

# NVOX

MAGAZINE VOOR HET ONDERWIJS IN NATUURWETENSCHAPPEN

#6

JUNI  
2024  
jaargang 49



**Vliegen we nog in 2040?**

**Bouwstenen van een les**

**Visualisaties van longitudinale golven**

# Water

## gewoon bijzonder

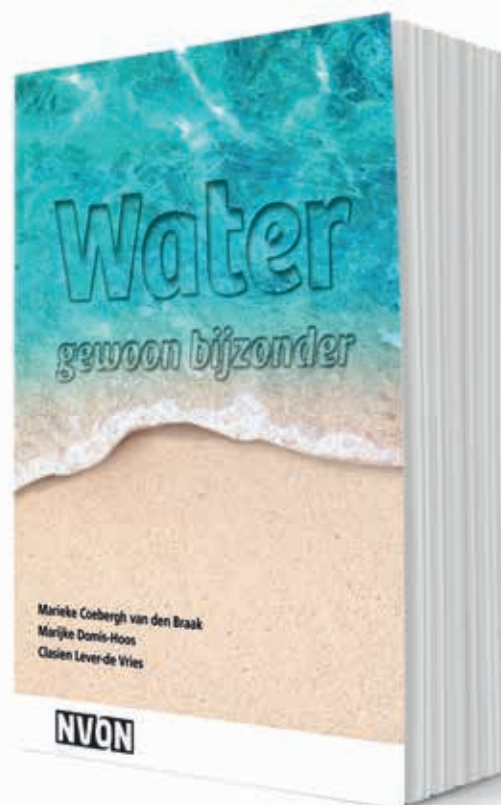
*De toekomst van water begint vandaag!*

Praktisch handboek:

- interessante wetenswaardigheden over water
- vraagstukken als gevolg van klimaatverandering
- concrete oplossingsrichtingen
- leeractiviteiten voor vmbo/havo/vwo
- geschikt bij alle bètavakken
- ook toepasbaar bij 'burgerschap'

**Bestel het boek nu!**

Ga naar de webshop  
[www.nvonwebshop.nl](http://www.nvonwebshop.nl)  
of scan de QR code



voor  
**bètadocenten**  
& **toa's**  
onder- / bovenbouw  
vmbo / havo / vwo

**NVON**  
**BÈTA &**  
**TECHNOLOGIE**  
**FESTIVAL**

**WOENSDAG 9 OKTOBER 2024**  
**1931 CONGRESCESTRUM DEN BOSCH**

lees meer op  
[nvonfestival.nl](http://nvonfestival.nl)



# Beroepsbeeld leraar

**R**ond deze tijd verschijnt het resultaat van een uitgebreid onderzoek naar het beroepsbeeld van de leraar, en te lezen op [beroepsbeeld-leraar.nl](http://beroepsbeeld-leraar.nl). Kennisland heeft dit onderzoek uitgevoerd in opdracht van lerarenorganisaties (FvOv, AOb, CNV onderwijs, BVMBO en PVVVO) en ondersteund door OCW. Op verschillende manieren zijn leraren, ook de leden van de NVON, bevraagd over hoe ze aankijken tegen hun eigen rol en functie. Het beeld is niet bedacht door buitenstaanders of beleidsmakers, maar gemaakt door de beroepsgroep zelf. Het is mooi dat dit resultaat er ligt.

Waarom is dit belangrijk? Allereerst omdat het iets van leraren zelf is, dat tekent hoe men zichzelf ziet. Wat hoort wél bij het leraarschap, en wat vooral niet? Wat zijn de mooie kanten van het vak, en waar zitten donkere hoeken? Het beroepsbeeld is ook iets *niet*: het is geen beschrijving hoe een leraar zou moeten zijn, of in welke richting het beroep zich zou moeten ontwikkelen. Vervolgens is van belang dat leraren zich ook als *beroepsgroep* organiseren en profileren. Leraar zijn is een prachtig vak en verdient positieve waardering. Hebben we als leraren die uitstraling ook? Zijn we er trots op, en presenteren we ons ook als zodanig? Misschien is dit wel de meest belangrijke reden dat het onderzoek is gedaan. Immers: het is nodig dat méér mensen de stap naar het leraarschap zetten. Een realistisch en positief beeld van het beroep helpt daarbij. Niet alleen in een rapport: die uitstraling moet van ons allemaal komen. Misschien hebben we de beeldvorming, mogelijk onbedoeld,

zelf negatief beïnvloed door sterk de focus op 'hoge werkdruk' te leggen. Dat maakt het niet aantrekkelijk om in te stappen. En dat terwijl werkdruk niet persé te maken heeft met de primaire taak van leraren: het lesgeven. Vaker ligt de oorzaak bij allerlei maatschappelijke taken die het onderwijs binnengeschoven worden.

Het onderwijsbeleid richt zich de komende tijd sterker op bevoegdheden en opleiding van leraren, wegwerken van lerarentekort, doorgaande scholing en kwaliteit van werken. Dat gebeurt in Groeifondsprojecten als NAPL (Nationale aanpak Professionalisering Leraren), TechKwadraat (versterken van bèta-technisch onderwijs) en Ontwikkelkracht (versterken van de lerende aanpak op school). Dat is ook te zien in Herijking Bekwaamheidseisen en de vorming van Onderwijsregio's (lerarentekort tegengaan). Al deze initiatieven zijn er mede op gericht om onderwijs te verbeteren door te investeren in de kwaliteit van leraren. We zien graag dat dit beleid *samen met leraren* ontwikkeld wordt en daarvoor is vormen van een *beroepsgroep* van leraren belangrijk en daarvoor wordt het beroepsbeeld van de leraar gezien als belangrijke bouwsteen. Maar het vanuit de verzamelterm 'leraar' zoeken naar gemeenschappelijke kenmerken kan tegelijk de *onderscheidende* aspecten ondergeschikt laten worden. Immers: leraren zijn niet maar 'leraar', maar 'leraar in iets'. Je bent leraar in groep 5, leraar science of leraar natuurkunde. Er is inhoudelijke specialisatie én verschil in doelgroep, die allebei invloed hebben op de manier van werken in de les. Deze grote variatie van inhoud,



vaardigheden, aanpak en context maakt dat leraren nogal van elkaar verschillen. De vorming van een sterke beroepsgroep zou in mijn optiek moeten beginnen met de verbinding op inhoudelijk niveau, die recht doet aan verschillen. Dat hebben we in vakverenigingen zoals NVON gerealiseerd, en zulke organisaties zijn er voor ieder schoolvak. Wanneer we de vakverenigingen in positie brengen om óók een rol te hebben in het onderling toezien op kwaliteit van het werk en de scholing, kunnen we vanuit die basis een sterke beroepsgroep opbouwen. In de medische sector is dat gemeengoed. Elk specialisme (zoals IC-verpleegkunde, cardiologie of traumachirurgie) heeft een eigen beroepsorganisatie die richtlijnen en kwaliteitseisen vaststelt. Ook kent die organisatie scholingspunten toe voor de verplichte beroepsregistratie in het BIG-register. Medische beroepsverenigingen zijn aangesloten bij grote koepels die de gezamenlijke belangen behartigen. Richtlijnen voor de kwaliteit van het werk komen uit de sector zelf en worden door bestuurders en overheden gerespecteerd. Daar kunnen leraren wat van opsteken. Iets om de komende tijd over te denken en in het nieuwe seizoen verder aan te werken. Ik wens je een goede en ontspannen zomerperiode toe.

**Jan Jaap Wietsma**  
**Voorzitter NVON**  
 Reacties naar: [j.j.wietsma@nvon.nl](mailto:j.j.wietsma@nvon.nl)



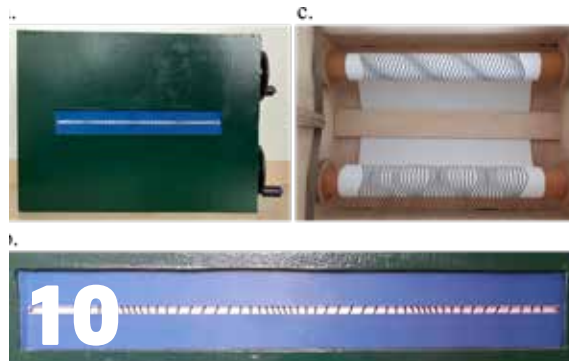
### Vliegen we nog in 2040?

Vliegtuigmakers, luchthavens en luchtvaartmaatschappijen weten dat zij moeten stoppen met fossiele brandstoffen en alternatieven moeten ontwikkelen. Kunnen we in 2040 nog vliegen, als we stoppen met fossiele kerosine? Fons Janssen is de auteur van dit artikel en schrijft over de mogelijkheden.



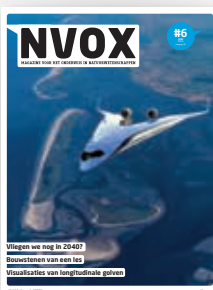
### Bouwstenen van een les

Hannie Lensink legt in dit artikel uit welke 'bouwstenen' zij gebruikt om haar lessen vorm te geven. Een heerlijk praktisch en helder artikel. Zij adviseert om structuur te bieden door de agendapunten van een les op het bord te zetten.



### Klassieke visualisaties van longitudinale golfverschijnselen

Golfbewegingen zijn voor leerlingen vaak lastig voor te stellen. Dit geldt met name voor longitudinale golven. In dit artikel laat Roger Rikken zien hoe je met een oude techniek, gebaseerd op Crova's Disc, leerlingen kunt helpen om longitudinale golven inzichtelijker te maken.




OP HET OMSLAG:  
Flying-V (bron: TU Delft)

## (Op)nieuw

Als hoofdredacteur zie ik vaak als een van de eersten artikelen langskomen van auteurs die hun bijdrage via [redactie@nvon.nl](mailto:redactie@nvon.nl) insturen. Daar word ik dan heel blij van, want er zitten geregeld pareltjes tussen. In deze NVOX staat bijvoorbeeld het artikel van Hannie Lensink, docent aan SG Marianum in Groenlo en Lichtenvoorde en Universiteit Twente, waarin zij beschrijft hoe ze haar lessen vorm geeft. Voor een starter, maar zeker ook voor een docent met meer ervaring, zijn haar ideeën helder en erg verfrissend. Ik zou bijna zeggen: **vernieuwend**.

Ook de bijdrage van Fons Janssen, die werkt bij Biotechnoly in Venray, is zeer de moeite waard. Hij schrijft over hoe de luchtvaart moet veranderen als we in 2040 nog willen vliegen. Zelf ben ik niet zo'n fan van vliegen (de keren dat ik gevlogen heb zijn op de vingers van een hand te tellen), maar zonder luchtvaart kunnen we niet. Vliegen op oud (of **opnieuw** gebruikt) frituurvet, zoals in het artikel als optie wordt genoemd, lijkt mij overigens helemaal niets. Als ik alleen al aan de lucht denk, word ik misselijk. Roger Rikken stuurde een mooi artikel in over een apparaat dat hij gemaakt heeft om de eigenschappen van longitudinale golven (die met verdichtingen en verdunningen) zichtbaar te maken. Het is een apparaat dat gebaseerd is op een oude techniek met Crova's discs die hier **opnieuw** wordt ingezet. De aankomende zomervakantie lijkt mij een uitgelezen moment om te kijken of het lukt zelf zo'n apparaat te bouwen. Het deed mij denken aan de poppetjes die ik als kind graag tekende onderaan op een nieuw kladblok: steeds een stukje verder zodat ze, als je het kladblok snel doorbladerde, leken te bewegen.

Mocht je inspiratie hebben voor een bijdrage aan het themanummer '**(Op)nieuw**' dan ben je van harte uitgenodigd daar een eigen draai aan te geven. Ik wens je een hele fijne en mooie zomer toe!

Anneke  
Thurlings 

Hoofdredacteur NVOX  
[redactie@nvon.nl](mailto:redactie@nvon.nl)

- 13 Curriculum & examens** Centraal Examen scheikunde - Emmy Zeetsen en Frans Meindertsma
- 14 In de klas** De Ideale Bellenblaas - Sebastiaan de Lavoir
- 16 Achtergrond** Is de slijmzwam slimmer dan wij? - Tim Veenstra en Ruzz Lambregts
- 18 Interview** Samen optrekken in een krachtig netwerk - Coen van der Kamp
- 21 In de klas** Fijnstof meten zonder stroom of internet - Jonas Maas en Mart Mojet
- 24 Interview** Fascinatie als uitgangspunt - Marijn van Nijhuis
- 28 Wetenschap** Ontdek de wetenschap achter de Einstein-telescoop - Marijn van Nijhuis
- 32 Mensen** Wie is Rosa Koerhuis? - Marianne Offereins
- 33 In de klas** Garden013 (5) - Jocelyn Janssen
- 34 In de klas** Zwaartekrachtgolven voor dummies - Sanne Aarts en Tommaso Siligardi
- 36 In de klas** Scheikunde? Water is H<sub>2</sub>O, verder kom ik niet - Cees Gooijer
- 40 Didactiek** Wijze lessen. Digitale didactiek - Marianne Offereins
- 46 Achtergrond** Werken aan een toegankelijk museum - Marieke Verhoeven
- 47 Wetenschap** De Nederlandse dino - Eulàlia Gassó Miracle
- 48 In de klas** De pieper: onderzoek met aardappels - Marijke Domis
- 50 Achtergrond** Leren onderzoeken - Freek Pols
- 52 Béta & Technologie Festival**

Het thema voor  
NVOX #10 is  
'(Op)nieuw'  
Deadline 14 oktober

## RUBRIEKEN

- 27 Collegiale tips** - Rolf Soer
- 30 Jong NVON** Het geheim van de asperge - Tosca Tamis
- 37 Het kabinet**
- 42 Recensies**
- 53 Column** Monsterlijke motivatie - Machteld de Kok
- 54 Bestuurstafel**
- 55 Zonnesteek & Windvlagen** Stroomopwekking rond Waddenzee - Arnoud Pollmann
- 56 Doping** - Anneke Thurlings



Vakblad van de NVON  
Nederlandse Vereniging voor het  
Onderwijs in de Natuurwetenschappen

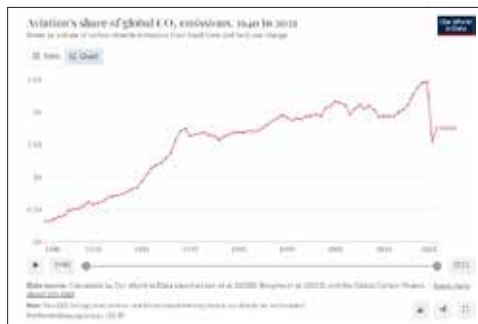
# Vliegen we nog in 2040?

De turbinemotoren van vliegtuigen gebruiken momenteel kerosine, een fossiele brandstof. Onder meer door klimaatacties weten vliegtuigmakers, luchthavens en luchtvaartmaatschappijen dat zij moeten stoppen met fossiele brandstoffen en alternatieven moeten ontwikkelen. Kunnen we in 2040 nog vliegen, als we stoppen met fossiele kerosine?

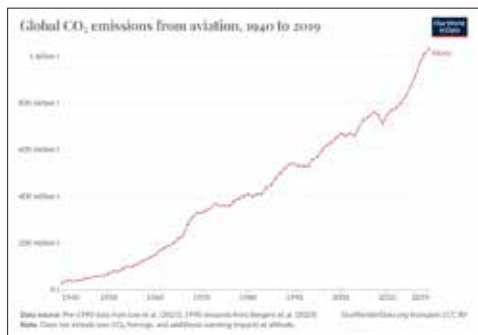
In 2016 hebben Nederland en de Europese Unie het VN-Klimaatakkoord van Parijs ondertekend. Het doel is de opwarming van de aarde te beperken tot anderhalve graad Celsius boven de pre-industriële tijd. De EU-lidstaten hebben met elkaar afgesproken dat de EU in 2030 minimaal 55 % minder moet uitstoten. In 2050 wil de Europese Unie klimaatneutraal zijn. Dat betekent dat er dan netto geen broeikasgassen meer worden uitgestoten (Mulugetta et al., 2023). De luchtvaartsector stoot momenteel 2,5 % (Klöwer et al., 2021) uit van alle broeikasgassen, maar dat percentage stijgt snel naarmate meer mensen gaan vliegen, terwijl de verduurzaming maar traag op gang komt. Hoewel we in Europa korte vluchten relatief makkelijk kunnen vervangen door de trein of bus, ontbreken het geld en een besluitvaardige overheid om snelle alternatieve verbindingen aan te leggen op land. Gelukkig zijn er veel goede digitale middelen die veel vluchten kunnen vervangen met een videobelletje en mail. Een groot deel van de vluchten is niet essentieel, maar wel fijn voor de ervaring of om goede contacten op te doen. Er blijven echter situaties waarbij een vliegtuig sterk de voorkeur heeft. Denk aan het snel bezoeken van een ziek familielid in het buitenland of het sluiten van overeenkomsten waarbij het vertrouwen van mensen in elkaar nodig is. Voor resterende vluchten moet vliegen duurzaam worden.



**Fons Janssen** studeerde tussen 2013-2020 biotechnologie in Wageningen met een specialisatie in proceskunde. Hij is bestuurslid bij de Chemie & Maatschappij Groep van de KNCV en mede-auteur van het rapport 'Can we fly in 2040?'



Figuur 1a. Wereldwijde CO<sub>2</sub>-emissies van de luchtvaart, 1940 tot 2019



Figuur 1b. Aandeel luchtvaart in totale CO<sub>2</sub>-emissie. Dit is een conservatieve schatting. Als je de bijwerkingen en secundaire effecten meeneemt, kan dit een factor 2 tot 5 hoger zijn. (Klöwer et al., 2021).

## Lichtere materialen en slimmer ontwerp

Er zijn veel slagen te maken door een vliegtuig lichter en beter gestroomlijnd te maken. In de afgelopen decennia heeft een grote verschuiving plaats gevonden door metalen, zoals staal, door titaan en aluminium te vervangen of door kunststoffen, zoals epoxy, versterkt met (silicium)koolstofvezels (Paryeez et al., 2022).

De afgelopen decennia is het brandstofverbruik en dus de uitstoot per passagier met tientallen procenten verminderd. Maar hier

liggen nu grenzen in de huidige ontwerpvorm. De TU Delft, KLM en Airbus ontwerpen nu de 'Flying V'. Bij deze vorm gaan de romp en vleugels in elkaar op in een V-vorm. Hiermee kan tot wel 20 % van de brandstof bespaard worden (Romero-Izquierdo et al., 2021).

## Duurzame brandstof opties

Bijna alle huidige vliegtuigen maken gebruik van kerosine. Deze brandstof heeft een hoge energiedichtheid zowel per volume- als per gewichtseenheid. Fossiele kerosine is een mengsel van al dan niet cyclische alkanen met een ketenlengte tussen de C<sub>12</sub> en C<sub>16</sub> (Romero-Izquierdo et al., 2021), waarbij nog kleine hoeveelheden zuurstof-, stikstof- en zwavelverbindingen aanwezig zijn. Er zijn zowel initiatieven om fossiele kerosine te vervangen met hernieuwbare kerosine als om nieuwe typen brandstoffen en motoren te ontwikkelen.

## A Vliegen op alcohol

'Alcohol to Jet' is een biogebaseerde manier om brandstof voor de luchtvaart te maken. De suikers in biobased-reststromen worden vergist tot alcoholen als butanol en ethanol. Dan wordt water ervan afgesplitst, waardoor alkenen gevormd worden. Door te polymeriseren ontstaan koolwaterstoffen met langere ketens. Dubbele koolstofbindingen worden verzadigd met waterstof en daarna volgt fractionering tot biokerosine.

## B Vliegen op oud frituurvet

Een tweede manier om kerosine na te maken is via bestaande groene lange koolwaterstoffen. De meest ver ontwikkelde techniek is 'Hydroprocessed Esters and Fatty Acids'

(HEFA), (Souby, 2020), waarbij de esters van oud frituurolie gebruik worden. De esters worden eerst katalytisch verzadigd met waterstof. Daarna vallen met thermolyse de triglyceride-esters uiteen in glycerol en vetzuren. De vetzuren worden decarboxyliseerd (-COOH groep eraf halen) en vervolgens gekraakt naar de verschillende brandstoffen.

### C Vliegen met synthetische brandstoffen

Tot slot is het ook mogelijk om via het Fischer-Tropsch-proces synthetische brandstof te maken (Van de Loosdrecht et al., 2013). Hierbij gebruik je waterstof en koolstofmonoxide of koolstofdioxide. De waterstof kun je met elektrolyse maken uit water en (hernieuwbare stroom) of uit methaan met de methaan-water-shiftreactie. De koolstofbron kun je halen uit het vergassen van afval of biobased-reststromen. Ook is de industrie bezig om CO<sub>2</sub> af te vangen uit hun schoorstenen en zijn er zelfs bedrijven die CO<sub>2</sub> uit de lucht halen. In installaties met verschillende katalysatoren met hoge temperatuur en druk vormen de grondstoffen koolwaterstoffen en water. Na het verwijderen van water door te koelen, wordt het mengsel gedestilleerd en de fractie kerosine opgevangen. Pas als de waterstof of CO<sub>2</sub> niet komen van fossiele bronnen is deze brandstof circulair en duurzaam te noemen.

### D Vliegen op waterstof

Bij veel kerosine-productiemethodes wordt waterstof toegevoegd. Hiermee wordt het koolwaterstofmolecuul verzadigd met hoog energetische koolstof-waterstof bindingen, zodat de energiedichtheid van de brandstof stijgt. Ondanks dat waterstof het lichtste element is, is de energie-volume-dichtheid zeer laag, ook onder hoge druk. Waterstof kan je direct verbranden in een aangepaste turbine. Een andere en meer energie-efficiënte toepassing is het gebruik in een elektrische brandstofcel (Durkin et al., 2024)). Het nadeel van een brandstofcel is dat het snel opschalen van vermogen nog moeilijk gaat.

### E Vliegen op batterijen

Naast het verbranden van energiedragers, ofwel brandstoffen, kun je energie ook opslaan in batterijen. Degene die nu gebruikt worden,



De Flying-V bespaart 20 procent op het brandstofverbruik, tekening TU Delft

zijn Lithium-ion batterijen. Deze batterijen zijn veel minder energiedicht dan kerosine (300 tegen 12.000 Wh per kg). Veel onderzoek gaat naar nieuwe typen batterijen met een hogere dichtheid, meer cyclussen om te herladen en betere veiligheid door warmte beter af te voeren. Momenteel is het al mogelijk om met een kleine groep mensen korte afstanden te vliegen. Het ziet eruit dat alleen voor korte vluchten zoals Amsterdam-Londen batterijen gebruikt zullen worden (Jacobo, 2024).

### Conclusie

Er zijn dus behoorlijk veel manieren om duurzame luchtvaart te ontwikkelen. Klimaatactie is maar één van de grote drijvende krachten achter deze duurzame transitie. In de Nederlandse luchtvaartdiscussie spelen ook de vermindering van fijnstof, stikstofoxides en geluidsoverlast een grote rol. Het beleid van de Europese Unie is dat richting 2040 biobased kerosine snel opgeschaald wordt ('Fit for 55 and ReFuelEU Aviation | EASA', 2024), maar dit kan slechts een klein deel van de huidige vluchten binnen Europa van brandstof voorzien. Je gaat niet iedere dag friet eten om frituurolie aan te leveren. Richting 2050 moeten de synthe-

tische brandstoffen het merendeel vormen. Fossiel vliegen wordt in Europa duurder, omdat voor emissies meer betaald gaat worden. De duurzame opties zijn vaak nog duurder door ontwikkelingskosten en het lage aanbod. Het wordt dus ook een politieke kwestie met welke brandstoffen en hoeveel en hoe vaak mensen nog kunnen vliegen en hoe de kosten verdeeld worden in deze internationaal competitieve sector. Hopelijk gaat het natuurwetenschappelijk onderwijs de duurzaamheid van de verschillende opties aan de orde stellen. Dan kunnen leerlingen in de nabije toekomst goed geïnformeerd meedenken en beslissen over deze opties. ●

### BRONNEN

- Voor het CMG-KNCV rapport 'Can we fly in 2040? Under what premises could flying be a sustainable means of transport in 2040?' zie <https://cmg.kncv.nl/rapporten>.
- De andere bronnen staan onder het artikel op de website. Alle bronnen werden op internet geraadpleegd op 17 april 2024.

# Bouwstenen van een les

## Mijn favoriete instrumenten uit de gereedschapskist

Niet alleen de startende docent, elke docent worstelt met de vraag hoe je leerlingen in de 'aan-stand' krijgt. Na Corona lijkt dit niet gemakkelijker geworden. Hoe stimuleer je leerlingen zich vast te bijten in een onderwerp in een snelle samenleving die gedomineerd wordt door het aantal 'likes' op een 'comment' en waar de maximale duur van een TikTok-video 60 seconden is?

De meute leerlingen komt kletsend binnen. Sommigen kijken je nog even aan en mompelen iets wat lijkt op 'hallo' en vervolgen hun gesprek... ook wanneer ze al zitten. De weg naar de telefoonzak verloopt bij sommigen nog steeds moeizaam en als het even kan wordt deze vermeden. En daar sta jij dan met je goede intenties, je kennis van concepten en mogelijke misconcepten, de doelen en succescriteria op een rij.

In dit artikel ga ik in op bouwstenen, waar ik het in mijn rol als lerarenopleider veel over heb met studenten en stagiaires. Het is laaghangend fruit, waarmee je snel valkuilen dicht.

Boeken over orde houden – klassenmanagement klinkt vriendelijker – bieden wel wat soelaas. Er is veel literatuur over klassenmanagement en didactiek. Een aantal boeken dat mij inspireerde, is van bijvoorbeeld Teitler (2011), Kneyber (2013) en Koenderink en Louwerse (2013).

Maar dan nog blijft het een complex geheel van klassenmanagement, didactiek en interactie en blijft het een woud waarin je zelf je weg moet vinden. Ik zie studenten van de lerarenopleiding vooral worstelen met orde houden. En laten we eerlijk zijn: wie had dat niet? En soms nóg wel: dat je alle zeilen moet bijzetten in een volle klas, het laatste uur van een dag? Wat helpt dan?

### Structuur: agendapunten op het bord

Deel de les in, in blokjes van 10 tot 15 minuten en zet op het bord de agendapunten van onze 'vergadering': een leidraad en overzicht voor zowel de leerling als voor mij.

Ik kies per les meestal drie tot vijf blokjes uit de veelvoorkomende opties, zoals stukje uitleg, vraaggesprek, demonstratie, filmpje met kijkvragen, zelfstandig werken, quiz en exit



Finger-voting

ticket. Deze variatie zorgt voor een afwisselende les.

Er zijn ook een aantal algemene richtlijnen die in gedachten moeten worden gehouden, zoals 'Keep them busy' (Teitler, 2011). Een wachtende leerling is immers een kletsende leerling. Daarom moet de les een goed tempo hebben om de aandacht van de leerlingen erbij te houden. Een minder interessant blokje is dan wel vol te houden voor een leerling, het duurt immers maar een minuut of tien.

