardering van de bodem. Ze ziet een trend van toenemende betrokkenheid van mensen bij hun voedsel, maar ook bezorgdheid over de toekomst van de landbouw. En dat is fascinerend, want dat gebeurt als wetenschap en maatschappij bij elkaar komen. Christy heeft bijna twee decennia aan academische ervaring, met expertise in bodemvruchtbaarheid en gewasproductie. Ze werkte eerder aan Wageningen University & Research en bij AgroCares. In diverse Afrikaanse landen werkte ze samen met boeren, ze heeft daardoor een goed begrip van de behoeften van lokale landbouwers. In die tijd ondervond ze ook wat voedselschaarste of -onzekerheid betekent voor mensen. Dat is voor ons moeilijk voor te stellen en daardoor voelen de huidige discussies over de Nederlandse landbouw voor haar soms bijna decadelang. Dat neemt niet weg dat ook zij vindt dat de landbouw duurzamer kan en moet en ze ziet daar tal van mogelijkheden toe. Bij Bayer is zij onder meer verantwoordelijk voor twee ForwardFarms. Dit zijn landbouwbedrijven waar innovaties die bijdragen aan verduurzaming worden getest en gedemonstreerd aan boeren en ander betrokkenen zoals beleidsmakers en journalisten. Ook wordt op ForwardFarms uitleg gegeven over

moderne landbouw. Christy benadrukt dat weinig mensen regelmatig op een boerenbedrijf komen en dat daardoor soms een verkeerd of incompleet beeld ontstaat van de landbouw. De ForwardFarms proberen hier aan bij te dragen.

Wat wil je dat mensen verder van je weten?

Ik ben gefascineerd door het snijvlak van wetenschap en maatschappij. Momenteel is de discussie over bestrijdingsmiddelen heel heftig. Dat vind ik soms lastig, want dat staat het echte gesprek in de weg. Ik vind het jammer dat bepaalde organisaties zelfs niet met me willen praten. Dan ben je niet meer bezig met problemen oplossen, maar houd je ze in stand. Bayer is een multinational en doet ontzettend veel. Er gaat ook wel eens wat mis. Daar moeten we eerlijk in zijn. Wat dat betreft zie ik mijn rol zowel intern als extern: intern probeer ik mijn collega's te motiveren en mee te nemen in de veranderingen in de landbouw. Extern werk ik met boeren aan vermindering van emissies en leg ik aan mensen van buiten de landbouw uit waarom bestrijdingsmiddelen soms, helaas, echt nodig zijn.

Wanneer, hoe en waarom kwam je terecht in op de plaats waar je nu bent?

Ik heb zeventien jaar met heel veel plezier bij de WUR gewerkt, maar op een gegeven moment werd ik nieuwsgierig naar wat er met al dat onderzoek gebeurt. Ik was mee met een marktverkenningmissie in Myanmar en



merkte toen hoe belangrijk kennis en expertise in het bedrijfsleven zijn. Bovendien kan het bedrijfsleven blijvende verandering realiseren, omdat er een verdienmodel achter zit. Om een lang verhaal kort te maken; na mijn tijd bij de WUR heb ik vier jaar bij een start up gewerkt en ben toen naar Bayer gegaan.

Wat heeft je keuzes bepaald?

Nieuwsgierigheid en uitdaging. Ik houd ervan als mijn werk een beetje spannend is; dan weet je namelijk dat je aan iets wezenlijks werkt. En eigenlijk was ik gewoon heel



Duurzaamheidsdoelen op het gebied van klimaat, energie en waterverbruik

nieuwsgierig naar hoe het er bij een multinational aan toe gaat. Het is heel anders, maar tegelijkertijd ook weer niet. Ik had een jasje-dasje cultuur verwacht, maar dat is totaal niet zo. Ik kan gewoon in een spijkerbroek naar kantoor.

Was dat een grote verandering?

Ja, in de wetenschap werken heel veel mensen met vergelijkbare expertises aan verschillende projecten. In het bedrijfsleven werken juist mensen met verschillende ex-

pertises aan eenzelfde doel. Dat is leuk, maar soms ook lastig, omdat je elkaars taal niet goed kent. Ik werk nu samen met commerciële mensen, teelt-adviseurs, marketeers, communicatie-experts, et cetera. Dat deed ik voorheen veel minder en daar leer ik ook heel veel van.

Wat viel je het meeste op?

Hoeveel praktijkkennis er bij het bedrijfsleven is en hoe ver het wetenschappelijk onderzoek soms van de praktijk afstaat. Dat is geen verwijt, het is belangrijk dat er verdiepend onderzoek wordt gedaan, maar de vertaling naar de praktijk is vaak weerbarstig. In de praktijk zijn zaken vaak veel complexer en genuanceerder dan in een onderzoeksopstelling.

Als je terugdenkt aan je carrière tot dusver, waar ben je het meest trots op?

Dat is dan toch wel het werk dat we in Afrika gedaan hebben. Vooral in Ethiopië en Kenia heb ik aan een paar heel mooie projecten gewerkt.

Wat waren de grootste problemen die je op je weg bent tegengekomen?

Ik ben geschrokken van de reacties van sommige mensen toen ik de overstap naar Bayer maakte. Zelfs in mijn eigen vriendenkring. Dat had ik onderschat. Tegelijkertijd motiveert me dat ook juist: we moeten blijkbaar veel beter en meer uitleggen wat we doen, waarom we doen wat we doen en hoe we bijdragen aan veranderingen. Bayer is één van de meest innovatieve bedrijven ter wereld. Ik denk dat er maar weinig mensen zijn die zich dat realiseren.

Bayer en duurzaamheid

Wat houdt jouw rol bij Bayer precies in?

Ik ben verantwoordelijk voor twee Forward-Farms met buitenteelten (een akkerbouw bedrijf en een bedrijf in bramen en rode bessen) en daarnaast werk ik aan vermindering van emissies van bestrijdingsmiddelen. Simpel gezegd: hoe zorg je ervoor dat bestrijdingsmiddelen alleen daar terecht komen waar en wanneer ze nodig zijn? Dat kan door middel van precisietechnologiën, maar ook door driftreducerende technieken of door het aanleggen van infiltratiegreppels.



» Je hebt jarenlang in Wageningen gewerkt. Hoe komt je dat van pas in je huidige functie?

Bij de WUR heb ik kritisch leren denken. Er wordt ontzettend veel gezegd en geschreven, maar als je er in verdiept blijkt het bijna altijd genuanceerder en ook complexer te zijn dan je eerst dacht.

In hoeverre heb je de wind mee of tegen in je werk?

Er is veel tegenwind, maar zonder tegenwind kun je niet vliegen. Neem een voorbeeld als waterkwaliteit: daar liggen heel veel uitdagingen. Dat kun je als tegenwind ervaren, maar daardoor komen er wel zaken in beweging. Wij hebben van een bepaald middel de advisering verlaagd. Dat was zonder de tegenwind waarschijnlijk niet gebeurd. Nu heeft die tegenwind wel een maximum. Om bij de metafoor te blijven: bij teveel tegenwind worden de vliegtuigen aan de grond gehouden. Dat zie ik soms wel een beetje gebeuren: dat mensen zich afwenden van de discussie of cynisch worden, want 'het is toch nooit goed'. Dat is niet goed; we moeten in gesprek blijven.

Hoe zie je de rol van Bayer in de transitie naar een duurzamere wereld?

Bayer bestaat uit drie divisies: landbouw, farmacie en 'consumer health'. Dat laatste zijn middelen die je bij de drogisterij koopt, bijvoorbeeld Bepanthen crème. Binnen de landbouw divisie werken we aan nieuwe gewasbeschermingsmiddelen die selectiever zijn en minder milieu impact hebben (zowel biologische, als synthetische middelen), maar ook aan verbeterd zaaizaad en betere voorspelling van ziekten en plagen. De ontwikkelingen in IT hebben ook heel veel invloed op de landbouw. Vroeger deden boeren aan wat heet 'kalenderspuiten (het los van noodzaak volgens een vast patroon – namelijk vaste dagen op de kalender – bespuiten van het land met bestrijdingsmiddelen)'. Dat wordt steeds minder. Door beslissingsondersteunende systemen (BOS) kan steeds nauwkeuriger worden aangegeven waar en wanneer er gespoten moet worden. Ook komen er steeds meer precisietechnieken op de markt, waarbij een boer niet meer over het hele veld gaat, maar per vakje van soms enkele vierkante centimeters de dosering kan aanpassen. Het gebruik van bestrij-

dingsmiddelen, uitgedrukt in kilogrammen actieve stof per hectare, is sinds 1950 met 95% afgenomen en met precisietechnieken en geïntegreerde systemen kunnen we voor bepaalde teelten en toepassingen nog eens 90% reduceren.

Wat zijn de belangrijkste duurzaamheidsdoelen van Bayer voor de komende jaren?

Bayer is een multinational en heeft verschillende duurzaamheidsdoelen, bijvoorbeeld op het gebied van klimaat, energie en waterverbruik. Maar voor dit gesprek is waarschijnlijk de ambitie om de impact van gewasbeschermingsmiddelen wereldwijd met 30% terug te brengen het meest relevant. Dat is echt ongekend. En we liggen op schema.

We hebben niet alleen biodiversiteit nodig, maar ook landbouwdiversiteit

Bayer heeft een grote invloed in de landbouwsector. Hoe draagt het bedrijf bij aan duurzame landbouwpraktijken?

Dat doen we door te innoveren, bijvoorbeeld door rassen te ontwikkelen die toleranter zijn tegen ziekten en plagen. Maar ook door biologische gewasbeschermingsmiddelen op de markt brengen en door nieuwe moleculen te ontwikkelen die specifiek zijn in hun werking. Daar zie je trouwens ook de intrede van AI. We gaan steeds meer van moleculen selecteren naar moleculen ontwerpen. De komende tijd komen er meer biologische middelen op de markt. Deze zijn onderdeel van geïntegreerde gewasproductie. Dat is een heel mooie ontwikkeling. Tegelijkertijd betekent dat wel dat we vaker spuitmachines op het veld zullen zien, omdat deze middelen vaker toegediend moeten worden.

Hoe werkt Bayer samen met boeren en andere gebruikers om kennis over duurzame landbouwpraktijken te delen en te implementeren?
Dat doen we bijvoorbeeld op de Forward-

Farms, maar we geven ook veel lezingen en leggen demonstratievelden aan.

In hoeverre is de wet- en regelgeving veranderd en hoe beïnvloedt dat jullie werk en de producten?

De wet- en regelgeving omtrent gewasbescherming is ontzettend streng en dat is goed, maar zorgt er ook voor dat veranderingen langzaam gaan. Gewasbeschermingsmiddelen zijn verboden, tenzij ze zijn toegelaten. Voor de meeste andere stoffen is dat niet zo. Ook zie je dat de regelgeving aan verandering onderhevig is. En ook dat is goed. Bij nieuwe wetenschappelijke inzichten wordt de toelating aangepast. Het duurt ongeveer twaalf jaar en kost circa 350 miljoen euro om een middel op de markt te brengen.

Tot slot

Wat is je grootste wens voor de toekomst als het gaat om je werk?

Dat we met elkaar in gesprek gaan. Ik denk dat veel mensen bang zijn voor gewasbeschermingsmiddelen. En dat begrijp ik. Het betreft vaak stoffen met enge namen, die worden geproduceerd door een multinational in een fabriek en door iemand worden toegediend die je niet kent. Dat zijn ideale ingrediënten voor een hoge risicoperceptie. Chemofobie speelt hierin ook een grote rol.

Wat verwacht je van de toekomst?

Laat ik zeggen wat ik hoop. Ik hoop dat er een duidelijk beleid komt wat we in Nederland willen aan plantaardige productie. Dat hoeft niet één soort landbouwsysteem te zijn. Ik zou niet weten waarom er één systeem zou zijn dat overal de beste oplossing is. Dat is niet zo. Ieder systeem heeft voor- en nadelen. Naast biodiversiteit hebben we ook landbouwdiversiteit nodig. Het is aan de politiek om daar de kaders voor te stellen. ●

Ruimtevervuiling

In maart was er een spiraalvormige wolk waarneembaar boven grote delen van West-Europa. Het bleek de brandstof-dump van Falcon-9 raket, waarmee een satelliet in een baan om de aarde was gebracht. Op grote hoogte bevroor de brandstof en zonlicht weerkaatste op de ijsdeeltjes.

Het deed mij denken aan een waarneming die ik deed in februari 2000. Acht minuten na de lancering vloog de Space Shuttle over Nederland. In een verrekijker was een helderwit licht te zien, voorafgegaan door een roodbruin licht. Dat was de grote brandstoftank die was gebruikt bij de lancering. En er waren drie lichtende wolkjes die ik niet kon thuisbrengen. Ruimtevaartdeskundigen vertelden mij later dat dit brandstof-dumps waren van de twee boosters en van de grote brandstoftank.

Geweldig vond ik het dat je zoiets gewoon met een verrekijker kon volgen. Maar de keerzijde ervan is dat we hier getuige zijn van de vervuilende gevolgen van raketlanceringen. Sinds commerciële ruimtevaartbedrijven als SpaceX van Elon Musk en Blue Origin van Jeff Bezos bijna ongehinderd hun gang kunnen gaan, is het aantal satellietlanceringen exponentieel gestegen. En niet alleen milieuactivisten maken zich hierover zorgen.

Verbrandingsproducten tijdens lanceringen, zoals koolmonoxide en waterdamp kunnen 'gaten' slaan in de ionosfeer, een laag van geïoniseerde gassen op 200 tot 300 km boven de aarde. Dat gebeurt als geïoniseerde zuurstofatomen recombineren tot zuurstofmoleculen, waarbij er energie vrijkomt als licht. Hoewel dit niet direct een bedreiging is voor de mens, kan de ontstane gloed

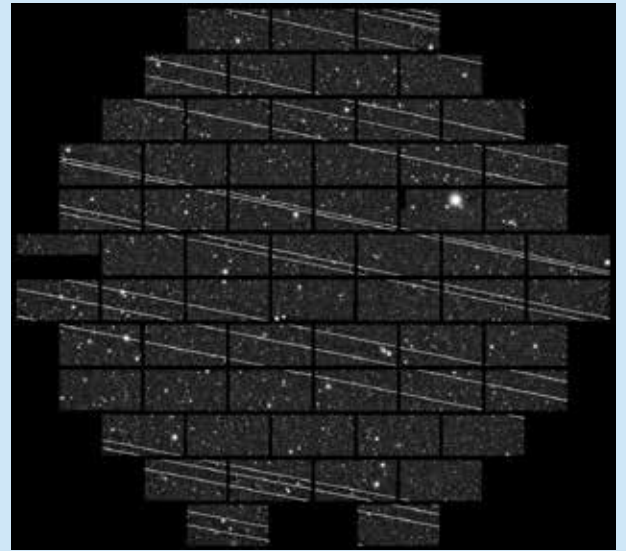
astronomische waarnemingen ernstig verstoren. De gloed kan tientallen minutenlang een groot deel van hemel beslaan en het ontstaan ervan is niet te voorspellen. Dat maakt dat sterrenkundigen de toekomst, met steeds meer lanceringen, somber inzien.

De toename van het aantal satellieten in een baan rond de aarde is tevens een bedreiging

voor de ruimtevaart zelf. De kans op



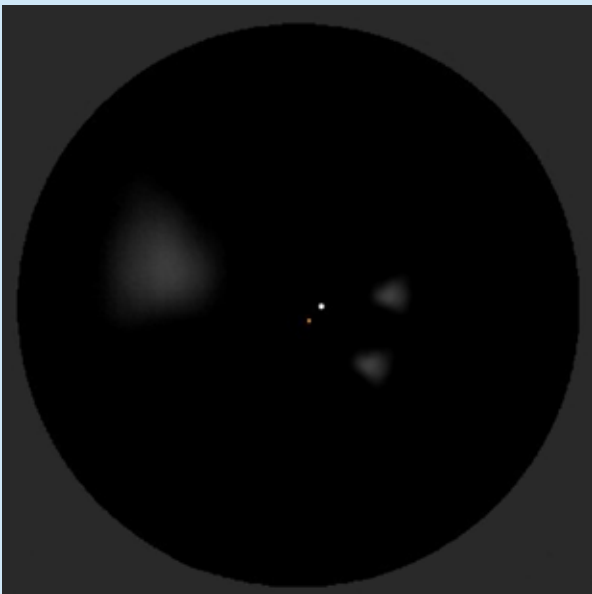
Robert Wielinga is docent natuurkunde en anw op het Christelijk Gymnasium Utrecht



In vijf minuten tijd passeerden 19 satellieten het beeldveld van deze professionele telescoop. CTIO/NOIRLab/NSF/AURA/DECam DELVE Survey.

botsingen tussen satellieten (en raketonderdelen of door astronauten verloren gereedschap) wordt op een gegeven moment zo groot dat de botsingen kettingreacties gaan veroorzaken (ook wel het Kessler-syndroom genoemd). Zo komt er steeds meer ruimtepuin, waardoor bepaalde banen uiteindelijk onbruikbaar worden voor satellieten of ruimtevaart. Door de enorme toename van het aantal satellieten is het voor professionele astronomen (maar ook amateursterrenkundigen) bijna onmogelijk geworden om foto's te maken zonder dat daar satellietsporen op staan. Soms gaat het om tientallen lichtstrepen op opnamen die slechts enkele minuten zijn belicht. Vooral het StarLink project van SpaceX is een grote boosdoener met inmiddels achtduizend kunstmanen in lage aardbanen en nog eens 34 duizend (!) te gaan.

Hoewel uit onderzoek blijkt dat onze blik op het heelal momenteel meer wordt verstoord door lichthinder is er een groot verschil met de verstoringen door de ruimtevaart. Die overvloedige verlichting kunnen we, als we dat willen, eenvoudig weer doven. Met direct effect. Een satelliet, eenmaal in een baan om de aarde, blijft daar jarenlang totdat hij uiteindelijk verbrandt in de atmosfeer. En de metalen en andere verbrandingsproducten die daarbij vrijkomen verdwijnen niet zomaar.



Space Shuttle vlucht STS-99 trok acht minuten na de lancering over Nederland. De drie wolkjes zijn brandstof-dumps. Waarneming met een 7x50 verrekijker, Robert Wielinga.

Online asynchrone cursus

Modeldidactiek geeft structuur aan onderzoekend leren en zet leerlingen écht aan het denken als jonge wetenschappers. In een intensieve online asynchrone cursus verdiepen docenten uit binnen- en buitenland zich in deze aanpak. Het resultaat? Meer diepgang, hernieuwd enthousiasme en direct toepasbare inzichten voor de lespraktijk.

Modeldidactiek is gebaseerd op het Amerikaanse Modeling Instruction. In juni 2022 gaf Dan MacIsaac, tijdens een eendaagse cursus georganiseerd door Bètapartners, een groep Nederlandse natuurkundedocenten een eerste kennismaking met deze didactische aanpak. De methode sloeg direct aan en leidde tot de oprichting van een professionele leergemeenschap (PLG). Deelnemers wilden zich verder verdiepen in modeldidactiek en deze kennis breder verspreiden. Met steun van NVON, Bètapartners en IOL (Impuls Open Leer materiaal) is deze leergemeenschap inmiddels actief bezig met het verder ontwikkelen en implementeren van deze aanpak. Op dit moment staan er op Wikiwijs ongeveer zestig uitgewerkte lessen.

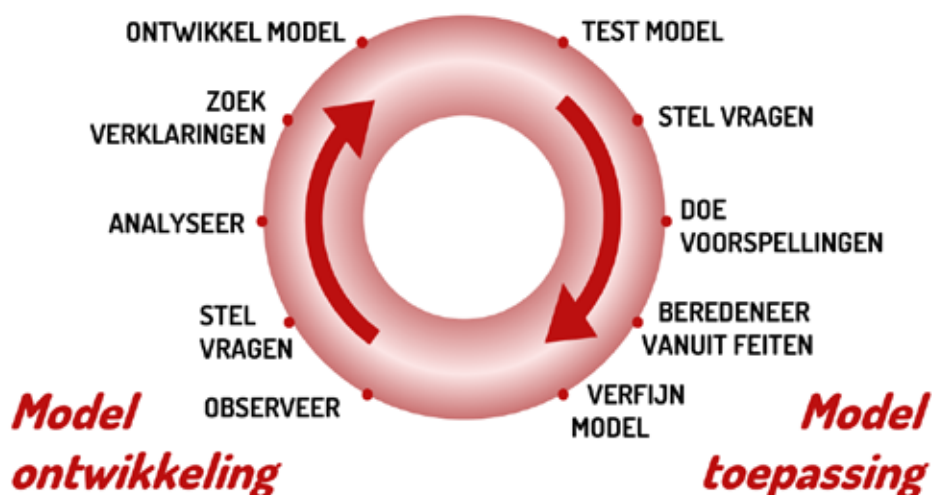
Wat is modeldidactiek?

Modeldidactiek dompelt leerlingen onder in 'the nature of science' en geeft ze een actieve rol in het leerproces. Ze experimenteren en denken en redeneren heen-en-weer tussen observaties/metingen en modellen. Modeldidactiek kan worden omschreven als docent-gestuurd ontdekkend leren. Leerlingen worden niet zomaar met een probleem op pad gestuurd, maar werken via een slim en subtiel begeleid onderzoeksproces (Baars, 2023; Berg & Slooten, 2022).



CATHY BAARS werkt sinds 1995 op Martinuscollege als docent natuurkunde en is daarnaast werkzaam bij U-talent in Utrecht als docent informatica. Freelance is Cathy betrokken bij Teachers Teaching with Technology (T³ Nederland).

De Modeldidactiek Cyclus



Een modeldidactiekcyclus bestaat uit twee fasen: **modelontwikkeling** en **modeltoepassing**. In de ontwikkelfase ontdekken leerlingen eerst het fenomeen dat onderzocht wordt. Ze analyseren mogelijke variabelen, stellen onderzoeksvragen en voorspellen relaties tussen deze variabelen. Vervolgens zetten ze hun eigen experimenten op om het fenomeen te bestuderen. De resultaten presenteren ze aan elkaar met behulp van whiteboards, wat leidt tot diepgaande discussies en gezamenlijke theorievorming onder begeleiding van de docent.

In de tweede fase, de modeltoepassing, ligt de nadruk op het gebruiken van het geformuleerde model. Dit kan via opdrachten uit het lesboek, maar ook via praktijkexperimenten. Zo kunnen leerlingen na het onderzoeken van de relatie tussen massa, veerconstante en

trillingstijd bijvoorbeeld de opdracht krijgen om een klok te bouwen. Tijdens beide fasen werken leerlingen steeds in wisselende groepen en gebruiken ze whiteboards om hun denkprocessen visueel te maken. Docenten die deze methode in Nederland toepassen, merken dat leerlingen actief en gemotiveerd werken en dat lessen dynamischer worden. Tegelijkertijd vraagt deze manier van lesgeven veel kennis en vaardigheden van de docent om de slimme en subtiële begeleiding te kunnen geven die nodig is om leerlingen zelfstandig de modellen te laten ontdekken. Hierdoor is bijscholing voor docenten essentieel.

Training en online cursus

Na de eerste kennismaking met Modeldidactiek in 2022 volgden in februari en november

Modeldidactiek

2024 twee verdiepende cursussen onder leiding van Mark Lattery. Voor een aantal docenten smaakte dat naar meer. In samenwerking met Lattery, Bètapartners en IOL werd daarom een asynchrone online cursus opgezet.

Deze cursus brengt elf Nederlandse en zeven internationale docenten uit Egypte, Saoedi-Arabië en Letland samen in een uniek leertraject. Dankzij het asynchrone karakter kan iedereen in zijn eigen tijd en tijdzone aan de slag – essentieel voor dit gezamenlijke studie-traject.

De cursus bestaat uit acht units van elk twee weken, waarin docenten experimenten uitvoeren, groepsdiscussies voeren via een chatboard en reflectieve schrijfp opdrachten maken. Op het moment van schrijven zijn we bezig met de vijfde unit. Het lesmateriaal, bestaande uit lesbrieven, experimenteeroordrachten via de website Pivot Interactives en wetenschappelijke artikelen, wordt aan het begin van elke unit vrijgegeven. Dankzij de flexibele asynchrone opzet kunnen deelnemers zelf bepalen wanneer ze aan de cursus werken, wat het goed te combineren maakt met een drukke baan in het onderwijs. Hoewel de werkbelasting met 10 tot 15 uur per week hoog is, is de ervaring het absoluut waard.

Hoe werkt de cursus?

Elke unit behandelt een natuurkundig onderwerp in combinatie met een bouwsteen uit de modeldidactiek. Via Pivot Interactives onderzoeken we fenomenen door middel van videometingen. Daarbij gebruiken we zowel een lab- als een post-lab-opdracht, vergelijkbaar met de modelontwikkeling en -toepassing in de klas.

Discussies spelen een cruciale rol. In kleine groepen bespreken we onze bevindingen via een chatboard (Canvas), net zoals leerlingen dat doen met whiteboards in de klas. In het begin begeleidde Mark Lattery deze gesprekken intensief, maar naarmate de cursus vordert, nemen we steeds meer zelf de leiding. Dit asynchrone online format

heeft een groot voordeel: je hebt meer tijd om over vragen en antwoorden na te denken, waardoor discussies dieper gaan en beter onderbouwd zijn. Daarnaast biedt de interactie met docenten uit andere landen waardevolle inzichten in verschillende onderwijsstijlen en uitdagingen.

Na de experimenten lezen we in het weekend artikelen die zowel didactisch als natuurkundig van aard zijn. Vervolgens schrijven we een reflectieverslag waarin we niet samenvatten, maar nadenken over de toepassing van de artikelinhoud in onze eigen lessen. Dit proces dwingt je om écht stil te staan bij je onderwijs en helpt bij het ontwikkelen van nieuwe ideeën en lesstrategieën.

In de tweede week van elke unit doen we de post-lab-opdracht en bespreken deze met de hele groep (wederom asynchroon), inclusief de internationale deelnemers. Het is fascinerend om te zien hoe docenten uit verschillende landen tegen vergelijkbare uitdagingen aanlopen. Tegelijkertijd wordt duidelijk dat leerlingen overal ter wereld in essentie hetzelfde zijn.

Wat heeft het opgeleverd?

Na dertig jaar lesgeven en experimenteren met verschillende vormen van onderzoekend leren, voelde het altijd alsof er iets ontbrak. Het volledig open karakter van onderzoekend leren bood te weinig structuur, waardoor leerlingen niet altijd de juiste kennis verwierven. Modeldidactiek vult dat gat op een prachtige manier. Het biedt de controle en richting die nodig zijn, terwijl het tegelijk de leerlingen actief betreft en inzicht geeft in hun denkprocessen aan zowel de docent als de leerlingen zelf (zie kader).

Wat deze cursus zo waardevol maakt, is de ruimte om diep na te denken over de manier waarop je lesgeeft. Het is inspirerend om te ervaren hoe je eigen creativiteit als docent weer wordt aangewakkerd. De inzichten die ik hier opdoe, vertalen zich direct naar mijn lessen. Mijn leerlingen werken met enthousiasme, zijn actief betrokken en kijken uit naar de lessen. Dat merk ik niet alleen zelf, maar ik

hoor het ook terug van collega's.

Deze cursus is een prachtige kans om je als docent verder te ontwikkelen en nieuwe, krachtige didactische strategieën te ontdekken. Modeldidactiek biedt een frisse blik op lesgeven, en ik ben ervan overtuigd dat het een enorme meerwaarde heeft voor zowel docenten als leerlingen. ●

HYPOTHESE BIJ ONDERZOEK

Bij een verslag hoort een onderzoeksvraag en een hypothese. De onderzoeksvraag wordt geformuleerd als: "Wat is het verband tussen ... en ...", en de hypothese als: "Ik verwacht dat het verband tussen ... en ... kwadratisch is." Vroeger vond ik het voldoende als leerlingen dit correct opschreven. Het 'waarom' werd meestal niet genoemd. Tijdens de cursus besepte ik pas hoe waardevol een hypothese werkelijk is: het weerspiegelt hun voorkennis mits ze ook het 'waarom' uitleggen.

Door nu te starten met pre-lab 'conceptmaps', waarin leerlingen nadenken over relevante grootheden en mogelijke verbanden, krijgt het formuleren van een hypothese veel meer diepgang. Wanneer ze vervolgens zelf een meetopstelling bedenken om hun hypothese te testen, leidt dat tot een veel beter begrip. Na afloop een nieuwe conceptmap maken en vergelijken met de pre-lab conceptmap is een mooie manier om inzichtelijk te maken hoe het begrip van de leerlingen is veranderd.

BRONNEN

- Baars, C. (2023). Modeling instruction met simulaties. *NVOX*, 48(9), 22-23.
- Berg, E. van den, Slooten, O. (2022). Modeling instruction: een didactiek voor leren redeneren met begrippen en bewijsmateriaal. *NVOX*, 47(9), 16-17.
- Lattery, M. (2017). *Deep learning in introductory physics, exploratory studies of model-based reasoning*. Charlotte (NC): Information Age Publishing Inc.

Hitte op het schoolplein

GLOBE scholen onderzoeken het Urban Heat Island Effect

Hoe warm wordt jouw schoolplein in de zomer? Op zonnige dagen kan het op bepaalde plekken flink warmer zijn dan in de omgeving. Met het Urban Heat Island Effect Project van GLOBE Nederland onderzoeken leerlingen hoe warm hun schoolplein wordt, door temperaturen te meten en de omgeving te analyseren. Ze bedenken vervolgens oplossingen voor dit probleem.

In stedelijke gebieden kan het in de zomer aanzienlijk warmer zijn dan op het omliggende platteland. Dit temperatuurverschil, dat op zonnige, windstille dagen in de avonden kan oplopen tot wel 12 graden Celsius, wordt het Urban Heat Island Effect (UHIE) genoemd. Dit fenomeen ontstaat onder andere door het gebruik van warmte-absorberende bouwmaterialen, de afname van vegetatie, de dichte bebouwing en de warmteproductie door menselijke activiteiten.

Impact van UHIE

Langdurige hitte kan ernstige gezondheidsproblemen veroorzaken, vooral onder kwetsbare groepen. Ook kan het de arbeidsproductiviteit verlagen, verslechtert het UHIE de

lucht- en waterkwaliteit, heeft het negatieve gevolgen voor de biodiversiteit en verergert het droogte. Onderzoek naar het UHIE is cruciaal om kwetsbare plekken te identificeren en hittebestendiger te maken.

Hoe warm is jouw schoolplein?

Wetenschapper Martijn Kuller, onderzoeker aan de Universiteit Utrecht, is geïnteresseerd in het UHIE. Als universitair docent Nature-Based Solutions en Water kijkt hij hoe natuurlijke elementen kunnen worden gebruikt om sociale en milieuproblemen op een duurzame manier aan te pakken en steden duurzamer en klimaatbestendiger te maken. Binnen dit kader is hij benieuwd hoe groot het UHIE is op verschillende plekken in Nederland, waaronder schoolpleinen, en hoe natuurlijke oplossingen kunnen helpen om dit effect te verminderen. Hier heeft hij de hulp van middelbare scholieren voor nodig, die hem kunnen helpen via het Urban Heat Island Project van GLOBE Nederland.

OVER GLOBE

GLOBE is een internationaal netwerk van scholen die onderzoek doen naar natuur en milieu in samenwerking met wetenschappers. Scholieren die meedoen aan de projecten van GLOBE dragen bij aan wetenschappelijk onderzoek van onderzoeksinstituten zoals NASA, het KNMI, het RIVM en verschillende universiteiten door data te verzamelen. In Nederland doen momenteel meer dan 130 scholen mee en speelt GLOBE een belangrijke rol in het betrekken van jongeren bij actuele milieuvraagstukken. Door zelf onderzoek te doen leren zij wetenschappelijke vaardigheden en ontwikkelen zij een kritische, onderzoekende houding.

Om mee te doen aan de projecten van GLOBE is een lidmaatschap van GLOBE Nederland nodig. Kijk op www.globenederland.nl/lidmaatschap voor meer informatie. Elke school die lid wordt van GLOBE krijgt een start-up op school, zodat we je op weg kunnen helpen.

Onderzoekend leren

Het UHIE-project van GLOBE combineert wetenschappelijk onderzoek met maatschappelijke relevantie. Leerlingen ontwikkelen onderzoeksvaardigheden door zelf data te verzamelen, te analyseren en conclusies te trekken aan de hand van de GLOBE onderzoekscyclus (figuur 1). Dit stimuleert hun kritische denkvermogen en laat hen ervaren hoe wetenschap bijdraagt aan actuele vraagstukken.



Figuur 1. GLOBE onderzoekscyclus

Tijdens het project gaan leerlingen actief aan de slag met het meten van het UHIE. Hiervoor maken ze gebruik van een infraroodthermometer (figuur 2) om de oppervlaktetemperaturen van bodembedekkingen, zoals asfalt, gras en tegels, in kaart te brengen. De verzamelde data worden ingevoerd in de internationale GLOBE-database en kunnen worden vergeleken met metingen van andere scholen wereldwijd.

Naast het doen van metingen worden leerlingen ook uitgedaagd om hun schoolomgeving te analyseren om zich zo bewust te worden van de invloed van bebouwing en natuur op hitte. Ze worden gestimuleerd kritisch na te denken over oplossingen en krijgen zo een concreet handelingsperspectief. Dit helpt hen in te zien hoe zij zelf kunnen bijdragen aan een klimaatbestendige leefomgeving.

Het lesmateriaal

Het internationale UHIE-project bestaat al geruime tijd, maar er was verder geen lesmateriaal omheen ontwikkeld. Om het project toegankelijker te maken, heeft GLOBE Nederland het lesmateriaal vertaald en aangepast aan de Nederlandse context. De kern bestaat uit een introductiepresentatie en een werkblad voor het onderzoeksplan dat leerlingen zelfstandig of in groepen kunnen doorlopen. Daarnaast zijn er optionele verdiepingswerkbladen beschikbaar. Het project leent zich ook goed voor een profielwerkstuk of een O&O opdracht. Al het lesmateriaal is te vinden op www.globenederland.nl/onderzoeksprojecten/urban-heat-island-effect-lesmateriaal.

Het nieuwe lesmateriaal is specifiek ontwikkeld voor leerlingen vanaf de derde klas havo/vwo, maar met begeleiding is het project ook geschikt voor de tweede klas en het vmbo. Het project kan worden ingezet bij verschillende vakken. Het sluit bijvoorbeeld goed aan bij aardrijkskunde aangezien het raakt aan thema's als de stralingsbalans, klimaatverandering en 'De duurzame stad'. Zo kan dit onderzoek in de bovenbouw gebruikt worden om invulling te geven aan examendomein E2: regionale en lokale vraagstukken. Het biedt een actuele en originele context voor geografisch onderzoek in de wijk en laat zich goed combineren met onderzoek naar wateroverlast. Ook past het bij het onderwerp goed bij stralingsbalans van natuurkunde, techniek of science als verbreding rondom het thema straling.

Het project kan het hele jaar door worden uitgevoerd, maar het UHIE is het sterkst in de zomer. GLOBE organiseert rond de periodes dat het UHIE het beste te meten is meetcampagnes waarin scholen gedurende een bepaalde periode metingen uitvoeren. Deze campagnes starten met een kick-off, waarin docenten extra uitleg krijgen over het project van de wetenschapper en GLOBE. Na afloop ontvangen leerlingen feedback van de wetenschapper, wat hun betrokkenheid bij wetenschappelijk onderzoek vergroot.

Internationale samenwerking

Internationaal wordt door GLOBE Nederland elk jaar een campagne georganiseerd over de klimaatbestendige school, waar



Figuur 2. Wetenschapper Martijn Kuller meet het UHIE met een infraroodthermometer

bij UHIE-metingen worden gecombineerd met onderzoek naar wateroverlast op schoolpleinen. Dit biedt ook een mooie kans voor internationalisering op school. Ook organiseert het internationale GLOBE programma meerdere campagnes per jaar waarbij leerlingen wereldwijd data verzamelen voor Kevin Czajkowski, de wetenschapper achter het internationale GLOBE UHIE-project.

VERDIEPINGSKANSEN

GLOBE biedt veel meer onderzoeksprojecten waar scholen als lid aan kunnen deelnemen. Deze projecten kunnen los worden uitgevoerd, maar sluiten ook goed aan bij het UHIE-project. Zo kan het project worden gekoppeld aan het Weer & Klimaat-project (www.globenederland.nl/weer), waarbij leerlingen niet alleen de luchttemperatuur meten, maar ook neerslag en luchtvochtigheid analyseren. Dit helpt hen te onderzoeken hoe regen stedelijke gebieden afkoelt en in hoeverre vochtige lucht warmte vasthoudt. Ook het fijnstofproject (www.globenederland.nl/fijnstof) biedt interessante aanknopingspunten. Leerlingen kunnen de relatie tussen hitte en luchtkwaliteit onderzoeken door fijnstofmetingen te combineren met temperatuurdata. Dit kan hen helpen na te denken over oplossingen die zowel de stedelijke temperatuur als de luchtkwaliteit verbeteren.

Samen meten voor een koelere omgeving

Wil je met jouw klas aan de slag en meedoen aan een meetcampagne? Dit voorjaar liep de meetperiode van 1 april tot en met 15 mei. In het najaar kunnen leerlingen opnieuw data verzamelen tussen 20 augustus en 20 oktober. De resultaten leveren waardevolle data op die bijdragen aan wetenschappelijk onderzoek. Meer weten over het project, het lesmateriaal en hoe je kunt deelnemen aan de campagnes? Kijk op www.globenederland.nl/uhie. ●

Quantumlesje 11: Diamant als quantumsensor

Magnetische velden meten met fluorescentie

Diamant is niet alleen mooi en duur, maar heeft ook bruikbare quantum-eigenschappen. Zo kun je roze diamant gebruiken als magneetsensor of quantumbit. Leerlingen kunnen hier ook in de klas mee aan de slag.

Puur diamant met een perfect koolstofrooster is doorzichtig. Dat valt te verklaren met de *band gap* van diamant. Deze band gap is 5,4 eV groot terwijl de energie van fotonen in het zichtbaar licht tussen de 1,63 en 3,26 eV ligt. Er zijn in diamant dus geen energieovergangen beschikbaar om zichtbaar licht te absorberen. Voor extra uitleg over de formatie en werking van band gaps kun je Quantumlesje 10 uit een eerdere NVOX nog eens teruglezen (Koopman, 2023).

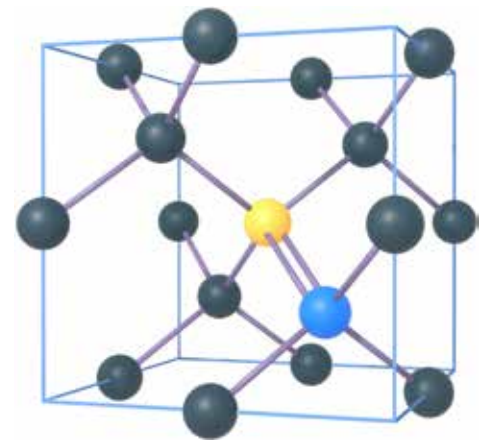
Kleur van diamant

Door verstoringen van het diamantrooster kunnen nieuwe energieniveaus ontstaan in de band gap van diamant. Een verstoring kan bijvoorbeeld een ontbrekend koolstofatoom zijn. Dit wordt een vacature-defect genoemd.

Er komen dan ongepaarde elektronen in het rooster. Ook een substitutie, waarbij een koolstofatoom vervangen wordt door een andere atoomsoort is een mogelijkheid om ongepaarde elektronen vrij te maken. Door de aanwezigheid van nieuwe energieniveaus kan zichtbaar licht wel worden geabsorbeerd. Als de concentratie van verstoringen groot genoeg is krijgt de diamant daardoor zelfs een kleur. Zo geeft verontreiniging met stikstof een gele kleur terwijl boor atomen de diamant blauw kleuren.

De afgelopen twintig jaar is het onderzoek naar de eigenschappen van één bepaalde soort verontreiniging geëxplodeerd: die van stikstof-vacature substituties, *nitrogen vacancy of NV-centers* in het Engels (figuur 1). Die explosie is vooral te danken aan de vele toepassingen van dit type diamant, bijvoorbeeld als quantumbit in quantumcomputers. Door de stabiliteit van het diamantrooster en de grote band gap gedraagt een NV-center zich als een geïsoleerd quantumstelsel met een eigen grondtoestand en aangeslagen toestand. In voldoende hoge concentratie zorgen NV-centers bovendien voor een roze kleur van de diamanten. Echte *Pink Panthers* dus. Een beroemd voorbeeld hiervan is de Prinsie diamant. Leerlingen kunnen de structuur van diamant en NV-center substituties beter leren kennen door zelf een

atoommodel te knutselen met een bouwdoos van scheikunde (zie de QR-code) (Ockhorst, R., Koopman, L., & Pols, F., 2024).



Figuur 1. Een NV-center in diamant: stikstof is aangegeven met blauw, het gat met geel en de koolstofatomen zijn zwart

Toepassingen als sensor

Om NV-centers te gebruiken in een quantumcomputer moeten ze gekoeld worden zodat hun quantumtoestand langer stabiel is. Maar de quantumeigenschappen van NV-centers zijn ook bij kamertemperatuur nog gemakkelijk waar te nemen. De diamanten fluoresceren namelijk. Zie het kader voor een korte uitleg over fluorescentie. Ze kunnen daardoor onder andere gebruikt worden als magnetometer om de grootte en richting van magnetische velden te bepalen.

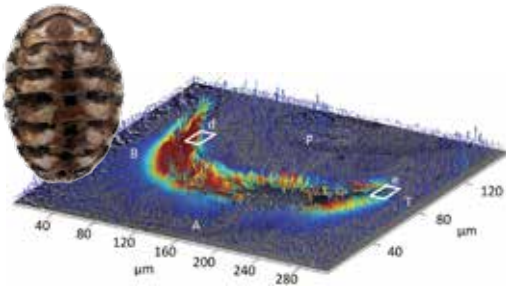


RUTGER OCKHORST studeerde Technische Natuurkunde aan de TU Delft en werkte daarna ruim 13 jaar in het voortgezet onderwijs. Op dit moment is hij docent en onderzoeker bij de afdeling Science & Engineer Education van de TU Delft. Contact: r.ockhorst@tudelft.nl



LODEWIJK KOOPMAN promoveerde op de didactiek van quantummechanica. Hij werkt nu als docent natuurkunde op het Scala College in Alphen a/d Rijn en bij de afdeling Science & Engineer Education van de TU Delft.

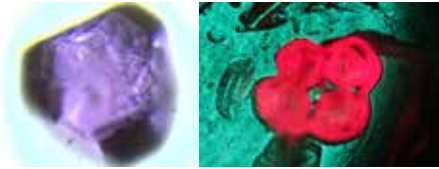
Zo gebruikt men bij het Paleomagnetisch Laboratorium van de Universiteit Utrecht NV-centers om magnetische domeinen in gestolde gesteentes in beeld te brengen. Daarmee kan de historie van het aardmagnetisch veld worden gereconstrueerd. Ook in de biologie is met NV-centers onderzoek te doen. De tanden van *Acanthopleura hirtosa*, een kleine keverslak die voor de kust van Australië leeft, zijn circa 240 μm lang en bestaan uit enkeldomeins magnetiet. De vorming en samenstelling van die tanden kan met behulp van NV-centers in kaart worden gebracht (figuur 2). Met dit onderzoek hoopt men nieuwe fabricagetechnieken voor magnetiet te ontwikkelen.



Figuur 2. (a) Schild van de keverslak *Acanthopleura hirtosa*, (b) Vectorplot van het magnetisch veld van de tand van deze keverslak, gemeten met behulp van NV-centers (bron figuur 2b: McCoe et al).

Onderzoeken in de klas

Door de grote interesse van wetenschap en industrie voor NV-centers zijn kunstmatig gegroeide, fluorescerende diamanten tegenwoordig gemakkelijk te verkrijgen. Samen met een groene laser, een roodfilter en een eenvoudige microscoop is de fluorescentie voor leerlingen in de klas direct waarneembaar (figuur 3). Met behulp van een lichtsensoren of webcam en wat software kunnen ze zelf meten dat de fluorescentie afneemt als er een neodymium-magneet in de buurt van de diamant wordt gehouden. Leerlingen kunnen zo in de klas hun eigen quantumsensor bouwen en er onderzoek mee doen! Een dergelijke proefopstelling kost ongeveer € 100. De diamantkorrels in figuur 3 hebben een diameter van ongeveer 150 μm en bevatten een hoge concentratie van 3 ppm (parts per million) NV-centers. Een buisje met dergelijke korrels kost ongeveer € 600 maar bevat vele honderden korrels, in principe genoeg om alle Nederlandse middelbare scholen van een diamantje te voorzien.

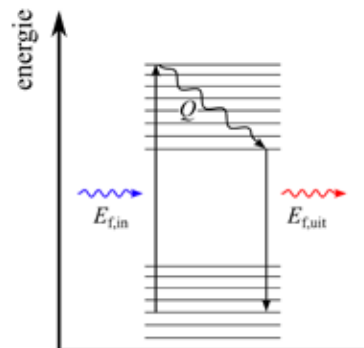


Figuur 3. Diamantkorrels met NV-centers onder wit licht (a) en beschenen met een groene laser, waardoor ze gaan fluoresceren (b). Eén korrel diamant heeft een diameter 150 μm .

Het experiment kan uitgebreid worden door een microgolffron en -antenne toe te voegen. Dankzij de opsplitsing van twee aangeslagen toestanden, bekend als het Zeeman-effect, kan nauwkeurig de grootte van een extern magnetisch veld worden bepaald. Bovendien kan dan experimenteel worden aangetoond dat het diamantrooster inderdaad vier mogelijke richtingen voor atoombindingen bevat, zoals ook in het model van figuur 1 te zien is. Een opstelling om dit experiment, met microgolffron, in de klas uit te voeren is in ontwikkeling. Op dit moment is een prototype hiervan voor leerlingen al beschikbaar in het QLab van het Science Centre van de TU Delft.

FLUORESCENTIE

Fluorescentie kun je weergeven in een energieschema. Zo'n schema wordt een Jablonski-diagram genoemd (figuur 4). Bij fluorescentie wordt een foton met een hoge energie geabsorbeerd en wordt er een foton met een lagere energie weer uitgezonden. Het energieverschil tussen deze fotonen (Q) wordt via trillingen binnen het molecuul, omgezet in warmte.



Figuur 4. Jablonskidiagram voor fluorescentie

Conclusie

Veel (quantum)proeven in het voortgezet onderwijs gaan terug naar de begindagen van de theorie, 100 jaar of langer geleden. Met NV-centers in diamant kunnen we leerlingen kennis laten maken met zeer recent wetenschappelijk onderzoek en nieuwe technologie. De benodigde kennis en principes om deze nieuwe technologie te begrijpen liggen binnen het bereik van leerlingen op de middelbare school. Bovendien kunnen ze er met een goedkope opstelling ook in de klas mee experimenteren. Quantum wordt zo een hands-on onderwerp waar theorie en experiment met elkaar verbonden worden.

In de nlt-module 'Quantum Ready!' vind je meer lesmateriaal over het gebruik van NV-centers als quantumsensor. Er is ook een Engelstalige lesmodule beschikbaar over het manipuleren van een NV-centers als qubit. <https://tinyurl.com/5n7r3xvu> (of scan QRC B) Voor meer informatie kun je contact opnemen met de auteurs: Rutger Ockhorst (R.Ockhorst@tudelft.nl) of Lodewijk Koopman (L.Koopman@tudelft.nl). ●



BRONNEN

- Koopman, L. (2023). Quantumlesje 10: Energiebanden. *NVOX*, 48(8), 32-34.
- McCoe, J. M. et al. (2020). Quantum magnetic imaging of iron biomineralization in teeth of the chiton *Acanthopleura hirtosa*. *Small Methods*, 4(3), 1900754.
- Ockhorst, R., Koopman, L., & Pols, F. (2024). A hands-on activity to introduce the structure of NV-center quantum bits in diamond. *Physics Education*, 59(4), 045017 (zie ook QRC A).

4TU.Schools

Kant-en-klaar lesmateriaal voor toekomstige ingenieurs

Met het nieuwe initiatief 4TU.Schools ondersteunen de vier TU's bètadocenten en leerlingen in het vo. Met eenvoudig in het curriculum in te passen online lessen én een inspiratieplatform, motiveren we jongeren om hun kennis en vaardigheden toe te passen op prikkelende vraagstukken uit de wereld van de technologie. Zo brengen we leerlingen een stap verder en maken we lessen leuker.

De wereld staat voor complexe problemen en we hebben jonge mensen nodig die de uitdagingen waar de wereld mee te maken heeft, kunnen oplossen. Tegelijk neemt het aantal NG/NT-kiezers landelijk af en groeit het tekort aan technologisch geschoolde mensen. De vier technische universiteiten (Wageningen Universiteit en Research, Technische Universiteit Delft, Technische Universiteit Eindhoven en Technische Universiteit Twente), samenwerkend in de 4TU-federatie (www.4tuschools.nl), hebben een aantal jaren geleden besloten om lesmateriaal te ontwikkelen voor het voortgezet onderwijs. Met deze lessen kunnen docenten hun leerlingen laten zien en ervaren welke belangrijke en interessante ontwikkelingen er allemaal spelen in de wereld van de technologie. Want de meeste leerlingen hebben géén idee! “Mevrouw, waarom moet ik dit eigenlijk leren?” en “Ik ga later tóch niks met natuurkunde doen!”



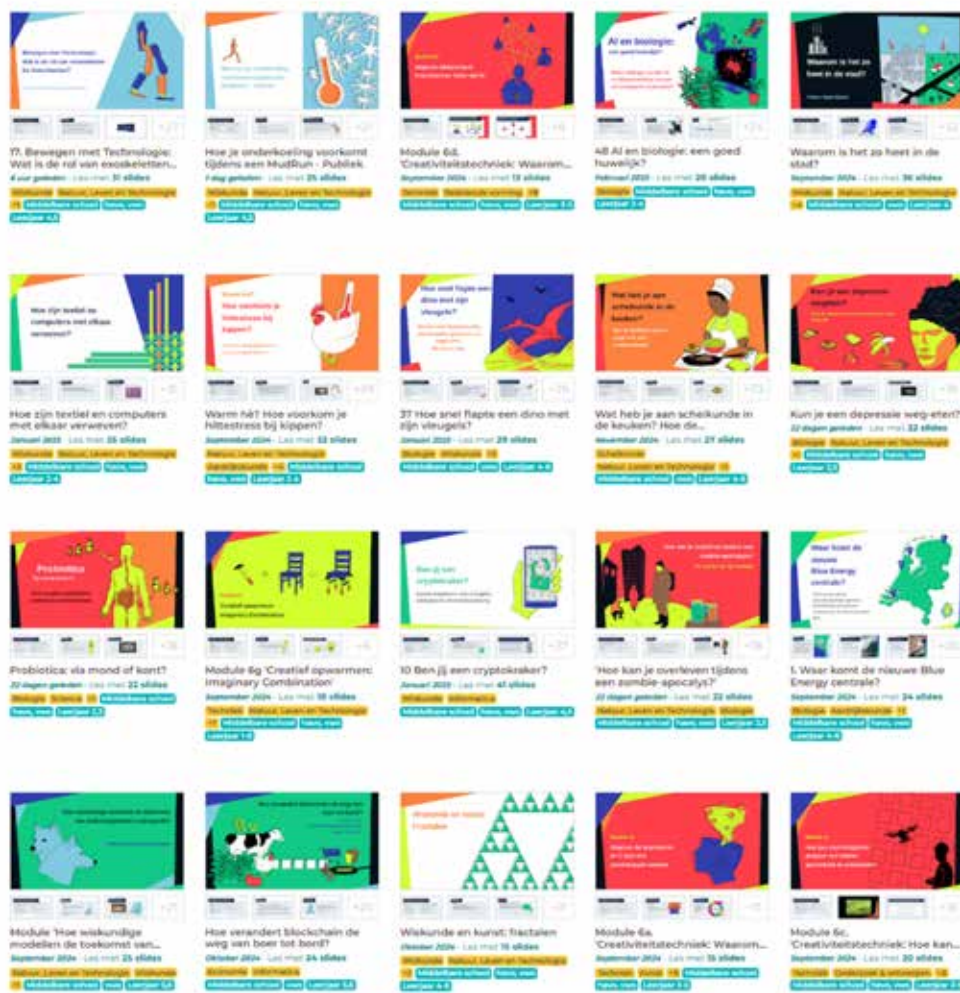
HELEEN BOT was ruim 30 jaar actief als docent biologie, wiskunde en nit.



LEENDERT VERDUIJN werkt als docent wiskunde D, Wetenschap & Technologie, en profielwerkstukcoördinator op het Corlaer College te Nijkerk.

Beiden zijn werkzaam als ontwikkelaar van lesmateriaal voor 4TU.Schools vanuit Wageningen Pre-University

Op zoek naar interactief lesmateriaal? Bekijk hier de online lessen van 4TU.Schools



Enkele voorbeelden van de lessen van 4TU.Schools

We hebben ze hard nodig, deze jongeren. Zij worden de 'influencers' van morgen. Zij gaan ontdekken hoe we uitdagingen op het gebied van klimaat, energie, digitale veiligheid, voedselproductie en leefbaarheid van ons land kunnen aanpakken. Tegelijkertijd willen de 4TU's laten zien hoe ontzettend 'leuk' (inspirerend!) onderwijs en onderzoek aan zo'n technische universiteit is.

Gratis inspirerende online lessen

Nee, niet weer een clubje dat zijn boodschap in de vorm van een lespakket over de schutting van het onderwijs gooit! Inderdaad, dat is het niet geworden. Samen met docenten en leerlingen hebben we goed nagedacht over waar docenten en leerlingen hopelijk wél op zitten te wachten. Uiteindelijk is er gekozen voor korte, online, lessen binnen het platform LessonUp. Dus geen uitgebreide lessenseries, maar losse lessen die op elk moment in het schooljaar inpasbaar zijn, passend bij het curriculum. Er zijn nu zo'n 50 lessen ontwikkeld voor klas 2 t/m 6 voor havo en vwo, verdeeld over de verschillende bètavakken (maar ook met uitstapjes naar kunst, aardrijkskunde, economie, et cetera). Een team van ontwikkelaars is dagelijks bezig met het creëren en testen van nieuwe lessen, dus het blijft zéker niet bij deze 50 lessen. Binnen anderhalf jaar willen we 150 lessen gerealiseerd hebben.

Ervaringen

Inmiddels hebben we op een aantal scholen in het hele land ervaring opgedaan met de lessen van 4TU.Schools. We zien dat leerlingen de interactiviteit die in de lessen zit ingebakken, erg fijn vinden. Docenten zijn enthousiast over de toepassingen die aansluiten bij de leerstof. Zo is er een les waarbij de theorie over gaschromatografie en spectrometrie gekoppeld wordt aan het ontwikkelen van de juiste geur van een vegetarische burger. Of een les over encryptie en decryptie, waarbij leerlingen in een escaperoom-achtige setting een code moeten zien te kraken. Een les over de (on)mogelijkheden om aan de fotosynthese te sleutelen om de voedselproductie te vergroten. Leerlingen en docenten waarderen de lessen in deze testfase goed.