### Weg met moeizame vraaggesprekken

Luisteren wordt vaak actief gemaakt met het stellen van vragen tussendoor. In de lerarenopleiding zit een opdracht waarin studenten een vraaggesprek opnemen en analyseren. En dan zie je pas hoe moeilijk het voeren van een goed onderwijsleergesprek is. De meest banale vragen worden gesteld, alleen maar om leerlingen 'erbij' te houden: 'De raad welk woord ik in mijn hoofd heb'-show of de 'jullie'- en 'iedereen'-vragen: 'Snapt iedereen dit?' Deze vraag is toch niet te beantwoorden! Als het een uitnodiging is om vragen te stellen, dan is dat wellicht op



**HANNIE LENSINK** is docente NaSk en scheikunde op het Marianum in Groenlo en Lichtenvoorde en vakdidacticus scheikunde en natuurkunde bij de lerarenopleiding ELAN van de Universiteit Twente. Na haar lerarenopleiding studeerde ze onderwijskunde in Utrecht.

Ze verzorgt ook colleges voor het vak Algemene Didactiek, Pedagogiek en Onderwijskunde.

dat moment in de les helemaal niet handig? Want wat doe je met die anderen die geen vraag hebben?

Antwoorden met of zonder vingers, ook al zo'n gedoe. Liever willekeurig beurten geven dan alleen de vingers aanwijzen... als leerlingen al het geduld hebben om een vinger op te steken. Dylan Wiliam is er duidelijk in: No hands up! Het belemmert zelfs het leren. Wanneer leraren op deze manier vragen stellen, betrekken ze alleen de meest zelfverzekerde leerlingen bij de discussie, krijgen ze alleen informatie over wat een handjevol leerlingen weet en vertrouwen ze vaak op spontane vragen die geen misconcepten bij leerlingen aan het licht brengen.

### Denken-Delen-Uitwisselen

Met 'Denken-Delen-Uitwisselen' zijn al deze problemen uit de wereld. Je hoeft niet elke alinea met een vraag te begeleiden. Een stukje uitleg en dan een checkvraag. Die schrijf je op het bord, leerlingen nemen hem over. Eerst even een denktijd, in stilte (noem een korte tijd, een aantal seconden of minuten, passend bij de vraag). Iedereen voor zich, zelf denken. Daarna 'Delen' met de buur (niet achter en voor, nee, alleen diegene naast je), ook weer kort. En dan 'Uitwisselen' en je geeft een duo de beurt en noteert de uitwerking op het bord. Sociaal veilig, iedereen heeft nagedacht, hartstikke effectief.



### Finger-voting

Een andere manier om betrokkenheid te organiseren is het 'steek het aantal vingers op' systeem bij meerkeuzevragen. Het zorgt voor individuele aanspreekbaarheid en dwingt betrokkenheid af voor elke leerling. 'Finger-voting' zoals Wiliam (2013) het noemt is makkelijk: iedereen heeft altijd zijn handen bij zich. Geen gedoe met kleur- of letterkaartjes die voor een antwoord staan. Kies de 'foute' antwoorden handig om misconcepten zichtbaar te maken (Berg, 2019).

### Stiltemoment

En dan moeten ze zelfstandig aan de slag, meestal na de uitleg. Leerlingen vatten deze overgang van klassikaal geleid naar zelf-

standig werken op als een pauzemomentje om te gaan kletsen. Geef ze even tijd om op te starten, bijvoorbeeld twee minuten opstarttijd. Ik schrijf die tijden ook op het bord. En dan 'om in de concentratie te komen' vijf minuten stiltetijd. Nee, niet overleggen, dat kan na de stiltetijd. Geen vragen stellen, bewaar die even. Een hipper benaming is 'me-time': jij, alleen met jezelf en je boek en je opgaven.

Op deze manier komen leerlingen makkelijker en vlotter in de werkmodus. Een stille klas is ook gemakkelijk stil te houden vanuit stilte. De eerste-de-beste die toch gaat overleggen, noem je even kort bij naam. En vaak blijft het ook rustig na de stiltetijd. Er mag wel overlegd worden, maar wel zachtjes, en alleen met de naaste buur. Die rust, heerlijk! Het enige waar je op moet letten, is dat je zelf niet gaat kletsen.

### Activerende werkvorm: Quizizz

Een werkvorm die leerlingen vanzelf in de stof zuigt, is een quiz. Quizizz.com is een handige tool, waarin leerlingen vanzelf fanatiek worden. Het onvoorspelbare van gaming, met onverwachte bonussen, houdt de quiz tot het einde boeiend. Als je leerlingen met tweetallen laat inloggen, zijn er minder teams en is de kans op een podiumplaats groter en het stimuleert overleg. De laatste tien minuten van de les vliegen zo voorbij, met het zweet op de rug van de leerlingen (en mijn rug is droog).

Ik heb een hekel aan Kahoot: Leerlingen worden er druk van en de nadruk ligt meer op het snel klikken dan op de inhoud. Quizizz daarentegen werkt op eigen tempo. Leerlingen hebben al snel door dat rustig antwoorden en veel vragen goed beantwoorden de kans op een podiumplek vergroot, in plaats van snel te werken en veel fouten maken. Het platform kent meerdere vraagsoorten: meerkeuze en 'fill-in-the-blank' zijn makkelijk te gebruiken. De optie 'answer explanation' biedt de mogelijkheid om een antwoord toe te lichten dat automatisch op het scherm van de leerling verschijnt. Deze werkvorm is vooral geschikt voor vragen op het niveau van onthouden en begrijpen (of reproduceren en toepassen 1 in RTTI-termen).

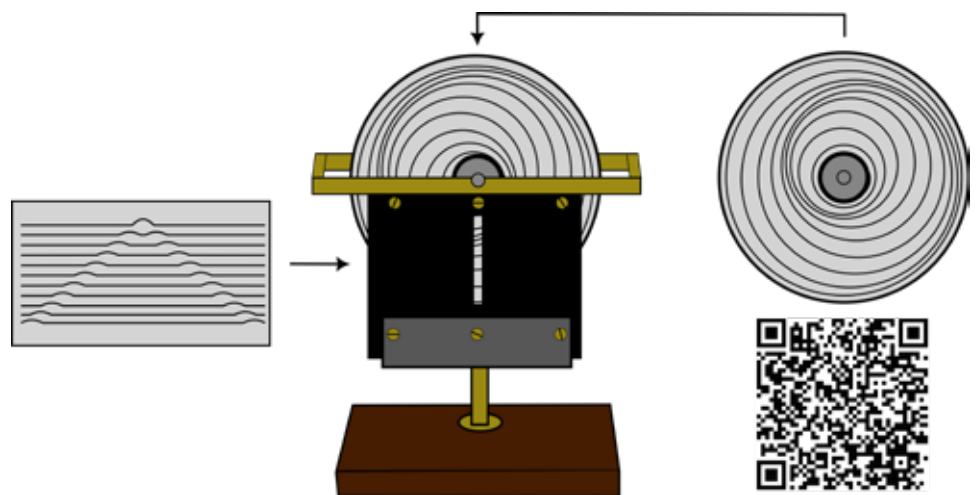
Ik had gewild dat ik bovenstaande, laten we het gewoon bij naam noemen, trucjes eerder in mijn repertoire had opgenomen. Toen ik begon als docent hadden deze mijn leven gemakkelijker gemaakt! ●

### BRONNEN

- Berg, E. van den (2019). *Formatieve evaluatie door middel van concept checks: Het opsporen van en reageren op misconcepties bij leerlingen*. SLO.
- Kneyber, R. (2013). *Orde houden in het voortgezet onderwijs*. Phronese.
- Koenderink, T., & Louwerse, R. (2013). *Is het voor een cijfer? Motivatie in het onderwijs, van containerbegrip naar hanteerbaar concept*. Novilo.
- Teitler, P. (2011). *Lessen in orde*. Coutinho
- Wiliam, D. (2013). *Assessment The bridge between teaching and learning. Voices from the Middle*, 21(2), 15-20
- Wiliam, D. (2014). *The right questions, the right way*. ASCD. 71(6)
- [www.ascd.org/el/articles/the-right-questions-the-right-way](http://www.ascd.org/el/articles/the-right-questions-the-right-way).

# Klassieke visualisaties van longitudinale golfverschijnselen

Golfbewegingen zijn voor leerlingen vaak lastig voor te stellen. Dit geldt met name voor longitudinale golven. In dit artikel laat ik zien hoe je met een oude techniek, gebaseerd op Crova's Disc, leerlingen kan helpen om longitudinale golven inzichtelijker te maken.



Figuur 1. Illustratie van een antieke Crova's Disc waarin zowel ronde schijven als rechthoekige platen gebruikt kunnen worden. Zie QR-code A (National Museum of American History, 2012).

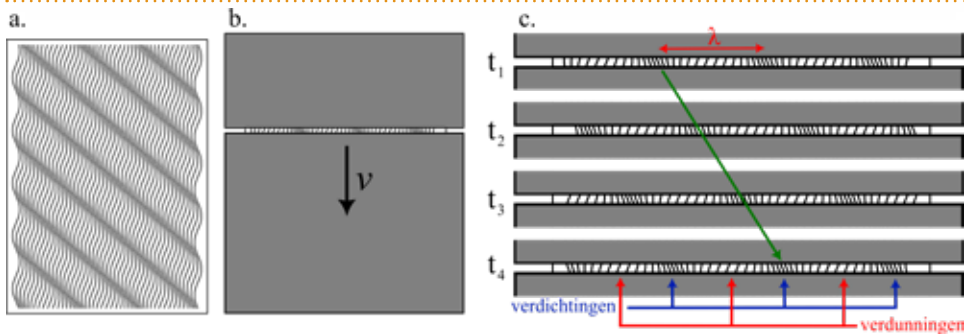
Golfverschijnselen, zoals reflectie, superpositie en staande golven, liggen aan de basis van allerlei fenomenen in de akoestiek en optica. We hebben het met onze leerlingen dan ook geregeld over transversale en longitudinale golven. Maar vooral longitudinale golfbewegingen zijn voor leerlingen vaak maar moeilijk voor te stellen. Bovendien laat een longitudinale golf zich ook een stuk minder makkelijk tekenen op het bord. Slinkies en computersimulaties zijn dan vaak de aangewezen hulpmiddelen om leerlingen enig inzicht in het gedrag van deze golven te geven. Er zijn echter ook oude visualisatie-

methoden die enigszins in de vergetelheid zijn geraakt, maar desondanks de moeite waard zijn om eens uit te proberen. Crova's Disc, en varianten hierop, zijn hier een goed voorbeeld van.

## Crova's Disc

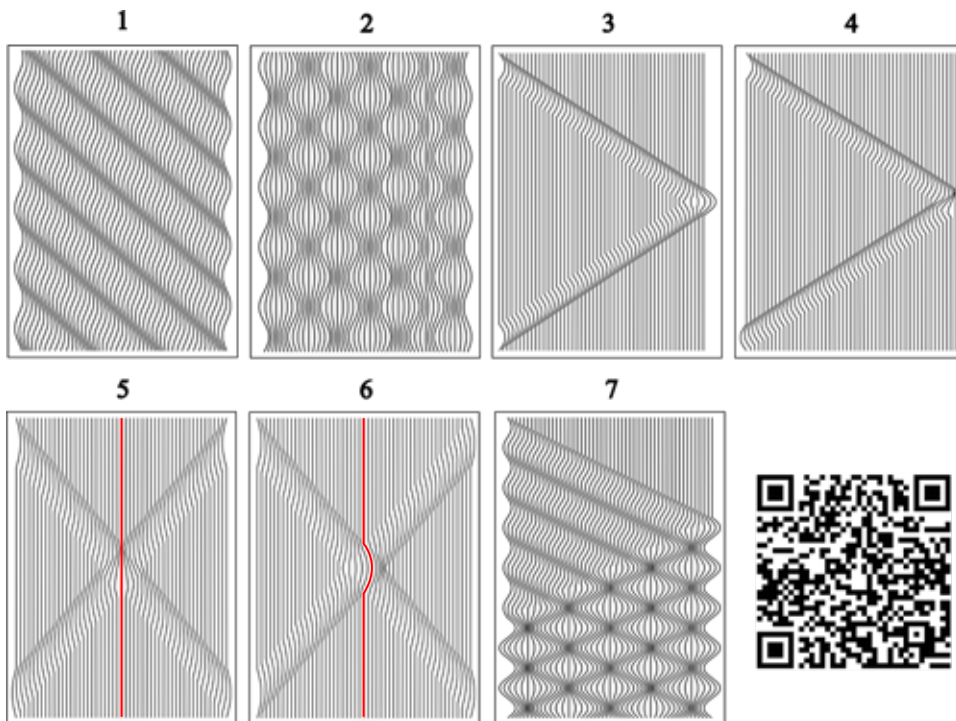
Crova's Disc is genoemd naar de Franse natuurkundige André Crova die in 1867 zijn uitvinding voor het eerst demonstreerde. Het apparaat bestaat uit een houder met daarin een ronde schijf die aan het draaien gebracht kan worden (zie figuur 1). Zo'n ronde schijf bevat meerdere cirkels, waarbij elke cirkel de positie van een deeltje voorstelt. De houder dekt de onderzijde van de ronde schijf af op één smalle spleet na. Door deze spleet kunnen we nog een klein lijnstukje van elke cirkel op de ronde schijf zien. Is een cirkel concentrisch aan het middelpunt van de

schijf dan blijft dat lijnstukje op zijn plek als de plaat ronddraait. Is de cirkel niet-concentrisch, dan beweegt het lijnstukje periodiek op en neer. Door de cirkels op de plaat op een bepaalde manier ten opzichte van elkaar te positioneren, is het mogelijk om onder andere een lopende en staande longitudinale golf te tonen (Hastings, 1981). Het nadeel van de cirkelvormige Crova's Disc is dat het aantal soorten golfverschijnselen dat je ermee kunt tonen beperkt is. De meeste exemplaren tonen vooral lopende en staande golven. Meer complexe golfverschijnselen zijn lastiger te realiseren. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het ontstaan van een staande golf uit een lopende golf die na reflectie met zichzelf interfereert. Er bestaan daarom ook varianten van Crova's Disc die naast ronde schijven ook rechthoekige platen bevatten. Deze platen kunnen rechtlijnig langs de



### LONGITUDINALE GOLF IN BEWEGING

Figuur 2. (a) Plaat 1, hoort bij een lopende golf. (b) De plaat wanneer die is afgedekt door een stuk karton met daarin een spleet. Elk lijnstukje in de spleet stelt een deeltje voor. We zien dat op sommige plekken de lijnstukjes dichter op elkaar zitten (verdichtingen) dan op andere (verdunningen). Het karton met de spleet schuiven we nu omlaag met een snelheid  $v$ . (c) In de spleet zien we de verdichtingen en verdunningen vervolgens naar rechts verschuiven in de tijd, zoals is aangegeven met de groene pijl.



Figuur 3. Weergave van platen 1 t/m 7. De rode lijn in plaat 5 en 6 stelt het middelste deeltje voor waar de pulsen, van beide kanten afkomstig, precies samenkomen. Zie QR-code B voor een download.

spleet getrokken worden (zie figuur 1). Op deze platen worden de posities van de deeltjes niet weergegeven door cirkels, maar via parallelle lijnen. Rechte lijnstukken corresponderen hier met een deeltje dat stilstaat. Oscillerende lijnstukken geven aan dat het deeltje een harmonische trilling ondergaat, omdat een golf passeert. Het grote voordeel van deze platen is dat je geen draaiende constructie nodig hebt. In principe heb je behalve de plaat zelf alleen een kartonnetje nodig waarin een smalle spleet is uitgesneden. Door het kartonnetje met spleet

op de plaat te leggen en deze vervolgens naar beneden of boven te schuiven zien we de longitudinale golf in beweging komen (zie figuur 2). In het verleden zijn zulke platen dan ook geregeld in boeken afgedrukt om studenten en leerlingen een longitudinale golf in beweging te laten ervaren. Zo trof ik in een natuurkundeboek uit 1964 een dergelijke weergave van een lopende én staande longitudinale golf (Sears & Zemansky, 1964). Andere golfverschijnselen, zoals reflectie van pulsen en het superpositieprincipe, kwamen er echter niet in voor. Daarom besloot

ik om zelf een aantal aanvullende platen te berekenen en deze eens met onze eerstejaars nask-studenten uit te proberen.

### Uitwerkingen en ervaringen

In figuur 3 zijn de platen in het klein weergegeven. Het aantal lijnen bedraagt 51 per plaat, waarbij er zo'n drie golflengten zichtbaar zijn. De getoonde platen horen bij (1) een lopende golf, (2) een staande golf, (3) reflectie van een puls aan een open uiteinde, (4) reflectie van een puls aan een gesloten uiteinde, (5) twee pulsen die tegen elkaar in lopen en elkaar in het midden uitdoven, (6) twee pulsen die tegen elkaar in lopen en elkaar in het midden versterken en (7) het ontstaan van een longitudinale golf. Afgelopen jaar heb ik deze platen aan mijn

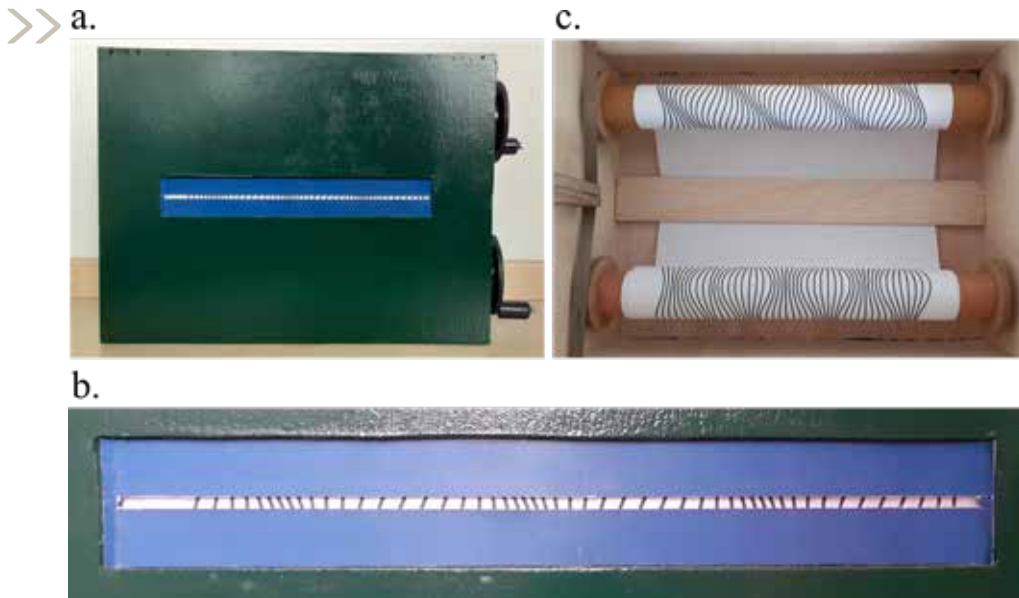
## Een mechanisch demonstratiemodel, vergelijkbaar met de 19e-eeuwse opstelling van Crova's Disc

eerstejaars NaSk-studenten voorgelegd nadat ik de bijbehorende golfverschijnselen bij de transversale golven al had behandeld. De studenten kregen als eerste plaat 1 (lopende golf). Vervolgens liet ik ze de golflengte van de longitudinale golf opmeten. De meeste studenten hadden door dat er hierbij over alle lijnen heen gemeten moest worden, en dus niet langs één enkele lijn. De golflengte van één lijn stelt namelijk één trillingstijd van het desbetreffende deeltje voor. Bij platen 3 t/m 7 was de opdracht om het transversale equivalent van het golfverschijnsel te tekenen óf te beschrijven. Deze opdracht bleek nuttig om te controleren of de studenten het verschijnsel ook echt hadden herkend én begrepen.

### Demonstratiemodellen

Om de platen ook geschikt te maken voor demonstraties, heb ik de opstelling gebouwd die is weergegeven in figuur 4. Hier zien we een kist waarin grotere exemplaren van de





Figuur 4. Foto van de buiten- (a en b) en binnenzijde (c) van het demonstratiemodel. Met de twee draaiwielen kunnen we de platen voor- en achteruit draaien. Een bladveer zorgt voor enige wrijving op beide rollen zodat deze niet uit zichzelf afrollen.

platen zijn opgenomen. Alle zeven platen zijn achter elkaar bevestigd en op een rol gewikkeld die we voorbij een spleet kunnen draaien. De golfsnelheid en frequentie zijn te variëren door de draaisnelheid aan te passen. Met een tweede hendel is de rol, en daarmee de golf, terug te draaien. Hiermee hebben we een mechanisch demonstratiemodel dat vergelijkbaar is met de originele 19e-eeuwse opstelling van Crova's Disc. We kunnen er ook voor kiezen om de platen

## Relevant om de wiskundige vormen en bewegingen van een longitudinale golf te tonen

in een PowerPoint op te nemen en deze door een digitale spleet te bekijken. Dit kunnen we gemakkelijk realiseren door de plaat in de PowerPoint te bedekken met twee rechthoekige vlakken die *nét* niet volledig tegen elkaar aan zijn geschoven. Laten we de plaat achter deze spleet omhoog bewegen dan kunnen we de visualisatie ook op het smartboard tonen.

Het is hierbij echter lastiger om de golfsnelheid aan te passen, maar de animatie kan wel snel opnieuw getoond worden aangezien er geen rol teruggedraaid hoeft te worden.

### Voor- en nadelen

Vergeleken met een simulatie op de computer zien we hier duidelijk de 'programmatuur' van de animatie. Elke lijn stelt de positie van één enkel deeltje voor als functie van de tijd. Als een lijn oscilleert dan wil dat zeggen dat het desbetreffende deeltje op dat moment oscilleert. De werking van de animatie is daarmee voor de gebruiker eenvoudiger en transparanter dan een computersimulatie. Een ander voordeel is het feit dat we de spleet met een zelf gekozen snelheid én richting over de plaat kunnen laten bewegen. We kunnen daardoor de golf eenvoudig laten versnellen, vertragen, stilzetten of zelfs een stukje terug laten lopen. Een leerling heeft hiermee zelf controle over de weergave en kan op eigen tempo de wiskundige eigenschappen van een longitudinale golf ontdekken.

Zoals elk model heeft ook deze weergave zijn beperkingen. Doordat het een van te voren vastgelegde golf betreft, ligt de golflengte te allen tijde vast. We kunnen alleen de frequentie én golfsnelheid in gelijke mate veranderen door de snelheid aan te passen

waarmee we de spleet over de plaat schuiven. Hierdoor kunnen we de longitudinale golf als *fysisch* verschijnsel niet goed onderzoeken. In een medium dat daadwerkelijk golfgedrag vertoont, zal de golfsnelheid constant zijn en bepaald worden door de fysische eigenschappen van dat medium. In dat geval zal de golflengte zich moeten aanpassen aan de frequentie. De platen zijn dus vooral relevant om de *wiskundige* vormen en bewegingen van een longitudinale golf te tonen, zonder verder de fysische oorzaken en eigenschappen in ogenschouw te nemen. Voor dat laatste is bijvoorbeeld een slinkie erg geschikt.

### Ten slotte

Indien u de platen zelf eens zou willen uitproberen dan kunt u ze downloaden via QR-code B in figuur 3. U vindt er ook een PowerPoint met daarin een animatie bij elke plaat. ●

### BRONNEN

- Hastings, R.B. (1981). Crova's Disc - a way to make sound waves "visible". *Science Activities*, 18(1), 14-16
- National Museum of American History. (2012, 8 mei). *Crova's Disc* [Video]. YouTube. Geraadpleegd op 25 maart 2024, van [https://www.youtube.com/watch?v=P8DbK-kMCTA&ab\\_channel=NationalMuseumofAmericanHistory](https://www.youtube.com/watch?v=P8DbK-kMCTA&ab_channel=NationalMuseumofAmericanHistory)
- Sears, F.W. & Zemansky, M.W. (1964). *University Physics* (3e editie). Addison-Wesley Pub. Comp.

# Centraal Examen scheikunde

## Naamgeving van anorganische entiteiten

Sinds 2015 is de voorkeursnaamgeving van anorganische stoffen door IUPAC aangepast. Tot op heden heeft dit geen grote veranderingen opgeleverd in de lesmethoden en de examens. Echter, in de 7e editie van Binas, die voor het havo-examen vanaf 2025 en voor het vwo-examen vanaf 2026 is toegestaan, wordt in tabel 66G voor het eerst de aangepaste voorkeursnaamgeving van IUPAC gehanteerd.

Bij veel docenten leven de volgende vragen: Wat is er precies veranderd in de voorkeursnaamgeving van IUPAC? Wat verandert er in de examens havo/vwo?

### Veranderingen in de voorkeursnaamgeving

Bij de naamgeving van zouten worden bij de voorkeursnaamgeving van IUPAC de voorvoegsels mono, di, tri, tetra, et cetera gebruikt. Bij complexe ionen gebruikt men de voorvoegsels bis, tris, tetrakis, et cetera. Dit betekent dat de voorkeursnaam van  $\text{CuCl}_2$ , koperdichloride is en de voorkeursnaam van  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , dialuminiumtris(sulfaat). Maar de oude namen koper(II)chloride en aluminiumsulfaat blijven ook geldig volgens IUPAC. Bij de naamgeving van moleculaire stoffen worden in de voorkeursnaamgeving eveneens voorvoegsels gebruikt. Zo gaat  $\text{O}_2$  voortaan dizuurstof heten.

### Veranderingen in de examens havo/vwo

De examensyllabi blijven op dit punt onveranderd. In de specificaties van de syllabi is te

lezen dat kandidaten bij de naamgeving van anorganische stoffen de IUPAC-regels moeten kunnen hanteren. Aangezien de oude naamgeving naast de voorkeursnaamgeving nog altijd correct is volgens IUPAC, hoeft er in de examens in principe niets te veranderen. Om verwarring te voorkomen, zal in de examenopgaven voor havo en vwo behalve de oude naamgeving, ook de formule worden gebruikt. Hierbij valt te denken aan de volgende notatie: koper(II)chloride ( $\text{CuCl}_2$ ). Op deze manier zullen leerlingen die op school de nieuwe naamgeving aangeleerd hebben gekregen niet in het nadeel zijn. Bij het toetsen van de naamgeving zelf (specificatie M1.10 voor havo en vwo) mogen kandidaten zowel de oude als de nieuwe voorkeursnaamgeving gebruiken. Hierbij is het belangrijk dat een kandidaat binnen één vraag ofwel de oude, ofwel de nieuwe voorkeursnaamgeving gebruikt.

### Waarom niet de voorkeursnaamgeving?

Er zijn verschillende redenen om voorlopig nog niet over te gaan op de vernieuwde voorkeursnaamgeving. Dit zijn de belangrijkste redenen:

1. De uitgevers van lesmethodes gebruiken voorlopig de oude naamgeving. Het examen is niet de juiste plek om met een nieuwe naamgeving geconfronteerd te worden. Als kandidaten de nieuwe naamgeving niet via de lesmethode krijgen aangeleerd en het examen de nieuwe naamgeving zou hanteren, is het mogelijk dat er tijdens de afname van het examen verwarring ontstaat.
2. De oude naamgeving wordt nog steeds breed gedragen in het onderzoeksveld. De kans dat een kandidaat de oude naamgeving tegenkomt tijdens een zoekopdracht op internet is vele malen groter dan dat hij een naam als dialuminiumtris(sulfaat) tegenkomt. Dit geldt voor zowel de

Nederlandse als Engelse vertaling van de zoekterm. Dat maakt het gebruik van de nieuwe voorkeursnaamgeving maatschappelijk minder relevant.