FEEDBACK VAN DOCENTEN:

- Leuk voor burgerschap
- Goede aansluiting tussen lesstof en belevingswereld van de leerlingen
- Interactiviteit helpt met focus voor de leerlingen
- De scheikunde is toegepast, dus leeft
- Vakoverstijgend en interactief, dus fijn als variatie
- Mooie vormgeving
- Fijn dat er aandacht is voor vervolgopleidingen
- Diepgang en leuke context
- Actueel; sluit goed aan bij de belevingswereld, herkenbaar
- Tips bij de les voor docenten zijn prettig

FEEDBACK VAN LEERLINGEN:

- Het was niet langdradig maar ik heb wel kunnen opvatten wat er besproken was. Het was interactief en best interessant ook al ga ik dit niet kiezen voor mijn vervolgopleiding.
- Interessant. Rekenvraag ging wel boven m'n pet en ik snap het nog steeds niet. De les ging wel best snel dus dat was goed.
- Het was informatief en interactief waardoor je je betrokken voelde, en je goed moest opletten. Ik vond het ook gewoon leuk.
- De les was informatief en leuk om te doen door veel interacties en een filmpje tussendoor.
- Goede koppeling tussen theorie en toepassing van het onderwerp. Soms losse eindjes.
- Ik vond het een zeer leuke en informatieve les. Het kon misschien wel iets uitdagender.

Gratis in LessonUp

De keuze van 4TU.Schools voor LessonUp is gemaakt nadat bleek dat het zelf ontwikkelen en onderhouden van een plug-and-play online platform veel te duur werd. Daarnaast zijn veel docenten bekend met LessonUp en is het erg gebruiksvriendelijk. Omdat deze lessen op een kanaal binnen LessonUp staan, zijn de lessen voor iedereen gratis te gebruik-

ken, ook zonder betaald LessonUp-account. Testdocenten zonder ervaring met LessonUp bleken heel snel hun weg te vinden. En voor wie het toch nog een beetje spannend vindt, hebben we een uitlegvideo beschikbaar (zie QR-code).

Dus wat ligt er nu? Zo'n 50 kant-en-klare lessen (soms moet je nog even een werkblad printen) die aansluiten bij het curriculum van één of meerdere bètavakken. In die lessen komen toepassingen van geleerde kennis aan bod, en vaardigheden zoals werken met Excel, het uitvoeren van berekeningen en verschillende soorten samenwerkingsopdrachten. De lessen zijn interactief, zodat leerlingen bij de les betrokken blijven (door open vragen, sleepvragen, meerkeuzevragen, polls en woordwebben). De lesduur varieert van een halve les (25 minuten) tot één of twee lessen; de lessen zijn daarmee goed inpasbaar binnen huidige curricula. In elke les wordt de link naar de wereld van technologie en wetenschap (en naar een aantal vervolgopleidingen) gelegd. Maar inspiratie staat centraal!

Neem eens een kijkje op het kanaal 4TU.Schools in LessonUp. Je kunt het materiaal vrij gebruiken en we hopen natuurlijk dat je dat gaat doen. We zijn benieuwd naar meer reacties uit het veld, zowel van docenten als van leerlingen. Geef je feedback door (via een QR-code aan het einde van elke les) of geef nieuwe lesideeën door. Het ontwikkelteam gaat dan weer vrolijk en enthousiast aan de slag om vanuit jouw idee een inspirerende les of lesonderdeel te maken. ●



BRONNEN

- DUO - Open onderwijsdata: https://duo.nl/open_ onderwijsdata, geraadpleegd november 2024.
- Smit, S. (2013). Rol van docent cruciaal bij keuze voor N-profiel. NVOX 38(9), 12-13.

Alternatieve antwoorden in het CE

Algemene regel 3.3 in het CE scheikunde havo en vwo

Elk jaar ontvangt de examenlijn berichten over leerling-antwoorden die niet in het beoordelingsmodel zijn opgenomen. Vaak gaat zo'n bericht vergezeld met een verzoek om een extra antwoord op te nemen als aanvulling. Soms geeft de kandidaat een antwoord dat vakinhoudelijk juist is, maar niet in het beoordelingsmodel staat. Of de kandidaat gebruikt een andere benadering voor dezelfde uitkomst. In dit soort situaties moet algemene regel 3.3 worden toegepast.

Algemene regel 3.3 in het correctievoorschrift luidt als volgt: "Indien een antwoord op een open vraag niet in het beoordelingsmodel voorkomt en dit antwoord op grond van aantoonbare, vakinhoudelijke argumenten als juist of gedeeltelijk juist aangemerkt kan worden, moeten scorepunten worden toegekend naar analogie of in de geest van het beoordelingsmodel." Hiermee verplicht het correctievoorschrift de docenten om antwoorden goed te rekenen die vakinhoudelijk juist zijn. De eerste en tweede corrector kunnen samen beoordelen of ook andere antwoorden dan vermeld in het beoordelingsmodel juist zijn. De eerste corrector kan zo nodig een wetenschappelijke publicatie meesturen naar de tweede corrector. Het valt dus onder de verantwoordelijkheid van beide correctoren om antwoorden goed te rekenen die vakinhoudelijk juist zijn. We geven hieronder enkele voorbeelden om de toepassing van algemene regel 3.3 toe te lichten.

Voorbeeld 1: havo 2024 tijdvak 1 vraag 10: een juiste mogelijke verklaring

Gevraagd wordt om een mogelijke verklaring te geven voor het minder werkzaam worden van een enzym (MCR) door gebruik van een stof, genaamd 3-NOP, in veevoer. Koeien boeren daardoor minder methaan op. De antwoorden in het beoordelingsmodel gaan

in op het blokkeren van de actieve site van MCR of een verandering in de structuur van MCR, waardoor het substraat niet meer kan binden. Sommige leerlingen bedenken dat 3-NOP een verandering in de pH veroorzaakt, waardoor de pH niet meer binnen het pH-optimum van het enzym valt. Of dat het enzym door een pH-verandering anders gevouwen is en daardoor het substraat niet meer bindt. Natuurlijk is dat chemisch gezien een redelijke redenatie, die gebaseerd is op de vakinhoudelijke kennis van de havo-leerling. Daarom mag ook dat antwoord goed worden gerekend.

Antwoorden goed rekenen die vakinhoudelijk juist zijn

Voorbeeld 2: havo 2024 tijdvak 2 vraag 18: een juist nummer en uitleg

Er wordt gevraagd om een nummer te kiezen uit een set nummers van H-zinnen op de veiligheidskaart van fosfine; een nummer dat niet relevant is voor de veiligheidsinspecteur. De keuze dient te worden toegelicht. Ook hier bleek de lijst van voorbeelden in het beoordelingsmodel niet uitputtend. Volgens Binas-tabel 96E heeft H-zin H250 namelijk

enkel betrekking op vaste stoffen en vloeistoffen. Fosfine is een gas. Met deze uitleg had ook nummer H250 het volledige aantal scorepunten moeten opleveren.

Voorbeeld 3: havo 2024 tijdvak 1 vraag 14: andere benadering

Gevraagd wordt om met een berekening te laten zien of $2,80 \text{ cm}^3$ zuurstof kan worden weggevangen door een bepaald soort verpakkingsmateriaal van voedsel. De kandidaten moeten hiertoe een grafiek aflezen, het totale oppervlak van het verpakkingsmateriaal berekenen en de afgelezen waarde met het totale oppervlak vermenigvuldigen (en vergelijken met die $2,80 \text{ cm}^3$). Echter, sommige leerlingen rekenen 'van achteren naar voren'. Ze rekenen de waarde van $2,80 \text{ cm}^3$ om naar de hoeveelheid zuurstof die per cm^2 weggevangen kan worden en lezen tot slot de grafiek af. Deze leerlingen doorlopen in dit geval precies dezelfde rekenstappen, maar dan in omgekeerde richting. Omdat deze alternatieve berekening niet in het beoordelingsmodel is opgenomen, moet de docent in dit geval deelscores toekennen naar analogie van het beoordelingsmodel.

Voorbeeld 4: vwo 2019 tijdvak 1 vraag 3: juiste verklaring op microniveau

Er wordt gevraagd om aan de hand van de microstructuur uit te leggen welke van twee

stoffen een lager kookpunt heeft: MIBK (4-methylpentaan-2-on) of levulinezuur. Er zijn twee voorbeeldantwoorden gegeven. Het eerste antwoord gaat in op het al dan niet voorkomen van OH-groepen gekoppeld aan de vorming van waterstofbruggen. Het tweede gaat in op de grootte van de molecuulmassa's van beide stoffen en koppelt dit aan de sterkte van de vanderwaalsbindingen. Een vwo'er die noemt dat de molecuulmassa's van beide stoffen vergelijkbaar zijn, ingaat op de mate van vertaktheid van beide moleculen en hierop zijn conclusie ten aanzien van de sterkte van de vanderwaalsbindingen baseert, geeft een prachtig alternatief antwoord. Deze logische redenering, die gebaseerd is op de vakinhoudelijke kennis van de vwo-leerling, dient ook goed te worden gerekend. De ruime formulering van de deelscores in het beoordelingsmodel die 'een relevant verschil in de moleculen van beide stoffen,' 'de soort binding die hiermee samenhangt' en de 'consequente conclusie' van scorepunten voorziet, geeft ruimte om

(gedeeltes van) dit derde juiste alternatief van scorepunten te voorzien. En zelfs als de formulering van de deelscores strikter zou zijn geweest, zouden toch scorepunten moeten worden toegekend. Immers, dankzij algemene regel 3.3 dienen alle leerlingantwoorden die geheel of gedeeltelijk juist zijn, van scorepunten te worden voorzien naar analogie van het beoordelingsmodel.

Eerste en tweede corrector beoordelen samen of andere antwoorden juist zijn

Conclusie

De standaardaanhef bij uitlegvragen in het correctievoorschrift is: "Voorbeelden van een juist antwoord zijn." Met andere woor-

den, de gegeven antwoorden zijn slechts voorbeelden. Natuurlijk doen we ons best om zo veel mogelijk recht te doen aan de diversiteit van mogelijkheden waarop een kandidaat de vraag kan beantwoorden. In de praktijk blijkt het helaas onmogelijk om in alle mogelijkheden te voorzien. Ons advies aan de correctoren is daarom te vertrouwen op hun eigen vakkundigheid en zo alle kandidaten in de 'geest van het beoordelingsmodel' van een rechtmatige score te voorzien.

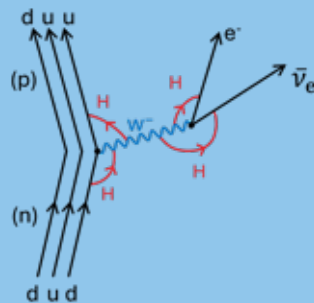
Vragen en opmerkingen?

Neem voor vragen en opmerkingen contact op met: Frans Meindertsma (CvTE - f.meindertsma@cvtecie.nl); Emmy Zeetsen (toetsdeskundige Cito - Emmy.Zeetsen@cito.nl) ●

Higgsveld

In 1999 baarden de theoretisch fysici Gerard 't Hooft en Martinus Veltman opzien, toen ze dat jaar de Nobelprijs voor natuurkunde ontvingen voor hun werk aan het narekenen van de zogenaamde elektrozwakke interactie. Hiertoe werd een nieuw veld in de berekening betrokken: het Higgsveld. Dit gebeurde al rond 1970. Veel later, in 2012, werd het zelfstandig bestaan van dit veld aangetoond.

Voor de geïnteresseerde leek is de toegang tot het begrip hiervan beperkt: de theorie is sterk algebraïsch en alleen voor de specialist te begrijpen. In de populair-wetenschappelijke boeken en tijdschriften wordt veel over het Higgs-deeltje verteld, zonder te tonen, waar en hoe het zijn rol vervult. In elk geval kan het bekende bètaverval als voorbeeld dienen. In dat geval verval in een kern een neutron tot een proton.



Het feynmandiagram voor het verval (1e orde) van een neutron

In dat neutron verandert er een down-quark in een up-quark. Vaak wordt dan ook verteld, dat er uit het quark een W-boson vertrekt, dat uiteenvalt in een elektron en een (anti) neutrino. Bij dit verval is de rol van het Higgsveld (in haar eenvoudigste vorm) mooi weer te geven: We zien dan hoe het Higgsveld bemiddelt tussen quark en W-boson; even later bemiddelt het ook tussen W-boson en elektron en (anti) neutrino.

Het gaat hier om het feynmandiagram, dat van onder naar boven het verloop van de tijd weergeeft. Zo brengt het Higgsdeeltje massa over tussen de andere deeltjes, die in massa kunnen verschillen of van massa kunnen veranderen. Let wel: bij relatief lage energieën zoals bij het bètaverval (in de orde grootte MeV) is de geschetste bijdrage van het Higgsveld aan de reactie nog laag. Pas bij botsingsreacties van hoge energie (GeV), dus grote massa's, gaan de diagrammen met het Higgsveld substantieel bijdragen.

Er zijn ook ingewikkeldere mogelijkheden, maar de 1e-orde versie uit dit feynmandiagram maakt de geïnteresseerde al duidelijk, waar en wanneer het Higgsveld werkt. Hopelijk zal in de toekomst vaker zo'n illustratie het publiek bereiken.

Toon van der Sandt / docent natuurkunde Grotius College, Delft

Generatie Z in een bètaklas

Hoe bereik je deze digitale generatie?

Generatie Z groeit op in een wereld vol directe toegang tot informatie, sociale contacten en entertainment. Dit beïnvloedt hoe ze leren en wat ze verwachten in de klas. Klassieke lessen met een passieve rol werken minder goed. Ze willen weten waarom iets belangrijk is, actief bezig zijn en leren in hun eigen tempo. Hoe speel je daar als bètadocent op in?



Een van de grootste uitdagingen is het maken van de link naar de praktijk. Jongeren vragen steeds vaker waarom ze iets moeten leren. “Omdat het in het curriculum staat” is geen overtuigend antwoord. Een vak als natuurkunde, wiskunde of scheikunde wordt veel interessanter als ze toepassingen in hun eigen wereld herkennen. Hoe werkt een smartphone? Waarom zijn cijfers en grafieken belangrijk? Hoe worden nieuwe medicijnen ontwikkeld? Door de koppeling met technologie, duurzaamheid en maatschappelijke thema's worden abstracte concepten tastbaar.

Leren door te doen werkt beter dan stilzitten en luisteren. Praktijkopdrachten en experimenten geven Generatie Z de kans om zelf te ontdekken en te onderzoeken. Denk aan

proefjes waarin ze natuurwetten in actie zien of aan interactieve simulaties waarmee ze stap voor stap een proces kunnen ontrafelen.

De manier waarop je lesstof aanbiedt, is minstens zo belangrijk. Lange teksten en dikke boeken worden al snel saai. Afwisseling en interactie houden de aandacht vast. Een effectieve aanpak is om leerlingen eerst individueel te laten nadenken over een vraag, vervolgens in duo's te laten overleggen en daarna klassikaal te bespreken. Een andere methode is het gebruik van flipped classroom, waarbij leerlingen thuis korte video's bekijken en de lestijd wordt gebruikt voor verdieping en vragen. Ook het laten onderzoeken en presenteren van een onderwerp door leerlingen zelf verhoogt de betrokkenheid en stimuleert actief leren.

Zelf kiezen, met richting

Generatie Z is gewend aan keuzes en vrijheid. Dit betekent niet dat alles vrijblijvend moet zijn, maar enige eigen inbreng helpt enorm. Door leerlingen verschillende opdrachten aan te bieden, krijgen ze meer autonomie. Daarnaast kan het waardevol zijn om hen vrijheid te geven in hoe ze een

experiment uitvoeren. Online-leeromgevingen bieden extra mogelijkheden, omdat ze leerlingen de kans geven om in hun eigen tempo te werken en bij te blijven, zelfs als ze afwezig zijn geweest.

Snelle, directe feedback werkt beter dan weken wachten op een beoordeling. Jongeren zijn gewend aan directe reacties op sociale media en willen snel weten waar ze aan toe zijn. Dit kan worden bereikt door korte feedbackmomenten tijdens de les in te bouwen in plaats van uitsluitend cijfers achteraf te geven. Interactieve tools zoals Kahoot en Mentimeter maken het mogelijk om snel inzicht te krijgen in de voortgang van leerlingen. Peer feedback, waarbij leerlingen elkaars werk bekijken en bespreken, kan een extra leermoment bieden. Daarnaast kunnen AI-gestuurde tools zoals Socratic by Google worden ingezet, waarmee leerlingen direct uitleg en hints krijgen over bètavraagstukken. Dit stimuleert zelfstandig denken en helpt leerlingen sneller begrip op te bouwen.

Kleine aanpassingen, groot effect

Je hoeft je manier van lesgeven niet compleet om te gooien om Generatie Z beter te bereiken. Kleine veranderingen zoals het inzetten van video's, interactieve lessen en snelle feedback kunnen al een groot verschil maken. Wie de nieuwsgierigheid van deze generatie weet te prikkelen, zal merken hoeveel potentie er in hen schuilt – mits je hen op de juiste manier uitdaagt. ●



JANNEKE TER BILLE is een ervaren pubercoach en expert op het gebied van Generatie Z. Met haar praktijk Conduct10 begeleidt ze jongeren, ouders en docenten in het begrijpen en ondersteunen van deze digitale generatie. Ze richt zich op thema's als motivatie, leren in een snel veranderende wereld en effectieve communicatie tussen generaties.

Brandstof voor de toekomst

De zonnecollector uit de instrumentencollectie van Teylers Museum is een icoon van de verrassend lange geschiedenis van zonne-energie. Vijf jaar lang was hij te zien in de internationaal rondreizende tentoonstelling *The Sun, Living With Our Planet*.



Zonnecollector (opstelling met stoommachine), A. Pifre & H.Salleron, Parijs, aangekocht in 1879, collectie Teylers Museum Haarlem

Ook op het online platform *Vind het Uit!* dat in 2024 werd gelanceerd speelt het een rol. Hier komen de collecties van vijf wetenschapsmusea samen en worden jongeren uitgedaagd om inspiratie te halen uit uitvindingen van vroeger voor de grote vraagstukken van nu. Kan dat? Dit object bewijst van wel.

De zon als bron?

“De zon zal, naar het nu lijkt, de brandstof voor de toekomst zijn.” Een moderne uitspraak, maar ouder dan je denkt. Hij komt uit een populair wetenschappelijk artikel uit 1876 waarin een energietransitie voor de industriële sector werd bepleit: van fossiel naar zonne-energie. En ook dat klinkt verrassend actueel. Aanleiding was een groeiend besef dat de wereldwijde steenkoolvoorraad steeds sneller opdraaide door de grootschalige

industrialisatie in de 19e eeuw. Op basis van berekeningen kwam het einde daarvan steeds eerder in zicht. Dat veroorzaakte een gevoel van urgentie om op tijd klaar te staan met een alternatieve energiebron. Zonne-energie dus.

De zonnecollector van de Franse uitvinder Augustin Mouchot wordt in het artikel uitgebreid beschreven als de eerste veelbelovende stap in die richting. Samen met ingenieur Abel Pifre realiseerde hij veelbelovende pilots met zonnecollectoren en demonstraties op onder andere de Parijse wereldtentoonstelling van 1878 maakten indruk. Toch kwam de voorspelde omschakeling naar zonne-energie er niet. Niet lang nadat het artikel verscheen, kwam een ander alternatief in de belangstelling te staan: aardolie. De zon verdween naar de achtergrond.

Een tweede kans

Het model in de collectie van Teylers Museum is een zeldzaam voorbeeld dat van Mouchots pionierswerk bewaard is gebleven. De gebogen spiegel concentreert de zonnestralen en op die plek kan met die energie bijvoorbeeld een stoommachientje worden aangedreven met water dat door de zon gekookt is. Dit principe heeft in de 21e eeuw opnieuw de aandacht als manier om industrie van groene energie te voorzien. Er zijn al velden vol parabolische spiegels die met zonkracht elektriciteit, warmte of waterstof leveren. Een industriële toepassing van zonne-energie – de titel van het artikel uit 1876 – lijkt zo alsnog uit te komen.

VIND HET UIT!

Uitvindingen van toen. Oplossingen van nu. Wat vind jij uit?

Het platform richt zich op jongeren in schoolverband. Het eerste thema is ‘Energie’. Zie <https://vindhetuit.nl>

Je kunt de objecten en de diverse ‘stories’ erover gebruiken tijdens je les. Mocht je geïnteresseerd zijn om als partner je leerlingen bijdragen te laten maken voor het platform? Neem contact op met info@teylersmuseum.nl of een van de andere museumpartners van *Vind het Uit!*: NEMO Science Museum Amsterdam, Rijksmuseum Boerhaave Leiden, Universiteitsmuseum Groningen en Universiteitsmuseum Utrecht.

Evolutie van scheikunde-eindexamens (2)

De vernieuwing van het scheikunde-onderwijs in de afgelopen vijftig jaar is duidelijk herkenbaar neergeslagen in de opgaven (type, niveau, formulering, omvang) van de eindexamens mavo, havo en vwo. Maar er zijn ook fikse veranderingen wat betreft de toegestane 'hulpmiddelen', het correctievoorschrift en de manier waarop opgaven worden geëvalueerd.

In het vorige deel van dit tweeluik (zie het aprilnummer) is aangegeven dat de scheikunde-examens in het voortgezet onderwijs in de afgelopen vijftig jaar min of meer zijn gestandaardiseerd. Opgaven en correctiemodellen voor mavo, havo en vwo zijn onderling tamelijk herkenbaar geworden, als familie van elkaar. Voor leerlingen én docenten geeft dat vertrouwen en rust. Toch zijn er in het verleden wel eens situaties geweest waarbij aan de noodrem moest worden getrokken. Op 13 mei 2000 vond in Enschede een enorme vuurwerkramp plaats. Veel doden en gewonden, een hele wijk werd weggevaagd. Leerlingen die op de een of andere manier te 'betrokken' waren bij die ramp mochten een nieuwe versie van mei-examens alsnog (of nogmaals) maken in de tweede week van juni.

Twintig jaar later kwamen vanwege de Covid-19-pandemie in 2020 de centrale examens (CE) te vervallen, óók de herexamens. Het cijfer van het schoolexamen (SE) werd het eindcijfer voor een vak. In plaats van het reguliere herexamen (CE 2e tijdvak) moesten scholen voor hun eigen examinandi en voor



Rekenlineaal

elk vak een door de eigen docent(en) samengestelde ResultaatVerbeteringstoets (RV-toets) beschikbaar stellen. In 2021 en 2022 werd voor de centrale examens een 3e tijdvak ingesteld. Het 2e tijdvak werd uitgebreid van twee naar tien dagen. De examinandi mochten namelijk de vakken spreiden over twee tijdvakken. Alle maatregelen moesten ervoor zorgen dat zieke en/of quarantaine leerlingen toch een volledig examen konden doen.

Rekenen

Vijftig jaar geleden waren pennen, kladblaadjes, liniaal en driehoeken zo'n beetje de enige hulpmiddelen die tijdens een examen mochten worden gebruikt. Berekeningen deed je met de hand op een kladblaadje. Nou ja, je mocht in principe wel gebruik maken van logaritmetafels of zelfs een rekenliniaal. Dat moet ik even uitleggen aan de jongere lezers. Het gaat om vermenigvuldigen en delen van getallen. Een vermenigvuldiging als $A \times B$ kun je uitvoeren door beide getallen te schrijven als een macht van (bijvoorbeeld) 10. $A = 10^a$ en $B = 10^b$. De '10' heet het grondtal, en a en b de mantisse. $A \times B$ wordt dan $10^a \times 10^b$ en het antwoord is dan 10^{a+b} . Vermenigvuldigen

is een kwestie van optellen van de mantissen. Let op: je moest wel de plaats van de komma in het antwoord goed in de gaten blijven houden. Een logaritmetafel was niets anders dan een uitgebreide tabel van mantissen. In mijn schooltijd werd het boekje met logaritmetafels elke dag gebruikt, bij wiskunde, natuurkunde, scheikunde. Dan word je vanzelf behoorlijk handig in het berekenen van getallen met meestal niet meer dan vier significante cijfers.

Op de universiteit werkte ik met een rekenliniaal, een soort portable hardware variant van een logaritmetafel. Getallen op het centrale deel van de (groene) schuif en de liniaal hebben een logaritmische schaalverdeling. Daarom kun je een vermenigvuldiging $A \times B$ uitvoeren door de '1' van de groene schuif boven A op het witte, vaste deel van de liniaal te zetten. Het antwoord van $A \times B$ kun je aflezen op de liniaal onder de B op de groene schuif. Simpel en snel, meestal met 3 of 4 significante cijfers. Wel (net als bij de logaritmetafel) even de komma op de juiste plek in het antwoord zetten. Mijn havo- en vwo-leerlingen mochten bij hun proefwerken in de

JOHN VAN DEN BOOGERT was docent scheikunde op havo/vwo en projectmanager educatieve televisie bij Teleac. Hij ontwikkelde een nieuwe leermethode scheikunde, schreef boeken en artikelen. Zijn grote passie is popularisering van (natuur)wetenschappen. mail: john.vd.boogert@xs4all.nl



jaren 70 ook zo'n rekenliniaal gebruiken. Vonden ze best 'interessant'. Maar het was ook het decennium van de revolutie van de elektronische rekenmachine. Vél aantrekkelijker. Een handzaam klein ding waarmee je alle mogelijke rekenacties kon uitvoeren door op knopjes te drukken. Je hoefde niet meer te letten op de plaats van de komma in het antwoord, maar wel opletten dat maar een klein deel van de cijfers op het scherm pje significant is! Die draagbare rekenwondertjes mochten uiteindelijk (met enige restricties) vanaf 1980 worden gebruikt bij het maken van eindexamens!

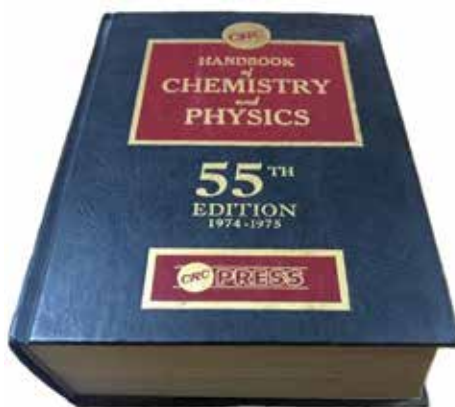
Gegevens-tabellen

Als je zestig jaar geleden voor het uitwerken van een opgave gegevens nodig had (atoomnummer, kookpunt, soortelijke warmte, zuurconstante) dan werden die vermeld bij de opgaven. Op zich wel handig, omdat je dan als leerling in elk geval wist welke gegevens in jouw antwoord moesten worden verwerkt. Lekker opstapje. Er moesten overigens wel allerlei dingen uit het hoofd worden geleerd, oplosbaarheden van zouten, formules van oxidatoren/reductoren, zuren/basen, verdringingsreeks van metalen en halogenen. Voor de verdringingsreeks van metalen, Li-K-Ca-Na-Mg-Al-Zn-Fe-Ni-Sn-Pb-(H)-Cu-Hg-Ag-Pt-Au, ken ik nog steeds het ezelsbruggetje: "Lieve Kleine Cas en Naftalie Mogen Alleen ..."; ik zal u de rest besparen. Stompzinnig! Het zou natuurlijk veel beter zijn om een leerling zelf te laten zoeken naar de gegevens waaraan behoefte is: in een tabellenboek! Op school waren die soms bij proefwerken beschikbaar in de vorm van (losse) bijlagen van leerboeken of stencils, die de leerlingen mochten gebruiken bij proefwerken. Er was vanaf 1969 zelfs aan aparte uitgave beschikbaar: Tabellenboekje voor onderwijs in de natuur- en scheikunde. Dat 'rode boekje' (*niet* die van de Chinese despoot Mao Zedong) gebruikte ik in de bovenbouw-klassen, maar het boekje mocht NIET worden gebruikt op examens. Gelukkig heeft de onderwijsrevolutie van de jaren 70 ons ook een uitstekende erfenis nagelaten: Binas. Dat heeft overigens wel strijd gekost! Ik herinner me een discussiebijeenkomst in Utrecht, waar enkele natuurkunde-docenten heftig bezwaar maakten tegen het opnemen



Achtereenvolgende edities van Binas

van formules in een tabel. Zij vonden dat leerlingen de formules uit het hoofd moesten kennen, het behoorde tot de 'kernleerstof'. Net als bij wiskunde. Als gevolg daarvan bevatte de eerste proefuitgave van het Binas-informatieboek VWO-HAVO in 1977 bij tabel 35 (natuurkundeformules) een aantal lege pagina's. Toen het conflict was uitgevochten (gelukkig in het nadeel van de 'uit-het-hoofd-leer'-docenten) leverde de uitgever plakvelen die op de lege pagina's konden worden geplakt van wat inmiddels het 'groene boek' werd genoemd. De tweede editie van Binas (1986) bevatte een tabel 35 van 19 pagina's. In de loop der jaren werden de Binas-edities steeds beter wat betreft inhoud, presentatie en vormgeving. De zevende editie mag worden gebruikt bij de havo examens van dit jaar, voor het vwo wordt dat 2026. Soms klaagden leerlingen dat het toch wel een beetje zwaar boek is om altijd in je tas te moeten meenemen. Dan liet ik het tabellenboek uit mijn eigen studietijd zien, het



Handbook of Chemistry and Physics, het 'volwassen' tabellenboek

Handbook of Chemistry and Physics. Een pil van 2½ duizend pagina's en een paar kilo. Dat vonden ze overigens wel indrukwekkend en interessant qua inhoud. Maar als ik zei dat ik die pil elke keer mee moest slepen naar het lab geloofden ze me niet...