3. De nieuwe voorkeursnaamgeving is complexer dan de oude. Deze zou met name voor de kandidaten NaSk2 en havo voor veel verwarring kunnen zorgen. Voor NaSk2-leerlingen is het verschil in naamgeving tussen moleculaire stoffen en zouten onderscheidend tussen beide stofgroepen. Bovendien geldt voor kandidaten NaSk2 een ander informatieboek: Binas vmbo-kgt 2e editie.
4. In de syllabus worden voornamelijk in de specificatie M1.1 (havo en vwo) géén voorvoegsels gebruikt voor de stoffen zuurstof, waterstof, broom et cetera. Daarmee zou de naam 'dizuurstof' niet conform de syllabus zijn.
5. Als de nieuwe voorkeursnaamgeving slechts bij scheikunde wordt doorgevoerd en niet over de gehele linie in de natuurwetenschappen, dan zou dat de kandidaten in verwarring kunnen brengen. Het is wenselijk om met de vakken scheikunde, biologie en natuurkunde tegelijkertijd over te gaan op de nieuwe voorkeursnaamgeving.

### Samenvattend

U zult in 2025 de naamgeving in de examens terugzien zoals u gewend bent. Van kandidaten wordt bij de beantwoording van vragen verwacht dat zij binnen één examenvraag de voorkeursnaamgeving hanteren, dan wel de 'oude' naamgeving hanteren. Neem voor vragen en opmerkingen contact op met de auteurs.

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

**FRANS MEINDERTSMA** is vakdidacticus aan de Universiteit van Amsterdam, leraar scheikunde aan het Bornego College in Heerenveen en lid van de vaststellingscommissie van het CvTE. Contact: f.meindertsma@cvtecie.

**EMMY ZEETSEN** is toetsdeskundige Scheikunde bij Stichting Cito. Contact: emmy.zeetsen@cito.nl

# De ideale bellenblaas

## Ontwerpen binnen scheikunde

Ik herinner me dat wanneer ik als kind mijn bellenblaas had opgemaakt – of vaker, omgestoten – mijn moeder het potje bijvulde met een beetje afwasmiddel en water. Telkens bleek dat ik er dan minder goed bellen mee kon blazen dan toen het potje net was opengemaakt. Met wat kennis van scheikunde en de ontwerpprincipes zou mijn moeder dit probleem zo opgelost hebben.

Ondanks de plaats die ontwerpen heeft in de syllabus, lijkt het alsof deze iteratieve manier van praktisch werken meer met natuurkunde en/of techniek geassocieerd wordt dan met scheikunde. 'Onderzoeken' is een onbetwist onderdeel van het scheikunde curriculum, maar ontwerpen is misschien wel net zo representatief voor de manier van werken binnen de chemie. Ondanks dat zijn er voor de scheikundelessen weinig voorbeelden van ontwerp opdrachten te vinden tussen de veel gebruikte experimenten. In dit artikel beschrijf ik een ontwerp opdracht voor klas 4-havo / 4-vwo waarbinnen zowel ontwerpvaardigheden als chemische concepten, zoals 'mengen van moleculaire stoffen', 'bindingen' en het 'micro-macro denken', behandeld kunnen worden.

### Ontwerpprobleem analyseren

Het project start met een filmpje van Keith Johnson 'Engineering with bubbles'. Keith doet van alles met zeepbellen: videoclips, kunst, 200 dagen bewaren in een potje – hij verkapt echter nergens wat de gebruikte samenstelling is van de vloeistof. Dit enthousiasmerende filmpje leidt prachtig naar de



Figuur 1. Ontwerpcyclus

ontwerp vraag: Wat is de samenstelling van de vloeistof zodat deze de beste bellen blaast? Eerst bespreken we met de leerlingen wat ontwerpen inhoudt. Wat gaan we nu de komende drie lessen doen en hoe is dat anders dan gewoon een practicum? Als leidraad hiervoor gebruiken we gedurende het hele project de ontwerpcyclus (zie figuur 1).

### Eisenlijst maken

Twee ontwerp eisen worden door de opdrachtgever gesteld: maak 10 mL vloeistof en gebruik duurzame ingrediënten. Het volume is gekozen om praktische redenen. Dit past namelijk mooi in de potjes, is snel klaar en

zorgt voor minder verspilling.

De eis van duurzame ingrediënten past bij de richting waarin de maatschappij en daarmee de chemische industrie beweegt. Daarnaast werken de synthetische zeep te goed dus valt daar niet echt meer aan te sleutelen. Vervolgens bedenken de leerlingen ook zelf twee eisen. Voorbeelden hiervan bedacht door leerlingen zijn: gewenste levensduur en grootte van de bel, en hoe makkelijk de bel te blazen is. Soms willen ze ook een kleur of geur meegeven.

### Ideeën bedenken

Ons sop bevat sowieso zeep en water. Leer-



**SEBASTIAAN DE LAVOIR** werkt als docent scheikunde op het Wolfert Dalton en voert promotieonderzoek uit naar ontwerpend leren binnen scheikunde aan de TU Delft. Contact: s.v.p.delavoir@tudelft.nl

lingen tekenen structuurformules van deze stoffen en bedenken welke verhouding het beste zou kunnen werken. Om de ordening van de moleculen in een zeepbel op microniveau te begrijpen, stappen we aan het einde van de les even uit het ontwerp en voeren een onderzoekje uit: de peperproef!

Deze proef is relatief bekend en kan ook als demonstratie worden uitgevoerd. We strooien peper op een wateroppervlak en laten een druppel zeep erin vallen. Leerlingen beschrijven de waarnemingen en proberen deze uit te leggen met behulp van molecuulstructuren op microniveau. Leerlingen krijgen inzicht in de stand van de zeepmoleculen aan het wateroppervlak: hydrofiele kop van het zeepmolecuul in de waterlaag en de hydrofobe staarten erbovenuit. Deze stand nemen zeepmoleculen ook in aan het oppervlak van zeepbellen. Deze informatie nemen de leerlingen weer mee het ontwerp-proces in. Leerlingen kunnen de ideeën over de verhouding water/zeep tegen het licht houden en eventueel iets bijstellen.

### Bouwen, testen en tekenen

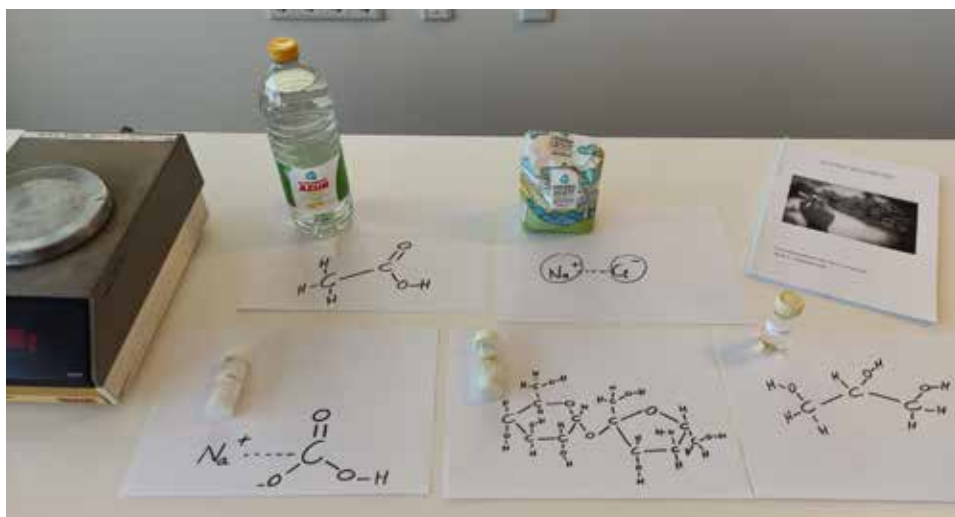
In deze fase van de ontwerp-opdracht gaan leerlingen daadwerkelijk aan de slag met het maken van het mengsel. Leerlingen kunnen direct testen hoe makkelijk de bel te blazen is, hoe lang de bel bestaat en hoe groot de bel is. Tussendoor denken de leerlingen na over de structuur van de zeepbellen op microniveau door dit te schetsen in hun projectboekje.

### Resultaten en conclusies delen

Leerlingen evalueren de resultaten van de eerste testen. Dit is gestructureerd door middel van vragen over gedrag en eigenschappen van de bel op macroniveau. Deze resultaten worden vergeleken met de eisen die gesteld werden, dus het gewenste gedrag van de belen op macroniveau, en met redeneringen over de bouw van het mengsel op microniveau. Dit leidt dan tot nieuwe ideeën, bijvoorbeeld het toevoegen van een extra ingrediënt om te zorgen dat de bel op macroniveau beter aan de eisen gaat voldoen.

### Tweede iteratie

Om het redeneren van leerlingen te sturen naar microniveau staan voorin de klas ver-



Figuur 2. Opties voor extra ingrediënten

schillende extra ingrediënten met de structuurformules erbij weergegeven. Leerlingen mogen na overleg met de toa ook hun eigen ideeën gebruiken. Ze bedenken drie ideeën voor een extra ingrediënt (welke stof, hoeveel en waarom) met de tekening van de bel op microniveau en de ontwerp-eisen als basis voor die keuze. Dit komt neer op een 'als we bellen willen die... (macroniveau)', 'dan moeten de moleculen op microniveau...', 'Daar kunnen we voor zorgen door...'. Als leerlingen hun ideeën hebben uitgedacht, gaan ze de bellen-vloeistof weer maken, testen en evalueren. Ook schetsen ze hun bellen weer op microniveau waarin de invloed van het extra ingrediënt te zien is. Alles wordt weer gedocumenteerd in het projectboekje.

### Ontwikkeling van het project

Het project, zoals het hierboven beschreven is, is het product van uitvoerige testen in diverse klassen en feedback van docenten. In de tests van de eerste versie bleek dat leerlingen door het project heen schoten. Sommige groepjes kwamen tot zeven iteraties van aangepaste vloeistoffen die telkens getest werden. Het bleek echter dat deze groepjes vooral trial-and-error toepasten en op macroniveau redeneerden. Het project maakt snelle iteraties mogelijk waardoor er tijd is om aandacht van leerlingen te richten op het ontwerp-proces. De sturing kan daarbij liggen op gebruik van scheikundige kennis die leidt tot onderbouwde ideeën voor de volgende iteratie. De mogelijkheid tot sturing in het ontwerp-proces leidde bij de volgende versie van het project tot zichtbaar gebruik van het micro-macro denken van leerlingen tijdens het evalueren en bedenken van nieuwe ideeën (De Lavoir et al., 2023).

De uiteindelijke versie is ook uitgevoerd door veertien docenten tijdens de scheikundedag op de Radboud Universiteit. De voornamelijk positieve feedback van de docenten ging over de praktische toepasbaarheid in lessen, de mate van vrijheid voor de leerlingen en de koppeling met scheikunde-concepten. Wel waren er nog vragen over hoe je als docent de leerlingen ondersteunt tijdens het ontwerpen. Op dit moment zijn we bezig met het testen van werkbladen in plaats van een projectboekje. Daarover meer in een volgend artikel.

### Tot slot

De euforie van zowel leerlingen als docenten is telkens groot en aanstekelijk, wanneer blijkt dat een weloverwogen gekozen ingrediënt leidt tot bellen die stuiteren, of waar zelfs drie keer mee hooggehouden kan worden. Dit kan uitgebouwd worden tot een wedstrijd-element: wie wordt de bellenbaas?! ●

### BRONNEN

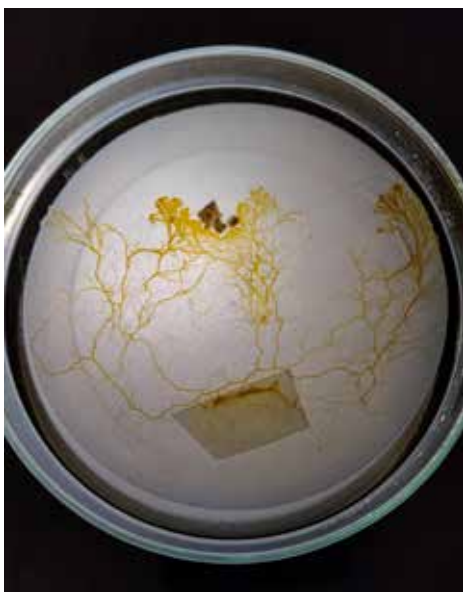
- Keith Johnson: [www.youtube.com/watch?v=W3wrwx9dlao](https://www.youtube.com/watch?v=W3wrwx9dlao)
- [www.ontwerponderwijs.nl](http://www.ontwerponderwijs.nl)
- De Lavoir, S. V. P., Den Otter, M.-J., De Vries, M. J., & Barendsen, E. (2023). Characterising Structure-Property Reasoning within a Chemical Design Challenge: Green Bubble Soap. In *The 40th International Pupils' Attitudes Towards Technology Conference Proceedings 2023* (Vol. 1, No. October).
- Ontwerpproject De Ideale Bellenblaas - scan QR-code of mail naar: [s.v.p.delavoird@tudelft.nl](mailto:s.v.p.delavoird@tudelft.nl)



# Is de slijmzwam slimmer dan wij?

Ontdek het geheim van de slijmzwam: een levend wezen dat uit slechts één cel bestaat en zich kan uitstrekken over meer dan een vierkante meter! Vergeet kunstmatige intelligentie; dit mysterieuze, gele organisme vertoont vormen van natuurlijke intelligentie. Van het oplossen van doolhoven tot het maken van een spoorwegsysteem in Tokyo. Slijmzwammen zijn echt slimmer dan je denkt, maar is de slijmzwam slimmer dan wij?

De slijmzwam waar in dit artikel over gesproken wordt, is *Physarum polycephalum*. Het is een slim, geel organisme dat onder andere te vinden is in Nederlandse bossen. Vroeger dacht men dat de slijmzwam een schimmel was, omdat die ook sporen vormt om zich voort te planten.

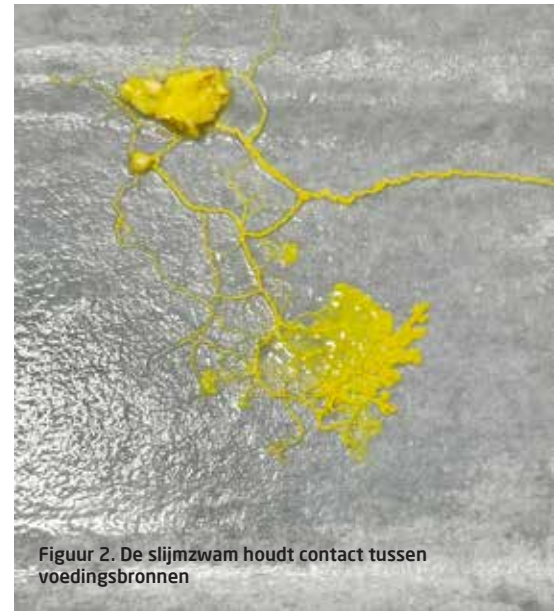


Figuur 1. In de plasmodium-fase bestaat de slijmzwam uit gele buizen

Slijmzwammen produceren sporen in een sporendoosje waar een enkele cel in zit. Deze productieplaats van sporen heet sporangium. Als de slijmzwam is ontkiemd, gaat die op zoek naar eten. Dit doet de slijmzwam door middel van zijn netwerk dat bestaat uit gele buizen, dat wordt het plasmodium genoemd.

## Cytoplasmastroming

In de gele buizen vindt een cytoplasmastroming plaats, daarmee stuwt de slijmzwam zich rustig vooruit en al het voedsel dat op zijn pad komt wordt verslonden. Een slijmzwam eet vrijwel alles, van tomaten en haver-mout tot champignons, visvoer en nog veel meer. Het is een hardnekkig organisme. Als de omstandigheden rondom de slijmzwam verslechteren, als deze bijvoorbeeld te droog of te zout worden, dan kan de slijmzwam een eigen bescherm laag vormen. Dit heet het sclerotium. In deze fase is de slijmzwam ingedroogd. Als die na een tijd, dat kan oplopen tot meer dan een jaar, weer vochtig wordt, komt de slijmzwam weer tot leven in de plasmodiumfase. Wordt de situatie echt onhoudbaar, dan gaat de slijmzwam sporen vormen om zich voort te planten, voor het geval hij toch doodgaat.



Figuur 2. De slijmzwam houdt contact tussen voedingsbronnen

## Intelligentie

De slijmzwam beschikt over vormen van intelligentie, waaronder collectief gedrag, gewenning en ruimtelijk geheugen (Awad et al., 2021) en dat allemaal zonder zenuwstelsel. *P. polycephalum* is een zogenaamd aneuraal organisme met 'vloeibare hersenen'. Dit intelligente gedrag vertoont de slijmzwam voornamelijk in de plasmodiumfase, als hij dus bestaat uit de bewegende gele buisstructuur die op zoek is naar voedsel (zie figuur 1). In deze fase is de slijmzwam ook het actiefst, waardoor de effecten van zijn intelligentie goed zichtbaar zijn.

De slijmzwam beschikt over ruimtelijk geheugen. Hieronder wordt verstaan dat hij kan onthouden op welke plekken hij al is geweest. Dit is voordelig voor de slijmzwam, hierdoor zal hij geen rondjes gaan lopen, maar nieuwe plekken bezoeken. Het spaart energie door al bezochte plekken te vermijden, en zo groeit de kans op overleving en reproductie.

De slijmzwam kan locaties onthouden door extracellulair slijm achter te laten (Reid et al., 2012), en door de vorm van zijn levende netwerk. Er zal altijd een verbinding blijven tussen twee voedselbronnen, zoals in figuur 2. Door deze verbinding weet de slijmzwam op welke plaatsen hij al is geweest. Dit stelt de slijmzwam ook in staat om doolhoven op te lossen (Awad et al., 2021).

Het netwerk zelf ontstaat door cytoplasmastroming en oscillaties daarvan (Boussard et al., 2021). Een bron van hoog kwalitatieve voeding resulteert in een hoge frequentie van oscillaties in de wanden van de slijmzwam, waardoor cytoplasma met een grotere snelheid gaat



te overleven, omdat gewinning organismen in staat stelt om onbelangrijke stimuli te negeren, zodat ze aandacht kunnen besteden aan belangrijkere stimuli. De slijmzwam vindt sommige stoffen niet fijn om overheen te lopen, zoals zout en cafeïne. In figuur 3 is dat goed te zien. De ondergrond was zout, en de slijmzwam probeerde het zout te vermijden door bovenop de tomaat te klimmen. Een slijmzwam went aan een ‘vervelende’ stof door die op te nemen in zijn systeem. Dit blijkt uit een onderzoek van Vogel and Dussutour (2016). Eerst dwong een team van wetenschappers de slijmzwammen om zes

kan een niet-gewende slijmzwam heel snel gewend raken aan zout, terwijl die de stof nog nooit eerder is tegengekomen. Ook als een slijmzwam een obstakel tegenkomt dat hij niet zelfstandig kan overwinnen, kan hij zich samenvoegen met een andere slijmzwam om een groter en sterker organisme te vormen. Dit zijn vormen van collectief gedrag; het is een samenwerkingsverband.

### Tot slot

*Physarum polycephalum* toont opmerkelijke capaciteiten zoals ruimtelijk geheugen, gewinning en collectief gedrag. Of het nu gaat om het oplossen van doolhoven of het vormen van samenwerkingsverbanden met andere slijmzwammen, deze gele organismen doen het allemaal zónder traditioneel zenuwstelsel. Ben jij net zo slim als de slijmzwam? Maak het doolhof en check het door de QR-codes te scannen en de video's te bekijken. ●



Figuur 3. De slijmzwam vermijdt de zoute ondergrond door op een tomaat te klimmen

stromen. De voedselbron zorgt ervoor dat de slijmzwam plaatselijk een weekmaker afgeeft die wordt getransporteerd door de cytoplasmatische stromen binnen het netwerk. De gelachtige buizen worden hierdoor zachter. Buizen die veel weekmaker krijgen, groeien in diameter ten koste van het krimpen van andere buizen. Daardoor wordt het volume van de buizen richting de voedingsbron verhoogd. Richting een voedingsbron gaat het cytoplasma dus sneller stromen in een grotere hoeveelheid en op andere plaatsen worden de buizen dunner. Op deze manier ontstaat er een hoogwaardig netwerk in de richting van het eten (Kramar & Alim, 2021).

### Gewinning

Wat ook bijdraagt aan een grotere overlevingskans, is gewinning. Dit is cruciaal om

dagen lang zoute omgevingen over te steken om ze te laten wennen aan zout. Vervolgens maten ze de zoutconcentratie binnenin de slijmzwammen: ze bevatten tien keer meer zout dan niet-gewende slijmzwammen. De onderzoekers plaatsten vervolgens de gewende slijmzwammen in een neutrale omgeving en merkten op dat ze het opgenomen zout binnen twee dagen uitscheidden, waardoor ze de ‘herinnering’ verloren. Dit experiment leek dus een verband te tonen tussen de zoutconcentratie binnenin het organisme en de ‘herinnering’ aan de gewinning. Omdat slijmzwammen de ‘herinnering’ aan een stof in hun cytoplasma hebben zitten, kunnen ze die onderling doorgeven. Twee slijmzwammen kunnen namelijk hun membranen laten ‘samensmelten’ waardoor hun cytoplasma uitwisselt. Op deze manier

### BRONNEN

- Awad, A. H., Pang, W., Lusseau, D., & Coghill, G. M. (2021). *Physarum Polycephalum Intelligent Foraging Behaviour and Applications - Short Review*. ResearchGate.
- Bousard, A., Fessel, A., Oettmeier, C., Briard, L., Döbereiner, J., & Dussutour, A. (2021). Adaptive behaviour and learning in slime moulds: the role of oscillations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 376(1820), 20190757.
- Kramar, M., & Alim, K. (2021). Encoding memory in tube diameter hierarchy of living flow network. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(10).
- Paine, E., PhD. (2022, November 21). The Slime Mold *Physarum polycephalum*, a Single-Celled Organism for Student Investigations. Carolina Knowledge Center.
- Reid, C., Latty, T., Dussutour, A., & Beekman, M. (2012). Slime mold uses an externalized spatial “memory” to navigate in complex environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(43), 17490-17494.
- Vogel, D., & Dussutour, A. (2016). Direct transfer of learned behaviour via cell fusion in non-neural organisms. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283(1845), 20162382.



# Samen optrekken in een krachtig netwerk

## Twintig jaar Bètapartners, in gesprek met Jeroen Maréchal

Zo'n twintig jaar geleden ontstonden netwerken van scholen, universiteiten en hogescholen die als doel hadden de overgang van vo naar ho te vergemakkelijken. Inmiddels zijn ze uitgegroeid tot toonaangevende organisaties en bestaan er landelijk tien netwerken. Eén daarvan is Bètapartners dat dit jaar zijn twintigjarig bestaan viert. Reden om de directeur, Jeroen Maréchal, op te zoeken.

**B**ètapartners begon met zes scholen in de regio Amsterdam, twee universiteiten (UvA en VU) en één hogeschool (HvA). Nu, twintig jaar later, is het aantal scholen uitgebreid naar 46 en is er geen deelnemende hogeschool meer. Met vijf fte's wordt Bètapartners gefaciliteerd door de UvA, de VU en de scholen, elk voor een derde deel. Er zijn zo'n tien medewerkers in dienst van wie een aantal vaksteunpuntcoördinatoren, docenten die vanuit hun school voor één dag in de week bij Bètapartners gedetacheerd zijn om hun eigen kennis en expertise om te zetten in nascho-

ling voor collega's. Zij zijn intermediair tussen docenten en de twee universitaire bètafaculteiten. Daarnaast heeft elke deelnemende school een coördinator die voor honderd uur is vrijgesteld en de verbinding vormt tussen school en netwerk. Jeroen Maréchal hoopt dat binnenkort ook de HvA weer zal aanhaken. "Gelukkig willen zij dat ook graag. Onze doelstelling is leerlingen te stimuleren de bèta-technische kant te kiezen. Dat is belangrijk voor het vwo; minstens zo belangrijk is het voor het havo en daar hebben we het hbo hard bij nodig." Het onderwijs zit Maréchal al 25 jaar in het bloed. Als biologieleerling stond hij negen jaar voor de klas, doceerde aan de lerarenopleiding in Utrecht en de VU, was vaksteunpuntcoördinator nlt, projectleider bij Bètapartners, werd schoolleider, waarna hij, nu twee jaar geleden, als directeur terugkwam bij Bètapartners. "Het voelt dat de cirkel rond is. Er zijn meer cirkels, zo zit ik nu in het bestuur van de Vereniging NLT. Ik hou van onderwijs en wil daar graag een 360 graden-zicht op hebben. Zo zit ik ook in de raad van toezicht van een basisscholengroep. Ik heb er nooit één dag spijt van gehad dat ik voor het onderwijs koos."

### Docentgericht

Vanaf de beginjaren van Bètapartners worden masterclasses voor bovenbouwleerlingen georganiseerd om ze inhoudelijk uit te dagen, enthousiast te maken en vooral voor te bereiden op een bèta-technische vervolgopleiding. "Ook probeerden we al vrij snel om studenten in het wo te koppelen aan het onderwijs in het vo. Zo ontstond het PAL-project, waarbij studenten een basisopleiding krijgen bij de lerarenopleiding om





ingezet te kunnen worden in het vo als Persoonlijk Assistent van de Leraar. Dat bleek een groot succes te zijn. Onze doelstellingen zijn vooral gefocust op de docent; zijn functioneren is van het grootste belang. Een enthousiaste, capabele leraar, die geen last heeft van werkdruk, is immers voorwaarde voor een enthousiaste leerling. Behalve dat docenten maatschappelijke impact willen maken, zijn het ook gewoon vakidioten. Ze willen over hun vak praten. Als ze er de brui aan geven, doen ze dat omdat hun sociale agenda (passend onderwijs, hoeveelheid lessen, vergaderingen, grote school) te omvangrijk wordt en ze niet meer toekomen aan waar ze goed in zijn: hun vak. Daarom proberen wij goede inhoudelijke nascholing te geven waarmee elke bètadocent de diepte in kan gaan en weer blij wordt van zijn vak. Dat combineren we met het maken van lesmateriaal waardoor docenten samen optrekken. Dan heb je twee keer winst.

Docenten hebben een eenzaam beroep, fantastisch ook, met heel leuke, vaak puberende kinderen in de klas maar ze moeten het alleen doen. Niet alleen de inhoud van onze cursussen maar ook de onderlinge ontmoeting is daarom waardevol. Vaak zie je dat onderwijs wordt uitgewisseld. En als wij dat organiseren, dan doen we iets aan de werkdruk. Zo hebben we leskisten gemaakt, practica die op school niet uit te voeren zijn en bij ons geleend kunnen worden. Een aantal coördinatoren zag dat er op hun school docenten waren die moeite hadden met het profielwerkstuk. Daarvoor hebben we ondersteuning geboden en zijn we vier jaar geleden een site gestart, profielwerkstuk.nl, één van de grootste op dit gebied

met 100.000 bezoekers per jaar. Zulk soort dingen doen we alleen als de vraag via de coördinatoren uit de scholen zelf komt. We zullen nooit ons eigen plannetje uitvoeren. Dan zouden we de scholen ook niet mee krijgen. Als blijkt dat er behoefte is aan meer informatie-uitwisseling op het gebied van bijvoorbeeld het praktijkgericht programma op het havo of hoe de vakvernieuwing er gaat uitzien of hoe scholen omgaan met hun PTA, dan gaan we daarop in. Ik wil graag de havo-hbo-lijn weer tot stand brengen, en dat is ook de wens van de coördinatoren. Waar en bij wie onze plannen starten, weet ik niet en eigenlijk ben ik daar ook wel trots op. Het is 'hands-on-onderwijs'; de ervaring van 46 scholen in één potje. Daarmee heb je goud in handen. Je krijgt er enthousiaste docenten van die boeiend over hun vak kunnen vertellen en daarmee leerlingen die in de onderbouw enthousiast worden en dat in de bovenbouw blijven."