Beoordeling

Het is behoorlijk lastig om de kwaliteit/moeilijkheidsgraad van een examen te bepalen. Hoe kun je examens uit verschillende jaren met elkaar vergelijken? Is het de hoeveelheid tekst (= lezen), het interpreteren van die tekst (= herlezen + denken), raadplegen van Binas (= zoeken), formuleren van een antwoord (= denken + schrijven), het checken van de gegeven antwoorden (= evaluatie)? Hoe kun je de waarde van die variabelen bepalen en waarden?

Wat mij betreft is de beste manier om de kwaliteit van een examen te bepalen de methode van de 'ideale leerling'. Meten hoeveel tijd die ideale leerling nodig heeft om voor het examen een 10 te scoren. Die ideale leerling ben ik, als docent, zélf. Als het kon, maakte ik de examens in de examenzaal, helemaal achterin, zodat mijn eigen leerlingen mij niet konden zien. Maar het kan ook op een andere plek, met een stopwatch om de uitwerking van de verschillende onderdelen te klokken. Een vwo-examen krijgt van mij een voldoende als ik dat in 2 uur kan maken. Voor een havo-examen ligt de cesuur op 1½ uur. In 2017 heb ik in NVOX 7 op basis van deze methode aangetoond dat vwo-2017 (mijn tijd: 2 uur en 55 minuten) een veel lastiger examen was dan het eerste vwo examen van 1974 (mijn tijd: precies 2 uur).



» **Correctiemodel**

Het cijfer dat een examinandus krijgt voor zijn/haar examen wordt bepaald aan de hand van een uitgebreid en zeer gedetailleerd en uitermate verplicht correctievoorschrift. Ik vind dat prima, omdat het eindcijfer op landelijk niveau uiterst eerlijk wordt vastgesteld. Geen sprake van regionale verschillen, temeer omdat de tweede corrector uit een andere regio komt. Sommige docenten ervaren het correctiemodel als belemmerend. Maar als je een aantal keren examens hebt gecorrigeerd en daarover hebt gediscussieerd met collega's bij een regionale bespreking én overleg hebt gehad met een tweede corrector went het wel. Enkele leden van de CvTE hebben een paar jaar geleden in NVOX duidelijk uitgelegd hoe het correctievoorschrift optimaal kan worden gebruikt. Heel helder!

Analyse,

De 'ideale leerling'-methode is, wat mij betreft, prima om te bepalen of examinandi voldoende tijd krijgen om een examen naar behoren te kunnen maken. Maar het zegt

Creëren

niet veel over de educatieve kwaliteit, het 'cognitieve niveau' van de afzonderlijke opgaven uit een examen. Toch is het goed om daar enig inzicht in te hebben, bijvoorbeeld wanneer een docent (onderdelen van) die opgaven wil gebruiken bij het samenstellen van toetsen en SE's. Dan kun je de opgaven beter uitpluizen met behulp van een systeem waarin gekeken wordt naar de specifieke educatieve leerdoelen van elke vraag.

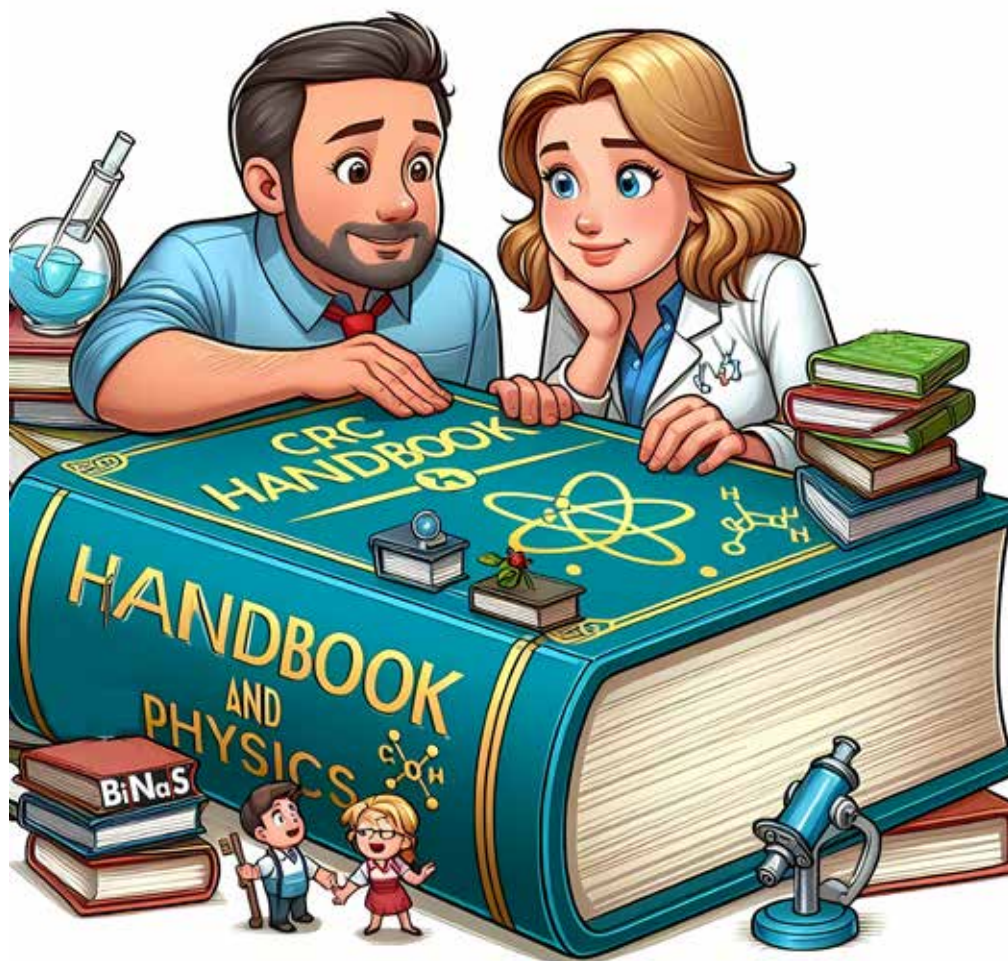
Evalueren

Analyseren

Toepassen

Begrijpen

Onthouden



Taxonomie van Bloom

De Amerikaanse ontwikkelingspsycholoog Benjamin Bloom heeft in de jaren 50 van de vorige eeuw een 'taxonomie' (een hiërarchische ordening) gepresenteerd van wat het 'cognitieve domein' wordt genoemd. De educatieve complexiteit wordt opgedeeld in zes niveaus:

- Onthouden. feiten kennen, uit het hoofd leren, herkennen.
- Begrijpen: informatie interpreteren, uitlegen, samenvatten.
- Toepassen: informatie kunnen gebruiken in een nieuwe context.
- Analyseren: vermogen om concepten te ontleden in componenten.
- Evalueren; beoordelen, controleren, kritiseren op basis van standaarden.
- Creëren: nieuwe ideeën genereren, ontwerpen maken.

Het lijkt misschien lastig, maar na een beetje oefenen (in overleg met collega's) kun je met deze taxonomie van Bloom het cognitieve niveau van vragen aangeven. Nuttig bij het samenstellen van toetsen.

RTTI

Uiteraard zijn er ook weer 'moderne' varianten ontstaan van het ordenen van denkniveaus en de moeilijkheidsgraad van vragen. Bijvoorbeeld RTTI. Dat systeem werkt met vier niveaus:

- Reproductie: feiten kennen, definities, formules.
- Toepassing 1: getrainde procedures kunnen toepassen in bekende situaties.
- Toepassing 2: kennis gebruiken in nieuwe situaties.
- Inzicht: zelfstandig en systematisch bedenken van een methode om tot een oplossing te komen van een onbekend probleem.

Hoe dan ook, het beoordelen van vragen (eigen opgaven of die van een examen) vanuit een cognitieve taxonomie is een uitstekende activiteit om meer inzicht te krijgen in het educatieve proces. Probeer het maar!

De NVOX-artikelen waarnaar wordt verwezen zijn te vinden bij dit artikel op de website. Zie nvo.nl/examen voor alle examens vanaf 1972. ●



Arne Mast werkte 50 jaar in, aan en voor het scheikundeonderwijs. Hij is nu amateurschrijver.

Het element E

Nog even en we hebben weer eindexamens. Ik bedoel natuurlijk de centraal schriftelijke examens. Ik kijk er wel naar uit en ik ben zeker van plan ze weer te maken. In 1990 had ik mijn laatste eindexamenklas, maar sindsdien heb ik elk jaar het cse scheikunde gemaakt. Havo en vwo, 1e en 2e tijdvak. Om een beetje bij te blijven, maar ook omdat ik het leuk vind. En je blijft een beetje van je vak houden.

Achternvijftig jaar geleden deed ik zelf eindexamen. HBS-B. We deden een heleboel vakken, met twee keer Nederlands en drie keer wiskunde. Het ging er eenvoudig aan toe. Geen schoolexamens, geen herkansingen voor de schoolexamens, geen praktische opdrachten of profielwerkstukken. Nee echt, mijn kleinkinderen hebben het maar druk met examens doen. Wij hadden gewoon school en dan ergens in april van je laatste jaar waren de examens. Je leraar keek het na, dan duurde het even en dan bam ... was je geslaagd. Of gezakt natuurlijk. Ik dacht niet dat er herexamens bestonden, maar dat weet ik niet zeker. Ik praat immers over meer dan vijftig jaar geleden.

Van mijn examentijd herinner ik me een paar dingen. Dat ik met mijn 'pukkel' om mijn nek met daarin een pakje brood naar school fietste. En dat het tafeltje waar ik aan moest zitten een beetje wiebelde. Dat ik dat oploste met een gevouwen papertje onder een van de tafelpoten. Dat ik alleen mijn pen en potlood voor me op tafel legde. Geen rekenmachine, die bestond nog niet. Geen dingen om te eten of te drinken. Die waren niet eens verboden. Ze waren er gewoon niet. Tegenwoordig zie ik examenleerlingen met complete noodvoorraden water (sommige zelfs twee flessen), reepjes, pakjes en rolletjes. En qua ruimte strijden die spullen met naslag- en opzoekboeken, een rekenmachine en uitwerkbladen. Ja, het was allemaal maar simpel, het is ingewikkelder geworden.

En het scheikunde-examen, zul je vragen? Nou, ik heb het opgavenpapier een hele tijd bewaard. Vond ik kennelijk een soort trofee. Of gewoon nostalgie. Op mijn studentenkamer heb ik het nog gezien. Maar ergens daar of daarna heb ik of is het weggegooid, uitgeleend, is het gejat, ergens tussen geraakt, ... En ik heb het sindsdien altijd gemist. Niet dagelijks, maar soms dacht ik er aan. En dan zag ik weer voor me dat het begon met "Een element E ...". Ik heb nog wel eens op internet gezocht. Heb ook nog wel jacht gemaakt op een Kruijtbosch, in die tijd hét boek met alle vragen van de oude examens HBS-B. Maar allemaal tevergeefs. Maar het liep toch goed af. Dankzij een aardige collega heb ik sinds kort weer een kopie van mijn oude scheikunde-examen. En het eerste dat ik las was "Een element E ...". Wat was ik gelukkig!

Het examen zelf? Best overzichtelijk. Vier onderdelen, die ik zou benoemen als uitleg- en redeneer-chemie, reacties en vergelijkingen, organische chemie en reken-chemie. Twee dingen vallen heel erg op. Ten eerste veel minder leeswerk. Alles bij elkaar drie-en-een-kwart pagina tekst. Ten tweede staan alle gegevens die je moet gebruiken keurig bij de opgave gegeven. Elk benodigd atoomnummer, elke zuurconstante, elke atoommassa..., stond er. Da's ook logisch, want er bestond nog geen Binas, je kón niks zelf opzoeken. Was het makkelijker? Was het moeilijker dan nu? Nou ik denk dat het niet zoveel scheelt. Het was vooral anders. Ik vond mijn examen leuk, maar het komend examen zal vast en zeker weer leuk zijn.

O ja, ik herinner me nog iets. Dat aan het eind van examens meneer Schaafsma, onze scheikundeleraar, bij de deur van de examenzaal stond. Konden we stoom afblazen. Mede door hem koos ik het vak om te studeren.

Conferentieverslag Jong NVON

Over de leukste conferentie van het jaar

Vorig jaar hadden we een kleine pauze, maar na een jaar hard werken en puntjes op de 'i' zetten was het weer tijd voor het leukste weekend van het jaar: de Jong NVON conferentie! De conferentie werd geopend door Ilse Maessen met een interessante workshop over burgerschap in bètaonderwijs. Ilse is onderzoeker aan de Technische Universiteit Eindhoven, waar ze onderzoek doet naar het implementeren van, en reflecteren op burgerschap in het bètaonderwijs. Ze begon met een stelling: "Ik vind burgerschap moeilijk om te onderwijzen." Hierbij moesten wij of aan de linkerkant van het lokaal staan ("Nee joh, supermakkelijk") of aan de rechterkant ("Ik krijg er grijze haren van"). Toen iedereen op zijn plek stond vroeg Ilse aan beide kampen wat de redenen waren waarom zij aan de ene of juist aan de andere kant stonden.

Hierna konden wij praktisch aan de slag met een lespakket waarin een probleem werd voorgelegd, waar wij als 'leerlingen' onze mening over moesten vormen en uiteindelijk een reactie mee moesten geven op een fictief onlineforum. De les begon met een reactie van iemand op het onlineforum. Diegene was tegen bepaalde technieken, om verschillende redenen die in de reactie werden benoemd. Door informatie te verzamelen, vragen te beantwoorden en mening-kaartjes te sorteren en hebben wij een mening gevormd met elkaar, waarna we als groepje in gesprek gingen met andere groepjes over waar zij bepaalde stellingen hebben geplaatst. Daarna gaven wij, individueel, antwoord op de reactie op het 'forum'. Dit leidde al tot enige hilariteit onderling. Deze les was heel goed te doen zonder



enige voorkennis: alle kennis die je nodig had stond op drie kleine blaadjes die erbij geleverd werden.

Na het uitwerken van de casus moesten we weer opnieuw aan één kant van het lokaal gaan staan. Opvallend was dat er nu drie mensen aan de andere kant van het lokaal stonden ten opzichte van hun plek aan het begin van de workshop. Ook hier hebben we over gepraat met Ilse. Burgerschap maakt hongerig, dus hoog tijd voor het diner!

Het diner was zoals altijd goed verzorgd en zeer gezellig. Een mooi moment om elkaar beter te leren kennen en wat te kletsen over de workshop. Na het diner was het tijd

voor kennismakingsspellen en theatersport onder leiding van Rob Smallegoor. Hilariteit alom en een betere band onderling. Na de theatersport was het tijd voor de borrel, en voor degenen die dat wilden, kon het nachtleven van Utrecht verkend worden.

Na een overnachting, een goed ontbijt en de nodige koffie en thee in de StayOkay gingen we zaterdag verder met de verschillende workshops. De dag begon actief met de workshop van Gaëlle over escaperoom elementen in de les. Gaëlle heeft ons kort en bondig laten zien hoe je deze elementen makkelijk kunt inbouwen in je lessen en hoe je eventueel een grotere (vakoverstijgende) escaperoom kunt ontwikkelen.



Bij de workshop van de KlimaatHelpdesk gingen de deelnemers aan de slag met artikelen van de helpdesk over klimaatverandering en het ontwerpen van nieuwe 'LesSnacks'. Eerst werd samen besproken hoe in de lessen klimaatverandering al behandeld wordt en hoe leerlingen dat ervaren. De meeste docenten geven aan geen tijd te hebben om hier expliciet aandacht aan te besteden, maar dat ze dat wel willen. Hierbij was het de bedoeling om de nadruk te leggen op het delen van positief nieuws, om de leerlingen niet teveel te ontmoedigen. Zo is het nu in de VS bijvoorbeeld goedkoper om zonne- en windenergie te gebruiken dan om kolencentrales te laten draaien.

Hierna mochten wij zelf aan de slag met haar mini-escaperoom. Er stond veel op het spel: niet alleen de eer, maar ook de winst en een heerlijk snoepje!

Daarna verdeelden we ons over twee workshops: het maken van een 'skill tree' onder leiding van Gerben Bakker en een snack-practicum ontwikkelen onder leiding van Ties en Joseline van de klimaathelpdesk. Gerben is docent natuurkunde en mede-beheerder van het YouTube-kanaal Boemlouw natuurkunde. Hij legde ons uit wat een skill tree is en hoe je dit makkelijk in kunt zetten in je lessen. Hij toonde wat bruikbare voorbeelden waarna we zelf aan de slag konden met het maken van een skill tree. Hierbij hebben we een hoofdstuk uit de methode uitgezocht, daar de leerdoelen van uitgeplozen en deze met elkaar in verbinding gebracht. Er lagen al enkele mooie ruwe schetsen klaar aan het eind van de workshop!

De deelnemers hebben een nieuwe proef ontworpen om aan te tonen dat waterdamp ook een broeikasgas is, en hoe je kunt meten dat het in een bos koeler is dan in een stad. Elk project dat ze hebben bedacht bij de nieuwsartikelen is besproken in de workshopgroep. Deze projecten worden eventueel weer verwerkt in het lesmateriaal van de KlimaatHelpdesk. Nieuwe ideeën voor de klimaatsnacks kun je delen via educatie@klimaathelpdesk.org

Na de lunch was het tijd voor de tweede ronde. Hierbij was er de keuze om aan te sluiten bij de workshop van Onne Slooten over modeldidactiek, of om aan te sluiten bij de workshop van Liliane Bouma over taal in bètaonderwijs.

Bij Onne werd er eerst besproken wat 'modellen' nu precies zijn, en of je daar al mee werkt in de les. Daarna werden we verdeeld in drie groepen en kregen wij ieder een eigen situatie. We moesten een

(v, t)-diagram, een systeemschema en een krachtenschema tekenen van een hooverball die aan staat en een zet kreeg, een hooverball die uitstond en een zet kreeg en van een hooverball die door een touw wordt voortgetrokken. Na het tekenen hebben we de verschillende modellen met elkaar vergeleken en besproken hoe we tot onze antwoorden zijn gekomen.

Bij Liliane ontdekten we welke taalkennis relevant is binnen ons vakgebied en hoe we met taal aan de slag kunnen in onze lessen. Liliane begon met de vraag hoe de taalvaardigheid van de leerlingen verbeterd wordt. Hierna kregen we enkele artikelen te lezen van verschillende kwaliteit. Verder kregen we wat bladzijden uit een lesboek van biologie waar de zinnen zeer slecht geschreven waren. Dit is een probleem dat helaas voorkomt bij meerdere methodes; logisch dat leerlingen soms problemen hebben met het lezen van teksten.

We kregen een lijst met schooltaalwoorden die leerlingen moeten kennen in het bètaonderwijs, omdat deze terugkomen in de toetsen en examens, maar niet meer voorkomen in het algemene taalgebruik van de leerlingen.

Eén van de oplossingen die Liliane ons bood was *reflective writing*, waarbij je de leerlingen na een mondelinge uitleg 5 minuten gewoon maar wat laat schrijven. Dit hoeft niet nagekeken te worden of juist te zijn, als ze hun gedachten maar opschrijven. Deze oefening helpt om de taalvaardigheid en woordenschat van leerlingen op de lange termijn te verbeteren.

Al met al werden er zeer interessante artikelen en handvatten gegeven om de taalvaardigheid van leerlingen en onszelf te verbeteren.



TOSCA TAMIS, DOCENT BIOLOGIE OP LYCEUM AAN ZEE TE DEN HELDER

Het is altijd leuk om te schrijven voor Jong NVON. Ik doe het met veel plezier! Wil je een bijdrage leveren of heb je leuke ideeën om over te schrijven? Graag ontvangen we dan jouw bijdrage via jong@nvon.nl met een cc naar redactie@nvon.nl.

TOSCA TAMIS, DOCENT BIOLOGIE OP LYCEUM AAN ZEE EN MAVO AAN ZEE TE DEN HELDER



Evolutie in beeld

Tekeningen om systeemdenken rond evolutie te visualiseren

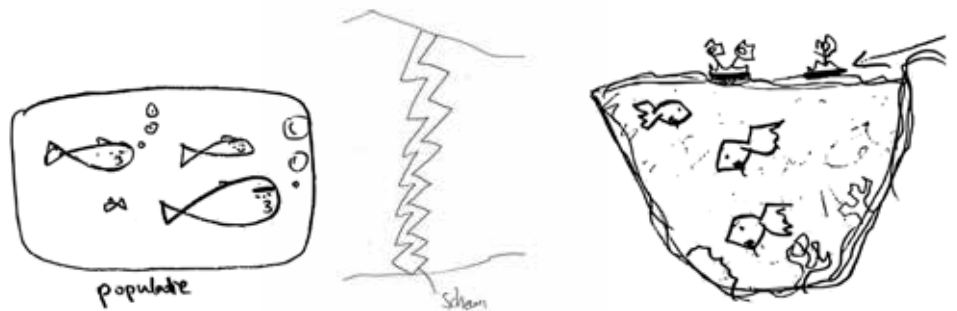
Een school vissen kan door een aardbeving niet meer bij elkaar komen. De ene groep komt terecht in een meer met helder water, de andere in troebel water. Als gevolg van de ecologische veranderingen en door natuurlijke selectie zullen sommige eigenschappen van de vissen versterkt worden, terwijl andere verdwijnen. Systeemdenken kan leerlingen helpen om de complexiteit van zulke biologische processen te begrijpen.

Systeemdenken is een manier van denken waarbij je een complex fenomeen als systeem beschouwt en zijn kenmerken bestudeert om tot een coherenter begrip te komen (Gilissen et al., 2020). In het kader van een bachelor-onderzoek biologie waren wij benieuwd in hoeverre systeemdenken een rol speelt in de tekeningen van biologieleerlingen en hun docent rond het thema evolutie.

In het biologieonderwijs

Evolutie is een belangrijk thema in het biologieonderwijs waaraan veel verschillende concepten ten grondslag liggen. Denk aan genetische variatie, populatiegenetica en natuurlijke selectie. Het kan voor leerlingen moeilijk zijn om de samenhang tussen deze concepten, die ook nog eens vele biologische organisatieniveaus omvatten, te begrijpen. Systeemdenken en het visualiseren van een systeem zouden hiervoor wellicht een oplossing kunnen bieden (Gilissen et al., 2020), doordat ze leerlingen kunnen helpen verbanden te leggen tussen concepten en deze beter te begrijpen.

NARJISS BEN KERROUM en **HIKMAT HAIBE** zijn biologiestudenten met een interesse in onderwijs. Tijdens hun bachelor biologie deden zij onderzoek naar het gebruik van tekeningen in het biologieonderwijs. Inmiddels volgen zij de master Biomedische Wetenschappen aan de Radboud Universiteit. **HANNA STAMMES** is universitair docent bètaonderwijs en onderzoekt onder andere hoe leerlingen en docenten tekeningen kunnen gebruiken om leren te ondersteunen.



Figuur 1. Drie typen getekende systeemgrenzen: a. omlijnde zone; b. breuklijn; c. habitat.

Als leerlingen zelf visualisaties, zoals tekeningen maken, kan dit het leren verder bevorderen én kunnen docenten ook inzicht krijgen in het denken van leerlingen (Quilin & Thomas, 2015). Echter, terwijl leerlingen bij sommige onderwerpen regelmatig tekenen (bijvoorbeeld bij celbiologie of genetica), lijken er nog kansen te liggen bij onderwerpen zoals evolutie. Door in dit onderzoek de tekeningen van leerlingen en hun docent te analyseren op kenmerken van systeemdenken hoopten we meer inzicht krijgen in manieren om onderwijs over evolutie via deze routes te versterken.

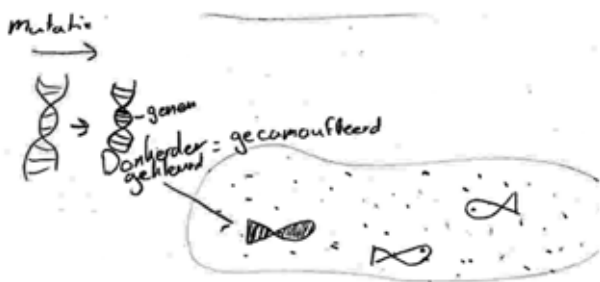
Onderzoekopzet

Dit onderzoek richtte zich op leerlingen uit een 5-vwo-klas en hun biologiedocent. Iedere leerling maakte een tekenopdracht. Ze kregen een A3-tekenvel waar bovenaan kort een scenario werd gegeven over de evolutie van een vissoort als gevolg van een aardbeving. Leerlingen kregen ook een aantal begrippen

rond evolutie die ze in hun tekening moesten verwerken (onder andere fitness, populatie en ecosysteem). In de drie lessen voorafgaand aan de tekenopdracht observeerden we wat voor tekeningen en andere visualisaties de docent gebruikte in de lessenserie over evolutie. Na de lessenserie interviewden we de docent over haar perspectief op de rol van systeemdenken en tekeningen in haar onderwijs over evolutie.

Tekeningen van leerlingen

We analyseerden de tekeningen van leerlingen op de acht kenmerken van systeemdenken: grens, hiërarchie, componenten, interacties, input/output, feedback, dynamiek en emergentie (zie ook Gilissen in Desain, 2023). We zagen dat deze leerlingen de kenmerken verrassend goed konden tekenen, ook al hadden ze dit niet expliciet geoefend. De kenmerken grens, hiërarchie, componenten, dynamiek en emergentie kwamen het vaakst voor. Leerlingen tekenden grenzen



Figuur 2. Voorbeeldtekening van hiërarchie: van het niveau van een DNA-streng met genen naar verschillend gekleurde organismen.

op verschillende manieren, bijvoorbeeld als een omliggende zone, een breuklijn of als een habitat met specifieke (a)biotische kenmerken (figuur 1). De leerlingen tekenden vaak meerdere organisatie-niveaus, van het niveau van een DNA-molecuul tot aan een heel ecosysteem (figuur 2). Dynamiek kwam voor als bijvoorbeeld tekeningen van vissen in beweging, pijlen of klokjes die tijdsverloop weergeven en tekeningen van sterfte van vissen (figuur 3). Het kenmerk emergentie werd getekend in de vormen van fenotype, fitness en natuurlijke selectie (figuur 4). In hun tekeningen hadden leerlingen dus meerdere begrippen uit de evolutie visueel gemaakt en in één tekening bij elkaar gebracht. De kenmerken interactie (bijvoorbeeld tussen twee vissen), input/output en feedback (bijvoorbeeld negatieve selectie) kwamen minder nadrukkelijk naar voren in de tekeningen.

Visualisaties van de docent

Tijdens de lessenserie gebruikte de docent verschillende soorten visualisaties, waaronder een zelfgemaakte PowerPoint-animatie van de predatie op kevers en bordtekening van de genetische variatie, selectie en fitness van kakapo's. Ze deed dit om leerlingen een

beeld te geven bij processen in evolutie en om leerlingen te helpen wellicht contra-intuïtieve of lastige biologische ideeën te begrijpen. De docent verwees ook naar visualisaties in het boek.

In de paar geobserveerde voorbeelden zagen we de systeemkenmerken hiërarchie, componenten, dynamiek, interactie, input/output en emergentie terug. De docent had deze kenmerken niet bewust in de visualisaties verwerkt. Ze zag systeemdenken niet als hoofddoel van haar onderwijs, ook vanwege ervaren tijdsrestricties, maar hoopte dat leerlingen het wel meekregen. De tekenopdracht vond ze relevant voor leerlingen om eens over na te denken en proberen weer te geven. Wel noemde ze dat het belangrijk blijft om in een bespreking te kijken of leerlingen ook echt begrepen wat ze tekenden en labelden. In figuur 2 bijvoorbeeld, zie je dat de leerling een pijl heeft getekend onder het woord 'mutatie'. De docent en de leerling of gehele klas zouden aan de hand van de tekening verder kunnen uitdiepen in hoeverre mutatie en/of genetische variatie de drijvende kracht zijn achter evolutie.

Conclusie en implicaties

Uit dit onderzoek bleek dat leerlingen en docent kenmerken van systeemdenken gebruiken in visualisaties rond evolutie. We zagen dat dit bij de docent onbewust gebeurde en dat de leerlingen systeemkenmerken tekenden zonder hierin expliciet te zijn geïnstrueerd. Evolutie en systeemden-



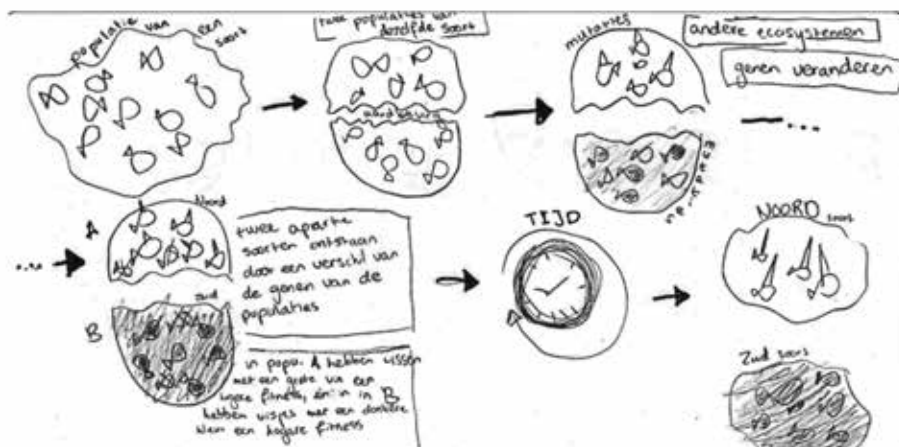
Figuur 4. Voorbeeldtekening waarin emergentie te zien is, namelijk de betere fitness van donkere vissen in het troebele water (met stipjes aangegeven). Deze donkere vissen zijn minder zichtbaar voor predatoren dan de lichte vissen (die in de tekening worden opgegeten).

ken lijken dus een natuurlijke fit. Docenten zouden daarnaast het thema evolutie kunnen aangrijpen om hun leerlingen expliciet te leren over systeemdenken. We zagen in de tekeningen van leerlingen bijvoorbeeld dat zij tijdsverloop niet vaak aangaven, terwijl dit wel een belangrijk aspect is van evolutie. Een expliciete focus op systeemdenken, waaronder het systeemkenmerk dynamiek, zou leerlingen wellicht kunnen helpen om dit aspect ook mee te nemen in hun denken over evolutie en het visualiseren hiervan. Expliciet onderwijs over systeemdenken kan leerlingen ook helpen om systeemtaal te ontwikkelen en de brede toepasbaarheid ervan te herkennen (Gilissen et al., 2020). Docenten zouden tekenopdrachten ook kunnen gebruiken om belangrijke begrippen in de evolutie met elkaar in verband te brengen, zoals in dit onderzoek. We zagen dat dit waardevolle informatie kan opleveren voor de docent en diens onderwijs. Dit onderzoek geeft voorbeelden van waar docenten in zulke tekeningen door leerlingen op kunnen letten. ●

Met dank aan Peter Klaren voor zijn mede begeleiding van dit onderzoeksproject en Nata-sja Jannink voor haar input op dit artikel.

BRONNEN

- Gilissen, M. G. R., Knippels, M. C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2020). Bringing systems thinking into the classroom. *International Journal of Science Education*, 42(8), 1253-1280. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1755741>
- Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-Learn: A framework for using drawings to promote Model-Based Reasoning in Biology. *CBE Life Sciences Education*, 14(1), es2. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128>
- Desain, C. (2023). Met een systeembril naar de biologie (leren) kijken. *NVOX* 48(5): 46-48



Figuur 3. Voorbeeldtekening waarin dynamiek in de vorm van tijdsverloop te zien is. De pijlen geven verschillende fases aan in het proces en het klokje geeft aan dat er (veel) tijd verstrijkt bij soortvorming.

Medicijnafgifte gesimuleerd?

Leerlingen vinden het vanzelfsprekend dat medicijnen werken. Dat is nagedacht over afgifte van de werkzame stof in het lichaam, daar staan ze niet bij stil. We beschrijven een experiment met gekleurde alginaatbolletjes als een model voor de langzame afgifte van werkzame stoffen. Zo begrijpen leerlingen één methode voor langzame afgifte van medicijnen in het lichaam.

Van sommige medicijnen zoals paracetamol neem je een of twee pillen in één keer in. De concentratie in het lichaam is dan snel hoog en neemt daarna langzaam in het lichaam af. Bij andere medicijnen (matrix-medicijnen) wordt de werkzame stof over langere tijd afgegeven waardoor de concentratie in het lichaam redelijk gelijk blijft. De laatste vorm kan gesimuleerd worden met de afgifte van kleurstof door alginaatbolletjes. Alginaat is een natuurlijk polymeer. Het lost op in een waterige oplossing. Als de alginaatoplossing in contact komt met een calciumzout, vormt het een in water onoplosbaar gel. Door de alginaatoplossing in de oplossing met calciumzout te druppelen, krijg je kleine bolletjes van de alginaatoplossing met een huidje van de ontstane gel. Door toevoeging van smaakstoffen of kleurstoffen aan de oplossing worden deze ook ingekapseld. Dit effect wordt onder andere in de gastro-nomische keuken gebruikt. Daar worden de bolletjes '(alginaat)kaviaar' genoemd. Net als echte kaviaar zorgen ze voor een explosie van smaak wanneer het bolletje knapt in je mond.



HENRIETTE KLEIN BLUEMINK is toa op het Montessori College Twente en vakdidactisch medewerker bij CMA en tevens bestuurslid NVON TOA, [linkedin.com/in/henriette-klein-bluemink-b139271a2](https://www.linkedin.com/in/henriette-klein-bluemink-b139271a2)



AD MOOLDIJK was vakdidacticus en lerarenopleider aan de UU, is nu vakdidactisch medewerker bij CMA, <https://www.linkedin.com/in/ad-mooldijk/>



Figuur 1. Alginaatbolletjes in cuvet

Afgifte simuleren

Behalve voor culinaire doeleinden kunnen alginaatbolletjes, gevuld met kleurstof, gebruikt worden in een model dat simuleert hoe sommige matrix medicijnen werken. De bolletjes staan voor het in te nemen medicijn. De afgifte van de kleurstof staat dan model voor de afgifte van de werkzame stof van dat medicijn.

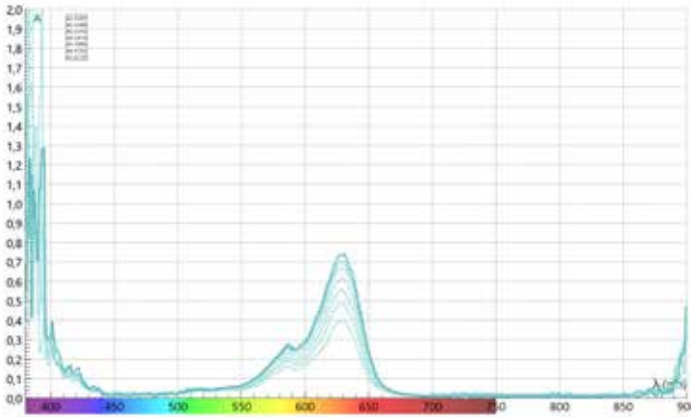
In dit experiment wordt een niet-giftige, wateroplosbare blauwe kleurstof gebruikt, zoals E133, die goed te detecteren is met een spectrometer. Een klein aantal gekleurde alginaatbolletjes wordt geplaatst in water wat de omstandigheden van het menselijke lichaam simuleert. Daar geven ze dan langzaam hun kleurstof af.



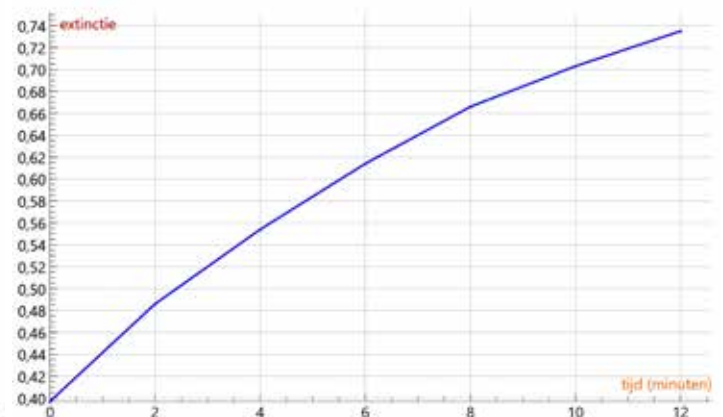
Figuur 2. De gebruikte spectrofotometer met lichtbron

Op verschillende tijdstippen wordt de oplossing nu geanalyseerd op kleurintensiteit. De kleurintensiteit is een maat voor de concentratie van de gekleurde vloeistof en is direct gerelateerd aan de hoeveelheid kleurstof die door de alginaatbolletjes wordt afgegeven. Om de kleurafgifte te meten kan een spectrometer met lichtbron gebruikt worden. Deze meet de extinctie van licht bij alle golflengtes. De extinctie is evenredig met de concentratie van de kleurstof. Door op verschillende tijdstippen een meting te doen kun je de kleurafgifte over de tijd heen bekijken. Hier hebben we een spectrometer gebruikt, de simulatie kan ook met een colorimeter gedaan worden.

Door de extinctie met een spectrometer te meten, wordt een 'foto' van het gehele spectrum gemaakt. Zo kun je goed zien dat bij iedere tijdsmeting eenzelfde patroon waar te nemen is in het spectrum. Het spectrum (figuur 3) laat ook goed zien dat er een optimale golflengte is (hier rond 630 nm) om de extinctie in de tijd af te lezen voor de concentratie van de oplossing. Dat overzicht mis je bij het gebruik van een colorimeter.



Figuur 3. Gemeten extinctie van de kleurafgifte in de tijd



Figuur 4. Extinctie uitgezet tegen de tijd

Analyse en beschouwing van de meting.

De gemeten extincties kunnen uitgezet worden tegen de tijd om het verloop van de kleurafgifte te bekijken (figuur 4).

De resultaten laten een duidelijk tijdsafhankelijk afgifteprofiel van de kleurstof uit de alginatbolletjes zien. In de eerste minuten van de metingen wordt een snelle afgifte van kleurstof waargenomen, gevolgd door een geleidelijke afname naarmate de bolletjes meer kleurstof hebben afgegeven. Dit patroon is vergelijkbaar met de gecontroleerde afgifte van werkzame stoffen in matrixmedicijnen. Door de afgeleide te nemen van de extinctie tegen de tijd, krijg je een diagram van de afgiftesnelheid tegen de tijd. Dit laat mooi de afname in snelheid zien!

Alginatbolletjes als model voor medicijnafgifte

Een goed model?

Als het medicijn in het lichaam is opgenomen, zal de werkzame stof verder het lichaam ingaan en niet bij de pil blijven. Hier blijft de afgegeven stof in het cuvet. Dat verlaagt wellicht de afgiftesnelheid in vergelijking met de afgifte in het lichaam.

De werkzame stof wordt normaal langzaam afgebroken in het lichaam. Dat gebeurt in het cuvet niet.

Na het experiment kan nog een discussie plaatsvinden over de voordelen en beperkingen van het gebruik van modellen in wetenschap en techniek. Ook kunnen leerlingen bedenken hoe dit experiment aangepast kan worden om beter aan te sluiten bij wat er in het lichaam gebeurt bij gebruik van dit soort medicijnen.

Hoe wordt de meting uitgevoerd?

- Doe acht alginatbolletjes in een cuvet.
- Voeg 3 mL demiwater toe, doe een dopje op de cuvet en zwenk.
- Laat de bolletjes op de bodem zakken en doe een meting, dit is je nulmeting.
- Meet om de 2 minuten de extinctie van de oplossing in de cuvet. Meng de oplossing steeds ongeveer een halve minuut voor een meting, de bolletjes hebben dan voldoende tijd om weer op de bodem te zakken voor de meting.
- Totaal 20 minuten meten geeft een goed beeld van de afgifte van de kleurstof.

Tot slot

Met dit experiment kun je de werking van de afgifte van de werkzame stof in medicijnen simuleren en met de klas ingaan op voordelen en ook beperktheid van dit en van soortgelijke modellen. De spectrofotometrische metingen leveren gedetailleerde informatie over het afgiftegedrag van de kleurstof en kunnen goed gebruikt worden voor het gebruik van colorimeters.

Voor het gehele experiment, zowel een colorimeter als een spectrometer versie, inclusief de Coachbestanden, leerling- en docentmateriaal ga naar:

cma-science.nl/lesmateriaal of scan de QR-code. ●



BRONNEN

- Sjekfoken.nl. (2025). *Bolvorming*. Geraadpleegd op 23 januari 2025, van <https://www.sjekfoken.nl/kooktechnieken/bolvorming/>
- Science in School. (2016). *Molecular gastronomy: Chemistry in the classroom*. Geraadpleegd op 28 februari 2025, van <https://www.scienceinschool.org/nl/article/2016/molecular-gastronomy-chemistry-classroom/>
- Graaf, L. de (z.j.) OP05: Alginatbolletjes. *Showdechemie* (NVON). Geraadpleegd op 15 maart 2025, van <https://www.nvon.nl/leswerk/showdechemie-op05-alginatbolletjes>
- Steendam, R. (2005). *Amylodextrin and poly(DL-lactide) oral controlled release matrix tablets: Concepts for understanding their release mechanisms* (pp. 179 en verder) [Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen]. Geraadpleegd van <https://pure.rug.nl/ws/portalfiles/portal/150703427/thesis.pdf>
- Zie ook de onlineversie van het artikel voor een recept voor alginatbolletjes. Met dank aan E. Kastenbergh (DOT UT Enschede) voor het oorspronkelijke idee.



TOT-Twente op bezoek bij KLK Kolb Specialties B.V.

Helaas zijn er nog steeds weinig leerlingen die zich aanmelden voor een opleiding laboratoriumtechniek. Wat is hiervan de oorzaak en hoe kunnen we dit beïnvloeden? Voor VO-scholen is het steeds moeilijker om aan geschoolde en/of ervaren toa's te komen.

Ook in het oosten van Nederland hebben procestechnische bedrijven te maken met een tekort aan personeel. De contacten tussen deze bedrijven en de laboratorium- en procesopleiding zijn intensief, maar helaas starten weinig studenten deze opleiding.

Er is een samenwerkingsverband van onderwijsinstellingen en bedrijven in de procestechniek genaamd Process Your Future. Het doel is om onderwijs, studenten en banen met elkaar te verbinden. Zorgen dat er voldoende goed opgeleid personeel

beschikbaar blijft. En dat studenten de juiste, meest actuele kennis en vaardigheden leren die nodig zijn in deze snel veranderende wereld.

Zeer welkom

Als TOT-Twente denken we hier ook over na en hebben het aanbod aangenomen om op bezoek te gaan bij KLK Kolb Specialties te Delden. Een procestechnisch bedrijf bezoeken is interessant wat betreft de werkzaamheden daar, maar ook wat betreft de mogelijkheden voor onze leerlingen.

Wat waren we welkom bij KLK Kolb. Het bedrijf heeft dringend personeel nodig met een laboratorium- en/of proces technische opleiding. Ze willen graag leerlingen laten ervaren dat een baan in de procestechniek mooi en afwisselend is.

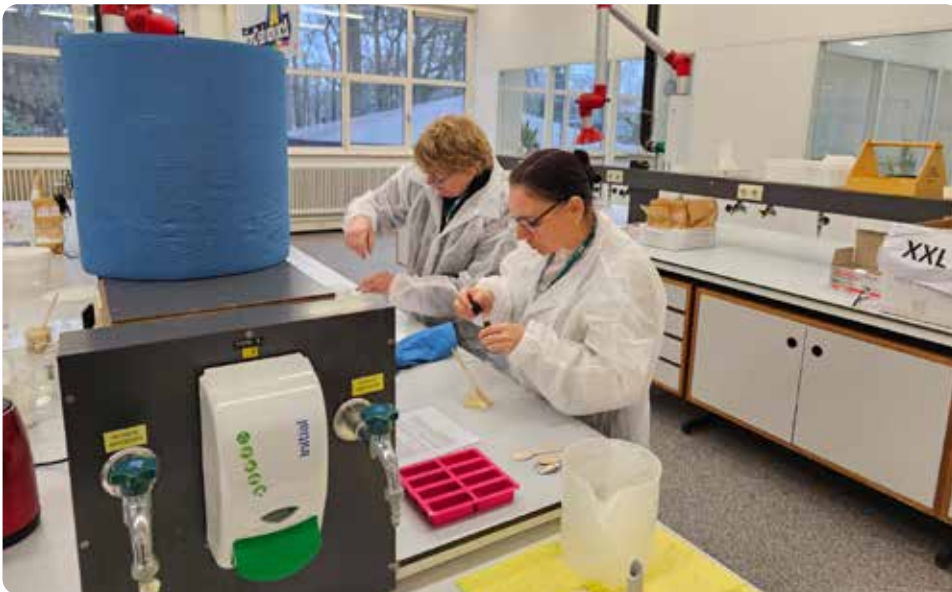
Voorafgaand aan het bezoek moesten we allemaal een veiligheidsfilm bekijken, schoenmaat en kledingmaat doorgeven. Bij aankomst moesten we ons legitimeren en kregen we een bezoekerspas waarmee we, onder begeleiding, het terrein op konden. Na een heerlijke lunch kregen we een uitgebreide presentatie over het bedrijf, de veiligheidsvoorschriften, eigen brandweer, producten et cetera.

Producten

Zowel de website als de presentatie begint met de tekst: "Toen je vanmorgen een douche nam en een schoon shirt aantrok, ben je misschien in contact gekomen met een product van KLK Kolb. De producten die KLK Kolb produceert, zijn oppervlakte-actieve stoffen, stoffen die worden gebruikt om wasmiddelen en shampoos te maken, maar die ook via een stuk papier of medicijnen hun weg naar u kunnen vinden."

Op de productielocatie in Delden draaien continue multifunctionele batchreactoren, gespecialiseerd in meerstapsreacties op locatie. Door productontwikkeling, vaak in nauwe samenwerking met klanten, in het eigen R&D-centrum, bedient het bedrijf succesvol uiteenlopende markten zoals huishoudelijke en industriële en institutionele reiniging, diervoeding, landbouw, bouw, textiel, pulp en papier, metaalbewerking, kunststoffen en polymeren. Het bedrijf verwerkt natuurlijke en synthetische grondstoffen in hoogwaardige producten op drie verschillende locaties in





Zwitserland en Nederland. In totaal werken er ongeveer 480 mensen bij KLK Kolb.

Rondleiding

We kregen een rondleiding over het terrein en mochten kijken bij de controleruimtes met veel schermen, waarop per unit het proces te volgen en bij te sturen is. Voorafgaand aan de rondleiding lagen er veiligheidsschoenen, kleding, helmen en brillen netjes op naam klaar.

Daarna mochten we op het lab allerlei proefjes doen, zoals doucheproducten maken. Proefjes uitproberen en uitvoeren, daar worden toa's heel enthousiast van, zoals op de foto's te zien is. We hadden een leuke leerzame middag en hebben ervaren dat een procestechnisch

bedrijf een interessant bedrijf is om voor te werken. Afwisselend werk met goede verdiensten, maar hoe gaan we onze leerlingen enthousiasmeren?

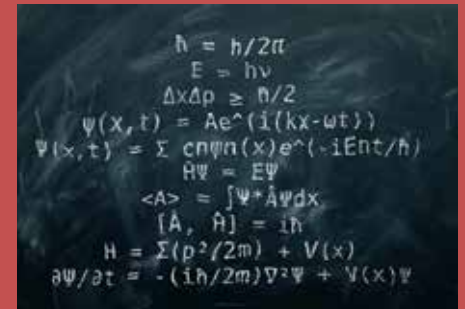
HETTY LOURENS, TOA MARIANUM GROENLO

Bloedsomloopspel

De bloedsomloop

Op school hebben wij een bloedsomloopspel gemaakt als activiteit voor tijdens een bio-logieles en maar ook voor de open dag. Voor dit spel hebben wij een bloedsomloop laten afdrukken op een groot zeil van ca. 3 m lang en 1,20 m breed. In dit spel moeten (nieuwe)

Reageren met een glimlach



Heisenberg

De onzekerheidsrelatie van Heisenberg wordt niet getoetst tijdens onze Binas-projectweek in klas drie. Maar onze leerlingen vinden het maar wát moeilijk om met onzekerheden om te gaan. "Meneer, de voltmeter blijft maar oplopen. Hij stond eerst op 0,703 en nu staat hij op 0,704!" Bezorgd kijkt het groepje naar de citroenbatterij die voor hun op tafel ligt. "Wat doen we fout?" Lastig om uit te leggen dat die multimeter, die ze gebruiken 'ook maar een mens is' en dat de spanning in een fruitbatterij best wel een beetje kan wisselen. De vergelijking van Nernst, met al haar nuances, voert ook wat te ver als verklaring.

We leren onze leerlingen dat water kookt bij 100 graden Celsius en bevriest bij 0 graden Celsius. Onze thermometers zijn het daar niet altijd mee eens. We leggen dan meestal uit dat het goedkope thermometers zijn en dat de theorie toch echt klopt! Het verschil tussen theorie en praktijk komt ook naar voren in proefjes die er op papier heel aardig uitzien, maar in de praktijk gewoon niet werken. Of je hebt er zoveel spullen voor nodig dat het niet haalbaar is. Een 'basic' proefje ontwerpen dat altijd werkt, ook met eenvoudige spullen, is echt een kunst! Bij het groepje van de citroenbatterij heb ik trouwens de gevoeligheid van de meter aangepast. Toen zagen de leerlingen alleen nog maar 0,7 volt staan en was voor hen het probleem opgelost.

REINDER HORINGA, TOA SCHEIKUNDE EN NLT, CLV VEENENDAAL

leerlingen de bloedsomloop zelf (letterlijk) belopen. Het is de bedoeling om dit in zo'n kort mogelijke tijd met het minst aantal fouten te voltooien.



Opdrachten met gekleurde deeltjes

De leerlingen krijgen verschillende opdrachten om bij de diverse organen zuurstofdeeltjes (rood gekleurd), koolzuurdeeltjes (zwart gekleurd) en suikerdeeltjes (groen gekleurd) mee te nemen en bij het goede orgaan weer neer te leggen. In bakjes worden van tevoren bij verschillende organen deze deeltjes neergelegd. Na afloop wordt geteld hoeveel deeltjes in de juiste bakjes zijn neergelegd.

Een succes!

Door de keuze van de vorm van een spel is het een uitdaging voor de leerlingen! Leerlingen krijgen visueel een goed inzicht hoe de bloedsomloop in elkaar zit. Het spel is te versimpelen door op de bloedsomloop pijlen (met een richting) met rood tape aan te brengen of namen weer te geven van enkele organen. Het spel is goed geschikt voor de eerste klas. Ook kan het met andere opdrachten moeilijker gemaakt worden voor hogere klassen.

De losse pdf is te downloaden bij dit artikel op de NVON-website.

GERWIN BREUGEM, TOA BIOLOGIE EN SCHEIKUNDE EN **JACO JACOBS**, DOCENT BIOLOGIE, DRIESTAR-WARTBURGSCHOLEN-GROEP, LOCATIE REVIUS

BLOEDSOMLOOPSEL

Doe het bloedsomloopspel! Hoe snel speel jij dit spel? En probeer zo weinig mogelijk fouten te maken....



- Zet je voeten op de **holle ader**. Dat  is onderaan links in het blauwe grote bloedvat. Pak **3** deeltjes **zwart koolzuur**, (wat ook in je adem zit) bij het bordje **START**. **START** de stopwatch.
- Loop door tot de **rechter boezem**  **van het hart**. Pas op neem de goede afslag!
- Ga via de rechter kamer (dat is het onderste deel van het hart) naar de longslagader.
- Duik nu de longen in.  Adem diep uit en laat **het koolzuur** achter in de long en neem **3** deeltjes **rood zuurstof** mee en ga de long weer uit.
- Ga het hart opnieuw in bij de **linker boezem**. Ga door de hartklep weer via de linkerkamer het hart uit. Neem het zuurstof mee.
- Volg het grootste bloedvat, de **lichaamslagader** of aorta genoemd. Pas op, neem de goede afslag en ga niet naar de hersenen!
- Loop door naar de **darmen**  en laat daar **1** deeltje **zuurstof** achter. Neem **3** deeltjes **suiker** mee.
- Loop door naar de lever  en laat daar **1** deeltje **zuurstof** en **1** deeltje **suiker** achter, houdt de andere deeltjes **suiker** bij je. Neem ook **1** **koolzuur** mee.
- Ga verder naar het grote bloedvat en volg de onderste holle ader weer tot het hart. Ga verder op de achterkant van het blad!!
- Ga via de rechter boezem en de rechter kamer naar de longslagader en lever daar **alle** **koolzuur** in bij de longen.  Vul het aantal **zuurstofdeeltjes** aan tot **3** en ga de long weer uit naar de aorta.
- Loop door naar de sterke doorbloede spieren  en lever daar alle overgebleven deeltjes **suiker** in en ook de meegenomen deeltjes **zuurstof**. Neem **3** deeltjes **koolzuur** mee terug.
- Ga weer terug naar de onderste holle ader en loop door tot de rechter boezem van het hart. Leg de overgebleven deeltjes die je nog in je handen hebt in het bakje bij **FINISH**. Je bent nu klaar! **STOP** de stopwatch.

Een kabinetflitsje, klein maar...