## Enthousiaste leraar is voorwaarde voor enthousiaste leerling

Veel docenten zijn heel tevreden met hun lessen. Ze zijn er wel druk mee, maar waarom zouden ze in hun vrije tijd ook nog een nascholingscursus doen? "Ja, het is vaak moeilijk om docenten uit hun lokaal te krijgen. Het is een centrale weefout in het onderwijs: we zijn zo overladen dat we eigenlijk niet toekomen aan wat we willen. Wil je daar iets aan doen, dan zul je het aantal lessen moeten verminderen, zoals in Finland. Vaak hoor ik dat we daarmee het docententekort zouden verergeren. Dat is een vicieuze cirkel. Ik blijf ervan overtuigd dat je met inhoudelijke cursussen waarin mogelijkheden aangereikt worden om je lessen op een andere manier in te richten, de werkdruk kunt verlagen en het leraarschap aantrekkelijker maakt. Al zou je maar één keer een PTA met een collega uitwisselen, dan scheelt je dat al gauw twee uur werk."

### Bedrijven

Bètapartners werkt veel samen met bedrijven. Met *Techportal*, die samenwerking tussen scholen en bedrijven stimuleert in Noord-Holland, wordt er jaarlijks een Career Day georganiseerd, waar bedrijven en opleidingen zichzelf aan leerlingen presenteren. "Dat is heel belangrijk voor de beeldvorming van bèta-technische beroepen. Een expert in radioactiviteit van NRG in Petten heeft voor menig leerling een abstract beroep. Op zo'n dag staat hij daar en laat zien, proeven en ruiken wat hij doet. Dan krijgen leerlingen een beeld dat aanspreekt. We zijn bezig met *Techportal* de samenwerking te intensiveren. We gingen met ons programma *Collegetour* met scholen naar bedrijven toe, maar dat is vrij arbeidsintensief (vervoer, lesuitval). We willen nu een waaier aan mogelijkhe-





den bieden om op een andere manier het beroepsperspectief in de klas neer te zetten: scholen naar bedrijven maar ook andersom, en filmpjes maken. We zouden ook graag leerlingen kennis laten maken met meerdere bedrijven. Zijn dat er tien, dan kun je moeilijk tien lesdagen laten uitvallen. Het mooiste zou zijn als alle bedrijven in de regio voor alle vakken, bij elk hoofdstuk een kort filmpje maken waarin duidelijk wordt wat ze doen, waarin ze gespecialiseerd zijn en welk beroepsperspectief ze bieden, één op één aansluitend bij het curriculum. Zo kun je een andere en duurzame manier ontwikkelen om je studieloopbaanbegeleiding te borgen. Misschien kan het Groeifonds daarbij helpen.”

### Doorlopende leerlijn

Hoewel Bètapartners zich richt op vo en ho, zou Maréchal graag een vak als science in het po op het lesrooster willen zien. “Geef me een paar miljoen om in het primair onderwijs die zaadjes te planten. Zorg dat bèta-techniek daar in het curriculum komt en geef de docenten de benodigde ondersteuning. Zet dit door naar de onderbouw van het vo door leerlingen te enthousiasmeren voor een juiste profielkeuze en houd dat enthousiasme vast in de bovenbouw. Het zou één doorlopende leerlijn moeten zijn. Willen we een grotere instroom voor de bèta-technische opleidingen, dan zal het po daarbij betrokken moeten worden. Als je in NEMO rondloopt, dan zie je hoeveel kinderen gemotiveerd zijn voor bèta-techniek. Daar moet je gebruik van maken, maar je moet ze ook de vrijheid geven als ze er niets voor voelen. De juiste leerling op de juiste plek. Ik ben heel erg voor promotie van bèta-techniek maar evengoed voor promotie van Nederlands of Engels.”

### Netwerken

“Sinds twee jaar hebben we in onze regio ook een netwerk AlfaGammapartners. Daar besteed ik heel veel tijd en energie aan omdat ik het belangrijk vind dat die organisatie als een huis staat. Collega's van Bètapartners werken er ook voor om dwarsverbanden te leggen. Het is geweldig dat we gemeenschappelijk een volledig spectrum beslaan dat we aan scholen kunnen aanbieden. Er zijn andere vo-ho-netwerken, zoals dat van Nijmegen, die die integratie vanaf het begin al hadden.”

Maréchal heeft goede contacten met andere vo-ho-netwerken. Zij hebben een gezamenlijke coördinator, er is intervisie en meerdere keren per jaar vindt er overleg plaats. “Ik heb er heel fijne collega's aan; we sparren met elkaar en hebben een soort hotline op het niveau van: ik loop hier tegenaan, hoe doe jij dat? We hebben een duidelijk gemeenschappelijke stip op de horizon: actueel onderwijs, curriculumontwikkeling, docentenprofessionalisering. Qua organisatie en structuur zijn ze verschillend en leggen andere accenten. Waar wij ons bijvoorbeeld focussen op docenten, doen anderen dat op leerlingen.”



### Toekomst

Uit onderzoek blijkt dat de Bètapartnerscholen een aanzienlijk hogere uitstroom naar bèta-technische opleidingen hebben dan andere scholen in dezelfde regio. “Natuurlijk gaat het om scholen die al intrinsiek gemotiveerd zijn om met bèta aan de slag te gaan, maar je mag hopen dat Bètapartners toch ook zijn steentje bijgedragen heeft. We hebben in de afgelopen twintig jaar 100.000 leerlingen langs zien komen voor allerlei activiteiten en 50.000 docenten die aan nascholing deelnamen. We hebben enorme stappen gezet. Hadden we dat niet gedaan, dan hadden we minder instroom en minder capabele docenten gehad. Het zijn de scholen, de coördinatoren, ons team en alle partijen die meegewerkt hebben aan ons succes, waar we enorm trots op mogen zijn. Met de voorgenomen bezuinigingen van de VU zitten we op dit moment in een spannende fase waarbij zich donkere wolken aftekenen. Ook de onzalige plannen voor urenvermindering bij natuurkunde en biologie baren me grote zorgen. Namens Bètapartners gaat er een brief op poten naar OCW. Maar ik zie ook veel nieuwe mogelijkheden zoals de samenwerking met AlfaGammapartners, het Nationaal Groeifonds en het hernieuwde intreden van de HvA. Er komt een transitie, maar ik hoop dat ons de tijd gegund wordt om die voor elkaar te krijgen. Bètapartners zal altijd nodig blijven om die broodnodige energie aan het onderwijs te geven; samen onderwijs maken en daar lol aan beleven.” ●

*Bij het ter perse gaan van deze NVOX berichtte Jeroen Maréchal dat hij per september directeur zal zijn van Technasium en daardoor zijn werkzaamheden bij Bètapartners zal neerleggen. De redactie wenst hem in zijn nieuwe functie alle goeds toe.*



# Fijnstof meten zonder stroom of internet

## Sensirion SPS30 aangepast tot stand-alone versie

Als toa word ik vaak uitgedaagd door leerlingen die iets nodig hebben voor hun onderzoek. Zo werd mij gevraagd een stand-alone fijnstofmeter te bouwen. Na een tijdje googelen kwam ik uit bij de nlt-module Fijnstof. Door gebruik te maken van een aantal gegevens van deze module heb ik een opstelling gemaakt die hier beschreven wordt.

Fijnstof in de lucht is een milieuprobleem dat onderschat wordt. Bij het schrijven van dit artikel is in het nieuws dat de rechtse politieke partijen de maximum snelheid overdag op de autosnelwegen weer willen verhogen naar 130 km/u. Hoeveel extra stoflengen zou dit gaan veroorzaken? Het is niet voor niets dat scholen niet nabij snelwegen gebouwd mogen worden. Een leuke actuele casus voor de nlt-module Fijnstof. Maar helaas, de meetopstelling die in deze module wordt beschreven draagt bij aan citizen science, en wil de meetgegevens via internet uploaden naar het RIVM. Dat geeft problemen in het veld of op een goed beveiligd schoolnetwerk (Mojet 2022). Maar er is een oplossing: een stand-alone versie, met SD-kaart lezer/schrijver, accu en een eigen website server om de data contactloos uit te lezen.

### Bouw van de sensor

De deeltjesensor Sensirion SPS30 (figuur 1) is een compacte, hoogwaardige, optische deeltjesensor die gebruik maakt van laser-spreiding. Met deze sensor kunnen het aantal en de massaconcentratie (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) bepaald worden van deeltjes kleiner dan  $10\ \mu\text{m}$  (PM10),  $<4\ \mu\text{m}$ ,  $<2,5\ \mu\text{m}$ , of  $<1\ \mu\text{m}$  (resp. PM4, PM2,5 en PM1). Voor de bijdrage van de deeltjes met een diameter tussen  $2,5\ \mu\text{m}$  en

$4\ \mu\text{m}$  moet dus de PM2,5 fractie afgetrokken worden van PM4. De SPS30 is  $41\times 41\times 12\ \text{mm}$  groot en de levensduur is meer dan 8 jaar door de zelfreinigende werking.



Figuur 1. SPS30 fijnstofsensor

In de nlt-module Fijnstof wordt de sensor gekoppeld aan een arduino Uno. Dit is een veelzijdige microcomputer die op scholen heel populair is. Er zijn verschillende versies beschikbaar. Qua toepassing zijn ze vergelijkbaar, maar bij de pin-verbindingen en de software bibliotheken zijn er nuanceverschillen. Voor de nlt-module Fijnstof levert Globe de Adafruit Feather Huzzah ESP8266. Om het internetprobleem te omzeilen heb ik voor stand-alone gebruik een SD-kaart lezer toegevoegd.

De SD-kaart die de meetgegevens opslaat, moet van tevoren geformatteerd worden. Dat kan niet met de Windows *formatting utility*, want dan kan de SD-kaart niet gelezen worden door de SD-kaart adapter bij de arduino. Kies daarentegen de SD-kaart formatter tool van SD Association (QR-code A).

De pinconnecties voor verbinding met de Adafruit Feather Huzzah ESP8266 staan in tabel 1. Er moeten dus twee verbindingen gemaakt worden met de USB-pin van de arduino, en zelfs drie naar de GND. Dat past niet op het bijgeleverde *breadboard*. De oplossing is een tweede *breadboard*, of solderen.

SPS30	Arduino ESP 8266
VCC	USB (+5V)
SDA	Pin 4 (SDA)
SCL	Pin 5 (SCL)
Sel	GND
GND	GND
SD-kaart lezer	
GND	GND
VCC	USB (+5V)
MISO	Pin 12
MOSI	Pin 13
SCK	Pin 14
CK	Pin 2

Tabel 1. Pin-verbindingen voor Adafruit Feather Huzzah ESP8266



## Software

Een arduino wordt geprogrammeerd op een pc of laptop in de Arduino Integrated Development Environment (IDE). De al wat oudere versie 1.8.16 werkt goed met de gebruikte software-bibliotheken. Het stukje software in de arduino wordt een sketch genoemd.

Een arduino start automatisch de sketch op die geladen is, elke keer als de stroomtoevoer naar de arduino wordt aangezet. De sketch maakt dan een nieuw databestand aan, met de naam "{indexnummer}fnstf.csv". Voorgaande metingen worden dus niet overschreven. De extensie csv wil zeggen *comma separated values*. Bij dit artikel is een mp4-bestand beschikbaar met uitleg hoe een csv-bestand om te zetten naar een Excel-grafiek (zie bij dit artikel op de website,

QR-code B). Elke regel is een meting. Standaard wordt aan de data kolomtitels toegevoegd. Als eerste komt een time stamp, het aantal seconden sinds power-up. Daarna de fijnstofwaarden PM1 t/m PM10 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , vervolgens de aantallen deeltjes van elke grootte, en tot slot de gemiddelde diameter van de gemeten fijnstofdeeltjes in  $\mu\text{m}$ .

Voor de stand-alone versie moest de sketch aangepast worden. De regels die de internetverbinding met het RIVM tot stand brengen konden er uit, en er moesten regels bij om de gegevens toe te voegen aan het bestand op de SD-kaart. Voor het correct herschrijven was de hulp nodig van Andries Staphorst (ProSim4U, Den Haag). Al doende bleek het mogelijk om gebruik te maken van de wifi-module in de arduino. Andries heeft

de sketch zo aangepast dat de arduino een eenvoudige website in de lucht brengt. Als je dicht genoeg bij de sensor staat, kun je met je mobiel of laptop inloggen op de arduino, en via een browser contact maken, zie kader. De

## Fijnstof meten wanneer en waar je maar wilt

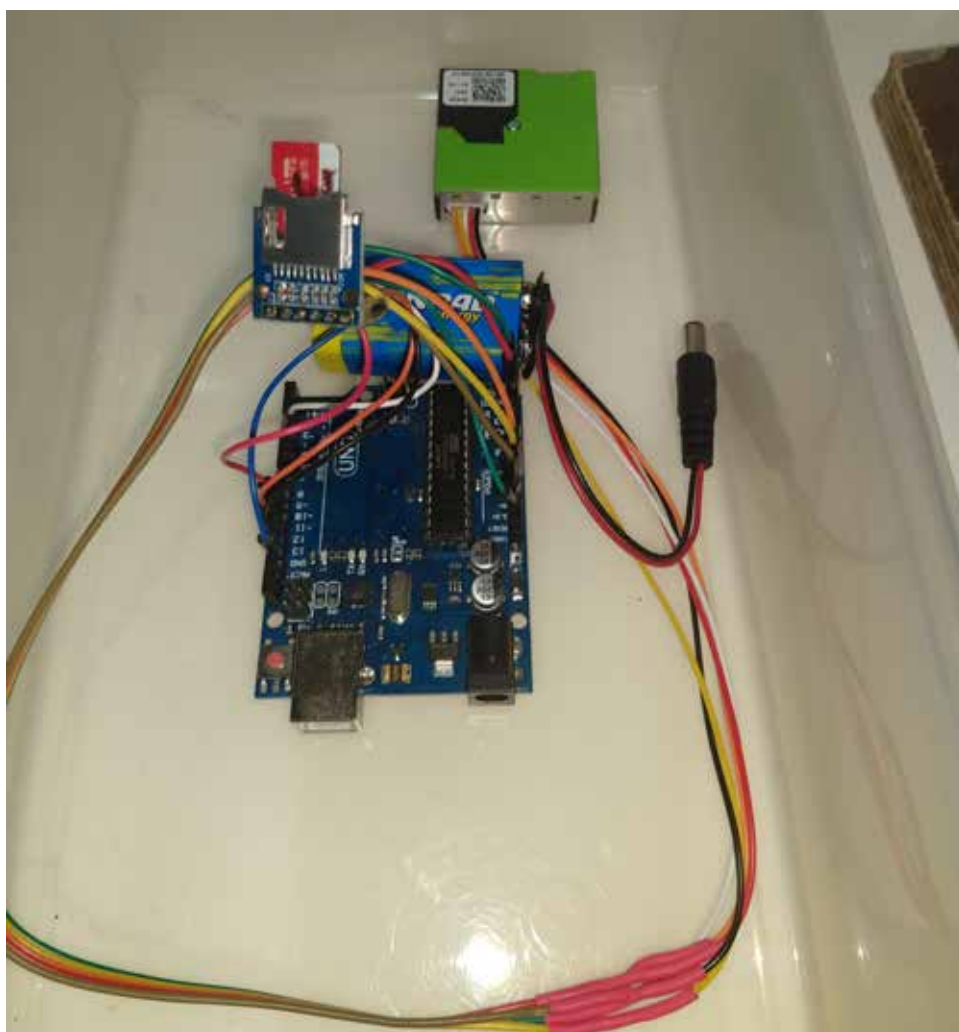
Adafruit Feather Huzzah ESP8266 heeft wel een seconde-teller, maar niet een absolute klok. Met je mobiel kun je de huidige datum en tijd naar de arduino sturen, zodat in het databestand het exacte tijdstip van elke meting wordt gegeven. Het is ook mogelijk om databestanden uit te lezen als csv-bestanden. Hiermee is het dus niet meer nodig om het SD-kaartje uit de lezer te halen. De gebruiker kan de sketch uiteraard zelf verder aanpassen, zoals het aantal metingen per seconde, het aantal dagen waarna de Sensirion SPS30 zichzelf schoonmaakt, of de kolomtitels in het databestand. De bestanden zijn beschikbaar op de website bij dit artikel (scan QR-code B).

## SMARTPHONEBELEID

Op de RSG Magister Alvinus in Sneek krijgen leerlingen die hun fijnstofsensoren willen uitlezen een speciale 'Vrijbrief voor gebruik mobiel'. Op naam, met logo's, en keurig ondertekend. Onderscheid moet er wezen.

## Stroomvoorziening

Het derde probleem dat opgelost moest worden om stand-alone te kunnen meten is de stroomvoorziening. De SPS30 heeft een ingebouwde ventilator en die verbruikt nogal wat energie. Voor een adapter zou een nabij gelegen stopcontact nodig zijn, en dat kan in het veld nog lastig worden. Het hangt van het specifieke merk microcomputer af hoe hoog de voedingspanning mag worden. Sommige Arduino Uno's kunnen tot 12 Volt voeding hanteren. Met een 9 Volt-batterij kan ongeveer 7 uur gemeten worden, genoeg voor een schooldag. Om buiten voor langere perioden



Figuur 2. Opstelling met Arduino Uno, een SD-kaart (rood) en 9 Volt-batterij (blauw)



Figuur 3. Fijnstofsensoren in weerbestendige behuizing

te kunnen meten, is de oplossing gevonden in een 12 Volt accu. In de opstelling in figuur 2 is een megaBAT gebruikt, een 12 Volt accu met 9 Ah lading. Een Adafruit Feather Huzzah ESP8266 microcomputer mag hooguit 5 Volt krijgen. Hier kan een powerbank gebruikt worden; met één van 20 Ah kan naar schatting ruim zes dagen gemeten worden. De plastic doos in figuur 2 kan vervolgens gesloten worden. De sensor wordt met tape

bevestigd op de deksel, met een gat voor de kabel. Voor buitenmetingen is het beter om de hele opstelling te comprimeren zodat het past in een luchtafvoerbuys, verkrijgbaar bij elke bouwmarkt. Links in figuur 3 is bovenin de SPS30-sensoren te zien, op zijn plaats gehouden met een lijmklemp en elastieken. In het midden zit de SD-kaart lezer, en daaronder de arduino. De accu is buiten de behuizing gehouden zodat deze gemakkelijk

vervangen kan worden. Rechts in figuur 3 is de sensor zichtbaar achter het luchtdoorlaat-rooster. De hele opstelling (met uitzondering van grotere accu's) is ook in te bouwen in het weerhutje dat Globe levert.

### En dan: Meten!

Leerlingen in 4-vwo kunnen met een beetje hulp de sensor zelf in elkaar zetten. Daarna moeten de metingen ingelezen worden in Excel. Deze stappen worden ondersteund door de handleiding, die beschikbaar is bij de webversie van dit artikel (QR-code B). Momenteel is dit een geannoteerde versie van de handleiding die bij de nlt-module Fijnstof gegeven wordt. Het resultaat is een stand-alone fijnstofmeter waarmee leerlingen overal kunnen meten: in het techniek-lokaal, in de gymzaal, in de grootkeuken, of buiten waar gerookt wordt, op de stoep terwijl een brommer passeert, ja zelfs nabij een snelweg. Laten we hopen dat deze ervaring het besef van het gevaar van fijnstof zal vergroten. ●

### BRON

- Mojet, M.H. (2022). Fijnstof, de nieuwe nlt-module. NVOX 47(9), 12-13.



## Sterrenkundekamp

De Jongerenwerkgroep voor Sterrenkunde (JWG) is dé vereniging voor jongeren die geïnteresseerd zijn in astronomie. De JWG heeft verschillende afdelingen door het hele land, een eigen sterrenkunde-magazine speciaal voor jongeren en leuke kampen.

Het jongerenkamp is bedoeld voor iedereen van 8 tot 13 jaar, voor de beginnend en de ervaren sterrenkundige. Behalve sterrenkijken, worden praatjes en cursussen gehouden, kun je knutselen en sporten, spelletjes doen en een hoop lol maken. Het kamp kost ongeveer € 220 euro per persoon incl. lidmaatschap van de JWG.

De jongerenkampen in Ootmarsum zijn op:

Kampweek 1: zondag 28 juli t/m zaterdag 3 augustus 2024

Kampweek 2: zondag 4 augustus t/m zaterdag 10 augustus 2024

Kijk voor meer informatie en het aanmeldingsformulier op [www.sterrenkunde.nl/jwg/joka](http://www.sterrenkunde.nl/jwg/joka)



Jongerenwerkgroep voor Sterrenkunde  
[www.sterrenkunde.nl/jwg](http://www.sterrenkunde.nl/jwg)

# Fascinatie als uitgangspunt

## Een interview over spelenderwijs leren

Lukas van de Vrande is docent wiskunde en kunstenaar. Van zijn werk als kunstenaar is het Solargraphy project het meest bekend. Hoe komt hij aan de ideeën voor zijn kunst? En hoe combineert hij beide banen? Hoog tijd om eens bij hem op bezoek te gaan in zijn atelier in Den Haag.



Lukas van de Vrande studeerde bouwkunde en Italiaanse taal en cultuur. Zijn werk is veelzijdig van aard, zolang het maar fascineert. Denk bijvoorbeeld aan technieken als aquarel, fotografie,

3D-printen en installaties. Daarnaast maakt hij ook Nederlandstalige liedjes. Vaak zijn de projecten cross-overs van verschillende disciplines met een vleugje techniek of wetenschap, zoals het Solargraphy-project waarover hij twee boeken uitbracht. Naast zijn baan als docent heeft hij een atelier in Den Haag en zijn werk is op diverse plekken te zien geweest. Kijk voor meer informatie op [www.lukasart.nl](http://www.lukasart.nl).

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

Ik ben altijd geïnteresseerd geweest in zowel kunst als bètavakken. Mijn vader was tekenleraar en kunstenaar en mijn moeder

ook leraar en kunstenaar. Wiskunde was mijn lievelingsvak op de middelbare school. Ik heb altijd kunstenaar willen worden, maar heb dus wel in Delft gestudeerd. Het was leuk om daar te studeren! Met die opleiding zelf heb ik uiteindelijk niet zoveel gedaan. Het was fijn dat iedereen in Delft met techniek bezig was en behoorlijk logisch nadacht. Dat was een prettige omgeving waarin ik me thuis voelde. In mijn Delftse tijd heb ik veel kunst gemaakt. Mijn behoefte aan training in het creatieve gedeelte, bepaalde mijn keuze voor de studie bouwkunde. Die wiskunde kwam later weer.

*Wat heeft je keuzes bepaald?*

Kunst moest er onderdeel van zijn. Een full-time baan heb ik nu niet, nooit gewild ook, omdat ik dan geen ruimte heb om zelf dingen te maken. Ik werk drie dagen op school en twee dagen in mijn atelier. Dan lukt het om zelf dingen te maken, dat is wat ik wil doen!

*Wat vind je de belangrijkste onderdelen van jouw eigen opleiding?*

Ik ben in heel veel verschillende dingen geïnteresseerd, niet in maar één ding. Daarom



Solargraphy-expositie in het Pulchri

heb ik ook vier dingen gestudeerd. Twee vakken zijn me het meest bijgebleven, dat waren bijvakken bij Italiaans: geschiedenis in het groot, en sterrenkunde. Die vakken gaven een soort overzicht over de totale geschiedenis van de oerknal tot gisteren, en over het heelal. En alle sociale dingen zijn me bijgebleven, juist ook van mijn tijd in Delft.

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

Mijn expositie in het Pulchri, dat is een chique galerie hier in Den Haag. De expositie ging over Solargraphs! Het is een schildersvereniging met een eigen gebouw. Ik heb gevraagd of ik mocht exposeren en moest toen auditie doen. Het was bijzonder omdat het op die plek was, en samen met 65 andere



Eén van de beste solargraphs van de afgelopen jaren

fotografen. Ik had alle blikjes gemaakt, verstuurd naar mijn donateurs. Zij hingen ze op voor een half jaar. Die resultaten hingen daar allemaal en de fotografen kwamen allemaal kijken. Normaal gesproken heb je een opening bij een expositie. Je kunt ook een sluiting doen, een finissage. Op de laatste dag van de expositie mocht elke fotograaf zijn eigen solargraph meenemen. Dat was een bijzonder moment, want je hebt een mooie chique galerie met een mooie tentoonstelling, en aan het eind rukt iedereen zijn eigen ding van de muur. Het was speels, dat past bij mij.

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

Hoe maak je tijd en geld vrij om te kunnen

doen wat je wilt? Dat kan een doorlopend probleem zijn. Voor het maken van kunst heb ik drie dingen nodig: tijd, geld en een ruimte. Geld heb ik deels door donateurs. Tijd heb ik, doordat ik maar drie dagen op school werk. Inspiratie daar maak ik me geen zorgen over. Dat komt altijd wel goed.

*In hoeverre is je omgeving een stimulans of een rem geweest?*

De opvoeding is heel erg een stimulans geweest. Ik heb op de middelbare school en in Delft in een traditionele omgeving gezeten. Dat was remmend. Daar waren weinig kunstenaars. De verbinding met geschiedenis trekt me aan in het traditionele, dat is soms dubbel.

## SOLARGRAPHY

Een solargraph is letterlijk een foto van de zon, gemaakt met een pinhole camera. Met een drankblikje, ducttape, een speld en een stuk fotopapier maak je zelf een pinhole camera. Op internet is heel gemakkelijk te vinden hoe je dat doet. Vervolgens hang je hem op met de opening op het zuiden gericht. Nu wacht je een half jaar, en dan heb je een foto gemaakt van de banen van de Zon.

*Hoe heb je jouw werkveld gedurende je loopbaan zien veranderen?*

Het is me steeds duidelijker geworden dat ik echt geïnteresseerd ben in beide kanten: creatief en technisch. Het mag soms best een beetje doorslaan naar technisch, of soms naar kunstzinnig. Maar het is echt allebei. Mijn bedrijfje heette al LukasArt. Later deed ik de toevoeging (art & science). De leukste projecten zijn als het gecombineerd is. Misschien dacht ik vroeger wel dat het wat artistieker zou zijn. Het is technischer geworden dan ik vroeger dacht.

*Wat zou je een jongere collega als belangrijkste advies geven?*

Iets heel saais. Namelijk dat je administratie op orde moet zijn (lucht). Maar dat is wel waar we het net over hadden: dat spelletje met tijd, geld en ruimte. Die moeten op orde zijn, anders kun je niks doen. Dan is er een kader waarbinnen je los kan gaan. Ik heb nu geld om totaal idiote projecten te kunnen doen. Bijvoorbeeld die boeken (over solargraphy, zie recensie op pagina 42) dat kan ik meteen zelf uitgeven. Ik hoef niet eerst naar een uitgeverij om funding te regelen.

## Kunst en wetenschap

*Wat bracht je op het idee om kunst en wetenschap/techniek te combineren?*

De interesse was er altijd voor allebei. Je maakt dingen. En op een gegeven moment zie je wat je gemaakt hebt, en je ziet wat goed gaat en wat niet. Of waar je tevreden





Hier zie je een blikje op locatie

over bent en waarover niet. Ik was het meest tevreden over de projecten waar het allebei in zat. Kunstzinnig, maar wel echt wiskunde, of een principe uit de natuurkunde. Weer dat logisch nadenken.