Energieomzetting

Een oude, getrouwe proef kwam op mijn pad. Als een hamer op een aambeeld slaat, wordt er ook warmte geproduceerd. Van bewegingsenergie naar warmte. Als je nu een pvc-buis van één meter lang vult met bijvoorbeeld loden kogeltjes en je laat deze massa vallen van de ene deksel naar de andere deksel, dan ontstaat er een klein beetje warmte die gemeten kan worden met een thermometer. De thermometer, die contact maakt met de loden kogeltjes, kan worden aangebracht door een klein gaatje in de deksel. Als je nu 100 keer de buis om en om draait, dan wordt door de kogels een afstand afgelegd van 100 meter. De potentiële energie wordt omgezet in warmte. Er geldt: $m \cdot g \cdot \Delta h = c \cdot m \cdot \Delta T$. De massa kan dus worden weggelaten. Met $h = 100$ meter, soortelijke warmte (c) lood = 128 J/kgK en $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ wordt $\Delta T = 7,66 \text{ K}$. Door warmteverliezen wordt deze temperatuurstijging niet gehaald. Je kunt ook met een ander materiaal zoals zand aan de slag gaan of juist de soortelijke warmte laten bepalen.

JAN BEEMSTER, TOA NATUURKUNDE, ATLAS COLLEGE IN HOORN, LOCATIE OSG WEST-FRIESLAND



NVON op locatie bij de Hortus in Amsterdam

NVON op locatie is een initiatief dat al een aantal jaren bestaat en waarin we met docenten en toa's naar bedrijven, instellingen en musea gaan, om te kijken wat ze doen en hoe ze onze lessen kunnen verrijken of mogelijkheid geven voor een excursie met leerlingen. Voor volgend schooljaar zijn er ook alweer ideeën. De eerste is al gepland.

Hortus in Amsterdam: 8 oktober

Op woensdagmiddag 8 oktober kunnen we de vernieuwde Hortus in Amsterdam bezoeken. De Hortus Botanicus Amsterdam is een van de oudste botanische tuinen ter wereld. In de tuin en de kassen groeien maar liefst 4.000 soorten planten uit alle windstreken. Met haar rijke historie is de Hortus een oase van rust midden in de drukke stad. De Hortus nodigt toa's en (biologie) docenten uit voor een inspiratiebezoek. Stap binnen in de gloednieuwe Klimatenkas van de Hortus! De eerste volledig duurzame, klimaat neutrale kas! In de kas zijn verschillende vegetatiezones ondergebracht: het tropisch regenwoud, de woestijn en het fynbos van Zuid-Afrika. De Klimatenkas in de Hortus wordt het huis van de biodiversiteit. In de drie verschillende klimaten leer je wat klimaat met de soortenrijkdom van het leven doet. Een cactus ziet er niet voor niets heel anders uit dan een tropische palm. Door de vegetatiezones naast elkaar te ervaren, wordt duidelijk dat ieder klimaat unieke kenmerken heeft die bepalend zijn voor de ontwikkeling van de planten die er leven. Hierdoor wordt ook duidelijk dat klimaatverandering ingrijpende gevolgen heeft voor planten, plantensoorten en de biodiversiteit. Kom naar de Hortus en beleef de Klimatenkas tijdens een rondleiding, leer over techniek die deze kas emissievrij maakt, en ontdek het nieuwe lesmateriaal van de Hortus voor het voorgezet onderwijs.

Mocht je geïnteresseerd zijn in deze of andere NVON op locaties bekijk de website van de NVON: www.nvon.nl/nvon-op-locatie. Heb je nog ideeën voor een NVON op locatie? Mail dan naar: joost.verheij@nvon.nl.

Van koorts naar kuur

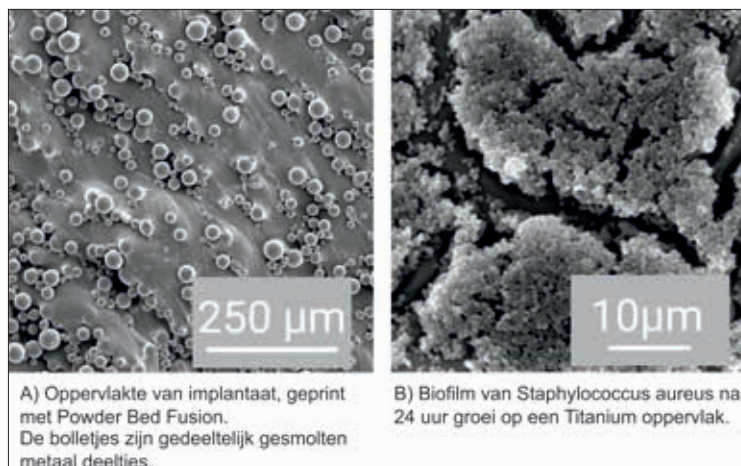
Nieuwe strategieën om biofilms in orthopedie te voorkomen

In het decembernummer van NVOX hebben we nieuwe benaderingen verkend in de oude strijd tegen antimicrobiële resistentie (AMR), onder meer in de orthopedie. Deze methoden waren geïnspireerd door de natuur en gericht op het voorkómen van bacteriële infecties. Echter, als de lichaamseigen verdediging bezwijkt en het lukt bacteriën om een biofilm te maken, dan is een agressievere aanpak noodzakelijk.

Door de grote verbetering in hygiëne en preventieve maatregelen gedurende de afgelopen 100 jaar, is het aantal gevallen van ontstekingen na chirurgie sterk vermindert. In het decembernummer is beschreven hoe het oppervlak van orthopedische implantaten met etstechnieken is behandeld, waardoor bacteriën zich veel slechter hechten. Hierdoor zijn macrofagen in het voordeel in de ‘race to the surface’, om het oppervlak van het implantaat te koloniseren. Desalniettemin, af en toe lukt het bacteriën om het immuunsysteem voor te zijn, en een biofilm te vormen, met alle nare gevolgen van dien.

Biofilm: de uitdaging!

Bij infecties in de orthopedie worden meestal bacteriesoorten gevonden die biofilms kunnen vormen. Onder gunstige omstandigheden vermenigvuldigen deze micro-organismen zich, terwijl ze verschillende soorten macromoleculen uitscheiden, waaronder extracellulaire DNA, polysacchariden, proteïnen en vetten. Als deze matrix kan groeien rondom de bacteriën, ontstaat een gemeenschap die zichzelf beschermt met een biologische schild, de zogenaamde biofilm (zie figuur 1). Biofilms komen ook in andere omstandigheden voor. Menigeen zal gemerkt hebben dat een biofilm kan leiden tot een onplezierig bezoek aan de tandarts. Biofilms ontstaan niet alleen in de mens, eigenlijk op elk



Figuur 1

oppervlak kan een biofilm ontstaan, als de bacteriën zich kunnen hechten. Biofilms worden gevonden in de voedselindustrie of in waterleidingen, waar ze een bron van ernstige besmettingsrisico's vormen. Andere soorten biofilms groeien op bouwwerken onder water, waardoor de slijtage aanmerkelijk wordt versneld.

Hoewel de exacte samenstelling van biofilms verschilt van soort tot soort, hebben ze wel een paar belangrijke eigenschappen gemeen: ze verhinderen de infiltratie van afweercellen, zodat er geen specifieke immunoreactie kan optreden, en de bacteriën dus niet opgeruimd worden. De diffusieweerstand van de matrix verhindert ook de effectiviteit van behandeling met antibiotica. Onderwijl kunnen de bacteriën ongehinderd verder groeien in de veilige en voedingsrijke omgeving die de biofilm biedt. De gemeenschap evolueert naar

een zichzelf in stand houdende kolonie, waaruit andere delen van het lichaam geïnfecteerd kunnen worden. Hoe kan het lichaam deze strijd winnen?

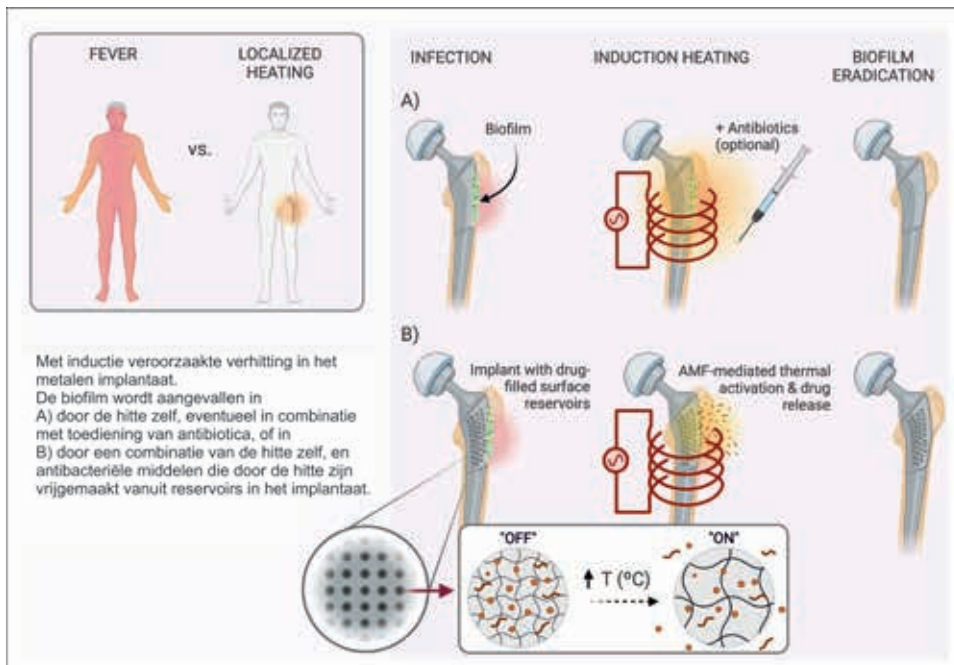
De redding: koorts!

Net zo als het etsen van nanopatronen op de implantaten

gebaseerd was op oplossingen uit de natuur, komt ook het idee van de actieve aanpak uit het menselijk lichaam. Koorts, we hebben het allemaal wel eens gehad. Zodra onze verdedigingsradar vreemd en ongewenst bezoek registreert, leidt een cascade van gebeurtenissen tot het opwarmen van het lichaam, net genoeg om het immuunsysteem te activeren en de indringer te verzwakken.

De meeste bacteriële processen werken optimaal binnen een bepaald temperatuurbereik. Buiten dit venster ontstaat *heat stress*, ten gevolge van geleidelijk toenemende schade en de-activatie van membraangebonden en intracellulaire eiwitten, met als gevolg ontregeling van de homeostase.

De biofilm wordt op een zelfde manier beschadigd tijdens blootstelling aan hitte. Vanzelfsprekend, hoe heter, des te groter zijn de effecten. Tijdens koorts warmt het lichaam



Figuur 2

maar een paar graden op na blootstelling aan ziekteverwekkers, die over het algemeen gevoeliger zijn voor hitte dan de meer ontwikkelde eukaryotische cellen. Boven de 40°C ontstaat ook schade bij lichaamseigen cellen, en zeker bij 42°C wordt de situatie levensbedreigend. Bij industriële toepassing van hitte worden bacteriën vrijwel volledig vernietigd (sterilisatie) of in ieder geval zware tegenslag toegebracht (pasteurisatie), maar daar zou ons eigen lichaam ook aan ten onder gaan.

Als de zaken verhit raken

De vraag is dus, hoe kan hitte in het menselijk lichaam gebruikt worden om een biofilm op orthopedische implantaten te voorkomen? Het mechanisme dat de NWA-DARTBAC-onderzoekers gebruiken lijkt veel op koken met inductie. Een wisselend magnetisch veld (*alternating magnetic field, AMF*) rondom het oppervlak van roestvrij stalen of titanium implantaten, leidt tot plaatselijke en tijdelijke verhitting tot 60 à 65°C. Deze temperatuur is hoger dan tijdens koorts, maar vergelijkbaar met de belasting als gevolg van boren in bot, of de in situ polymerisatie van beencement. Vanwege hun nabijheid krijgen de bacteriën de volle laag (zie figuur 2A).



Figuur 3

Hyperthermie heeft veelbelovende effecten getoond, vooral in de strijd tegen moeilijke biofilms, in samenhang met antibiotica of andere antibacteriële middelen. De verhitting maakt een bres in de polysaccharide-muur, waardoor de bacteriën kwetsbaar worden voor de tweede aanvalsgolf, met antibacteriële middelen. Deze resultaten hebben er toe geleid dat het onderzoek overgaat naar de volgende fase, klinisch onderzoek in mensen.

Locale afgifte van geneesmiddelen

Overmatig gebruik van antibiotica is een belangrijke oorzaak van de toename van antimicrobiële resistentie (AMR). Intraveneuze of orale toediening leidt bovendien tot het risico op *collateral damage* bij het commensaal microbioom, de bacteriën die nuttig zijn voor het lichaam. Soms is deze toedieningsroute noodzakelijk, maar plaatselijke toediening kan vaak net zo doeltreffend zijn. Zo worden dit soort middelen profylactisch gebruikt om infecties tijdens het aanbrengen van implantaten te voorkomen.

Optimaal ontworpen geneesmiddelen moeten alleen werkzaam zijn op de gewenste plaats, een methode die *on-demand* of *targeted drug delivery* wordt genoemd. De behandeling van infecties op implantaten wordt extra bemoeilijkt door de slechte door-dringbaarheid van de biofilm. Deze middelen kunnen echter prima ingebouwd worden in het implantaat (zie figuur 3).

Een implantaat dat antimicrobiële middelen in zich opslaat en op het juiste moment afgeeft, vertegenwoordigt een veelzijdig sys-

teem dat een combinatie van verschillende technieken vereist. Het is beter om de stoffen op te slaan in kleine reservoirs in het implantaat dan als coating erop, omdat coatings beschadigd kunnen raken tijdens het vaak wat ruwe aanbrengen van het implantaat. *Powder bed fusion* (een vorm van *3D-printing*) geeft de flexibiliteit om complexe, direct onder het oppervlak gelegen reservoirs aan te brengen. De geneesmiddelen worden vrijgemaakt door een externe, AMF-gemedieerde hitte stimulus (zie figuur 2B). Om het vrijmaken mogelijk te maken, wordt de drug gemengd met een thermo-gevoelige hydrogel/hydropolymeer. Dit soort materiaal verandert bij verhitting van een 'uit'- naar een 'aan'-configuratie, waardoor het antibiotische middel vrij komt. Door het resistentieprobleem zijn veel antibiotica de laatste jaren minder effectief geworden. Daarom zoeken onderzoekers naar andere takken van antibacteriële stoffen, zoals natuurlijke of synthetische peptiden, die minder aanleiding geven tot de ontwikkeling van antimicrobiële resistentie. Het zal duidelijk zijn dat dit soort projecten kennis vergen van chemie en materiaalkennis van metalen, polymeren en peptiden, in combinatie met vaardigheden als metaalbewerken, polymeersynthese en in vitro kweken van bacteriën en zoogdiercellen. Zelfs als er een programma zou bestaan om mensen hiervoor op te leiden, dan nog is het onmogelijk om alleen zo'n project aan te pakken. Zoals zo vaak is succes afhankelijk van teamwork, waarbij onder meer microbiologen, chirurgen en materiaalkundigen bijeen gebracht zijn. En dan nog, het belangrijkste is een goed-gedefinieerd project en een team dat gedreven wordt door nieuwsgierigheid, dat bereid is om te leren, en beschikt over doorzettingsvermogen, zelfs na meerdere tegenslagen. Deze voorwaarden komen samen in het NWA-DARTBAC consortium. ●

GRATIS KWARTETSPEL

Wilt u iets leuks voor uw lessen over antimicrobiële resistentie (AMR)? NWA-DARTBAC heeft een kwartetspel ontwikkeld. De Engelse versie is voor havo/vwo leerlingen vanaf klas 3, de Nederlandstalige versie is wat toegankelijker en geschikt voor leerlingen vanaf groep 7. Gratis, zolang de voorraad strekt. Scan de QR-code.





Marc van Ranst. **Virologica. Wetenschap tussen waarheid, welzijn en waanzin.** Tielt: Lannoo (2025). 320p. ISBN 9789020961102. € 27,99.

Virologica

De auteur is viroloog en geeft zeer deskundig uitleg over virussen, virusziekten en over de covid-19-pandemie. Het hele verloop van het begin tot het eind wordt beschreven; vanaf de eerste meldingen vanuit Wuhan, de constatering dat het een pandemie betreft, de (soms onsympathieke) maatregelen om uitbreiding in te dammen en de impact die het op de samenleving had. Dat was in België vaak wel te vergelijken met de situatie in Nederland. Maar het is ook het verhaal van een man die zich staande moest houden in een wereld vol waanzin. Door bedreigingen moet hij met zijn gezin onderduiken in een safehouse. Hij krijgt het aan de stok met 'Viruswaanzin' en 'Viruswaarheid' en moet

rechtszaken voeren waarbij hij vooral zijn eigen verdediging opstelt en ze overigens alle wint. Hij treedt op een ongelooflijke manier in de openbaarheid. In het boek is ook een bloemlezing opgenomen van tweets die gemaakt zijn door een tegenstander van hem. Vaak wordt op een onderkoelde toon (vaak zelfs humoristisch) geschreven over alle negatieve benaderingen. Toch zal dit wel impact hebben gehad.

Dit boek moet je lezen om je te realiseren hoe het allemaal was, maar ook omdat er in de toekomst zeker weer een pandemie kan optreden.

MARIJKE DOMIS



Mirjam van Velzen-Barendsen en Dineke van Krimpen (red.). **Van mummiepoeder tot zilverschoon. De beproefde remediën van Christina Poppinck.** Zutphen: Erfgoedcentrum Zutphen i.s.m. Achterhoek Uitgevers (2025). 236 p., ill. ISBN 9789083482125. € 29,95 (excl. verzendkosten). Verkrijgbaar via achterhoekuitgevers.nl en bol.com

Van mummiepoeder tot zilverschoon

Wat deed een medisch receptenboek uit 1613 in het Oud-Rechterlijk Archief van de gemeente Zutphen? Een boek samengesteld door een Duitse vrouw nog wel: Christina Poppinck. Tien jaar werd er aan het onderzoek gewerkt. Stukjes informatie werden uit heel Europa samengebracht, zodat er een overzicht ontstond van haar leven en haar werk. En zelfs haar beeltenis kwam boven water. Als welgestelde apothekersdochter had Christina toegang tot medicinale kennis én de financiële middelen om een boek samen te stellen. Ze schreef het waarschijnlijk vooral voor zichzelf, om te onthouden welk middel werkte tegen welke kwaal. Bij sommige recepten gaf ze aan

dat die volgens haar werkten, andere streepte ze later door. Dit boek bestaat grofweg uit twee delen. Het eerste deel gaat over haar leven en werk, over het manuscript zelf, de gebruikte taal, de ingrediënten, recepten en medicijnen. Het tweede deel beslaat de transcriptie van de Hoogduitse tekst met daarnaast de hedendaagse Nederlandse vertaling. Sommige remediën lijken plausibel, andere zijn smerig of ronduit luguber. Het is een inkijkje in de geneeskunde van de vroeg-zeventiende-eeuwse samenleving.

Een prachtig en boeiend koffietafelboek.

SASKIA DANKERS



Adam Hart-Davis. **Het grote wetenschapsboek.** Gorredijk: Noordboek (2025). 352 p., ill. ISBN 9789464712766. € 39,90.

Groot wetenschapsboek

Het grote wetenschapsboek begint rond 600 v.Chr. bij Thales van Nylete die de zonsverduistering voorspelde die een eind maakte aan de Slag bij de Halys. En het eindigt bij Geoffrey Marcy die met zijn team tot dusver recordhouders zijn van de hoeveelheid door de mens ontdekte planeten. Aan de hand van vele bekende, en minder bekende wetenschappers en hun ontdekkingen is dat een reis van zo'n 2,5 duizend jaar door de wetenschap. Het is een aardig boek en zeker de moeite waard om in de (school)bibliotheek te hebben als naslagwerk of om gewoon eens door te bladeren en hier en daar wat bijzonders uit op te doen.

Gelukkig komt – naast het grote aantal mannelijke wetenschappers – ook een aantal vrouwen in het boek voor. Wat mij betreft, mochten ze wel wat meer aandacht hebben en het feit dat Nobelprijswinnaressen Irène Joliot Curie en Dorothy Crowfoot Hodgkin niet genoemd zijn, is toch wel een grote omissie. En dat Lise Meitner min of meer is verbannen naar een paar bijzinnen vind ik erg. Dat is overigens geen reden om het boek niet te gebruiken. En nu maar hopen op een vertaling van *Women in the History of Quantum Physics* dat in de zomer van dit jaar zal verschijnen.

MARIANNE OFFEREINS



Edward de Vooght. **Kritisch leren denken. Wetenschappelijke vragen om de wereld te begrijpen.** Gent: Academia Press (2025). 168p. ISBN 9789020949711. € 25,99.



Tristan Gooley. **De outdoor gids voor wandelaars. Herken signalen en sporen in de natuur en verrijk je buitenavontuur.** Zeist: KNNV uitgeverij (2024). 392 p. ill. zw.w. ISBN: 9789050119658. € 28,95.



Dagmar en Heino Falcke. Illustraties: Gareth Ryans. **Kruimels in het heelal. Hoe groot is de oneindigheid?** Leeftijd: 7+. Leeuwarden: Uitgeverij Columbus (2024). 90p. ill. ISBN 9789085435839. € 18,99.

Kritisch denken

In deze tijd, met een overvloed aan informatie en wereldleiders die liegen dat ze barsten, is het dringend noodzakelijk om kritisch te denken. Maar dat is niet altijd even gemakkelijk, want hoe onderscheid je waarheid van fictie of van glasharde leugens? En hoe zorg je dat leerlingen niet in een 'fabelfuik' zwemmen? Dit handzame boekje kan daarbij een goede hulp zijn. Op basis van acht vragen: "Hoe ziet de wereld eruit? Wat weet ik over de wereld? Hoe kan ik iets veranderen in de wereld? Hoe beleven mensen de wereld? Wat zeggen anderen over de wereld? Hoe zou de wereld eruit moeten zien? Wat maakt iets los bij mensen? Waarom zoeken we antwoorden?"

"en met hulp van maar liefst 32 verschillende wetenschappelijke disciplines krijg je een uniek inkijkje in hoe wetenschappers de wereld interpreteren." De tekst is gelardeerd met echte, kritische vragen, naar bijvoorbeeld bronnen, waarnemingen, objectieve toetsing, probleemoplossing, en er worden handvatten gegeven die je in de les heel goed kunt gebruiken. Het boek eindigt met een QR-code naar een zelftest om te onderzoeken welke denkstijl je hebt. En met de visie vanuit een groot aantal wetenschappen over de aanname dat sneeuw wit is.

MARIANNE OFFEREINS

Outdoorgids voor wandelaars

Deze gids is speciaal voor wandelende natuurliefhebbers. Als je wandelt, kun je allerlei elementen in de natuur gebruiken om je weg te vinden: wolken, plantengroei, wind, zon en maan om er enkele te noemen. De bedoeling is dat je tijdens het wandelen niet gewoon naar het landschap om je heen kijkt, maar signalen en natuurverschijnselen leert herkennen. Daar moet je natuurlijk wel moeite voor doen. Ik vond het rekenen aan maanstanden als bron voor de richting wel erg ingewikkeld. Maar er zijn simpele natuurwaarnemingen die heel geschikt zijn om mee te beginnen. De gids is gericht op wandelen in het Verenigd Koninkrijk; gelukkig is de overheersende

windrichting dezelfde in Nederland. Heel veel sporen en waarnemingen zullen ook zeker bruikbaar zijn bij wandelen in ons land. En je kunt ze natuurlijk ook gebruiken op vakanties in verre landen. Daar beschrijft de auteur ook een paar van: onder andere wandelingen met Dajaks. Dat is wel andere koek. Er is een checklist voor beginners en appendices om allerlei waarnemingen tijdens je wandelingen te gebruiken. Je hoeft dus niet meteen het hele boek te lezen. Trouwens ook in de stad kun je door naar gebouwen en andere zaken te kijken, veel aanwijzingen vinden om je te oriënteren.

MARIJKE DOMIS

Kruimels in het heelal

Astrofysicus Heino Falcke en zijn vrouw Dagmar, basisschoolleerkracht, hebben een (voor) leesboek voor kinderen geschreven over het heelal. De vader van Janna is ruimteonderzoeker. Door papa voor het slapengaan vragen te stellen, beginnen ze aan een fantasiereis door het heelal. Het boek begint met een voorwoord voor volwassenen en één voor kinderen. Aan de orde komen: de maan, zon en planeten; babysterren en sterrenstof; de Melkweg en het zwarte gat; sterrenstelsels en tenslotte de oerknal. Janna vraagt waar de hemel en God zijn. Papa geeft toe dat hij dat niet weet. Fijn zo'n sterrenkundeboek waarin geloofsvragen gesteld mogen worden. De illustraties van Gareth Ryans zijn prachtig. De voorkant zet je

wat op het verkeerde been aangezien het verhaal thuis speelt en niet tijdens een kampeervakantie. Er zijn ook ruimtetoefeningen opgenomen. Dat het boek is vertaald uit het Duits merk je niet. Op de website – bereikbaar via een QR-code achterin het boek – merk je dat wel. Op deze website met meer sterrenkundige informatie en doorverwijzingen (onder andere naar YouTube-video's), wordt meermaals de in Nederland niet gangbare term galaxieën gebruikt in plaats van sterrenstelsels. Het boek is een mooie en speelse introductie in de sterrenkunde voor kinderen van ongeveer 7 tot 9 jaar.

SASKIA DANKERS



Barend Last, Derk Bransen. **Dat doe je toch niet alleen?! Van zelfregulerend leren naar samen (regu)leren.** Amsterdam: Boom (2025). 360 p. ISBN 9789024467457. € 39,95.

Zelfreguleren?!

“Was jij vroeger eigenaar van je leerproces? Was jij een autonome, intrinsiek gemotiveerde, doelgerichte, reflectieve, zelfsturende student met volledige regie over je eigen leerproces?” Nou, ik dus niet! En toch ben ik goed terechtgekomen. En ik vrees dat ook de huidige generatie niet allemaal geboren zelfregisseurs zijn. Toch komen we deze aspecten vaak tegen in de visies van opleidingen. Zelfregulerend leren lijkt het toverwoord van deze tijd te zijn. En wat moeten we daar nou mee? Dat geven de auteurs aan in dit boek. In drie delen – Kernprincipes, Ontwerp en uitvoer in de praktijk, Praktische casuïstiek

– krijgen de lezers (lezers is hier bewust gekozen, want de auteurs vinden dat je dit boek vooral samen moet lezen) handvatten om het (zelf)regulerend leren aan te pakken. De vele voorbeelden en praktische tips maken dit een zeer bruikbaar studieboek, waarin je kunt opzoeken wat je nodig hebt, hoewel je het natuurlijk ook in zijn totaal kunt door-nemen. In ieder geval is het een boek dat bij geen enkele lerarenopleider mag ontbreken. Ook veel onderwijsgeevenden, al dan niet in opleiding, kunnen er profijt van hebben.

MARIJN VAN NIJHUIS



Rik Peels en Jeroen de Ridder. **Wat is nou waar? Zeven regels om helder te denken in verwarrende tijden.** Amsterdam: Balans (2025). 251 p. ISBN 9789463822688. € 22,99.

Wat is waar?

Het wordt in onze tijd steeds lastiger om waarheid van onwaarheid te onderscheiden. Zeker met behulp van AI kun je van alles verzinnen en als waarheid presenteren. Zo zie je steeds meer fakefilmmpjes die niet van echt zijn te onderscheiden. Natuurlijk heeft iedereen recht op zijn/haar eigen mening, “maar niet alle meningen zijn evenveel waard. Als goed onderbouwde meningen ooit van belang waren, dan is het nu. Maar hoe bepaal je je standpunt? Hoe onderscheid je betrouwbare informatie van onbetrouwbare?” In zeven hoofdstukken: ‘Ken je denken’, ‘Verander wekelijks van mening’ (lastig, lastig, ik weet niet of ik

dat kan. M.O.), ‘Vertrouw kritisch’ (dat kan ik: ik vertrouw iedereen, maar ik hou mijn tas bij me), ‘Ontbubbel je opvattingen (ook lastig, want hoe weet je dat je in een bubbel zit?)’, ‘Organiseer twijfel’, ‘Besteed je ideeën uit’, en ‘Negeer het nieuws’, geven de auteurs handvatten om het kritische denken te ontwikkelen en niet alles maar zo voor waar aan te nemen.

Met veel voorbeelden uit psychologie, filosofie en journalistiek lichten ze hun standpunten toe. Interessant om eens door nemen en je standpunt te bepalen.

MARIANNE OFFEREINS



Kees van der Leer, Henk Boers. **Huygens en Hofwijk. De vindingrijke wereld van Constantijn en Christiaan.** Zutphen: Walburg pers (2025). 288 p., ill. ISBN 9789462499119. € 39,99.

Huygens en Hofwijk

Hofwijk is het huis, in Voorburg, waar Constantijn Huygens – de diplomaat, dichter en kunstenaar – en zijn zoon, Christiaan Huygens – de beroemde wetenschapper – hebben gewoond en gewerkt.

In dit boek wordt aandacht besteed aan hun leven, maar vooral aan het huis en de bijbehorende tuin die (nog steeds, als museum) te bezoeken zijn. Het huis en de bijbehorende tuin zijn door Huygens in samenwerking met bouwmeester Jacob van Campen ontworpen. De verhoudingen tussen de afmetingen zijn hierbij zeer bewust gekozen. De tuin was

namelijk gebaseerd op het menselijk lichaam, waarbij het huis het hoofd vormde, de lange lanen de armen waren en de boomgaard de buik. Het onderlijf moest in 1870 plaatsmaken voor de vooruitgang, toen het station Voorburg werd aangelegd. De uitgebreide beschrijvingen worden toegelicht met een grote hoeveelheid afbeeldingen die het geheel tot een fraai salontafelboek maken.

Voor liefhebbers van kunst en architectuur zeker een aanrader.

ANNEKE THURLINGS

(Zelf)reguleren met Barend Last

Barend Last is schrijver, keynote spreker, docent, onderwijsmaker en auteur van het boek *Dat doe je toch niet alleen?! Van zelfregulerend leren naar samen (regu)leren*.



Wanneer ik helemaal eerlijk ben, hebben mijn ouders me achter de vordden moeten zitten, tot ik ruim van de middelbare school af was. Zelfregulerend leren was iets waarmee ik pas begon toen ik over de twintig was. Volgens Jelle Jolles, hoogleraar neuropsychologie en auteur van het boek *Het tienerbrein* is dat ook helemaal niet raar. Tieners kunnen nu eenmaal niet goed plannen en ze doen ook niet aan langetermijnplanning, dus waarom zouden ze leren? En dan moeten ze zelfregulerend leren...

Is zelfregulerend leren de zoveelste hype op onderwijsgebied?

Nee, dat is het niet. Onderzoek toont dat het kunnen reguleren van je leren ertoe doet. Maar, het voorvoegsel 'zelf' beschrijft de paradox dat (regu)leren een probleem is van de leerling. Leerlingen kunnen niet volledig zelfregulerend werken. Leren – althans in een formele onderwijscontext – doe je vrijwel altijd in interactie. En dat een leven lang; zelfs een hoogleraar van boven de zestig benut collega's en omgeving om te blijven leren. Kortom, 'zelfregulerend leren' is helemaal niet zo 'zelf'. Adequate 'co-regulatie', bestaande uit onder meer scaffolding, instructie, ondersteuning, oefenen, enzovoort, is essentieel en zou in het curriculum expliciet aandacht moeten krijgen.

Wat bedoel je met co-regulerend leren?

We kunnen co-reguleren op vakinhoud, maar ook op 'leren leren'. Dan heb je het simpel gezegd over doelen stellen, plannen, uitvoeren en reflecteren. Dat kunnen kinderen echt wel – mits met de juiste ondersteuning.

Bijvoorbeeld een doel formuleren: met de juiste vragen komt een kind tot een bruikbare doelstelling, daarvoor zijn allerlei werkvormen mogelijk. Reflectie is goed; maar die moet actiegericht, doelgericht en gedoseerd zijn. Als je na een les meteen weet wat er misgegaan is of wat niet goed werkte, en je bespreekt het met je begeleider of klasgenoot, dan word je er beter van. Dat doet ertoe, direct in dat moment. Dat staat haaks op het idee van bijvoorbeeld een reflectieverslag schrijven – laat staan dat beoordelen.

Hoe kan een docent het aanpakken om een leerling/student te co-reguleren?

Er zijn natuurlijk processen die zich intern afspelen maar ze worden, in elk geval in formeel onderwijs, aangewakkerd door anderen. In onderwijs gaat niets vanzelf, er is een continue begeleiding nodig, die een delicate balans vereist tussen sturen en loslaten. Dat is niet altijd gemakkelijk. Zorg daarom dat je zo snel mogelijk grip krijgt op de regulerende capaciteiten van je leerlingen, want te veel sturen werkt voor de sterk regulerende leerlingen averechts, net zoals te veel loslaten slecht kan uitpakken voor hen die veel sturing behoeven.

Hoe motiveer je je leerlingen?

Motivatie en regulatie overlappen. Motivatie is als het ware de motor van je acties, maar je moet die drijfkracht omzetten naar doelgerichte actie, door kaders te bieden waarbinnen leerlingen de vrijheid hebben om hun werk goed te doen. Daarbij leiden succeservaringen tot motivatie, niet per se anders-

om. Creëer dus leertaken met expliciete aandacht voor effectieve leerstrategieën, op het juiste niveau.

En let op: wanneer je vanuit nieuwsgierigheid op zoek gaat naar nieuwe dingen beklijft de kennis veel beter, dan wanneer je informatie oplegt en leren afdwingt vanuit een overmatig controlerende aanpak. Wanneer je leerlingen immers niet boeit, beklijft de overgebrachte kennis minder goed. Daar hebben we nog wel wat in te verbeteren in de praktijk.

Het mooie van co-regulatie is: iedereen leert én reguleert altijd, en iedereen kan elkaar co-reguleren. Niet alleen de leerlingen maar ook de onderwijsgeevenden zelf. Maak dat dan ook zichtbaar. Nog te vaak verwachten we wel van leerlingen dat ze in een leerhouding komen, maar geven we zelf niet het goede voorbeeld. Wanneer je het leren van leraren ook als co-regulatie ziet, wordt de hele school er beter van. Maar dat is iets voor een volgend artikel. ●



Over de generatiekloof

Een interview met Carmen van de Beek

Op de weer zeer succesvolle NLT-conferentie werd de openingslezing, 'Boeien en binden van Generatie Z', gegeven door Carmen van de Beek. Ze ging in op de kenmerken van Generatie Z ten opzichte van de voorgaande generaties en hun gedrag in de klas.

Carmen van de Beek is een succesvolle jonge ondernemster die precies weet wat verschillende generaties onderscheidt. Naast haar activiteiten in het bedrijfsleven, speelt Carmen een actieve rol in het onderwijs. Als lid van de Raad van Advies van Deltion College in Zwolle en de Raad van Beheer van College de Noordgouw in Heerde, beide trots lid van de Vereniging NLT, deelt ze haar inzichten over onderwijs, studenten en leiderschap met docenten.

Wat wil je dat mensen verder van je weten?

Ik kom uit het bedrijfsleven, maar ik ben – weliswaar op afstand – betrokken bij het onderwijs. Mijn perspectief is anders dan op de werkvloer, maar ik praat wel met de mensen om wie het gaat.

Wanneer, hoe en waarom kwam je terecht op de plaats waar je nu bent?

Dat is allemaal organisch gegaan. Ik wilde altijd wel graag een leidinggevende functie.

Dat was in mijn tijd uitzonderlijk. De rest is daaruit voortgevloeid. Ik ben een mix tussen millennial en Gen Z. Veel millennials richten zich op aanzien en de spotlights. Dat was nooit mijn intentie. Het is me overkomen, ik kijk naar wat gaan we nu doen, niet wat bijzonder dat ik doe wat ik doe op deze leeftijd. Ik ben ook geen rasfeminist, maar ik merk wel dat vrouwen, zeker als ze jong zijn, nog te vaak op een bepaalde, wat denigrerende manier worden behandeld. Ik ben hier niet via

een standaard route gekomen. Op de havo begon ik al met ondernemen. Ik heb altijd ook veel banen naast mijn studie gehad, om geld te verdienen. Het normale pad is niet voor iedereen. Daar is geen goed of fout in.

Wat waren de grootste problemen die je op je weg bent tegengekomen?

Je bent anders dan de anderen, dus iedereen vindt daar wat van. Mijn bedrijf werd aanvankelijk wat minachtend bekeken en onderschat. Inmiddels ontstaat er reuring en we groeien hard.

Generatie Z

Wat onderscheidt Generatie Z van de voorgaande generaties?

Alle generaties verschillen. Gen Z leeft veel bewuster, ze vinden het belangrijk of ze zich goed voelen of niet. Ze willen minder uren werken, de meesten werken niet meer dan 32 uur in de week, die vrije dag is om op te laden. Ze begrenzen wat van hen gevraagd kan worden. Toch is het soms nodig om die stap extra te doen en weerstand te overwinnen. Ze verwachten soms wel wat te veel van de ander.

Is binnen Gen Z nog verschil?

Er wordt vaak uitgegaan van gemiddelden. De onderzoeken naar de generaties zijn soms wel heel specifiek en vaak zit in vragen ook al een antwoord besloten. Er zijn zoveel variabelen dat je niet kunt generaliseren. Er moet een basis zijn voor begrip, niet voor oplossingen. Gen Z heeft nooit geleerd om zich uit te spreken. Dat kan gevaarlijk botsen.

Wat maakt Gen Z anders in de manier waarop ze communicatie en relaties aangaan, zowel online als offline?

Qua relaties willen ze wel kiezen voor iemand. Veel mensen hebben een partner, ze zijn moedig in het kiezen van relaties en vriendschappen. Millennials zijn daar heel moeilijk in. Eerst willen ze van alles doen en carrière maken – en dan zijn ze te laat. Gen Z is opener, minder oordelend. Ik ben benieuwd naar generatie alpha, die ontwikkeling zou zich kunnen voortzetten.

Hoe zit het met de mentale gezondheid van Gen Z? Moeten we ons zorgen maken?

Sociale media en dergelijke hebben natuurlijk een grote invloed. Daar kunnen ze op vastlopen. Ik denk dat het zichzelf ook wel oplost. Deels ook met wat er in de wereld gebeurt.

Gen Z op school

Mijn collega, die ook bij de lezing was, schreef me: “Leerlingen willen niet lezen, studeren, ze willen ‘entertained’ worden, ze willen het inderdaad van de expert horen, en als je die reputatie kan vestigen, dan heb je het veel gemakkelijker. Ze kunnen niet even doorbijten, zodra het even tegen zit gooien ze het bijltje er bij neer.”

Moeten we ons als docenten daar bij neerleggen, of moeten we er naar streven dat ze tóch gaan lezen en volhouden?

Er moet bewustwording gecreëerd worden. Er zijn vervelende dingen, die zijn onvermijdelijk, daar moet je doorheen. Ze willen niet entertained worden, ze zoeken een band met de docent. Het heeft dus te maken met de emotionele relatie.

Voor Gen Z hoeft de docent de hiërarchie niet te forceren, ze weten wie de baas is

Hoe zou je de houding van Gen Z ten opzichte van het onderwijs omschrijven? Zijn ze gemotiveerder of juist kritischer dan voorgaande generaties?

Ze richten zich veel meer op de creativiteit, en ontplooiing. In de breedte, daarbij past

nlt natuurlijk uitstekend. Daar voel ik me ook heel comfortabel bij. Gen Z wil anders leren, minder gericht op reproductie, meer op praktische dingen. Los van de theorie, werkend aan de toepassing. Bij sommige vakken is de kloof tussen theorie en praktijk nog steeds heel groot. De koppeling met de praktijk is noodzaak en daarmee krijg je Gen Z mee.

Opleidingen worden veel breder. Dat heeft ook nadelen: als ze van het hbo komen zijn ze heel breed opgeleid, maar hoe het toegaat in de praktijk moeten ze nog leren.

Een jaar of tien geleden schreef Jelle Jolles, auteur van *Het tienerbrein* en *Leer je kind kennen*: jong adolescenten kunnen niet plannen.

Is het met Gen Z ook zo? Met goede begeleiding kunnen ze veel leren? Of is dat bij voorhand een ‘lost battle’?

Wat mij opvalt is dat ze wel planners zijn, maar ik merk wel dat ze het lastig vinden om in te schatten wat realistisch is. Voor Gen Z is het wat toegankelijker omdat er veel informatie is. Dan wordt het onderdeel van een routine.

In de examens van de onderwijsassistenten kom ik onder meer de volgende termen tegen: Sensitieve responsiviteit, Respect voor de autonomie, Structureren en Grenzen stellen. Hoe moeten we leerlingen van Gen Z benaderen?

Dat is dus toch wel de manier waarop ze benaderd moeten worden. Daarbij is de hulp van de ouders onontbeerlijk. De leerlingen moeten van hun kant wel zelf verantwoordelijkheid nemen.

Kunnen we überhaupt nog klassikaal lesgeven?

Dat denk ik wel. We werken ook met z'n allen in een kantoor. De verbinding is noodzaak. Dat leer je in een klas. We hoeven niet het hele onderwijs op de kop te gooien. Hoe zorg ik ervoor dat een leerling leert? Hoe ga ik dat faciliteren?

Hoe sterk is de invloed van social media en andere digitale platformen op het sociale leven van Gen Z op school?

Het kan ook positief werken. Doe er je voordeel mee. Ik volg een aardrijkskundedocent,



Kenmerkend aan de generaties

Generatie X	Pragmaten	Generatie Y	Generatie Z
1956	1970	1985	2000
<ul style="list-style-type: none"> • Gewend aan autoritair systeem • Tijd van jeugdwerkloosheid • Hard werken, dat is de standaard • Loyaal en willen graag samenwerken • Duurzaam inzetbaar willen blijven <p>“Niet lullen, maar poetsen!”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Daadkrachtig en onafhankelijk • Hebben tunnelvisie • Omhoog klimmen • Groei en resultaat • Diepgang, inhoud en doorontwikkelen hiervan <p>“Work hard, play hard!”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kritisch • Alles kan, als je er maar hard genoeg voor werkt • Hoge verwachtingen • Moeite met kiezen <p>“Ik kan alles (voor mijn 30e), als ik maar hard genoeg werk.”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Omgevingbewust • Serieus, ondernemend • Empathisch, maar kwetsbaar • Creatief • Impact maken • Moeten leren samenwerken <p>“Ik werk graag parttime, remote en op Bali. Er is meer in het leven dan werk en ik moet me goed voelen.”</p>

earmen
connect

die zet filmpjes op internet. Hij is vreselijk interessant. Leerlingen zijn sneller afgeleid. Daar moet je ook op inspelen.

Wat is jouw ervaring met de relatie tussen Gen Z en leraren?

Ik denk dat een goede vertrouwensband noodzaak is. En als er geen klik is, dan zul je toch je best moeten doen.

Hebben ze een andere verwachting van hun docenten dan vorige generaties?

Ja, de docenten van nu zijn veel minder geforceerd hiërarchisch. Leerling zien docenten als gelijkwaardig. Ze weten heus wel dat jij als docent de baas bent.

Wat moeten we zeker wel, en wat beslist niet doen?

Het belangrijkste is: geen paniek, blijf rustig en kijk vooruit. Blijf niet hangen in hoe zwaar het is. Zorg dat je zelf intrinsiek gemotiveerd blijft. Ga het gesprek aan. Leg het initiatief bij de leerlingen, betrek ze erbij met behoud van hun autonomie. Blijf kalm, heb vertrouwen dat het goed komt.

Hoe kijk je naar de prestatiedruk die Gen Z op school ervaart? Is er meer druk om te presteren dan bij eerdere generaties?

Ik denk dat Gen Z druk voelt van dingen die heel normaal zijn. Kijk bijvoorbeeld naar de elektrische fiets. Voor de oudere Gen Z-ers en de voorgaande generaties was die er niet. Van fietsen naar school word je echt niet minder. Ze worden veel gepamperd. Ze moeten leren omgaan met tegenslag. Tegenslag is normaal, ze moeten er doorheen.

Generatie Alpha

Generatie Alpha, naar verwachting de rijkste, hoogstopgeleide en meest technologisch onderlegde generatie die opgroeit terwijl de wereld in de brand staat, zit nu nog op de basisschool.

Wat moeten we daarmee als ze bij ons komen?

Er zijn veel onderzoeken die nog lopen, de kinderen van die generatie zijn allemaal jong. Ik kijk vanuit het werkveld, daar heb ik er nog weinig mee te maken. Er wordt ge-

zegd dat ze zijn vastgeplakt aan smartphone en tablet. Een heel groot deel daarvan wordt bepaald door de opvoeding.

Tot slot

Wat is je grootste wens voor de toekomst als het gaat om je werk?

Ik vind het natuurlijk mooi om het bedrijf uit te bouwen en dat iedereen daar gelukkig van wordt. En ik zou zelf wat meer willen doen in de combinatie onderwijs en bedrijfsleven – en overheid. Ik hoop dat ik daar nog wat in kan groeien.

Wat verwacht je van de toekomst?

Ik verwacht dat het over een tijdje over generatie alpha gaat. En dat we altijd problemen zullen houden waar we tegenaan kunnen schoppen. Als we open staan voor de ander dan kan het alleen maar beter gaan. ●



Collegiale tips

Leren over vaccineren

De lessenserie Leren over vaccineren is recent vernieuwd en sluit aan bij het Rijksvaccinatieprogramma 2025. Leren over vaccineren is door een team van biologie-docenten gemaakt samen met het NIBI. Leerlingen krijgen als ze 14 zijn een uitnodiging voor de meningokokkenvaccinatie. Mooie aanleiding om met de scholieren aan de slag te gaan over wat een vaccin is, hoe een vaccin werkt en wat groepsbescherming is. Ook leren ze wat de voor- en nadelen van vaccineren zijn. Na het doen van deze lessenserie hebben leerlingen inzicht in de meerwaarde van vaccinaties in het algemeen. Ook kunnen ze als het goed is een weloverwogen besluit nemen of ze zich willen laten vaccineren.

De leerlingboekjes en docenthandleidingen zijn op de website van het NIBI te vinden. Er zijn aparte lessenseries voor vmbo en havo/vwo en voor de onderbouw en de bovenbouw. Ga naar www.nibi.nl en kijk bij lesmateriaal. QRC A

Laat je hersens kraken!

In BioBrein proberen teams elkaar af te troeven met biologische kennis en creatieve vaardigheden. Spelers banen zich een weg langs een van de twee speelborden en honderd jaar biologische uitvindingen en ontdekkingen om zo snel mogelijk het eind te halen. BioBrein vmbo is geschikt voor leerlingen uit bovenbouw vmbo. Het spel kan het best gespeeld worden door drie teams van twee of drie personen, maar dankzij het dubbelzijdige speelbord en de vele optionele spelregels is het spel ook geschikt voor grotere of kleinere groepen en kan het uitdagend worden gemaakt voor zelfs de slimste spelers! Het spel is te bestellen bij het NIBI.

Ga naar www.nibi.nl en kijk bij lesmateriaal. QRC B

Antonie van Leeuwenhoek op YouTube

Antonie van Leeuwenhoek zag als eerste mens ter wereld met zijn zelfgemaakte microscoop bacteriën die hij 'kleine diertgens' noemde. Hij ontstoot een tot dan toe onbekende wereld vol leven. Hem viel in 1680 de eer te beurt te worden uitgenodigd lid te worden van de zeer respectabele Royal Society in Londen. Op YouTube staat een korte informatieve film met als titel 'Animated life, seeing the invisible' en met enige aandacht voor Antonie. Zie QRC C. Tip van Caroline Schouten, Maaslandcollege in Oss.

Science Museum Group: learning resources

Een aantal Londense musea vormt samen de Science Museum Group. Op hun website sciencemuseumgroup.org.uk kun je heel veel 'learning resources' vinden. Je kunt er plaatjes en 3D-modellen vinden van items uit hun collectie. Maar ook video's, discussievragen en experimenten. Het is mogelijk om op verschillende categorieën te zoeken. Zo kun je onder andere zoeken op leeftijd van de doelgroep, onderwerp en type activiteit. Zie QRC D. Tip van Caroline Schouten.

Nederlandse chemie werkt met biomassa

In het juninummer van NVOX wordt een artikel over 'Biomassa: van afval naar grondstof' geplaatst. Hier alvast de tip om de sites van drie Nederlandse bedrijven BioBTX, Avantium en Corbion te bezoeken.

BioBTX is gevestigd op de campus in Groningen en produceert - onder andere voor farmaceutica en groene vliegtuigbrandstoffen - de aromaten Benzeen, Toluene

en Xyleen (BTX) uit biomassa.

Avantium in Delfzijl produceert het bio-based polymeer PEF (PolyEthyleen Fur-aandicarboxylaate) als alternatief voor het fossiele PET (PolyEthyleen Tereftalaate). Behalve goed voor het klimaat, heeft PEF ook betere eigenschappen dan PET voor toepassingen als het verpakken voedsel. PEF laat gasmoleculen zoals O_2 en CO_2 minder gemakkelijk door dan PET. Cola in PEF wordt getest. Ook verloopt de biologische afbraak van PEF sneller dan van PET. PEF heeft de potentie om wereldwijd PET te vervangen.

Corbion ontwikkelde PLA (PolyLactic Acid of polymelkzuur) in Nederland maar de productie vindt volledig in Thailand plaats.

Zoek op biobtx.com, avantium.com en corbion.com.

Tip van Carel Wreesmann, chemicus.

Quantum Special

Wie wil, kan extra exemplaren van de Quantum Special die bij het aprilnummer van NVOX was gevoegd, aanvragen via secretariaat@nvox.nl



Maatschappelijk debat in de scheikundeles

Burgerschap via het PTA vormgegeven

Bij een debat in de klas over actuele maatschappelijke kwesties zoals het stikstofbeleid, het glyfosaat- en PFAS-probleem kunnen leerlingen de meerwaarde van scheikundige kennis ervaren bij standpuntbepaling en besluitvorming. Dit levert veel enthousiasme en betrokkenheid op bij leerlingen. Op de Woudschoten Chemie Conferentie 2024 verzorgden Marcel van den Heuvel en Martin Vos een inspirerende masterclass waarbij je zelf deelnam aan een debat.

Marcel vindt het belangrijk om in zijn lessen scheikundige inhoud in relatie te brengen actuele maatschappelijke vraagstukken. Hij constateerde echter dat zijn leerlingen vaak geen enkel besef hadden dat scheikunde een cruciale rol speelde bij allerlei actualiteiten die in het nieuws voorbij kwamen. En dat, als hij eerlijk was naar zichzelf, hij er vaak niet aan toekwam om bij het behandelen van de lesstof die koppeling te maken. Om zichzelf te verplichten te doen wat hij belangrijk vindt, heeft hij het maatschappelijke debat als PTA-onderdeel opgenomen. Hiermee komt hij ook tegemoet aan vereisten in het huidige scheikunde-cur-

riculum en nog meer in het toekomstige curriculum, waarin van docenten gevraagd wordt aandacht te geven aan de waarde van vakinhoudelijke onderwerpen binnen maatschappelijke contexten, zie het kader.

Debat als onderdeel van schoolexamen

In het huidige PTA van de VO-school waar Marcel werkt, telt het debat voor 10% mee. Samen met een praktisch examen dat 20% meetelt geeft dit een mooie 70/30 verhouding tussen theorie enerzijds en vaardigheden anderzijds. Toetsing kan tijdens de reguliere lestijd, waarbij steeds een selectie van leerlingen het debat voert, en de rest van de klas toehoorder is. Maar het heeft de voorkeur dit buiten de lessen om te plannen, bijvoorbeeld in een toetsweek, waarbij je steeds een groepje van zes leerlingen binnen krijgt en jijzelf als debatleider kan optreden.

De beoordeling hangt vooral af van twee ingeleverde A4-tjes waarbij op de ene de feiten staan, en op het andere de argumenten. Het voeren van het debat zelf kan met of zonder een summatief oordeel. Met het voeren van het debat kan het cijfer op basis van voorbereiding dan omhoog of omlaag

gaan. Op deze manier kunnen leerlingen die het lastig vinden om te debatteren toch een voldoende scoren en moeten leerlingen die makkelijk praten zich toch gedegen voorbereiden. Het besef dat deze manier anno 2025 niet AI-proof is, is er. Mogelijkheden zijn om de leerlingen zich in de les voor te laten bereiden en hun tekst dan al in te laten leveren. Ook kan een docent controleren of de leerling daadwerkelijk op basis van begrip, gebruik maakt van de ingeleverde feiten en argumenten.

Vier principes bij een debat

Principe 1: Zonder controversie geen debat

Het onderwerp moet controversieel zijn. Doel van het debat is de leerling beide zijden van een controversieel onderwerp te laten verkennen, waarbij zowel kennis van de scheikunde als niet-scheikundige kennis is vereist. Zonder controversie geen debat. Met een webkwestie krijgen de leerlingen een onderwerp voorgelegd. Dit start altijd met een stelling waar je voor of tegen kunt zijn. Bijvoorbeeld: "Er moet een algeheel verbod komen op het gebruik van plastic per 2035". De stelling is prikkelend en heeft iets controversieels in zich. Er zullen voor- en



MARCEL VAN DEN HEUVEL is deels werkzaam bij het Udens College als docent scheikunde/ natuurkunde en deels in het hbo bij Fontys Educatie als lerarenopleider scheikunde.



MARTIN VOS is werkzaam bij Fontys Educatie Tilburg als lerarenopleider scheikunde. Daarnaast is hij associate-lector op het thema 'wendbare onderwijsprofessionaal - opleiden voor de toekomst'. Als vakexpert heeft hij mee geschreven aan de concept-eindexamenprogramma's van het SLO voor scheikunde.

ACHTERGROND:**ACTUALISATIE EXAMENPROGRAMMA'S**

Met de invoering van contextrijke curricula voor havo en vwo werd de nadruk in het onderwijs al sterk verschoven naar toepassingsgerichte contexten. Met de invoeringen van de eindtermen A9 (waarderen en oordelen) en A11 (Redeneren in termen van context-concept) kwam toen al burgerschapsvorming tot uiting. In het voorstel voor actualisatie van de examenprogramma's wordt dit versterkt door het domein 'Vraagstukken' met eindtermen rondom maatschappelijke vraagstukken over gezondheid, voeding, milieu en duurzame energievoorziening. Leerlingen dienen daarbij een standpunt te kunnen formuleren en onderbouwen. Zowel domein A 'Vaardigheden' in het huidige examenprogramma, als het domein 'Vraagstukken' in het geactualiseerde examenprogramma moeten worden getoetst in het schoolexamen. Dit biedt ruimte om een schooleigen karakter te geven aan het schoolexamen, maar ook uitdagingen over hoe je dit dan doet.

In scheikundelessen wordt nog weinig aandacht besteed aan burgerschapsvorming. Het aandeel groeit wel, het aanbod zeker ook. Burgerschapsvorming is als één van de basisvaardigheden een speerpunt van het huidige onderwijsbeleid. In 2021 zijn daartoe de wettelijke eisen aangescherpt en ligt het toezicht bij de onderwijsinspectie. Het integreren van burgerschapsvorming in het bèta-onderwijs is in de huidige situatie al een uitdaging door een overladen curriculum. Daarbij is duidelijk geworden dat extra ruimte voor basisvaardigheden en burgerschapsvorming ten koste gaat van ontwerpruimte voor de profielvakken (SLO, 2024). Tegelijkertijd was het óók de opdracht bij de actualisatie van de examenprogramma's burgerschap onderdeel te maken van alle vakken. Onder andere de NVON maakte zich hard voor behoud van onderwijstijd onder het motto: tijd voor betekenisvol bèta-onderwijs. Maar hoe dan? Wij laten zien hoe dit kan.

tegenstanders te vinden zijn. Er is bewust gekozen om voor stellingen met duidelijk twee tegengestelde meningen zodat het voor leerlingen duidelijk is welk standpunt ze moeten verdedigen en het debat niet te snel strandt in eensgezindheid.