*Hoe kwam je op het idee voor de solargraphy's?*

Uit de *Zenit!* Daar ben ik al heel lang lid van. En daar stond het een keertje in. Een meneer in Middelburg heeft daar een keer een heel project van gemaakt. Zo leuk, toen heb ik er zelf een paar opgehangen! Ik vond het fascinerend en heb dat daarna met een paar klassen gedaan en daar ook boekjes van gemaakt. Met lege pagina's als het blikje weggegooid was. Of een mislukte, omdat het papier verkeerd om zat. En ook heel mooie, zoals van de expo. Of een zonder zonnepanelen, maar die bleek naar het noorden opgehangen te zijn. Of het tapeje was niet van het gaatje gehaald. Bij leerlingen kan zo iets lang thuis liggen, correct ophangen kan dan een hele uitdaging zijn.

Tegenwoordig werk ik met sleek-blikjes. Eigenlijk moest ik er minimaal 100.000 afnemen. De fabrikant vond het een mooi project en gelukkig was er een restpallet met 3608

blikjes. Ik heb er nog 3000 over. Inmiddels ben ik er achter dat mat fotopapier het beste werkt, want je krijgt reflecties. De eerste batch was glans, dat glimmert als een malle. Maar ook papiertjes die niet lang genoeg waren, geven problemen. Het is veel pielen, elke keer loopt het anders.

*Wat wil je je leerlingen er van meegeven?*

Dat je met hele eenvoudige middelen spelerwijs van alles over de wereld om je heen kan leren. Een blikje en een fotopapiertje is niet zo duur. Niet ingewikkeld om het te doen. Maar als je wilt begrijpen wat er op die foto gebeurt, dat is super ingewikkeld. Waarom die banen omhoog en omlaag gaan, of waarom die niet scherp is, waarom er rare reflecties in zitten. Je kunt ermee uitrekenen op welke breedtegraad je zit. Hoe schuin de aardas staat. Nadenken over wat er gebeurt als je op het zuidelijk halfrond staat. Spelerwijs een onderzoekende houding ontwikkelen, dat vind ik heel leuk. Het is ook niet voor een cijfer; wel voor een resultaat.

*Hoe ontstaan nieuwe projecten? Waar ben je nu mee bezig? (Tijp van de sluier...?)*

De ideeën ontstaan op van die non-momenten. Heel vaak op de fiets. Of vlak voor het slapen gaan. Op van die momenten dat je niet iets anders hoeft. Het gebeurt gewoon.



Plaat & Speler: de handplatenspeler met een 68-toeren plaat

Als je eenmaal ergens mee begint, blijven die ideetjes over van alles en nog wat komen. En die inspiratie komt dus ook uit van alles. Iemand die iets zegt, of artikeltje in *Zenit*, of... Nu ben ik bezig met een muziekproject. Ik maak Nederlandstalige liedjes. Die zijn natuurlijk wat kunstzinniger. Maar vroeger kocht je cd's. Wat kun je dan verder nog aan je project verbinden? Als ik nou voor elk project een andere drager maak, zoals een plaat of cd, kan ik daar meer variaties in bedenken? Mijn muziekproject heet 'rommeltje (wel gaaf)'. Ik ontwikkelde eerder al de 'Plaat&Speler', een handplatenspeler. Dat is een 68 toeren-plaat. Dat slaat nergens op, maar hierdoor is het ritme 136 bpm. In één rotatie zitten dus precies twee beats, waardoor je altijd in het ritme draait, dat helpt, want je swingt vanzelf mee.

*Waar in ben jij beter geworden door deze kunstprojecten? Beroepshalve? Voor jezelf?*

Ik ben wat efficiënter met mijn tijd gaan omgaan, dat gaat een heel stuk beter. En ik denk ook dat ik altijd probeer na te denken: als iemand anders dit ziet, vindt-ie het dan ook leuk, is het interessant voor diegene die dit ziet. Daar ben ik meer over aan het nadenken. Het is niet alleen belangrijk dat ik het interessant vind. Dat zal ook wel komen door school. Ik probeer natuurlijk, als ik in de klas ben, goed na te denken of die kinderen het snappen, of zij er iets aan hebben, of het niet te snel of te langzaam gaat. Kijken door hun ogen. Dat doe ik ook steeds meer met mijn kunst. Fascineert het niet alleen mij, maar kan ik andere mensen mee krijgen in mijn fascinatie. Verwondering. Enthousiasme. Daar ben ik beter in geworden.

**Tot slot**

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

Qua kunst zou ik nog wel grotere projecten willen doen met nog meer mensen. Ook wel in de openbare ruimte. En qua muziek lijkt het me heel tof om meer te kunnen spelen, op een festival bijvoorbeeld.

*Wat verwacht je van de toekomst?*

Ik denk dat ik steeds meer ruimte ga nemen om eigen projecten te kunnen doen. ●



# Collegiale tips

## Uitbeeld-didactiek bij biologie

Als docent behandel je in je les allerlei termen en verschijnselen, die voor leerlingen niet direct waarneembaar zijn. De uitdaging is om ze tastbaar te maken door ze te ervaren. Casper Geraedts heeft onderzoek gedaan naar uitbeeld-didactiek in de biologieles. Hij brengt in kaart hoe uitbeeld-practica kunnen bijdragen aan het leren van complexe processen zoals DNA-replicatie of natuurlijke selectie. 51 Practica zijn uitgewerkt voor gebruik in de les. Je kunt met lego stofwisselingsprocessen uitleggen of leerlingen een bloedsomloop laten lopen. De practica vergen weinig voorbereiding. Geïnteresseerd? Kijk dan op de website van het Nationaal Regie-orgaan Onderwijs-onderzoek [www.nro.nl](http://www.nro.nl) en zoek op 'uitbeeld-didactiek' of QRC A.

## Maak een 'bottenkaart'

Je kunt de botten niet zien maar wel voelen. Teken op een groot vel papier de omtrek van het lichaam van een leerling met een stift. Vervolgens bedenken en voelen leerlingen waar botten zitten en tekenen dat op de juiste plek op het papier. Ze werken van boven naar onderen. Aan het einde wordt besproken hoeveel van de meer dan 200 botten in het lichaam zijn gevonden. Een leuke opdracht voor de onderbouw bij het onderwerp skelet, stevigheid en beweging. Ga naar de site van de Universiteitsmuseum Utrecht: [umu.nl/proef/bottenkaart-maken](http://umu.nl/proef/bottenkaart-maken) of ga naar [umu.nl/zoekhetuit](http://umu.nl/zoekhetuit) en kies de knop 'download het Zoek het uit', QRC B. Zie op dezelfde site hoe van leerlingen onderzoekers worden gemaakt: [umu.nl/onderwijs](http://umu.nl/onderwijs), QRC C.

## Spelvorm: Vier op een rij

Ter afsluiting van een thema kun je een spel inzetten. Gebaseerd op het spel 'Vier op een rij' gaan leerlingen actief aan de slag met de

leerstof. In groepjes van twee of drie proberen ze zo snel mogelijk vier goede antwoorden op een rij te krijgen. Elk groepje krijgt een speelbord, waarop in elk vakje een vraag staat die hoort bij het thema. En elke leerling krijgt een setje antwoordkaartjes. Leerlingen mogen om de beurt een antwoordkaartje op een bijbehorende vakje leggen. Varianten zijn dat leerlingen zelf antwoorden op kaartjes schrijven, de speelborden maken of met twee teams tegen elkaar spelen. In ieder geval zet je de leerlingen op een andere manier aan het denken over de lesstof. Bron: Bionieuws, 15 Maart 2024.

## Breid je onderwijsrepertoire uit.

Het boek *Uitdagend gedifferentieerd vakonderwijs. Praktisch gereedschap om je onderwijsrepertoire te blijven uitbreiden*, staat gratis online. Laat je niet afschrikken door de vele theorie maar raak - vooral voor scheikunde - geïnspireerd door de voorbeelden. Vanaf p. 239 begint zuur-base met onderzoek naar stoffen die geschikt zijn als maagzuurremmer; bij chemisch rekenen is de vraag hoe lang je het uithoudt in een ruimtecapsule als het apparaat uitvalt waarmee CO<sub>2</sub> en water worden omgezet. Voor biologie zijn er voorbeelden vanaf p. 255 en voor natuurkunde vanaf p. 265. Zie [www.universiteit-leiden.nl](http://www.universiteit-leiden.nl) en zoek op 'gedifferentieerd vakonderwijs', QRC D.

## Biochemische reactiewegen

Farmacieconcern Roche ontwierp posters voor het onderwijs. De poster 'Metabolic Pathways' van 139 cm x 98 cm geeft in het centrum de citroenzuurcyclus weer op 16 cm x 16 cm met veel meer details dan in Binas Tabel 68c. Alle andere reacties die zich in het menselijk lichaam afspelen zijn op dezelfde schaal en bladvallend weer-

geven. Zeer indrukwekkend! Zie [Roche.com](http://Roche.com) en zoek op 'Biochemical Pathways', QRC E. Tip van Gorgias Meijers, Deltion Sprint Lyceum Zwolle.

## Quantum experimenten

Het vaksteunpunt Leiden biedt leerlingen 6-vwo de 'QuantumRules! lab & game experience' aan. Het dagprogramma begint met ruim tien quantum-proeven die twee uur duren. Er is 's middags een game met een escaperoom waarbij samenwerking vereist is. Ook de nlt-module 'Kansen met quantum' wordt door het vaksteunpunt ondersteund. Zie <https://quantumrules.nl>, QRC F.

## Jekel's Jacht: historische experimenten

Diederik Jekel herhaalt baanbrekende Nederlandse uitvindingen: de allereerste elektrische auto in 1835 (!) door Sybrandus Stratingh, de eerste Nederlandse radio-uitzending in 1919 door Hanso Idzerda, de slangbrandspuit door Jan der Heijden en de fasecontractmicroscopie rond 1934 mede uitgevonden en gemaakt door Caroline Bleeker. Zie [www.npo.nl](http://www.npo.nl) en zoek 'Jekels jacht'. Tip van Bert Grave, Gymnasium Celestinum, Zwolle

## Tips gevraagd

Heb je een tip voor je collega's, stuur deze dan naar [redactie@nvon.nl](mailto:redactie@nvon.nl) onder vermelding van je school.



# Ontdek de wetenschap achter de EinsteinteleSCOOP

## Hands-on leren over instrumentatie en zwaartekrachtgolven

Het Einstein Telescope Education Centre (ETEC) opent schooljaar '24-'25 haar deuren. Hoewel nog onzeker is of de EinsteinteleSCOOP (ET) in Limburg komt, kunnen leerlingen bij het Discovery Museum in Kerkrade hierover al een educatief programma volgen. Daar leren ze over de natuurkunde achter deze zwaartekrachtgolfdetector. Ik nam alvast een kijkje en ging erover in gesprek met dr. Gideon Koekoek.

Wat is ruimtetijd? Wat zou je doen als je kon tijdreizen? Hoe werkt een interferometer? Wat zijn de leukste eigenschappen van zwaartekrachtgolven? Zomaar wat vragen die voorbijkomen tijdens een bezoek aan het ETEC. Na binnenkomst krijgen leerlingen eerst de grootbeeld immersieve film te zien. Daarin worden ze vooral uitgenodigd om te zien hoe mooi het universum is. De film is niet bedoeld om uitleg te geven, maar juist om je te verwonderen over wat we nog niet weten. Na de film volgt een interactief college met een live-presentator, demonstratieproeven en een Pepper's ghost. Leerlingen leren over de fijne kneepjes van de zwaartekrachtgolven en het doen van metingen hieraan. Gewapend met deze kennis mogen de leerlingen vervolgens zelf aan de slag in workshops, waar zij hands-on bezig gaan met de natuurkunde achter het meten van zwaartekrachtgolven. En hands-on blijkt, ook volgens leerlingen, te werken: "Na een toets druk ik vaak op delete in mijn hoofd, nu blijft het beter hangen." Ten slotte krijgen de leerlingen de vrije hand om hun opgedane kennis in de studio om te zetten in bijvoorbeeld een podcast, vlog, gedicht of

toneelstuk. Hierin kunnen ze hun creativiteit kwijt, waarna er uitwisseling plaatsvindt. Een quizvraag die langskwam: "Kun je surfen op een zwaartekrachtgolf?"

### Fascinatie

Zwarte gaten zijn zowel de meest bekende als de meest fascinerende objecten uit de algemene relativiteitstheorie. Ze vormen de simpelste oplossingen van Einsteins gekromde ruimtetijd en nog steeds tarten ze alle verbeelding. De ET kan straks zwarte gaten in bulk gaan meten. Gideon Koekoek: "We hopen hierdoor veel meer te weten te komen over de ontstaansgeschiedenis van zwarte gaten. Of er wellicht primordiale zwarte gaten bestaan (zwarte gaten die er al waren voordat er sterren waren die in elkaar stortten tot zwart gat, dus een zwart gat zonder dat het eerst een ster is geweest). Daarnaast kun je van zwaartekrachtgolven afkomstig van zwarte gaten veel leren over de uitrekkingssnelheid van het universum en daarmee over toekomst, verleden en energie-inhoud van het universum. De uitrekkingssnelheid van het universum wordt bepaald door wat voor massa en andere vormen van energie in het universum zitten." Dus als je goed kunt meten hoe de uitrekking is geëvolueerd, kun je terugrekenen wat in het heelal zit. Ook dwingt de vereiste precisie van de ET af dat de instrumentatie veel meer verfijnd wordt. De technologie die hiervoor nodig is, heeft allerlei toepassingen buiten dit onderzoek, denk bijvoorbeeld aan zeer nauwkeurige lasers, extreem gekoelde spiegels, demping van ruis, en betere rekenmodellen en snellere computers.



Leerlingen die van bovenaf de grootbeeld immersieve film bekijken



**GIDEON KOEKOEK**, associate professor Natuurkunde bij de afdeling Gravitational Waves and Fundamental Physics van Maastricht University, en deel van het ETEC-team.

## Einstein Telescope Education Centre

De ET is uniek in Europa en in de wereld. Er bestaat nog nergens zo'n apparaat. Gideon Koekoek zegt hierover dat het toch jammer zou zijn als alleen wetenschappers iets weten over dit unieke apparaat waar vast en zeker wetenschappelijke doorbraken mee bereikt zullen worden. "Dat willen we graag delen met iedereen. Het ETEC is daarvoor een geschikte plaats." Daarnaast hebben de technieken voor de instrumentatie verrassend genoeg een enorme overlap met het middelbare schoolcurriculum. Dit is dus een uitgelezen kans om de leerlingen te laten zien dat wat zij leren niet alleen maar kan worden toegepast op knikkers die van schuine plankjes rollen, maar daadwerkelijk in *state of the art* onderzoek gebruikt wordt. Het is een groot apparaat en iedereen heeft het recht om te weten waarom en hoe we dat doen.

## Samen bereik je veel meer dan ieder op zijn eigen eilandje

"We hebben gezorgd dat we vakinhoudelijk correct zijn. Veel experts van Maastricht University zijn dan ook betrokken bij de ontwikkeling van het ETEC." Vanuit het Discovery Museum is er ruime ervaring in het op leuke en begrijpelijke wijze overbrengen van complexe materie. Daarnaast moest het ook didactisch goed in elkaar zitten en interessant zijn voor klassen met leerlingen om de trip te maken. Hiervoor is contact geweest met een stuurgroep van docenten uit de regio. Het was een uitdaging om mensen te overtuigen dat de ET niet alleen interessant is voor wetenschappers, maar ook voor de bouwers en mensen in het middelbaar onderwijs. Men denkt al snel dat dit is voor mensen die zwarte gaten en het heelal interessant vinden, maar het is een gigantisch project waarin veel expertises samenkomen. Daar zijn juist veel verschillende mensen bij nodig.

### Doelgroep

Vanaf schooljaar '24-'25 is er een dagprogramma voor leerlingen bovenbouw vo (havo/vwo) met een N&T of N&G profiel. Ook wordt er een programma voor po-leerlingen ontwikkeld en komt er op termijn een tour voor bezoekers en mogelijk ook programma's voor mbo, hbo en wo-studenten. Doordat ETEC relatief eenvoudige natuurkunde gebruikt, is het aanbod geschikt voor havo- en vwo-leerlingen. Zeggen dat natuurkunde eenvoudig is, daar moet je natuurlijk mee uitkijken, want het kan nog steeds als heel moeilijk ervaren worden. In het aanbod is daarom natuurkunde gebruikt uit beide curricula. Optica zit bij vwo bijvoorbeeld niet meer in het programma, maar in de havo wel als keuzekatern. Dit is onmisbare kennis om een interferometer te doorgronden. In principe krijgen alle leerlingen hetzelfde programma, wel zijn er verdiepingsoopdrachten voor de mensen die sneller klaar zijn tijdens de workshops.



Leerlingen tijdens de workshop over demping en ophanging



Tijdens de workshop ontdekken leerlingen hoe een interferometer werkt

### Toekomst

Het zou prachtig zijn als de ET gaat zorgen voor een brede samenwerking tussen wetenschappers uit heel Europa, omdat die samen veel meer bereiken dan ieder op zijn eigen eilandje. Ook zorgt de ET voor vooruitgang in de techniek en in de maatschappij. Een grote wens is de energie in het universum veel scherper in beeld krijgen. En dat we met deze techniek het heel vroege heelal van vóór de kosmische achtergrondstraling eindelijk kunnen onderzoeken, want daar liggen de grootste mysteries nog verborgen.

### Wat nemen leerlingen er van mee?

Dat natuurkunde altijd in ontwikkeling is. Dat we op het punt staan grote mysteries uit het heelal te ontrafelen, en dat ze daarbij kunnen zijn; als geïnteresseerde leek, of als iemand die mee gaat doen. En dat dat niet alleen de Einsteins zijn. Eén van de leerlingen zei na afloop: "Ik ben geen ster in natuurkunde, maar ik zou wel graag bij de ET willen werken". Missie geslaagd: middelbare scholieren enthousiast maken voor natuurkunde. Gideon Koekoek "De natuurkunde van dit project is veel te mooi om binnen de ivoren toren te houden. Dat willen we delen met alle geïnteresseerden." Je hoeft ten slotte niet Einsteins veldvergelijkingen te kunnen doorrekenen om hier een belangrijke rol in te kunnen spelen. ●

## Het geheim van de asperge

### Het witte goud in de klas

Asperges, wie kent ze niet. Met het asperge seizoen op zijn einde lijkt het mij niet verkeerd om eens terug te blikken op drie maanden plezier met de witte scheuten, ofwel het witte goud.

Deze delicatessen, hoewel sommigen daar misschien anders over denken, draagt veel geheimen en complexiteiten met zich mee. Hoe leuk is het om met de verschillende vragen die gesteld worden over asperges iets te doen binnen je eigen klaslokaal? Eén van de opmerkingen die vaak gemaakt wordt in het kader van urineonderzoek en het inleveren van urine, is dat de persoon in kwestie maar beter geen asperges kan eten voordat de urine ingeleverd moet worden. Maar hoe kan het toch dat de urine soms zo onaangenaam ruikt na het eten van asperges?

#### Stinken na asperges eten

Na het eten van asperges hebben de meeste mensen last van stinkende urine.

Hierbij wordt vaak gezegd dat dit om een erfelijke aandoening gaat en het niet echt puur toeval is.

Hoe het kan dat je urine stinkt na het eten van asperges, ligt in de chemische samenstelling van asperges. Asperges bevatten zwavelhoudende verbindingen zoals asparaguzinezuur. Als de asperges worden verteerd, dan wordt het asparaguzinezuur afgebroken tot bijproducten die zwavel bevatten. Over het algemeen is zwavel geen geur die door veel mensen als lekker wordt ervaren. Denk maar eens aan de geur van rotte eieren, die wordt veroorzaakt door waterstofsulfide. Als je de afbraakproducten van de asperges uitplast, waaronder dus de producten die zwavel bevatten, verdampen deze zwavelhoudende producten bijna direct, waardoor je de onaangename geur ruikt die bij 'aspergeplas' hoort.

Niet iedereen mag genieten van de geur van aspergeplas, sommige mensen hebben hier helemaal geen last van. Dit kan door

verschillende dingen veroorzaakt worden. Allereerst verteert iedereen voedsel anders. Elk lichaam reageert anders op bepaalde voedingsmiddelen en -stoffen, zo dus ook op de zwavelverbindingen die in asperges zitten. Mensen die deze verbindingen beter kunnen afbreken dan anderen, zullen minder last hebben van de aspergegeur dan mensen die hier minder goed in zijn. Daarnaast kunnen sommige mensen de geur niet goed waarnemen, omdat de gevoeligheid voor deze verbindingen genetisch bepaald is.

#### Is die stinkende urine erfelijk?

Uit een onderzoek van Markt et al. van 2016 kan de voorzichtige conclusie getrokken worden dat een groot deel van de onderzochte mensen de aspergegeur in urine kan ruiken, maar dat de gevoeligheid hiervan afhankelijk is van de genetische variatie binnen de reukreceptorgenen.

Uit dit onderzoek is gekomen dat de personen die aspergegeur konden ruiken een variatie hadden in een bepaalde regio in chromosoom 1 die meerdere genen bevat voor de geurreceptoren. Uiteindelijk zijn er drie markers in het genoom aan het licht gekomen die betrokken zijn bij het ruiken van de aspergegeur. Voor het artikel kun je de QR-code bij het artikel scannen. Er is dus helaas niks wat je kunt doen om te voorkomen dat je urine gaat ruiken na het eten van asperges en is zo'n 40-50 % van de bevolking in staat om deze onaangename geur te ruiken. Geen reden om geen asperges te eten dus! Wat wel een reden kan zijn om geen, of minder asperges te eten is de prijs. Door het wisselvallige voorjaar verliep de aspergegroeit en -teelt wat moeizaam.

#### Moeizame aspergegroeit

Aspergetelers hebben een moeizame start van het seizoen gehad door hoge grond-





waterstanden, koude grond, wisselvallige temperaturen en wisselende regenval. De asperges die niet in de kassen geteeld worden, kwamen moeilijk uit de grond en werden ook niet bijzonder dik.

Asperges zijn gevoelig voor temperatuurwisselingen, waardoor de groei vertraagd kan worden. Daarbij is de hoeveelheid neerslag en de bodemsamenstelling erg belangrijk voor de groei van asperges. De textuur, pH en hoeveelheid voedingsstoffen zijn allemaal van invloed op de groei van de asperges. Door irrigatie, drainage en overmatig gebruik van pesticiden en kunstmest kan het zijn dat de hoeveelheid voedingsstoffen in de bodem verandert en dat de pH en textuur van de bodem veranderen. Omdat asperges gevoelige planten zijn, is dit natuurlijk niet het ideale scenario voor een optimale groei van de asperge buiten de kas.

**Aspergeplas is dus geen reden om het eten van asperges te vermijden!**

Veel abiotische factoren die van invloed zijn op de groei van een asperge, en een kleine verandering hierin kan dus al grote gevolgen hebben voor de aspergegroei. Dit

geeft inspiratie voor leuke onderzoekjes in de klas met asperges, of misschien wel voor een profielwerkstuk.

### Lesideeën voor asperges

Een interessant onderzoek voor leerlingen kan zijn om de genetische variaties die verband houden met de afbraak en detectie van zwavelverbindingen in asperges verder te onderzoeken. De leerlingen kunnen familiegeschiedenissen bestuderen om te zien of er patronen zijn in de overerving van de gevoeligheid voor aspergeplas, of ze kunnen in hun eigen kring asperges eten en beschrijven wie de aspergeplas wel kan ruiken en wie niet. Laat leerlingen daarbij een stamboom maken en uitzoeken of de eigenschap, volgens hun familie, dominant, recessief of misschien wel intermediair overerft. Hierbij is het ook belangrijk dat leerlingen vanuit verschillende bronnen informatie inwinnen over de erfelijkheid van het ruiken van aspergeplas, en dit verwerken in hun onderzoek. Het eten van asperges met de familie is voor sommige leerlingen met een minder stabiele thuis-situatie misschien wat minder geschikt, maar voor hen zou een fictieve aspergefamilie bedacht kunnen worden zodat zij alsnog kunnen oefenen met het uitvoeren van een onderzoek, het maken van stambomen en het trekken van juiste conclusies uit deze stambomen.

Een ander leuk onderzoek kan zijn om leerlingen te laten experimenteren met de effecten van verschillende abiotische

factoren op de groei van asperges. Ze kunnen bijvoorbeeld experimenteren met verschillende bodemtypes, irrigatieniveaus, belichtingsregimes, pH-niveaus of bodemtemperaturen. Andere abiotische factoren kunnen uiteraard ook getest worden. Voor dit onderzoek stellen leerlingen een eigen onderzoeksplan op en gaan ze onderzoeken wat de ideale abiotische factor is voor de groei van hun asperges. Daarbij moeten leerlingen vanuit verschillende bronnen informatie halen over de groeiomstandigheden van asperges en daar een advies op geven aan de hand van hun eigen onderzoek. Eventueel kunnen ze het onderzoek nog uitbreiden door het onderzoek te herhalen met een andere abiotische factor. Extra leuk natuurlijk om na het onderzoek, als de asperges volgroeid zijn, deze op te eten met de leerlingen.

Asperges zijn naast een culinair genot ook een fascinerend onderwerp voor wetenschappelijk onderzoek en in de les. Door hun complexiteit bieden ze talloze mogelijkheden voor verkenning en ontdekking, zowel in de keuken als daarbuiten.

**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](mailto:jong@nvon.nl) met een cc naar [redactie@nvon.nl](mailto:redactie@nvon.nl).

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



# Garden013 (5)



## Mobieltje rechtstreeks opladen met wind- en zonne-energie!

Eind 2021 kwamen wij in contact met het project 'Meetjestad' in Tilburg dat geïnitieerd werd door Futurelab van de LoHal. Het was mogelijk om zelf kleine meetstations te maken met een arduino en sensoren, die met behulp van LoRa-techniek data door kunnen sturen naar een online database.



Garden013 is een duurzaam project waarbij de schoolomgeving vergroend is en waar met verschillende vakgroepen wordt samengewerkt aan lessen met een groene tint. In een aantal bijdragen vertellen we de ontwikkelingen vanaf de start tot aan de toekomstplannen.

Deze meetstations geven per vijftien minuten data over de temperatuur en luchtvochtigheid. Voor onze werkgroep wel wat technisch, maar in verband met het aantonen van de verlaging van hittestress in de schoolomgeving zeker interessant. Onze keuzevakdocent robotica/elektrotechniek omarmde het project. En zo ging er een groep leerlingen in 2022 aan de slag met het maken van diverse meetstationnetjes, welke in de schoolomgeving werden opgehangen. Zowel op het (toen nog) versteende dakterras als in de groene schooltuin.

**JOCelyn JANSSEN** is docent biologie, diervverzorging en groen breed aan Campus 013 in Tilburg.



### Laadpaal op het schoolplein

Wij als werkgroep wilden ook graag dat het thema 'Duurzame energie' zichtbaar werd op ons schoolterrein. Hoe zou je een leerling kunnen prikkelen om na te denken over dit onderwerp? Simpel... door je mobiele telefoon rechtstreeks op te kunnen laden met wind- en zonne-energie!

In overleg met collega's van STO (Sterk Techniek Onderwijs) en een projectplan kregen wij een klein budget. Na een lange zoektocht vonden we een juiste aanbieder van een prachtige laadpaal, die ook bereid was om het fiets-logo op de paal te veranderen naar een mobiele telefoon-logo. Na maanden-

lange leveringsproblemen werd de oranje laadpaal met witte wind-tulp geplaatst op het schoolplein!