Principe 2: Zonder vakkennis geen feiten

In een debat moeten leerlingen onderscheid maken tussen feiten en meningen. Daartoe moeten leerlingen zich thuis op de gegeven stelling voorbereiden op twee verschillende manieren.

Als eerste moeten ze zich inhoudelijk in het onderwerp verdiepen door een aantal

theoretische begrippen over dit onderwerp uit te werken. Zodat ze goed beslagen ten ijs komen, onderbouwd door de feiten. In de webkwestie staan een aantal begrippen vermeld, maar de leerling kan zelf ook inhouden toevoegen. Voorbeelden hiervan zijn; Wat zijn polymeren/monomeren? Wat zijn micro- en nano-plastics? Wat is de plastic soep? Wat is bio-based en wat is bio-degradable? De leerling legt dit vast op een A4-tje. Een tweede A4-tje wordt gevuld met een aantal argumenten: voor en tegen de stelling. Waarom is plastic onmisbaar? Is een verbod op wegwerpartikelen wel haalbaar of gaat dit te ver? Moeten we onderscheid maken

tussen plastic in de consumptiemaatschappij enerzijds en de medische wereld anderzijds? Om goed onderbouwd aan het debat te beginnen moet je je ook hebben verdiept in het standpunt van je tegenstander.

Principe 3: Zonder (sociale) veiligheid geen debat

De leerling weet voorafgaand aan het debat niet welk personage hij toegewezen krijgt. Een extra reden om zich goed voor te bereiden in zowel de voors als de tegens. Een andere belangrijke reden om met rollen dit debat te voeren is veiligheid. Zeker bij het stikstofdebat is dit een heikel punt waar de

Eindterm: De leerling formuleert een onderbouwd standpunt. (B)*Het gaat hierbij om:*

- situaties en vraagstukken waarin scheikundige kennis een rol speelt;
- ordenen van natuurwetenschappelijke en technologische feiten, principiële overwegingen en maatschappelijke en persoonlijke belangen;
- beoordelen van de argumenten op correctheid en relevantie;
- afwegen van verschillende argumenten.

Eindterm: De leerling werkt aan een vraagstuk op het gebied van gezondheid vanuit een scheikundig perspectief. (H)*Het gaat hierbij om:*

- formuleren van vragen vanuit een eigen definitie over gezondheid, over hoe je gezond blijft en wordt, en welke invloed stoffen hebben op je gezondheid;
- oriënteren op positieve en negatieve effecten van stoffen op de gezondheid;
- uitvoeren van een analyse om concentratie of gehalte van stoffen te bepalen;
- analyseren van dosis-effect-relatie van een stof op een organisme;
- reflecteren op de waarde van adviezen over stoffen en gezondheid van de leerling zelf, anderen en het milieu.

Eindterm: De leerling werkt aan een vraagstuk op het gebied van duurzame energievoorziening vanuit een scheikundig perspectief. (H)*Het gaat hierbij om:*

- formuleren van vragen over de impact van energieproductie, -opslag en -gebruik vanuit een definitie van duurzame energievoorziening;
- oriënteren op verschillende energiebronnen, -dragers en -opwekking en belangen daaromheen;
- uitleggen hoe een energieproductieproces duurzamer kan;
- ontwerpen van een proces waarbij de productie van energie wordt verduurzaamd of het verbruik verminderd;
- reflecteren op het gebruik van energie, de invloed ervan op de samenleving en eigen handelen.

Eindtermen in het geactualiseerde eindexamenprogramma vwo

Opricht

Wie zorgen voor jouw dagelijks eten?

Onze boerent
#trotsopdeboer

Webkwestie
Stikstofcrisis

- home
- actueel
- introductie
- opdracht
- verwerking
- Informatiebronnen
- afsluiting
- leerkracht

Zelden was de scheikunde zo actueel en een onderwerp van gesprek in het hele land. Dramatische maatregelen zijn al door de overheid genomen, en er volgen er meer. Halvering van de veestapel is er een van, maar is onze veestapel echt zo gevaarlijk? Kunnen boeren slecht zijn voor het milieu? Is mijn stukje vlees zo slecht? De meningen zijn divers en het land is verdeeld.

Caroline van der Plas (BBB)

Wereld Natuur Fonds

Johan Remkes (voelichtingscommissie kabinet)

LTO Nederland

Mark van den Oever (farmers defence force)

Frans Timmermans (Groen Links/PvdA)

Webkwestie stikstofcrisis

docent goed moet inschatten of dit debat wel gevoerd kan worden. In regio's met een grote agrarische achtergrond kan dit zeer gevoelig liggen. Daar moet ruimte voor zijn. Door het debat niet vanuit eigen standpunten te laten voeren, maar in een rollenspel te gieten, verhoog je de veiligheid. Dan nog kan het voorkomen dat niet iedereen in staat is iedere rol te vervullen.

Principe 4: Zonder actualiteit geen beleving
Pagina twee van de webkwestie is altijd een actueel artikel. Dit artikel laat zien dat het te behandelen onderwerp op dit moment ook echt een onderwerp van gesprek is in de maatschappij. Het debatteren gebeurt vervolgens niet vanuit het eigen standpunt van de leerling, maar vanuit een rol. In de webkwestie staan zes rollen vermeld van 'bekende' personen die met het onderwerp betrokken zijn. In geval van een debat over de stikstofdiscussie zijn dit boeren, milieuorganisaties maar ook de politiek is vertegenwoordigd met Caroline van der Plas en Frans Timmermans.

Voorbeelden van debatten

Op dit moment zijn er zes verschillende debatten in webkwesties uitgewerkt. Deze debatten komen en gaan met de actualiteit. Een paar jaar geleden was een debat over het gebruik van glyfosaat (round-up) nog nauwelijks in de media aan de orde, maar nu

hoef je het debat over het fibronil-ei (2017) of rubber-infill bij kunstgrasvelden (2018) niet meer te voeren. De zes debatten die op dit moment gevoerd worden zijn:

1. Is de waterstofauto het meest geschikte alternatief voor de diesel en benzine auto?
2. Zijn Nederland en Borssele klaar voor een tweede kerncentrale?
3. De overheid moet een verbod instellen op het gebruik van plastic per 2035.
4. Vanwege de PFAS-uitstoot moet Chemours Dupont per direct gesloten worden.
5. Om de stikstofuitstoot tegen te gaan moet de veestapel gehalveerd worden.
6. De overheid zou alsnog per direct een algeheel verbod in moeten stellen op het gebruik van glyfosaat.

Vakoverstijgend werken

Waarschijnlijk begeleid of beoordeel je als scheikundedocent niet vaak een debat. Een aanbeveling is om af te stemmen op de wijze waarop leerlingen dit bij de vakken Nederlands of Maatschappijleer hebben aangeleerd. Of beter nog om er een gezamenlijk PTA-onderdeel van te maken, zodat je je als scheikundedocent meer kunt focussen op de inhoudelijke argumenten. Bijkomend voordeel is dat de overladenheid van het totale schoolcurriculum daarmee ook teruggebracht wordt. Scholen kiezen steeds vaker voor vakoverstijgende projecten. Een groot maatschappelijk probleem zoals

de klimaatdoelen halen, is dan onder te verdelen in deelvragen die per vak kunnen worden uitgewerkt. Het stikstofprobleem zou zo kunnen worden uitgewerkt met deelname van de vakken economie, biologie, aardrijkskunde en scheikunde.

Ervaringen leerlingen

De meeste leerlingen geven aan het leuk te vinden om het debat te voeren. Een aantal van hen gaat helemaal op in de rol en vol inlevingsvermogen wordt enthousiast gedebatteerd.

Een mooie alternatieve manier om een PTA-cijfer te verkrijgen. Leerlingen geven aan het fijn te vinden het nut van scheikunde om zich heen zien. Voor een aantal van hen was scheikunde alleen iets wat je in boeken aantreft. Ook als docent zie je de leerlingen op een geheel andere manier. Leerlingen die normaal niet heel zichtbaar zijn in de scheikundeles staan plotseling op de voorgrond en gaan helemaal aan op het onderwerp.

Ervaring van een docent

“In de afgelopen dagen had ik de webkwestie van Glyfosaat uitgevoerd bij mijn leerlingen. Dit is heel goed bevallen bij mij en mijn leerlingen. Ik had nog nooit een werkvorm gebruikt die hierop lijkt, dus voor mij was het spannend om dit zo te doen. Mijn leerlingen pakten dit geweldig goed op. Zelfs de stille leerlingen deden mee en konden argumenten geven, ook al kreeg ik signalen van ze dat het ze het spannend vonden. Bedankt voor het delen van deze werkvorm.” Danielle Bol docent scheikunde.

Conclusies

Met een debat over kennisrijke, contextrijke, actuele maatschappelijke kwesties is burgerschapsvorming te integreren in het scheikunde-onderwijs. Dit draagt bij aan betekenisvol scheikunde-onderwijs, waarin leerlingen ervaren dat je kennis van scheikunde nodig hebt om impact in de maatschappij te maken.

Meer weten: webkwesties van de verschillende debatten zijn te verkrijgen via t.m.vandenheuvel@fontys.nl of marcelvandenheuvel@udenscollege.nl

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



Machteld de Kok is na een aantal vervangingsbanen sinds 2015 verbonden aan het Stedelijk Gymnasium Leiden. Ze schrijft over haar herinneringen en recentere gebeurtenissen op school.

Focusvlinders en motivatiemieren

Ik hou het graag een beetje leuk voor mezelf. Als je het zelf al niet leuk vindt voor de klas, hoe moeten leerlingen het dan wel niet vinden? Ik geef me dus soms over aan rare hersenkronkels, maak grapjes die niemand snapt en doe heel blij over dingen waar de gemiddelde leerling totaal niet blij van wordt. En ik doe dingen met taal. Ik hou van taal. Als ik huiswerk wil opgeven, dan schrijf ik niet altijd gewoon 'huiswerk' op het bord, maar maak ik er een rebus van (meestal met een muis en een kerk) of schrijf ik het in kalligrafie. Dat kost me dan vijf minuten, maar het is het waard.



Zo kon ik ook een keer een jongen niet goed bij de les houden. Het was donderdag het zevende uur en hij was niet onwelwillend, maar gewoon enorm afgeleid. De situatie kon niet zo doorgaan maar ik had ook geen zin in drama, dus pakte ik een leeg papiertje en schetste er een vlinder op met het onderschrift: focusvlinder. Die leverde ik bij zijn tafel af. De jongen in kwestie begon te stralen en te lachen en nadat hij even de vlinder aan iedereen had laten zien, ging hij daadwerkelijk aan het werk. De volgende les had hij nog steeds de vlinder voor zich liggen.

Ik zag mogelijkheden. Ik deelde focusvlinders uit en motivatiemieren, en later verschenen ze ook op het bord, bijvoorbeeld voor een toets. Ik tekende een successlangetje, een vocabulairevogeltje en voor vertalingen een vertaalgarnaal. Toen ik voor weer andere vakken moest surveilleren, creëerde ik een wiskundewombat, een Engelsegel en een



Grieksgnoe. Op het bord verschenen genietparkieten, pleziergieren en één van mijn grootste successen: de plezierpinguïn – inclusief een korte handleiding van hoe je hem moest tekenen. De pinguïns in de schriften waren niet te tellen in de weken erna. Collega's kregen nakijkneushoorns tijdens de proefwerkweken en op een ochtend kwam er zelfs een collega naar me toe die heel graag wilde dat ik ook voor haar een nakijkneushoorn op haar enveloppe zou tekenen, omdat het echt hielp.

Later ben ik nog wel meer persoonlijke dingen gaan tekenen voor leerlingen als ze niet opletten. Het is voor mij een hele fijne manier om iets niet te laten escaleren en met humor op te lossen. En de kinderen vinden het fantastisch. Andere dingen die ik heb uitgedeeld:

- 'Vriendje voor Teun om mee te 'praten' tijdens zijn toets'
- 'Bewonderend publiekje voor Aaron' (zodat iemand steeds aandacht voor hem heeft)
- 'Vriendje voor Thijs dat altijd lacht om zijn grapjes'
- 'Skelet voor Amar, zodat je niet met dat van biologie hoeft te spelen'
- 'Aanknopje van Roberto' (deze legde ik op zijn arm toen hij met zijn hoofd op zijn armen lag en drukte erop. Hij werkte!)

Het is wel een beetje 'mijn ding' geworden. Toen ik ziek was kreeg ik van leerlingen een 'beterschapsbeer'. Onderaan de proefwerken staan heel vaak leuke zelfverzonnen allitererende beestjes waar ze helemaal op zijn losgegaan en aan het einde van het jaar kreeg ik van klas 1 een hele mooie kaart met een zelfgetekende Dankjeweldino. Dat geeft toch zelfs in de drukste tijden een glimlach op je gezicht.

VAN DE BESTUURSTAFEL

Op deze plaats vindt u een greep uit de activiteiten die uitgevoerd worden of die het bestuur van de NVON heeft besproken, en die voor u als NVON-lid interessant kunnen zijn.

Na de eerste grote NVON-lustrumactiviteit op 12 april met een actief vrijwilligers-uitje, ledenvergadering en lustrumdiner, richten we ons de komende maanden op de organisatie van onze lustrumconferentie. We hopen op de lustrumconferentie weer veel leden te ontmoeten! Heb je je nog niet ingeschreven voor de lustrumconferentie? Bekijk dan snel het programma online, ontdek het brede aanbod en schrijf je in! Deze tweedaagse conferentie, met mogelijkheden tot overnachten, biedt bovendien alle kans voor mooie ontmoetingen en kennisdeling. Om de ontmoeting en kennisdeling verder te stimuleren wordt er op vrijdagavond een bijzonder avondprogramma georganiseerd waar ook afvaardigingen van onze internationale zusterverenigingen aanwezig zullen zijn.

NVON-erepenning en leden van verdienste

Op de ledenvergadering was er speciale aandacht voor leden die de afgelopen jaren een zeer bijzondere bijdrage hebben geleverd aan ontmoeting, en/of ontwikkeling en groei van de vereniging. Ed van den Berg, Henry van Bergen en Huib van Drooge werden voorgedragen als leden van verdienste. En voor het eerst in de vijftigjarige historie van de NVON werd de NVON-erepenning uitgereikt. Petra Naber en Henrico ten Brink ontvingen de eerste NVON-erepenningen voor hun gepassioneerde en jarenlange inzet voor de vereniging.

Ook tijdens de lustrumconferentie zal weer extra aandacht besteed worden aan de bijzondere bijdrages van onze leden. Bijvoorbeeld door leden in het zonnetje te zetten die al vanaf de oprichting van de vereniging lid zijn. Sinds dit jaar hebben we dus gelukkig ook

weer een commissie voor leden van verdienste. Mocht je leden die een bijzondere bijdrage hebben geleverd aan ontmoeting, en/of ontwikkeling en groei van de vereniging willen voordragen, mail dan naar secretaris@nvon.nl.

De commissie voor leden van verdienste zal voorafgaand aan elke ledenvergadering bij elkaar komen en de voordrachten voor leden van verdienste bespreken. Deze commissie bestaat op dit moment uit: Marijke Domis (lid van verdienste), Petra van Gaalen (lid van verdienste), Jeroen Coenemans (vaksectie biologie), Stefan Bosmans (NVOX) en Anika Embrechts (secretaris).

Kennisdeling curriculumontwikkeling

Als bestuur vinden we het belangrijk om onze leden zo goed mogelijk te informeren over de curriculumontwikkeling die op dit moment plaatsvindt. Natuurlijk kun je als school deelnemen aan de fase van beproeven die door SLO georganiseerd wordt. Tegelijkertijd merken we in gesprekken met leden ook dat lang niet alle curriculuminformatie onze leden en scholen bereikt. Daarom willen we vanuit de NVON samen met de vaksecties ook regionale bijeenkomsten door het land organiseren. De vmbo-sectie organiseerde op 12 februari al zo'n bijeenkomst in Utrecht. Voor de deelnemers was er een afwisselend programma met vakinhoudelijke workshops en updates over de curriculumontwikkeling. De komende maanden verkennen we samen met de vaksecties welke data en momenten geschikt zijn om regio-bijeenkomsten rondom het scheikunde-, natuurkunde-, biologie-, nlt- en het O&O-curriculum te organiseren. Heb je hiervoor ideeën, tips of vragen, mail deze dan naar secretaris@nvon.nl.

Samenwerking andere vakverenigingen

Dit bestuursjaar hebben we een aantal bijeenkomsten gepland om de samenwerking tussen de verschillende bètavakverenigingen verder te onderzoeken. Zo willen

we verkennen welke gezamenlijke thema's we als vakverenigingen hebben en hoe we daar samen in kunnen optrekken. Denk bijvoorbeeld aan de curriculumontwikkeling en de behoefte van leerkrachten rondom de implementatie daarvan, maar ook de uitdagingen van het lerarentekort en de nieuwe bekwaamheidseisen voor de leerkracht die in ontwikkeling zijn. Met een beetje geluk wordt de STEM van de bètavakverenigingen daarmee extra versterkt.

En zoals altijd: heb je vragen of lijkt het je gezellig om eens (online) een kop koffie of thee te drinken? Stuur dan gerust een mail naar secretaris@nvon.nl. We horen graag van je!

Anika Embrechts, *secretaris NVON*

Controleer uw Binas

7e editie, bijdruk 3/24

Er is een mogelijke drukfout ontdekt in de Binas 7e editie (ISBN 9789001007249) met bijdruknummer 3/24. **In deze exemplaren kunnen de tabellen 39 t/m 54 ontbreken.** Dit betreft scheikundetabellen. De Binas 7e editie is een toegestaan hulpmiddel voor het examen 2025 voor havo.

Controleer uw Binas. Check het bijdruknummer: u vindt dit nummer boven de copyrightinformatie, voor in het boek. Het gaat alleen om 3/24. Controleer of de tabellen 39 t/m 54 ontbreken. Foutief exemplaar gevonden?

Stuur een e-mail naar: p.vanderzanden@noordhoff.nl
Vermeld in de e-mail:

- Het aantal Binas-boeken met de drukfout.
- Het volledige postadres van de school.
- Gebruik bij voorkeur als onderwerp: "Drukfout Binas 3/24".

Zonnesteken & Windvlagen

De zonne-energie die in één uur de aarde bereikt is genoeg om de hele wereld een jaar van energie te voorzien! Er gaan 8766 uren in een jaar. Hoezo een energieprobleem? De techniek is voorhanden, nu de inzet daarvan nog! In deze rubriek info, weetjes en anekdotes om de bètaleerlingen weer even bij de energietransities te houden, zij moeten de transitiekar de komende decennia trekken.

Ook een ideetje voor een steek of vlagje in deze rubriek: h.bruijnesteijn@gmail.com

Immense windturbines uit China



Dongfang, het op vijf na grootste windturbinebedrijf in China, maakt turbines voor op zee met een vermogen van 26 megawatt, een record. Deze windmolen (zie foto) is 185 meter hoog en de wieken hebben een diameter van 310 meter. De modernste turbines van Siemens-Casema uit Duitsland hebben een vermogen tot 11 MW. De huidige windturbines van de Deense firma Vestas leveren 15 MW.

Europa raakt achter op

Stonden een jaar of drie geleden Vestas en Siemens-Casema nog een en twee op de ranglijst van grootste windturbinefabrikanten ter wereld, ze zijn het laatste jaar voorbijgestreefd door de twee grote Chinese firma's Goldwind en Envision. Deze twee bedrijven hebben tot halverwege 2024 in totaal turbines geleverd met respectievelijk een vermogen van 16,7 GW en 15,9 GW, waarvan 95% in China. Vestas staat derde op die lijst met 12,7 GW, waarvan 12% in China, en Siemens-Casema zesde met 7,7 GW, waarvan 18% in China. Zes van de grootste tien bedrijven staan nu in China. Dongfang staat tiende met 5,6 GW, allemaal in China.

China de grootste?

De zes Chinese bedrijven uit de top tien hebben in totaal 66,4 GW aan vermogen met turbines op de markt gebracht, de vier uit het westen, naast Vestas en Siemens-Casema GE Vernova uit de VS en de Nordex Group uit de EU samen 40,6 GW. Gaat China net zoals indertijd met de zonnepanelen de windmolenindustrie in de rest van de wereld kapot concurre-

ren? Ook de automobielenindustrie in Europa was jaren onaan-tastbaar, maar wordt nu geconfronteerd met goedkopere elektrische auto's die hier in de havens aankomen. Met staatssteun ontwikkeld zeggen de politici en er zijn al importheffingen goedgekeurd. De Chinese windturbines, ook wellicht met staatssteun ontwikkeld, zijn tot 25% goedkoper. De uitbaters van windparken zoals Eneco en Vattenfall vinden dat natuurlijk aantrekkelijk en zeggen dat alsnog de vraag naar turbines in Europa groot is. Europa wil de capaciteit van 220 GW nu uitbreiden naar 425 GW in 2030. Ze kunnen echter nog niets zeggen over mogelijke aankopen in China.

Geopolitieke veiligheid

Wellicht kan China met slimme technologie in de geleverde turbines Europese windparken uitschakelen. Het kabinet verbood al eerder hoogspanningsbeheerder Tennet Chinese stroomkabels te kopen vanwege risico op sabotage. Ontwikkelaars van windparken moeten tegenwoordig een veiligheidsstrategie meeleveren bij een aanvraag in een tender. Daarin moeten cyberrisico's aangegeven worden voor veiligheid en leveringszekerheid.

De grootste

Wie de grootste heeft, dat speelt nogal in deze industrie meldt Jan Vos, de voorzitter van NedZero, de belangenbehartiger van de Nederlandse windsector. En de Chinezen zijn daar goed in en richten hun vizier steeds meer op Europa. Op de grote beurs WindEnergy in Hamburg van september 2024 wemelde het van de Chinese stands, een bewuste strategie om de Europese markt open te breken met hun goedkope turbines en dat kan voor de Europese windmolenindustrie catastrofaal zijn.

Collega's, aan de slag met geopolitiek burgerschapsonderwijs!

Bron: Weijer, B. van de, 'Blaast China straks ook de Europese windmolenindustrie omver?', *De Volkskrant*, 28 oktober 2024, 13-15.

Hein Bruijnesteijn, redactie



Kikkers

Onlangs vertelde een bekende me dat hij in een huis woont waarbij in de tuin ooit een vijver was. Die vijver is al meer dan twintig jaar geleden gedempt. Er staat nu een schuurtje. Toch komen er ieder jaar nog kikkers die kennelijk op zoek zijn naar die vijver. Heeft iemand daar een verklaring voor?

Marianne Offereins

Reacties graag naar redactie@nvon.nl

COLOFON

NVOX is een uitgave van de Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen (NVON)

Redactie:

Hoofdredacteur: A. Thurlings (hfdrd-nvox@nvon.nl)

Adjunct-hoofdredacteur: M. Domis-Hoos (marijke.domis@ziggo.nl).

Eindredacteurs: S. Bosmans, biologie (s.bosmans@fontys.nl);

E. van de Leur, natuurkunde (erik@vandeleur.com);

R. Soer, scheikunde (rw.soer@gmail.com); T. Brink, wetenschapsoriëntatie (t.brink@xs4all.nl); M. Mojet, nlt (mart.mojet.nvox@gmail.com); T. Tamis, Jong NVON (toscatamis@gmail.com) vacature, toa; M. Hoebens (martha@hoebens.nl);

N. Lurvink, vmbo (nienkelurvink@gmail.com).

Redacteurs: H. van Bommel (na), H. Bruijnesteijn (vmbo/toa), J. de Gruijter (sk), C. van der Kamp (na), A. Pollmann (wo), W. van Elsäcker (na).

Bureauredactie: S. Dankers.

Redactieadres: TBU - Redactie NVOX, Dokter van Deenweg 162 (1e verdieping), 8025 BM Zwolle, email: redactie@nvon.nl, www.nvon.nl/nvox

Kopij kunt u aanleveren bij redactie@nvon.nl of bij de betreffende eindredacteur.

Aan de inhoud van de artikelen in dit blad is veel aandacht besteed. De redactie aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele onvolledigheden of onjuistheden. De redactie doet haar uiterste best alle aangeleverde foto's met de juiste bronvermelding te plaatsen. Wanneer desondanks beeldmateriaal is gebruikt waarvan u rechthebbende bent en voor

het gebruik waarvan u niet als bron of rechthebbende wordt genoemd, kunt u zich in verbinding stellen met de redactie: redactie@nvon.nl.

Overname van artikelen (op welke manier en met welk doel dan ook) is uitsluitend toegestaan met bronvermelding en na schriftelijke toestemming van de hoofdredacteur.

Eventuele gevolgen van verkeerd, onoordeelkundig of onzorgvuldig uitgevoerde proeven zijn de verantwoordelijkheid van degene die ze uitvoert, ze kunnen nooit tot verantwoordelijkheid worden gemaakt van de auteurs of de redactie.

De redactie behoudt zich het recht voor artikelen te weigeren, dan wel te redigeren, in te korten of stilistische wijzigingen door te voeren.

Dagelijks bestuur NVON: J.J. Wietsma, voorzitter

(voorzitter@nvon.nl), A. Embrechts, secretaris (secretaris@nvon.nl), T. Tamis, penningmeester (penningmeester@nvon.nl).

Algemeen Bestuur: het DB aangevuld met de sectie-voorzitters: biologie: J. van den Berg (cnm@rml.nl), natuurkunde: R. Zibret (r.zibret@jdesign.org), nlt: A. Linnenbank (andrel@bytehouver.nl), scheikunde: M. Schaveling (margeschaveling@gmail.com), toa: D. Cloots (danielle_cloots@hotmail.nl), techniek en technologie: vacature, vmbo: H. Bruijnesteijn (h.bruijnesteijn@gmail.com)

Het lidmaatschap kan maandelijks ingaan en wordt jaarlijks automatisch verlengd. Opzeggen is mogelijk tot uiterlijk 2 maanden vóór het einde van het lidmaatschap. Voor meer informatie, zie: www.nvon.nl.

NVON-secretariaat / ledenadministratie:

TBU - NVON, Dokter van Deenweg 162 (1e verdieping), 8025 BM Zwolle, tel. 0522-243347 (maandag tot en met vrijdag)

secretariaat@nvon.nl (algemene vragen)

ledenadministratie@nvon.nl (aanmelding, opzegging, adreswijziging e.d.)

NVON-bureau: E. van Ballegoij

(hoofdbureau@nvon.nl)

NVON-ledenservice (voor het bestellen van boeken en overige uitgaven): www.nvonwebshop.nl

NVON Vakbondzaken: De NVON is aangesloten bij de FvOv, de Federatie van Onderwijsvakorganisaties.

Ook geeft de NVON rechtspositionele ondersteuning aan haar leden woonachtig in Nederland bij zaken die voortvloeien uit een dienstbetrekking. Informatie en indienen van aanvragen: www.nvon.nl/ondersteuning.

Stafmedewerker Vakbond en Projecten: C Hijmissen

Internetadres: www.nvon.nl.

Vormgeving:

FIZZ | Digital Agency, www.fizz.nl.

Productie: FIZZ | Digital Agency, www.fizz.nl.

Advertenties:

Voor inlichtingen: secretariaat NVON, Zwolle. Tel.: 0522-243347.