### Les duurzame energie

De laadpaal werd vervolgens, naar afspraak met STO, onderdeel van een duurzame les die gegeven wordt binnen onze talenten-workshops: het maken van kleine windmolentjes op zonne-energie met onderdelen die vervaardigd worden met de 3D-printers van school. Deze les duurzame energie wordt ook weer aangeboden aan kinderen van de basisscholen tijdens onze techniekdagen. Tijdens deze les leren de leerlingen het belang van duurzame energie en verschillende manieren van opwekken. Daarna mogen ze aan de slag met hun kleine windmolentje die ze vervolgens mee naar huis mogen nemen. En zo zijn we weer een 'groene gadget' rijker in onze schoolomgeving, die leerlingen in contact brengt met het onderwerp duurzaamheid. ●

# Wie is Rosa Koerhuis ?



## *Wie ben je?*

Rosa Koerhuis, ik ben 21 jaar en ik woon in Hasselt. In mijn vrije tijd houd ik me veel bezig met muziek: ik speel in een drumband in de ritmesectie, ieder seizoen een ander instrument. Piano en ukelele spelen past daarnaast precies in mijn straatje. Ook luister ik er graag naar. En ik lees graag, vooral fantasy.

## *Wat doe je?*

Ik ben secretaresse bij de NVON, als u belt, krijgt u mij waarschijnlijk aan de telefoon. Verder beheer ik de adressen en doe de facturatie, ga af en toe mee naar congressen. En dat bevalt me heel goed. Het is mijn eerste baan sinds ik ben afgestudeerd. Ik heb wel stages gehad, maar het echte werk is toch anders. Ik zit hier echt op mijn plek.

## *Wat wil je wat is je passie?*

Het helpen van mensen. Daarbij probeer ik alle onderdelen en opdrachten in zo goed mogelijke banen te leiden.

## *Vanwaar de keuze voor een rol als medewerker van het NVON-bureau?*

Ik zag de vacature en ik solliciteerde omdat ik het belangrijk vind om iets voor de

samenleving te doen. In deze rol ondersteun ik de docenten vanuit de vereniging.

## *Wat biedt de NVON jou?*

Leuke collega's, een mooie, fijne werkplek, en ik leer elke dag nieuwe dingen. De mogelijkheid om door te groeien mag ook zeker niet ontbreken.

## Liefde voor Noorse mythologie en sterrenkunde

## *Wat bied jij de NVON?*

De vaardigheden waarin ik goed ben. Alles wat een secretaresse kan en doet, geef ik de NVON.

## *Wat verwacht je van de toekomst?*

Dat vind ik een lastige vraag. Dat iedereen zich door blijft ontwikkelen en daarmee uiteindelijk in de buurt van een ideaalbeeld terechtkomt.

## *Hoe zie je de rol van de NVON voor de komende jaren?*

Zoals we nu bezig zijn met ondersteunen van de docenten, zoals handvaten bieden, lesmateriaal genereren, activiteiten organiseren.

## *En welke rol zie je daarbij voor jezelf?*

Een ondersteunende rol en helpen waar dat nodig is en waar dat kan.

## *Welke vraag had jij jezelf gesteld als je mij was geweest?*

O, ehmm, ja, goeie vraag: wat is een leuk weetje wat niet iedereen weet? Ik heb een enorme liefde voor Noorse mythologie en sterrenkunde.

# Zwaartekrachtgolven voor dummies

## Met een houten knutselwerkje de Einsteintelefoon nabootsen

De werking van de toekomstige Einsteintelefoon lijkt voor velen behoorlijk ingewikkeld. Veel mensen hebben de indruk dat ze nooit echt zullen begrijpen hoe deze ogenschijnlijk complexe golven werken of hoe wetenschappers van plan zijn ze te meten. In aansluiting op ons vak over de algemene relativiteitstheorie hebben we met eenvoudige middelen de metingen nagebootst om deze uit te kunnen leggen.

Zwaartekrachtgolven zijn vervormingen die specifiek voorkomen in het weefsel van de ruimtetijd. Ze ontstaan wanneer bijvoorbeeld twee zwarte gaten met elkaar fuseren. Door die vervorming van de ruimtetijd zal door zo'n zwaartekrachtgolf ook de Einsteintelefoon een beetje krimpen of uitrekken. Op basis van interferentie is deze krimp of rek te meten, waardoor een zwaartekrachtgolf gedetecteerd kan worden. Deze beschrijving klinkt misschien erg abstract. Het is echter van groot belang dat de gemiddelde persoon begrijpt waarom wetenschappers wereldwijd deze golven zo graag willen meten. Dit heeft namelijk invloed op de mogelijkheid om detectoren zoals de Einsteintelefoon überhaupt te kunnen



Figuur 1. Demonstratie van de interferometer tijdens het weekend van de wetenschap



**SANNE AARTS** is alumna theoretische natuurkunde aan de Universiteit van Maastricht.



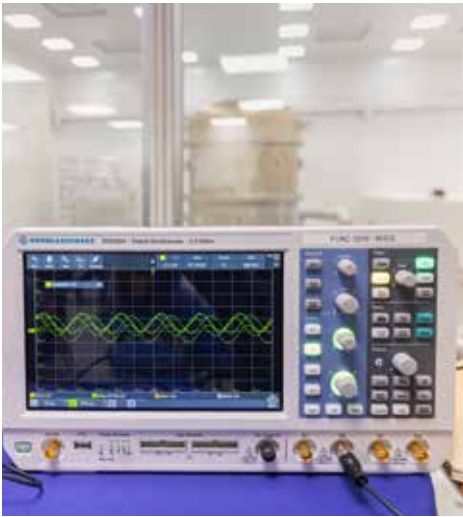
**TOMMASO SILIGARDI** is derdejaars student natuurkunde aan de Universiteit van Maastricht.

bouwen. Het meten van zwaartekrachtgolven kan ons helpen begrijpen hoe ons universum is ontstaan.

### Project

In het kader van de potentiële bouw van de Einsteintelefoon in Nederland hebben we het project 'Ripples In Spacetime' opgezet. De focus van ons project lag op het beant-

woorden van vragen zoals "is het bouwen van een detector zoals de Einsteintelefoon wel veilig?" en "is zo'n detector wel de moeite waard?". Het belangrijkste doel van ons project was om het begrip en de waarde van zwaartekrachtgolven te benadrukken. We hebben uiteindelijk met een groep van elf studenten een kleine tentoonstelling opgezet om aan verschillende relevante doelgroepen



Figuur 2. Het signaal van de interferometer op de oscilloscoop

uit te leggen wat zwaartekrachtgolven zijn en hoe ze gedetecteerd kunnen worden.

### Interferometer

Als onderdeel van ons project hebben we een houten interferometer geconstrueerd. Dit is een vereenvoudigd model van de detectoren die momenteel in de Verenigde Staten, Italië en Japan worden gebruikt om zwaartekrachtgolven te meten. Daarnaast hebben we de uitdagingen laten zien die overwonnen moeten worden om de detectoren een succesvolle meting te laten uitvoeren. Bijvoorbeeld de invloed van het achtergrond'geluid' op de metingen of het effect van de trillingen van de spiegels.

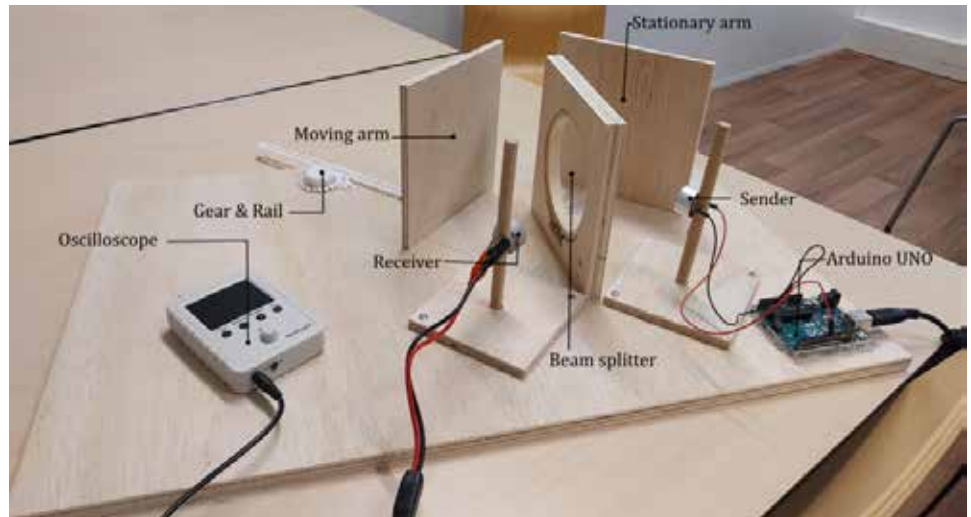
Onze focus lag voornamelijk op het zo opbouwen van de experimenten zodat ze in een klaslokaal van een middelbare school kunnen worden uitgevoerd.

De interferometer is opgebouwd met behulp van het werk van Kraus en Zahn (2016).

Echter, in plaats van een golfvormgenerator is er nu een Arduino Uno gebruikt. De fysica erachter is eigenlijk vrij simpel: een transducer is verbonden met de Arduino Uno en zet het elektrische signaal om in een ultrasoon signaal.

### Werking

Deze ultrasone golven raken het plastic oppervlak van de bundelsplitser in het midden. Door de spanning begint het oppervlak te trillen en door deze trilling plant het signaal zich in beide richtingen voort. Hierdoor fungeert het als een soort haldoorlatende spiegel, net zoals die in laserinterferometers. Vervolgens raakt het signaal de twee houten



Figuur 3. De onderdelen van de interferometer

oppervlakken, die als de spiegels fungeren aan de uiteinden van een normale interferometer. De gereflecteerde signalen interfereren met elkaar en het resulterende signaal wordt opgevangen door een ultrasone ontvanger. Deze ontvanger is verbonden met een oscilloscoop, die het signaal vervolgens omzet in een elektrisch signaal, om vervolgens door de leerlingen zelf afgelezen te worden. Eén van de twee 'spiegels' is vast, terwijl de andere beweegbaar is en de afstand kan worden aangepast om de interferentie van constructief naar destructief te veranderen. Wanneer een zwaartekrachtgolf passeert, krimpt of rekt namelijk ook maar één van de armen. Het doel is dus dat de leerlingen zelf kunnen ervaren welk effect een verandering in de lengte van een van de armen in de interferometer heeft op het signaal dat zij zelf aflezen.

### Leerervaringen variëren

Naast de uitleg over de basisprincipes van een interferometer, biedt deze opstelling nog vele andere educatieve mogelijkheden. Het is bijvoorbeeld mogelijk om de leerervaring leuker te maken door de leerling te laten raden welke golflengte het signaal produceert. Hier zou zelfs een wedstrijd van gemaakt kunnen worden, bijvoorbeeld wie het snelste de juiste afstand van de bron kan vinden zodat er een destructief signaal ontstaat. Het huidige record is 32 seconden.

Daarnaast is het ook een mogelijkheid om leerlingen de basisprincipes van elektronica en soldeertechnieken bij te brengen. Leerlingen zouden zelfs hun eigen oscilloscoop kunnen bouwen met behulp van de

juiste componenten van de arduino. Op deze manier kunnen er meer geavanceerd onderdelen van programmeren met de arduino worden geïntroduceerd in de lessen.

Een andere mogelijkheid zou zijn om in plaats van een ultrasoon signaal een geluidssignaal te gebruiken. Dit introduceert extra uitdagingen die heel goed demonstreren welke problemen wetenschappers moeten overkomen om ze te kunnen meten.

Deze zelfgemaakte interferometer biedt leerlingen de mogelijkheid om te laten zien dat ze thuis of in het klaslokaal zelf experimenten kunnen opzetten met relatief gemakkelijk verkrijgbare materialen. Dit was de belangrijkste reden om te kiezen voor houten materialen in plaats van bijvoorbeeld alle onderdelen te 3D-printen.

Voor meer informatie over deze opstelling en dit project kan contact worden opgenomen met Sanne Aarts via [spm.aarts@student.maastrichtuniversity.nl](mailto:spm.aarts@student.maastrichtuniversity.nl)

*\* Bij deze willen we graag onze begeleider Dr. Gideon Koekoek en onze groepsgenoten van de projectgroep bedanken (Tom Chalabi Prat, Jens Hieronymus, Eli Showalter-Loch, Nathalie Sowden, Finn Stapley, Evangelia-Eleni Taliadorou, David Toth en Alexander Verheyden).*

### BRON

- Kraus U. & Zahn, C. "Gravitational Waves : Models and Experiments on Waveforms, Effects and Detection" (2016). <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:53388837>

# Scheikunde? Water is $H_2O$ , verder kom ik niet

## Water in het vizier

Dat hoor je nogal eens: 'Scheikunde? Daar begrijp ik niets van. Water is  $H_2O$ , verder kom ik niet'. Ik denk dat je meer van scheikunde gaat begrijpen als je de nanoscopische wereld in het vizier krijgt. De wereld waarin je deeltjes zoals  $H_2O$  kunt zien.

**N**eem een blokje ijs, een keurige kubus van  $1 \text{ cm}^3$ , bij een temperatuur beneden  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  zodat het niet smelt. Snijd daarvan steeds kleinere blokjes, totdat het 30 miljoen ( $3 \times 10^7$ ) keer kleiner is geworden. Zo houd je uiteindelijk een kubus van  $\frac{1}{3} \text{ nm}$  over ( $1 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ mm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) en kom je van de macroscopische in de nanoscopische wereld terecht. Je ziet dan geen gewoon ijs meer, zoals bij de kubus van  $0,001 \text{ mm}$ , maar een 'deeltje':  $H_2O$ , het water-molecuul. Een deeltje, dat blijkt te zijn opgebouwd uit één zuurstof-atoom (O) en twee waterstof-atomen (H), die elkaar stevig vasthouden.

### $3 \times 10^{22}$ moleculen $H_2O$ in 0,9 gram water

Hoeveel  $H_2O$ -moleculen zitten er trouwens in onze kubus ijs van  $1 \text{ cm}^3$  (ongeveer 0,9 gram)? Gigantisch veel. Want we moeten elke ribbe  $3 \times 10^7$  keer kleiner maken om één  $H_2O$ -molecuul van  $\frac{1}{3} \text{ nm}$  in handen te krijgen. Drie ribben. Dat levert dus  $(3 \times 10^7) \times (3 \times 10^7) \times (3 \times 10^7) = 27 \times 10^{21}$ , afgerond:  $3 \times 10^{22}$  deeltjes. Een kubus ijs van  $1 \text{ cm}^3$  bestaat dus uit  $3 \times 10^{22}$   $H_2O$ -moleculen, een 3 met 22 nullen. Met elkaar wegen ze 0,9 gram.

### Van nano naar macro en omgekeerd

Om van nano naar macro te gaan heb je de mol nodig, een afgestemde hoeveelheid stof in grammen, gelijk aan het moleculaire massagetal, de som van de massagetallen van de deelnemende atomen (die je kunt aflezen in het Periodiek Systeem, PS). Van H en O zijn die, afgerond, 1 en 16, zodat het moleculaire massagetal van  $H_2O$  18 is, en 1 mol  $H_2O$  dus 18 gram weegt. En omdat 18 gram gelijk is aan  $20 \times 0,9$  gram, berekenen we dat die ene mol,  $20 \times 3 \times 10^{22} = 6 \times 10^{23}$   $H_2O$ -moleculen bevat (zie boven). Een 'verrassend goed' resultaat, gezien de precieze waarde van het aantal moleculen per mol - 'het getal van Avogadro' - van  $6,023 \times 10^{23}$ . Kennelijk is 'een kubus van  $\frac{1}{3} \text{ nm}$ ' als model voor de vorm en grootte van een  $H_2O$ -molecuul zo gek nog niet.

### Van macro naar nano en van nano naar macro

Laten we de molmassa eens bepalen voor een aantal andere stoffen: ammoniak ( $NH_3$ ), methaan ( $CH_4$ ), methanol ( $CH_3OH$ ) en octaan ( $C_8H_{18}$ ). Hun individuele moleculen

wegen natuurlijk niet hetzelfde, want ze zijn opgebouwd uit verschillende atomen, elk met zijn eigen massagetal. In het PS zie je bij H (afgerond) 1; bij C, 12; bij N, 14; en bij O, 16. Uit die atomaire massagetallen volgt dat  $6 \times 10^{23}$  H-atomen met elkaar 1 gram wegen;  $6 \times 10^{23}$  C-atomen 12 gram, et cetera. Daarom heeft 1 mol ammoniak ( $6 \times 10^{23}$   $NH_3$  moleculen) een massa van  $14 + 3 \times 1 = 17$  gram, 1 mol methaan een massa van  $12 + 4 \times 1 = 16$  gram en 1 mol methanol een massa van  $12 + 4 \times 1 + 16 = 32$  gram. Octaan, een keten van acht C-atomen, is natuurlijk veel zwaarder dan methaan, dat maar één C-atoom bevat; zijn molmassa is  $8 \times 12 + 18 \times 1 = 114$  gram.

### Het vraagteken weg

Chemici houden zich vanuit verschillende invalshoeken bezig met de vertaalslag van nano naar macro: 'als je weet hoe een bepaald molecuul er uit ziet - qua samenstelling én ruimtelijke structuur - kun je daaruit, in principe, de eigenschappen van de betreffende stof afleiden'. In het artikel op de website gaan we daar uitgebreid op in.

\* Een uitgebreide versie van dit artikel staat op de NVON-website. ●



## Wet van behoud van energie

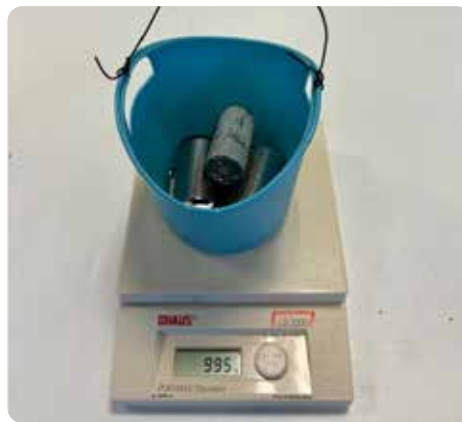
### De opstelling

Onlangs stond ik op het punt om een kapotte fiets naar de oud-ijzerboer te brengen. Het enige dat nog goed functioneerde was het achterwiel. Eigenlijk zonde om dat weg te gooien. Na wat brainstormen kwam ik op het idee om het wiel te gebruiken voor een demonstratie van de wet van behoud van energie.



Het wiel, bevestigd aan de bagagedrager, zet ik op z'n kop vast aan een statief. Op de as van het wiel is een lege filament-haspel van een 3D-printer gemonteerd.

Hier omheen gewikkeld een touw waaraan een emmertje met gewichtjes hangt dat het wiel in beweging kan brengen. Aan de bagagedrager is een dynamo geklemd die door de band wordt aangedreven. De dynamo is aangesloten op een fietslampje.



### Energie en warmte

Het emmertje met gewichtjes is precies zo verzwaard dat dit het wiel, vanuit stilstand, net aan in beweging kan brengen. De dynamo is op de band gedrukt, maar het fietslampje is losgedraaid uit de fitting. Als we het emmertje loslaten en het naar beneden zakt, wordt de zwaarte-energie omgezet in kinetische energie. Als we het lampje aandraaien en de stroomkring dus sluiten, wordt de kinetische energie ook omgezet in onder andere elektrische energie en warmte. Het wiel wordt met horten en stoten afgeremd en de kinetische energie neemt af. De massa in het emmertje aan het touw is niet groot genoeg om het wiel en de dynamo in bewe-



ging te houden. Op het moment dat we het lampje losdraaien, zakt het emmertje weer verder waardoor het wiel weer in beweging komt. Dit illustreert heel mooi de wet van behoud van energie.

### De bouw luistert nauw



Het heeft aardig wat tijd gekost om deze opstelling te bouwen, af te stellen en hiermee het gewenste resultaat te bereiken. Alles bij elkaar luistert het aardig nauw hoe licht het wiel draait, hoe zwaar het emmertje met gewichten moet zijn, hoe soepel de dynamo loopt en vooral wat het vermogen van het fietslampje moet zijn. Het belangrijkste is dat je er energie van krijgt en behoudt!

MICHEL DOESWIJK, TOA NATUURKUNDE VEENLANDEN COLLEGE IN MIJDRECHT

# Reageren met een glimlach



## Moeilijk

Het riool naast de school wordt vervangen. Daardoor staan de fietsen en scooters van onze leerlingen op een andere plek, vlak voor de ingang die ik altijd gebruik. Wat opvalt is dat er inmiddels ook een veldje gereserveerd is voor fat-bikes. Ik kan er moeilijk aan wennen. Wat is er mis met zelf trappen? Maar op vakantie in Friesland was ik aan de beurt. Het waaide nogal en we huurden twee elektrische fietsen. Het eerste stuk was nog onwennig, maar al gauw was het toch wel gemakkelijk die trapondersteuning. Op de terugweg met wind tegen geen probleem: gewoon de ondersteuning op 5 en je vliegt. Thuis moesten we weer wennen aan onze gewone fietsen. Waait het ook al snel te hard voor onze leerlingen tijdens de les? Of schakelen onze leerlingen meteen de trapondersteuning in? "Meneer ik snap er niks van. Ik moet zelf een methode opzoeken om het chloridegehalte te bepalen. Kunt u mij helpen?" "Ja dat kan ik, maar wat leer jij er dan nog van?"

Het is o zo leuk om te helpen, maar het is ook een valkuil. En als leerlingen gewend zijn dat alles vanzelf gaat, leren ze ook niet om een echte inspanning te leveren. Zo nu en dan moet ik dus even op mijn handen gaan zitten. Soms help je leerlingen uiteindelijk het beste door ze niet te helpen. Of zoals Nobelprijswinnaar Ben Feringa het zei: "Het mag best wel eens een beetje moeilijk zijn."

REINDER HORINGA, TOA SCHEIKUNDE EN NLT, CLV VEENENDAAL

## Wijzer worden met een watermeter

### Tot op de 10 mL nauwkeurig

Een watermeter biedt veel mogelijkheden om meer bewust te worden van het waterverbruik in de privésfeer. De meter is verrassend nauwkeurig. Het aantal m<sup>3</sup> wordt aangegeven met 3 cijfers achter de komma nauwkeurig, dat zijn liters. Daarnaast is er een ronddraaiende wijzer voor de 4e decimaal (0,1 liter) en met een scherpe blik ook nog een decimaal verder (0,01 liter), dus op 10 mL nauwkeurig kan er gemeten worden! Met plaatjes van meterstanden kunnen leerlingen oefenen om deze correct af te lezen. Te verwachten is dat zij geen idee hebben waar deze meter in een huis is aan te treffen, laat staan hoe die afgelezen moet worden en wat de aangegeven cijfers voorstellen.



### Hoeveel emmers zijn dat?

Een eyeopener is om aan de hand van de opgave van het jaarlijkse waterverbruik van een huishouden uit te laten rekenen wat

het dagelijks verbruik is. Het is als huiswerk aan de leerlingen op te geven.

De vraag is natuurlijk waar dit waterverbruik vandaan komt. Om bij het dagelijks verbruik stil te staan: hoe lang duurt het voordat een emmer is gevuld? Hoe lang voordat het dagelijks aantal emmers is gevuld? Hoe ver kun je in één minuut met een volle emmer lopen zonder water te morsen/verspillen?

Stel dat je uit een waterput het water moet halen en het kost 20 seconden om de emmer te vullen. Je moet 50 meter met de emmer lopen. Hoe lang duurt het voordat je een dagelijks aantal emmers hebt bezorgd?



### Onderzoek aan een douchebeurt

Bij de trend om korter te douchen is als huiswerk opgegeven om thuis het water en gasverbruik vast te stellen en dan uit te rekenen hoeveel keer met één m<sup>3</sup> water en hoeveel keer met één m<sup>3</sup> gas kan worden gedoucht. Vooraf worden dan de standen van de gas- en watermeter genoteerd en is er in huis verder geen gas- en waterverbruik. De tijd die onder de douche wordt gemeten. In elk mobieltje is een stopwatch te vinden. Na het douchen weer de meterstanden noteren en het verbruik van de douchebeurt uitrekenen.

In mijn geval: douchetijd 4 minuten, waterverbruik 26 liter en gasverbruik 42 liter. Er

Jaarlijks verbruik in m <sup>3</sup>	Gemiddeld verbruik per dag in liters/dag	Verbruik in aantal volle emmers van 10 liter
75 m <sup>3</sup>	205 liter/dag	21 emmers/dag
100	274	27
125	342	34
150	411	41
175	479	48
200	548	55

kan bijna 40 keer worden gedoucht voordat 1 m<sup>3</sup> water is verbruikt en ongeveer 20 keer om één m<sup>3</sup> gas te verbruiken.

### Doortrekken, een bad nemen

Spannend voor leerlingen kan zijn om te onderzoeken wat de bronnen van het waterverbruik zijn. Het zal blijken dat de wc een kandidaat is voor aanzienlijk waterverbruik. Minder poepen en plassen ligt niet voor de hand (wellicht minder eten), maar

douchewater hoe dan ook gebruiken bij het doortrekken wordt steeds meer een optie. Een deel van de leerlingen kan natuurlijk ook het gas- en waterverbruik onderzoeken van een bad nemen. Een bad met de warmwaterkraan dicht als het bad vol is en een bad met de waterkraan de hele tijd open om het water lekker warm te houden.

**BERT NAGEL**, SECTIE VMBO EN TECHNIEK & TECHNOLOGIE

## Docentendag natuurkunde Radboud Universiteit, 31 oktober 2024

Vanuit het PUC of Science van de RU organiseren we op donderdag 31 oktober een natuurkunde docentendag met als thema 'Proef de Masterclass', waarbij docenten dezelfde interessante Masterclasses kunnen volgen die we ook aan vwo-leerlingen bovenbouw aanbieden. Deze Masterclasses blijken heel interessant als nascholing/achtergrondkennis voor eerste én tweedegraads docenten natuurkunde.

Uit thema's als MRI, nucleaire geneeskunde, kosmische straling, infraroodspectroscopie en radio-astronomie kan worden gekozen. Elke Masterclass bestaat uit een lezing en een praktische sessie. Deze worden gegeven door onderzoekers van de RU/RadboudUMC.

Daarnaast zullen er plenaire lezingen worden gegeven over *hot topics* binnen de RU. De openingslezing zal gaan over de laatste ontwikkelingen in de neurotechnologie. De dag zal worden besloten met een lezing over de laatste ontdekkingen en prachtige beelden die gemaakt zijn met de James Webb Ruimte telescoop.



Tijdens de lunch en bij de borrel na afloop (i.s.m. studentenvereniging Marie Curie) is er de mogelijkheid om bij te praten met collega's of nieuwe contacten te leggen.

We hopen op een grote opkomst en om een indruk van het aantal deelnemers te krijgen, verzoeken we belangstellenden zich (zonder verplichting) op te geven via de voorinschrijving:  
<https://www.ru.nl/over-ons/agenda/docentendag-natuurkunde>



## Een kabinetflitsje, klein maar...



### Baby bladluis, klein en toevallig

Sinds ongeveer een half jaar ben ik als vrijwilliger betrokken bij het Pieter Vermeulen Museum. Dit is een kindvriendelijk natuurmuseum en het Centrum voor Natuur- en Milieueducatie in de gemeente Velsen. Zie de website achter de QR-code.

De stereomicroscop is een Olympus SZ-III die ooit aan het museum te Driehuis is geschonken. Het mooie van een stereomicroscop is dat zelfs de heel kleine kinderen er goed door kunnen kijken. Dit gebeurt in het museum onder een-op-eenbegeleiding.



De bladluis met baby in kwestie zat onderop een zuringblad, samen met nog een aantal anderen. De foto's zijn gemaakt met een iPhone 11, die tegen het oculair werd gehouden.

**PAUL DOLK**, VAKSTEUNPUNT COÖRDINATOR-TOA BIJ BËTAPARTNERS AMSTERDAM



# Wijze lessen. Digitale didactiek

## Een interview met Wouter Buelens en Mitte Schroeven



In het kader van de onderwijsvernieuwing en de curriculumherziening moet aandacht besteed worden aan digitale geletterdheid. Een gesprek met twee van de auteurs.

Uitgeverij Ten Brink, waarmee de NVON al decennialang een goede relatie heeft, brengt een boek uit dat uitstekend past in deze tijd: *Wijze lessen. Digitale didactiek*.

Een boek waarin aandacht wordt besteed aan digitale didactische vaardigheden.

Het gaat als eerste in op 'De digitale (r)evolutie in het onderwijs', met onder meer 'De rol van de leraar in de recente technologische (r)evolutie'. Vervolgens wordt aandacht besteed aan 'Inzichten uit de wetenschap'. 1. De didactiek bepaalt de tool, niet omgekeerd; 2. Leerlingen leren niet anders in het digitale tijdperk; 3. Afleiding staat leren in de weg (!! M.O.) 4. EdTech kán cognitief actief leren bevorderen; 5. Lezen (en leren) van een scherm is anders dan van papier; 6. Geschreven (digitale) aantekeningen kunnen leren bevorderen (o, wat sta ik achter de twee laatste punten! M.O.).

En dan volgen 'Twaalf bouwstenen voor effectieve digitale didactiek'. Die ga ik niet alle twaalf hier herhalen, maar ze zijn uiterst relevant. Dat wel. Een gesprek met twee van de auteurs is hier op zijn plaats.

*Mitte Schroeven* heeft zestien jaar ervaring als enthousiaste docent Nederlands en Engels, en is nu al minstens even enthousiast teamlid van het Expertisecentrum Onderwijs en Leren.

### Wijze lessen

*Wouter*: In ons Expertisecentrum Onderwijs en Leren zijn we overtuigd van de mogelijke meerwaarde van educatieve technologie (EdTech). We zijn echter van mening dat een geslaagde en duurzame EdTech-implementatie alleen mogelijk is als dit gebeurt op basis van wat we weten over effectief onderwijs. De geschiedenis van de EdTech leert ons immers dat – soms goedbedoelde – technologische innovaties een duurzame implementatie net in de weg gestaan hebben. Voor zover we weten bestond er nog geen boek waarbij expliciet de link gelegd wordt tussen wetenschappelijke inzichten over leren en instructie enerzijds en de concrete toepassing van EdTech in de klaspraktijk. En al zeker geen boek waarin gesteld wordt dat optimale inzet van technologie kan betekenen dat je er net níét voor kiest tijdens een les.

*Mitte*: Je merkt dat er bij docenten heel veel behoefte is aan kennis over dit onderwerp. Leerlingen hebben meer en meer een digitaal device ter beschikking, dus leerkrachten willen er graag mee aan de slag. Ze voelen echter ook aan dat digitaliseren niet in elke situatie zinvol is, en zijn echt wel op zoek naar informatie over wanneer technologie zinvol is, en wanneer dat het leren hindert. Dit boek probeert daar een antwoord op te geven.

*Wat viel je bij het schrijven mee, wat viel tegen?*

*Mitte*: Schrijven over technologie is niet gemakkelijk. Het EdTech-landschap evolueert erg snel, en er zijn heel veel tools op de markt waarmee je in de klas aan de slag kunt gaan. Of denk



*Wouter Buelens* stond 25 jaar voor de klas, waarvan 24 aan een graduaatsopleiding basisverpleegkunde in Genk. Daar bekleedde hij eveneens de functie van Pedagogisch (ICT) Coördinator en stond mede aan de wieg van een blended traject voor werkstudenten, waarbij contact- en online onderwijs gecombineerd worden.

maar aan de mogelijkheden van AI: die zijn sinds we aan dit boek begonnen erg geëvolueerd.

*Wouter:* Ik sluit me daarbij aan. Wat die toepassingen betreft, is dat op zich niet zo'n drama en voor de hand liggend. Soms heb je echter meerdere uren gewerkt aan een bepaald inzicht en dit vertaald naar de klaspraktijk, wanneer je oog valt op een nieuw artikel waarin bepaalde zaken ontkracht of genuanceerd worden. Je kunt dan natuurlijk doen alsof je het niet gelezen hebt, maar die tactiek kun je niet steeds toepassen.

## Optimaal EdTech inzetten kan ook betekenen er níét voor kiezen tijdens een les

*Wat heb je zelf geleerd van het schrijven van dit boek?*

*Wouter:* Als je de evolutie van de hoeveelheid onderzoek naar de effectiviteit van digitale toepassingen bekijkt, zie je een sterke toename, wat alleen maar toe te juichen is. Anderzijds is er nog heel veel niet onderzocht. Waar bijvoorbeeld al heel wat onderzoek naar is verricht, door onder andere Richard Mayer, is het doordacht combineren en leren van woorden en beelden, door Mayer 'multimedialeren' genoemd. Maar onder andere door de evolutie van nieuwere multimediale leermiddelen zoals extended/virtual reality, moeten we ook over dit onderwerp met 'als' en 'dan' spreken. Wat werkt voor deze leerlingen in een bepaalde school op een vrijdag, werkt daarom niet voor andere – of zelfs dezelfde leerlingen – op een ander moment in een andere context.

*Mitte:* Ik heb enorm veel geleerd van het schrijven van dit boek. Om echt eens een 'deep dive' te doen in effectieve didactiek en hoe je die als docent met behulp van technologie tot op de klasvloer kan brengen was een erg boeiende oefening. Ook de stukjes over het wetenschappelijk onderzoek over het gebruik van EdTech die mijn collega Wouter voor zijn rekening nam, waren voor mij erg interessant om te lezen. De resultaten zijn soms best verrassend.

*Wat vind je het belangrijkste hoofdstuk in het boek?*

*Mitte:* Moeilijk om te zeggen. De bouwstenen zijn allemaal belangrijk, vooral in de combinatie ervan ligt de sleutel van goed lesgeven. Ik denk dat er voor elk wat wils is: de inzichten over het belang van aandacht en over lezen van een scherm of lezen van papier zijn bredere handvatten, en de voorbeelden in het onderdeel Recht uit de Klas maken het dan weer lekker concreet.

*Wouter:* Inderdaad, het ene onderwerp hangt vaak samen met het andere en krijgt pas zijn betekenis in de samenhang. Ik laat gewoon mijn persoonlijke interesse spreken, en dan kies ik voor Bouwsteen 4, over het combineren van woord en beeld. De principes die gelden voor een goed ontwerp van multimedia zijn bijna voor alle tools van toepassing. Een quiz met

afbeeldingen, een video, animaties, VR... maar zelfs voor een papieren boek met figuren zijn deze ontwerpprincipes van belang.

*Wat is de belangrijkste les die een gebruiker uit dit boek kan leren?*

*Wouter:* Een boodschap die ik zeker zou willen meegeven is niet te werken met een overdaad aan verschillende toepassingen. Dit geldt zowel voor de leerlingen als de leraar. Als leraar is het, naast je vakinhoudelijke en vakdidactische kennis, immers van belang de nodige technologische kennis te bezitten. In ons boek hebben we dit 'knoppenkennis' genoemd. Hieronder verstaan we een toepassing voldoende in de vingers te hebben, om deze vervolgens in combinatie met je vakkennis en didactische kennis in te kunnen zetten. Als je van vele tools slechts beperkte knoppenkennis hebt, is het lastiger om de functies van een tool gericht in te zetten voor effectieve instructie en leren.

*Mitte:* Belangrijk is dat technologie heel zinvol kan zijn in het onderwijs. Dat het niet alleen kommer en kwel is, met het verbannen van smartphones en leerlingen die afgeleid zijn. Maar dat het je ook heel wat mogelijkheden biedt, als je er op een goede manier mee omgaat. Denk maar aan de informatie die je als docent kan halen uit digitale dashboards, of de mogelijkheden van EdTech om extra oefenkansen te bieden. Het zou jammer zijn om het kind met het digitale badwater weg te gooien.

*Welke vraag zou jij jezelf gesteld hebben als je mij was geweest?*

*Wouter:* Ik zou mezelf wel eens durven vragen of ik in een school zou beslissen alle boeken naar buiten te zwieren en alleen nog met schermen te werken. Maar gezien de vraag niet gesteld is zullen we het nooit weten [lacht]. En de lezer kan ook gewoon het boek kopen of downloaden voor een antwoord op deze vraag.

*Mitte:* Misschien "welk advies zou je geven aan leerkrachten die met digitale devices aan de slag willen gaan in de klas?" Het antwoord zou dan luiden: begin klein. Ga niet halsoverkop aan de slag met tig digitale tools, maar begin met de tools die je al kent of die op je school al aanwezig zijn. Probeer eens iets uit, en vraag desnoods technische assistentie van een collega. En dat het heel af en toe eens in de soep draait met technologie (omdat de wifi het niet doet bijvoorbeeld), dat hoort er nu eenmaal bij. ●



### BRON

• Buelens, W., Schroeven, M., Surma, T., Vanhoyweghen, K. & Kirschner, P.A. (2024). *Wijze Lessen. Digitale didactiek*. Ten Brink uitgevers.



**Lukas van de Vrande. Solargraphy.** Den Haag: LukasArt (2021). 100 p., ill. ISBN 9789081662673. € 19,95. **Lukas van de Vrande. Solargraphy - deel 2.** Den Haag: LukasArt (2022). 120 p., ill. ISBN 9789081662680. € 24,95.

## Solargraphy

Een solargraph is letterlijk een foto van de zon, gemaakt met een pinhole camera. Het is een foto van een bekend uitzicht, met daarop alle zonnebanen van een half jaar boven dat bekende uitzicht. Lukas van de Vrande is kunstenaar en docent wiskunde. Zijn projecten zijn kunstzinnig en hebben een wetenschappelijk aspect. (Lees ook het interview vanaf p.24)

Lukas van de Vrande is gefascineerd door wat je met zo'n simpele, lowtech-camera kunt vastleggen. Hij experimenteert al jaren met solargraphs. In beide boeken vind je dan ook vele solargraphs die hij zelf, samen met leerlingen, en met andere mensen om hem

heen gemaakt heeft. De foto's zien er mysterieus uit, zeker met al die banen die een soort archief zijn van het zonlicht over een half jaar. We zitten in het zonnestelsel, en toch kun je op deze foto's een glimp opvangen van de werking er van. In de boeken vind je ook veel tips om ze te laten lukken: het diafragma, de keuze van het fotopapier, het soort blik en de nabewerking. Ophangen met de opening naar het noorden is af te raden. Wil je zelf aan de slag met solargraphy en je geduld beproeven? De langste dag is nét geweest dus een dezer dagen kun je nog een blikje ophangen.

MARIJN VAN NIJHUIS



Richard Walker en Rachel Caldwell. **Het menselijk lichaam.** Amsterdam: Clavisbooks (2018). 16 p., ill. ISBN 9789044834390. €29,95.

## Pop-up gids voor kinderen

Onlangs bezocht ik, samen met Marianne Offereins, het mooi verbouwde Universiteitsmuseum Utrecht. Daar lagen in de bijbehorende winkel leuke kinderboeken. Ik werd aangenaam verrast door dit bijzondere pop-up boek. Het boek werd oorspronkelijk in 1847 uitgegeven (in het Engels). Het behandelt de anatomie en de fysiologie van het menselijk lichaam, maar dan op een manier die kinderen vanaf 8 jaar prachtig vinden.

Als je het boek opent, wordt er op de eerste pagina een groot hoofd uitgevouwen waar je er met luikjes en schuifjes diep in kunt 'kij-

ken'. "Welkom in het anatomische theater," staat er dan ook als openingszin. De borstkas is ook zo'n mooie uitvouwplaat, net als de buik.

Als je, net als ik, gek bent op pop-up boeken, is dit zeker een aanrader. In kinderhanden kan er waarschijnlijk wel eens iets sneuvelen, maar dat moet je dan maar voor lief nemen. Ik vind het een hele fraaie uitgave die zeer geschikt is om samen met de dokter in spé te bestuderen.

ANNEKE THURLINGS

## Vergeten eten

Mijn biologiedocent op de opleiding maakte op velen van ons een grote indruk. Hij was al boven de 65, maar kreeg ieder jaar toestemming om nog door te werken want men wilde hem niet kwijt omdat hij zo goed was. Hij vertelde over de originele cox orange pippin: "Een vrij onooglijke groene tot oranje appel met een smaak die naar bananen zweemde." En zo zijn er – ook hier in Nederland – veel groenten en fruitsoorten die vergeten dreigen te raken.

Als je dit boek leest schrik je hoeveel interessante, maar ook minder interessante levensmiddelen verloren dreigen te gaan.

"Van een kleine karmozijnrode peer in het westen van Engeland tot pistachenoten

in Syrië, van grote stukken gefermenteerd schapenvlees op de Faeröer eilanden tot een Lakenvelder rund in Nederland, van wilde honing geogst met de hulp van vogels tot een krachtige maïs die misschien wel de sleutel tot de toekomst van voedsel is." Als we niet oppassen zullen duizenden voedselproducten over de hele wereld voor altijd verloren gaan. Ook op je bord wordt een aanslag gedaan op biodiversiteit, gezien het aanbod in de meeste supermarkten. Wat kunnen we daartegen doen? Geen idee. Beginnen met het lezen van dit boek? In ieder geval de leerlingen voorlichtten, lijkt me.

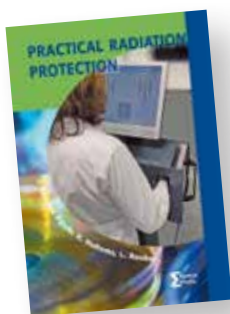
MARIANNE OFFEREINS



Dan Saladino. **Eten tot het op is. 's Werelds meest zeldzame voedselsoorten en waarom ze niet verloren mogen gaan.** Zutphen: Mazirel pers (2024). 488 p. ISBN 9789464562385. € 34,99.



Hans Mulder (red.). **Verhalen van de natuur**. Amsterdam: Allard Pierson – Terra (2024). 272 p., ill. ISBN 9789089899804. € 49,99 (tot 23 juli € 45).



J. van den Eijnde, K. Huitema en L. Roobol. **Practical Radiation Protection**. Kalmthout, België: Uitgeverij Syntax Media b.v. (2024). 257p., ill. ISBN 9789491764592. € 47,50.



Marieke Coebergh van den Braak, Marijke Domis-Hoos en Clazien Lever-de Vries. **Water. Gewoon bijzonder**. Zwolle: NVON (2024). 236 p., ill. ISBN 9789087970208. € 18,00 voor leden, niet leden: € 27,00.

## Verhalen van de natuur

Vanmorgen lag dit prachtboek in mijn brievenbus. Het hoort bij een tentoonstelling in het Allard Pierson over de bedreigde natuur. Wie denkt dat het dus een catalogus is heeft het mis. Het is een bundeling van twintig verhalen, geschreven door autoriteiten op hun vakgebied, over de thema's die in de tentoonstelling aan de orde komen: verzameld, benoemd, veranderen, verweven en verdwenen. De verhalen staan in chronologische volgorde en gaan, na de inleiding door Hans Mulder, van kruiden in 16e-eeuwse boekherbaria via diverse vissoorten, de handel in naturalia, het werk van Carolus Linnaeus en Maria Sibylla Merian, dieren die langer of korter zijn uitgestorven, de tekeningen van Ernst Haeckel tot de herintroductie van ver-

dwenen diersoorten. En dat alles geïllustreerd met prachtige afbeeldingen, voornamelijk uit de natuurhistorische collecties van de Universiteit van Amsterdam die worden beheerd door het Allard Pierson.

“In Verhalen van de natuur toont de kwetsbare natuur zich in al haar pracht. Van verschillende soorten kan hier alleen nog maar de papieren afbeelding getoond worden. Ze zijn er niet meer. Voor die planten en dieren is deze uitgave een monument. Laat dit boek samen met de tentoonstelling een oproep zijn om het uitsterven van al die unieke flora en fauna een halt toe te roepen.” Ik herhaal: een prachtboek – en het geldt meer dan waard.

**MARIANNE OFFEREINS**

## Stralingsbescherming

Als je een meer dan gemiddelde belangstelling hebt voor stralingsbescherming ken je dit boekje mogelijk al. Het wordt al een aantal jaren uitgegeven en gebruikt op diverse cursussen voor stralingsbescherming. Maar de herziene vijfde druk is in het Engels, is volledig in kleur en er is een uitgebreide literatuurlijst aan toegevoegd. Ook is er aandacht voor

meer actuele informatie van RIVM en voor de vuistregels in de wereld van de stralingsbescherming.

Als je al stralingsdeskundige bent of verantwoordelijk voor de veiligheid op dit gebied dan is dit boekje een aanrader.

**ANNEKE THURLINGS**

## Water

Op 10 april dit jaar werd, voorafgaand aan de Algemene Ledenvergadering van de NVON, tijdens een mini-congres een bijzonder boek gepresenteerd: *Water*. Een kloek boek, geschreven door meer dan dertig deskundigen op hun gebied – inderdaad, over alle aspecten van water. Het blijkt, bijvoorbeeld, dat er helemaal niet zoveel voor ons bruikbaar water op de wereld is.

Aan de orde komen onder meer: de problematiek van watertekorten, verzilting, verzuring van oceanen en het behoud van de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater. Aangegeven wordt dat we ons sterk zullen moeten inspannen om voldoende schoon drinkwater te produceren.

Het boek “biedt een overzicht van de manier, waarop water het leven op aarde

heeft beïnvloed en hoe organismen een grotere of kleinere opname/afgifte van water reguleren,” maar ook hoe we onze menselijk watervoetafdruk kunnen verkleinen en de gevolgen van klimaatverandering het hoofd kunnen bieden door natuurherstel, het water bewuster te gebruiken en te verdelen. Het is vooral gericht op onderwijsgevenden in het voortgezet onderwijs en voor studenten en docenten aan lerarenopleidingen. “Het bevat naast de artikelen een schat aan leeractiviteiten die aansluiten bij bovengenoemde onderwerpen en aspecten.”

Een onmisbaar naslagwerk voor iedereen die in zijn of haar werk met water en waterbeheer te maken heeft.

**MARIANNE OFFEREINS**



Huib Modderkolk. **Dit wil je écht niet weten Over de onvoorstelbare wereld achter je scherm.** Amsterdam: Podium (2024). 288p. ISBN 9789463812160. € 20,99.

## Dit wil je (niet) weten?

Ik was een spannend boek aan het lezen, maar toen *Dit wil je écht niet weten* binnenkwam, heb ik het toch maar even weggelegd. Even, want ik heb het boek in één ruk uitgelezen. Het grijpt je vanaf de eerste pagina. Zo nu en dan dacht ik: dat kan toch niet waar zijn! Maar gezien de bronnenlijst achterin is alles zorgvuldig onderbouwd en na te gaan. Ik begrijp dat mensen liever hun ogen sluiten voor de feiten die in dit boek worden genoemd, maar ik vraag me af of dat wel verstandig is. Zeker in het onderwijs, waar we onze leerlingen – als het goed is – willen voorbereiden op de toekomst. Dat de Russen

hacken, dat weten we wel. Maar dat de Chinezen vrijwel overal hun tentakels hebben, is mogelijk niet bij iedereen bekend. En dat de gegevens van iedereen op straat, nou ja, in de computers van kwaadwillenden, liggen, zouden we moeten weten. En iedereen maar slimme apparaten en deurbellen kopen. Bij mij komen ze er niet in. Zeker niet met de wetenschap uit de boeken van Modderkolk. Dit wil je écht niet weten? Dit MOET je weten! Zeker in het onderwijs. Een noodzakelijk boek!

MARIANNE OFFEREINS



Ton van Helvoort. **Ketens van fossiele grondstoffen. Processtechnologie en de transitie naar duurzaamheid.** Amsterdam: Amsterdam University Press (2024). 360 p. ISBN 9789463724784. € 34,99, e-Book (PDF) € 29,99.

## Grondstoffentransitie

Wetenschapshistoricus en chemicus Ton van Helvoort noemt de eigenlijke inhoud van zijn boek de 'grondstoffentransitie'. Eerst wordt de historie belicht van de vele multinationale bedrijfstakken in Nederland die steenkool, olie en aardgas opwerken en omzetten in waardevolle producten als autobrandstoffen, kunststoffen, rubbers en bouwmaterialen. Daarna volgen de mogelijkheden voor de chemische procesindustrie om de VN-klimaatdoelstelling van 'zero emission' in 2050 te halen. Daarbij krijgt het standpunt van de Europese Commissie en de bijstelling na de Oekraïne-oorlog aandacht. Het dilemma van de niet duurzame techniek van CCS, Carbon Capture Storage, met ondergrondse CO<sub>2</sub>-

opslag, wordt uitgebreid besproken met daarbij aandacht voor het veranderende standpunt van de milieubeweging. Ook bioplastics, vergassing en recycling bij kunststoffen en de waterstofeconomie komen aan bod. De vele geraadpleegde bronnen leveren actuele en vaak verrassende informatie op. Bovendien is het toegankelijk geschreven. Voor een politicus die zich verdiept in een onderwerp als CSS biedt het boek de nodige achtergrond informatie. Voor elke sectie scheikunde, lerarenopleidingen en voor ontwikkelaars van het curriculum is het aanbevolen!

ROLF SOER

## Kleine natuur



Renze Borkent. **Kleine natuur. De wonderbaarlijke soortenrijkdom van een stadstuin.** Zeist: KNNV Uitgeverij (2024). 208 p. il. kl. ISBN 9789050119375. € 24,95.

De auteur gaat op ontdekkingsstocht in zijn eigen tuin en stelt zich als doel elke dag een nieuwe soort te ontdekken. Zijn tuin is een doodgewone 'huis-tuin-en-keukentuin'. Dit als tegenwicht tegen een chronische ziekte – die hem uitputte – en als afwisseling van het voortdurende thuiswerken vanwege de coronapandemie. Hij doet dat bewapend met een camera, veldgidsen en herkenningssapps en ontdekt daarbij veel meer soorten dan de 365, die hij zich ten doel had gesteld en nog indrukwekkender: hij vindt zelfs soorten die nieuw zijn in Nederland of nog niet beschreven in Nederland. Op het eind van het jaar staat de teller boven de 1200. Maar

het is niet alleen soortenjagen wat hij doet; hij denkt na over hoe een tuin een goede plek kan zijn voor organismen en brengt veranderingen aan zoals een kleine vijver door middel van een ingegraven metselkuip (zeker aan te raden) en andere natuurvriendelijke ingrepen. En de beschrijvingen van zijn waarnemingen zijn om van te smullen. Het is een prachtig boek geworden dat als inspiratie kan dienen voor anderen die hun tuin natuurvriendelijker willen maken, want deze tuin bevindt zich in een gewone Vinex wijk in Almere.

MARIJKE DOMIS



Sander Bais. **Power of the Invisible. The Quantessence of Reality.** Amsterdam: Amsterdam University Press (2024). 696 p., ill. ISBN 9789048562879. € 79.

## Power of the invisible

Quantumfysica is een van de belangrijkste theorieën voor ons begrip van de natuur. Deze trilogie geeft een samenhangend verslag van dit enorme kennisdomein, waaraan zo'n vijftig Nobelprijzen zijn verbonden. Sander Bais is een bekend theoretisch natuurkundige van de Universiteit van Amsterdam. Hij is onder meer bekend van boeken zoals *De sublieme eenvoud van relativiteit*, en *De natuurwetten*.

Het eerste deel begint met knikkers en eindigt bij quarks en superstrings. Het tweede deel focust op hoe quantum werkt, en komen onderwerpen als verstrengeling en quantum teleportatie voorbij. Verbijstering gegarandeerd! Het derde deel gaat weer over de tastbare wereld, oplopend vanaf de atomaire schaal. Denk aan kristallen en complex gedrag van elektronen. Het eindigt met een hoofdstuk over

de verschillende quantummodellen op grotere en kleinere schaal. De titel verwijst naar de kracht van de onzichtbare microkosmos, en de enorme krachten die daarin werken. Uiteraard bevat het boek wiskunde, maar de auteur heeft daar chilipepertjes naast geplaatst: hot & spicy! De gedeeltes met twee en drie pepertjes kun je ook overslaan als je de wiskunde links wilt laten liggen. Het boek bevat vele, prachtige afbeeldingen die het verhaal ondersteunen en verhelderen. Ook wordt de samenhang tussen de drie delen gevisualiseerd in een flowdiagram. Dit quantumverhaal volgt drie parallelle lijnen: een beeldende, een verklarende en een wiskundige. Een aanrader voor als je meer wegwijs wilt worden in dit enorme domein van de natuurkunde.

MARIJN VAN NIJHUIS



Maartje Kouwen, Lieke Dekker, José de Wit, Nadine Aafjes, Hiljanne van der Meer. **Zoek het uit. Met Utrechtse onderzoekers.** Utrecht: Universiteit Utrecht (2023). 42 p., ill. Gratis verkrijgbaar aan de receptie van het UMU (één exemplaar per persoon).

## Zoek het uit

Een aantal weken geleden waren hoofdredacteur Anneke Thurlings en ik in het Universiteitsmuseum Utrecht. Dat is in september 2023 na een ingrijpende verbouwing weer geopend en is daarmee een echt 'doe'-museum geworden. In het museum kregen we een alleraardigst boekje waarin een twintigtal wetenschappers in vogelvlucht voor kinderen duidelijk maakt waarover hun onderzoek gaat. Dat loopt van aandacht, door psycholoog Stefan van der Stigchel tot fossielenjacht, door paleontoloog Jelle Reumer. Intussen is er ruimte besteed aan dieren, planten en bio-

diversiteit, aan gedrag, de Middeleeuwen, het klimaat en de samenleving. Allemaal onderwerpen die in het museum te vinden zijn. Het boek is ook digitaal te lezen, je kunt het downloaden via <https://umu.nl/zoekhetuit>. Een geprint exemplaar is gratis verkrijgbaar bij de receptie van het museum (één per persoon). Hoe je het gebruikt, maakt niet uit. Ik heb het liefst een boek in handen, maar als voorbereiding op een bezoek is internet natuurlijk ook uitstekend. En een bezoek is zeker aan te bevelen.

MARIANNE OFFEREINS

## Nieuws uit de kosmos

Veertig jaar geleden was de wereld heel anders dan nu. Ikzelf was bijvoorbeeld nog niet geboren. "Saturnus was de verste planeet die ooit bezoek had gekregen van een ruimtesonde. En sommigen twijfelden zelfs aan het bestaan van zwarte gaten."

Govert Schilling heeft voor elk kalenderjaar één artikel uitgekozen bij het samenstellen van dit boek. In 1984 schreef hij over ruimtemissies, het laatste nieuws uit 2023 gaat over zwaartekrachtgolven. Elk nieuwsbericht is voorzien van een korte toevoeging, waarin Schilling latere ontdekkingen of ruimtemissies onder de aandacht brengt. Zo wordt nog duidelijker dat de astronomie een enorme

ontwikkeling heeft doorgemaakt. Nieuwe telescopen, ruimtesondes, karretjes op Mars, planeten bij andere sterren. Er komt van alles voorbij. Op reis langs de hoogtepunten kom je langs supernova's, de kosmologische constante, het natte verleden van Mars en een neutrinotelescoop op de bodem van de Middellandse Zee. Er is ontzettend veel ontdekt de afgelopen veertig jaar en Govert Schilling heeft dat prachtig voor ons opgeschreven. Maak de reis, en word nieuwsgierig naar hoe de sterrenkunde zich de komende veertig jaar zal ontwikkelen.

MARIJN VAN NIJHUIS



Govert Schilling. **Nieuws uit de kosmos. 40 jaar sterrenkundige hoogtepunten.** Amsterdam: Fontaine (2024). 240 p., ill. ISBN 9789464043068. € 17,99.

# Werken aan een toegankelijk museum

Na een verbouwing en vernieuwing is het UMU (Universiteitsmuseum Utrecht) sinds september 2023 weer open. In dit familiemuseum maken bezoekers actief kennis met wetenschappelijk onderzoek van de Universiteit Utrecht in heden en verleden en worden bezoekers zelf een onderzoeker.

Het UMU wil een museum zijn voor alle nieuwsgierige mensen. Ook voor mensen die slecht ter been, slechthorend of doof zijn, een visuele beperking hebben of door bijvoorbeeld autisme of niet-aangeboren hersenletsel niet goed tegen prikkels kunnen. Aniek Bax is projectleider tentoonstellingen bij het UMU. Ze legt uit hoe het museum zich aanpast.

Om het museum zo toegankelijk mogelijk te maken, werken we samen met organisaties die hierbij kunnen adviseren. Voor de heropening organiseerden we testdagen en gesprekken met verschillende doelgroepen om te kijken hoe we ook hen een goede museumervaring bieden. Hiervan leren we veel: er zijn diverse oplossingen gerealiseerd of in ontwikkeling. Het UMU hanteert hierbij drie uitgangspunten: gelijkwaardigheid, zelfstandigheid en gastvrijheid.

## Tien gebaren

Bij de verbouwing van het museum en de inrichting van de tentoonstellingszalen is rekening gehouden met toegankelijkheid. Zo kunnen volwassenen en kinderen in een rolstoel meedoen aan alle interacties in de tentoonstellingen en is alle informatie op de juiste hoogte geplaatst. Ook kleine aanpas-

singen maken vaak al een groot verschil. Voor mensen met een visuele beperking zijn er verschillende objecten in het museum die aangeraakt mogen worden. Ook worden de teksten van alle tentoonstellingen digitaal toegankelijk gemaakt, zodat ze voorgelezen of vergroot kunnen worden met speciale apps. Voor mensen die slechthorend of doof zijn, zijn niet alleen alle video's in het museum ondertiteld, maar hebben alle 'Kennismakers' die in het museum activiteiten begeleiden en schoolprogramma's verzorgen, tien gebaren geleerd om bezoekers die slechthorend of doof zijn welkom te kunnen heten.

## Prikkelarm

Voor bezoekers die niet goed tegen prikkels kunnen, is het belangrijk dat ze hun museumbezoek voorbereiden. Op de toegankelijkheidspagina van de website is daarom informatie opgenomen met bijvoorbeeld een voorbereidingsdocument. Hierin staat wat je kunt verwachten als je het museum bezoekt. Momenteel zijn we bezig met de voorbereiding van een prikkelarme openstelling in de zomer van 2024. We werken hiervoor samen met de stichting Onbeperkt Genieten, deze organisatie biedt advies op maat en trainingen voor culturele organisaties die aan de slag willen met prikkelarm cultuuraanbod.

In de toekomst willen we maandelijks een speciale openstelling aanbieden. Een zonnebril of oordoppen kunnen voor sommigen bezoekers ook al een uitkomst bieden bij een museumbezoek.



## Met de klas naar het UMU

Voor het onderwijs zijn er verschillende programma's. Leerlingen worden zelf onderzoeker en maken in een onderzoekstour kennis met de verschillende manieren van onderzoek. Zo kunnen ze bijvoorbeeld experimenteren met een valbaan, een hartlongmachine in elkaar zetten, een boorkern analyseren of het gedrag van apen en mensen bestuderen. Het onderzoek en de echte materialen van Utrechtse wetenschappers uit heden en verleden worden hierbij ingezet. Ook ontwikkelen ze verschillende onderzoeksvaardigheden: Hoe stel ik een goede vraag? Hoe doe ik een experiment? Hoe lees en analyseer ik een bron?

Voor specifieke doelgroepen kan het programma worden aangepast en overleggen we vooraf over de mogelijkheden. Kijk voor meer info over het museum en onderwijsprogramma's op [umu.nl](https://umu.nl). ●



MARIEKE VERHOEVEN is communicatieadviseur bij het UMU

# De Nederlandse dino

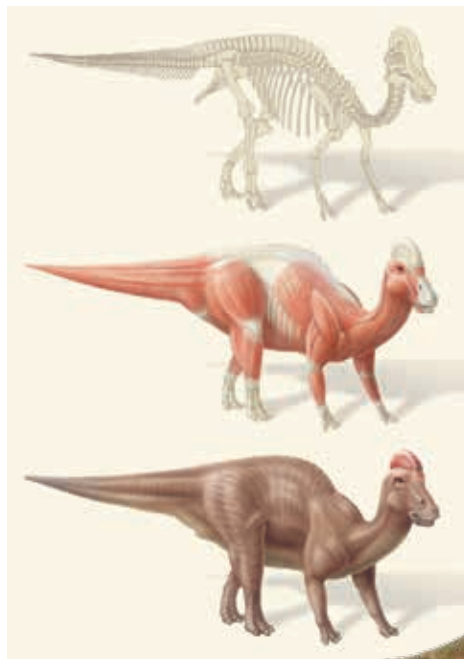
In de Tweede Fossielenzaal van Teylers Museum ligt een fossiel botstuk dat zowel de conservatoren als andere onderzoekers voor een raadsel heeft gesteld: wat voor dier was dit? Een zeereptiel? Een dinosaurus? Inmiddels is dit fossiel herkend als de onderkant van een opperarmbeen van een dinosaurus – een van de paar soorten gevonden in Nederland.

Dit fossiel werd gevonden in een van de kalksteengroeven rondom Maastricht, waar ook andere stukjes van dezelfde soort zijn gevonden: een stuk kaak, een dijbeen, een scheenbeen, teenkootjes en wat tanden. In totaal ruim twee dozijn fragmenten. Eén ervan kwam bij Teylers Museum terecht, afkomstig van de collectie van de Maastrichtse apotheker Frederic Henkelius (1783-1859). In 1865 catalogiseerde conservator Tiberius Winkler dit fossiel als het bovenarmsbot van een *Mosasaurus* – of de Maashagedis, een zeereptiel dat 66 miljoen jaar geleden uitstierf. Aan het eind van de negentiende eeuw werd het iets duidelijker: Henry Seeley, hoogleraar aan King's College in London, zag een *Iguanodon*-achtige dinosaurus. En in 1955 dacht de Britse paleontoloog William Swinton dat het mogelijk om een *Megalosaurus* ging, een vleesetende dinosauriër. Al met al, te weinig materiaal om met zekerheid te kunnen zeggen tot welke soort deze dino behoort. Wat inmiddels wel bekend is, is dat er rondom Maastricht 'hadrosauriërs' gevonden zijn, en misschien wel meerdere soorten.

## Dino's in Nederland?

Tussen 240 en 66 miljoen jaar geleden heersten dinosauriërs op het vasteland. Er zijn meer dan 1000 soorten dinosauriërs beschreven. Hoewel dinosauriërs ook in Nederland voorkwamen, zijn er hier maar weinig fossielen van hen te vinden. Dit komt doordat de oude gesteentelagen uit het dinotijdperk niet aan de oppervlakte komen, behalve in Zuid-Limburg, waar zee-afzettingen uit het laatste deel van het Krijt aan het oppervlak liggen. In die tijd stond Nederland onder water – en dinosaurussen waren landdieren. Toch zijn de resten

EULÀLIA GASSÓ MIRACLE is conservator van de wetenschappelijke collecties van Teylers Museum.



Hadrosaurus reconstructie.  
©Rogier Trompert.

Fragment van de operarmbeen van een hadrosauriër. Sint-Pietersberg, Limburg, 70-66 miljoen jaar geleden. Collectie Teylers Museum [F 11253]

van deze hadrosauriër gevonden in zee-afzettingen uit het Krijt in buurt van Maastricht. Mogelijk brachten deze dino's veel tijd door langs riviermondingen, waardoor hun botten werden weggespoeld naar de zee.

## Een dinosaurus uit Limburg

De Nederlandse hadrosauriër leefde tijdens het laatste deel van het Krijt: het Maastrichtien, ruim 70 tot 66 miljoen jaar geleden. Onze dino leefde dus op het land in de buurt van de kust, waarschijnlijk in kuddes. Zijn gebit vertelt ons dat het een planteneter was, een

grazer. Deze dinosauriërs worden vanwege hun brede bek ook wel eendensnaveldino's genoemd. Met de tandeloze, brede voorkant van hun bek graaiden ze bladeren uit de takken van bomen en kleinere planten, zoals varens. Met een alleen een handvol botfragmenten en wat tanden blijft het beeld van de Nederlandse dino hopeloos incompleet. Een reconstructie is alleen mogelijk door de gegevens van andere, vergelijkbare hadrosauriërs elders gevonden te integreren tot één samengesteld beeld. In ieder geval wijst dit stuk opperarmbeen uit Teylers Museum erop dat deze hadrosauriër nogal gracieus was in vergelijking met de meeste andere hadrosauriërs. Niet te fors, en ongeveer vier meter lang van kop tot staart. Nederlands dinorestaurateur Aart Walen heeft een compleet gereconstrueerd skelet gemaakt, dat te bewonderen is in het Natuurhistorisch Museum Maastricht. Op basis van dit skelet maakte Rogier Trompert, specialist in medisch-wetenschappelijke illustraties,

het eerste 'portret' van deze Nederlandse dino. ●

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

Teylers Museum in Haarlem is het oudste museum van Nederland. Stap in een tijdmachine en verwonder je over de rijke collectie op het gebied van kunst en wetenschap. Je kunt er, net als Einstein, het laboratorium van Nobelprijswinnaar Hendrik Lorentz bezoeken. Het museum biedt verschillende educatieve programma's met een natuurwetenschappelijk thema.  
[www.teylersmuseum.nl](http://www.teylersmuseum.nl)

# De pieper: onderzoek met aardappels

In het boek *Beter weten over eten* van de NVON-reeks staat een leeractiviteit over de aardappel beschreven. Hiermee kan dit zeer belangrijke voedingsgewas op allerlei manieren onderzocht worden.



**B**ij elke leeractiviteit in dit boek staan vier iconen die in één oogopslag informatie verschaffen over de tijdsduur, het niveau, de groepsgrootte en de locatie van de opdracht.

In de leeractiviteit 'De Pieper' worden allerlei aspecten van de aardappel onderzocht, de opdrachten verschillen in moeilijkheidsgraad; sommige opdrachten zijn voor alle schooltypen en leerjaren geschikt; andere vereisen specifieke kennis en/of inzet.

De opdracht is bedacht om de aardappel als belangrijk en gezond voedingsmiddel meer onder de aandacht te brengen; bovendien is de geschiedenis van het gewas als voedingsmiddel in Europa zeer interessant. In het boek *Beter weten over eten* staat dat in een artikel beschreven. Zie ook het kader.

## Doel

Leerlingen leren de verschillende eigenschappen en de kwaliteit van de aardappel als voedingsgewas kennen door:

- aardappels te vergelijken (door ze te proeven, de stevigheid en de kleur te bepalen)

- aardappels te bewerken tot patates frites en chips
- enkele bestanddelen zoals katalase en vitamine C in aardappels aan te tonen
- verschillende onderdelen van de gehele aardappelplant te bestuderen
- aardappels te beoordelen als deel van het eigen eetgedrag.

## Voorkennis

De leerling moet practicumvaardigheden beheersen die nodig zijn voor het aantonen van katalase en vitamine C.

## Uitvoering

Er kan per leerling (groepje) een keuze gemaakt worden uit de opdrachten van onderstaande lijst of er kan gelijktijdig door de gehele klas gewerkt worden aan dezelfde of meer van de opdrachten 1 t/m 10.

Het is goed mogelijk om bij elkaar passende onderzoekjes met elkaar te combineren en (een deel van) de klas daaraan te laten werken. De onderzoeken 1 t/m 3 kunnen goed gecombineerd worden (als geen kook- of bakapparatuur op school aanwezig is, moeten leerlingen zelf thuis chips of frites bak-

ken). De opdrachten 4 t/m 6 gaan allemaal over de morfologie van de aardappelplant en vormen zo ook een geheel. De opdrachten 7 t/m 10 zijn met name handig om te combineren omdat er voor al deze proeven practicummateriaal nodig is zoals een microscoop, bekers, reageerbuis, branders (of kookplaatjes) en reagentia.

Opgaven (zie ook nlt-module, 'Battle of the genes', practicum instructiekaarten)

1. De samenstelling van verschillende aardappelproducten vergelijken (door etiketten te bekijken).
2. Aardappels van verschillende rassen beoordelen.
3. De bereiding van patat frites en chips.
4. De bouw van de aardappelknol bestuderen/tekenen.
5. De bouw van de gehele aardappelplant bestuderen/tekenen.
6. Het pollen (stuifmeel) van de aardappelplant onder de microscoop bekijken.

7. Zetmeel in aardappelknollen aantonen.
8. Zetmeel in de bladeren van de aardappelplant aantonen.
9. Vitamine C in aardappels aantonen.
10. Katalase-activiteit bij verschillende temperaturen bepalen.
11. Aardappels kloneren/stekken.
12. Het eigen eetgedrag ten aanzien van aardappels nagaan en dat vergelijken met andere producten, die zetmeel bevatten (en basisvoedsel zijn).

### Vorbereiding

Voor alle opdrachten zijn aardappels nodig. Soms gaat het daarbij om verschillende rassen of moeten er verpakte aardappelproducten worden aangeschaft. In een aantal gevallen moeten de aardappelen gekookt (en gebakken of gefrituurd) kunnen worden. De te gebruiken practicummaterialen zijn gewoonlijk op school beschikbaar. Dit kan voor de zekerheid nog even van tevoren in de te downloaden instructies worden nagekeken. Voor de opdrachten 5, 6 en 11 zijn flink uitgegroeide aardappelplanten nodig en voor opdracht 6 moeten deze ook bloeien. Kloneren door middel van stekken kan makkelijker gaan door stekpoeder te gebruiken. Voor practica waarbij (delen van) de aardappelplant bestudeerd moet(en) worden is het noodzakelijk minstens vijf weken van tevoren de knollen van verschillende rassen op te kweken (bijvoorbeeld Bintje, Eigenheimer,

Aardappels worden gerekend tot ons basisvoedsel en staan daarom evenals rijst, pasta en noodles vaak op het menu. Het is een belangrijk voedingsmiddel, want aardappels bevatten naast veel zetmeel ook vitamines (zoals vitamine C en foliumzuur) en mineralen. Van de aardappelplanten wordt de knol gegeten, dat is het verdikte stengelgedeelte aan het uiteinde van de ondergrondse stengel. De knol dient voor de aardappelplant zelf als zetmeelopslag voor het volgende groeiseizoen.

Aardappels worden meestal gekookt, gebakken of gefrituurd. Ze kunnen ook verwerkt worden tot rösti of aardappelkroketjes. Verder worden er snacks van aardappels gemaakt, zoals chips, en aardappelzetmeel wordt gebruikt om soepen en sauzen te binden. Meestal wordt de aardappelplant vermeerderd via ongeslachtelijke voortplanting met pootaardappelen; dat levert een bekende kwaliteit aan nakomelingen op. Vermeerderen door zaad, geslachtelijke voortplanting, levert aardappelplanten op met verschillende erfelijke eigenschappen en gebeurt bijvoorbeeld wanneer een teler een nieuw ras met andere eigenschappen wil ontwikkelen. Er zijn veel aardappelrassen in omloop met specifieke kenmerken die bij een bepaalde bereidingswijze horen: vastkokende, kruimige aardappelen en afkokers.



Van pootaardappel tot aardappelooft

Bildstar en Nicola). Dit gaat goed met behulp van pootaardappelen (die in een tuincentrum gekocht kunnen worden) door deze in potgrond te laten opgroeien. De leerlinginstructies voor de verschillende onderzoekjes zijn te downloaden via [www.nvon.nl](http://www.nvon.nl)

### Suggestie voor vervolg

Een bezoek aan een biologisch of een gangbaar (poot)aardappelbedrijf, zie voor de opdracht: [www.nvon.nl](http://www.nvon.nl). 'Doping voor de aardappel' (over diverse methodes om de aardappels te kloneren). Deze opdracht, gemaakt door Peter Visser, is te downloaden via de NVON-website. Lesbrief van de WUR, De strijd tegen de aardappelziekte: scan QRC A. Nlt-module 'Battle of the genes': scan QRC B.

Een film maken over genetische modificatie van aardappelen (cis- en transgenese) in verband met de aardappelziekte. Het artikel en een filmpje van Bert Lotz is te downloaden via de NVON-website. Voor het filmpje scan QRC C.

### Extra informatie

Het boek *Beter weten over eten* is verkrijgbaar via de webshop van de NVON, zie QRC D. ●

### BRONNEN

- Nlt-module 'Battle of the genes', De strijd tegen de aardappelziekte, instructiekaarten: scan QRC D
- Voedingscentrum: [www.voedingscentrum.nl](http://www.voedingscentrum.nl)
- De teelt van pootaardappels in stapjes, <https://kennisplatform.aardappels.nl/de-teelt-in-stapjes> (ook als word-bestand te downloaden via de website van de NVON).
- Lessenserie van Jos Kramer en Peter Visser: Van aardappeleters tot cisgenese.
- Domis, M. & Foeken, M. (2016) *Doen we practicum? Thema's uit de biologie*. Deel 1, (75-76, 86).



# Leren onderzoeken

Begin 2023 verdedigde ik mijn proefschrift *Development of a teaching-learning sequence for scientific inquiry through argumentation in secondary physics education*. In het proefschrift staat 'leren onderzoeken' centraal. Vragen die naar voren komen zijn: Wat willen we dat leerlingen leren? Wat houdt een goed (natuurkundig) experimenteel onderzoek precies in? Welke rol speelt argumentatie daarin?

Er zijn diverse redenen om aandacht te besteden aan de ontwikkeling van het vermogen van leerlingen om onderzoek te doen, ook wel 'leren onderzoeken' genoemd (v.d. Berg, 2021). Zo laat het doen van (zelfstandig) onderzoek het empirische karakter van de bètawetenschappen zien en bereidt het voor op het profielwerkstuk en vervolgstudies. Ook lijkt kennis over onderzoek onmisbaar tijdens practica: om bijvoorbeeld een patroon in data vast te stellen is begrip over onder meer meetonzekerheid nodig. Ondanks vele inspanningen lijken we nog niet goed in staat om leerlingen zelfstandig een gedegen experimenteel onderzoek op te laten zetten: bij practica kunnen leerlingen een recept volgen, maar zodra ze meer vrijheid krijgen, hebben ze moeite om gefundeerde onderzoekskeuzes te maken (Abrahams, 2011). In het promotieonderzoek kregen dan ook twee aspecten een centrale plaats: leerlingen leren hoe ze een natuurkunde-onderzoek naar de relatie tussen twee grootheden kunnen opzetten, en begrijpen hoe we ze dat zo goed mogelijk aanleren.

## EEN VOORBEELD-ONDERZOEK

Stel dat je gevraagd wordt een onderzoek te doen naar sneldrogende handdoeken met een onderzoeksvraag als: *welk van de vijf merken droogt het best? Daarop maak je de vijf handdoeken nat, hangt ze te drogen, voelt regelmatig of ze al droog zijn en de handdoek die het eerst droog aanvoelt is de beste.*

**FREEK POLS** was tien jaar lang natuurkunde docent op het ISW. Hij is nu universitair docent bij de groep Science & Engineering Education aan de TU Delft. [c.f.j.pols@tudelft.nl](mailto:c.f.j.pols@tudelft.nl)

## Onderzoeksaanpak

Het eerste deelonderzoek gaat over hoe goed 4-havo/vwo-leerlingen data (verzameld in practica) kunnen analyseren. Dat onderzoek toont aan dat er al problemen zijn voordat ze de data analyseren: ze gebruiken vaak eenzelfde soort methode als beschreven in het kader, terwijl er heel wat aan te merken is op de betrouwbaarheid en validiteit van dat onderzoek. De zo verzamelde 'ruizige' data maakt het bepalen van een verband ook lastig. Een belangrijk verworven inzicht is dat leerlingen een begrip van onderzoeken hebben dat zich laat karakteriseren als 'het onderzoek moet een antwoord opleveren op de onderzoeksvraag, elk antwoord volstaat'. Maar we willen dat leerlingen niet met elk antwoord tevreden zijn: ze moeten juist nadenken over de kwaliteit van hun onderzoek en bewuste methodologische keuzes maken. Een eerste stap is dan inzicht geven in het wetenschappelijk doel van onderzoeken: 'het vinden van het best mogelijke antwoord op de onderzoeksvraag binnen de gegeven (praktische) beperkingen'. Een tweede stap is gericht op begripontwikkeling van onderzoeken, met name op het gebied van *betrouwbaarheid* en *validiteit*. De overige deelonderzoeken richten zich dan ook op wat dat precies betekent en hoe je dat leerlingen kunt leren.

## Onderzoek als constructie van een overtuigend argument

Een wetenschappelijk onderzoek leidt tot een claim, bijvoorbeeld: handdoek A droogt het snelst. Of die claim echt waar is, wordt getoetst door andere experts. Zij stellen (zichzelf) dan vragen als:

- Zijn alle relevant variabelen geïdentificeerd en constant gehouden (bijvoorbeeld de



Figuur 1. De eerste les betrof een onderzoek naar de slingertijd in een context van een nieuw te ontwikkelen stunt in een piratenfilm

- wind, schaduw, de hoeveelheid water die is gebruikt, de kleur van de handdoek)?
  - Zijn de juiste meetinstrumenten gekozen (bijvoorbeeld een warmtecamera in plaats van voelen)?
  - Zijn er voldoende metingen verzameld (bijvoorbeeld een continue meting in plaats van elke 10 minuten)?
  - Resulteert een andere manier van de data verzamelen/analyseren in dezelfde claim?
- Een onderzoeker zal vanaf het begin van het onderzoek tijd en moeite steken in het stellen van soortgelijke vragen, en deze zo goed mogelijk beantwoorden om zo de claim zo goed mogelijk te onderbouwen. Het doen van onderzoek kunnen we dan ook beschouwen als: *de constructie van een wetenschappelijk overtuigend argument voor een specifieke claim.*

No.	Een onderzoeker begrijpt dat	En laat dit zien door
6	het belangrijk is om geschikte instrumenten en procedures te kiezen om zodanig valide data met de vereiste nauwkeurigheid en precisie te krijgen.	het kiezen van geschikte meetinstrumenten en procedures die de vereiste betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de dataset opleveren.
12	data geschikte methoden vereisen om ze te analyseren en te beschrijven.	het kiezen van data-representatiemethoden die duidelijk de eigenschappen van, en patronen (of de afwezigheid daarvan) in de dataset onthullen
14	een volledig, helder, onderbouwd en bruikbaar antwoord op de onderzoeksvraag geleverd moet worden.	een volledig, helder, onderbouwd en bruikbaar antwoord te formuleren.

Tabel 1: Een set van inzichten die nodig zijn om een gedegen natuurkunde onderzoek op te zetten, naar Pols et al (2022a).

In het tweede deelonderzoek is een set van inzichten (de leerdoelen voor 'leren onderzoeken') geïdentificeerd, die in een natuurkundig onderzoek nodig zijn om een wetenschappelijk overtuigend argument te construeren, zie tabel 1. Omdat leerdoelen pas echt waarde krijgen als ze meetbaar worden, hebben we daarnaast indicatoren gespecificeerd voor verschillende begripsniveaus. Het hoogste niveau wordt toegekend wanneer leerlingen een gedegen onderzoekskeuze maken en deze ook weten te rechtvaardigen (bijvoorbeeld: we gebruiken een warmtecamera omdat de temperatuur van vochtige handdoeken lager is dan die van de omgeving).

### Ontwikkelen en testen van een lessenserie

Op basis van de geformuleerde leerdoelen is een lessenserie ontwikkeld die beoogde het wetenschappelijk doel van onderzoek helderder te maken voor leerlingen en een

aantal van die inzichten te ontwikkelen. Bij het (door)ontwikkelen van bestaande activiteiten zijn de volgende vijf ontwerpprincipes gebruikt:

1. Begeleid onderzoek, om een balans te bieden tussen autonomie en ondersteuning;
2. Benodigde vakkennis beperken om te kunnen focussen op de kwaliteit van wetenschappelijk bewijs;
3. Boeiende context, om de relevantie van hoge kwaliteit antwoorden te tonen;
4. 'Falen' productief benutten, om tijd voor reflectie op onderzoekskeuzes te bieden;
5. Metacognitieve taken, om na te gaan wat er geleerd is en dat direct te versterken.

De lessenserie startte met een leerlingonderzoek naar de invloed van een zelfgekozen factor op de slingerperiode in de context van een nieuw te ontwikkelen stunt voor een piraten-

film, zie figuur 1. Zonder veel nadenken gingen ze aan de slag en schreven vervolgens een brief aan de stuntcoördinator. In de tweede les werd hen gevraagd of ze de stunt ook zelf zouden durven uitvoeren als deze gebaseerd zou zijn op hun onderzoek. Het ontkennde antwoord en de daaropvolgende discussie gaf leerlingen het inzicht dat er vervelende consequenties kunnen kleven aan 'slecht' onderzoek. Als je het niet goed doet, kun je het net zo goed niet doen... Dit motiveerde om te leren wat ze dan anders hadden kunnen of moeten doen.

In de daaropvolgende onderzoeksactiviteiten werden systematisch de zwaktes in hun methoden aangepakt. De leerlingen reflecteerden steeds wat ze beter hadden kunnen doen in hun eerste onderzoek en formuleerden hun 'inzichten over onderzoek doen', om in toekomstig onderzoek rekening mee te houden. Het eindonderzoek liet zien dat zij nu bedachtzamer te werk gingen, dat ze wisten welke keuzes ze eigenlijk moesten maken en hoe ze die zo goed mogelijk in konden vullen. Uit eigen beweging probeerde ze een zo informatief mogelijke conclusie te produceren en die te onderbouwen. Die onderbouwing was nog steeds kort, onvolledig en beperkt in kwaliteit (zoals verwacht mag worden van leerlingen van deze leeftijd), maar het inzicht dat die onderbouwing nodig is hadden ze nu wel zelf omarmd.

### Conclusie

Naast bruikbare instrumenten en lesmateriaal zijn theoretisch-didactische inzichten en praktische richtlijnen ontwikkeld. Een van de belangrijkste inzichten is dat we leerlingen (open) onderzoek laten doen zonder dat ze goed begrip hebben van het doel van dat onderzoek. Een handige manier om de relevantie van goed (leerling)onderzoek te laten zien is hen wijzen op de praktische consequenties daarvan, waarbij ze zélf inzien dat gebruik van onbetrouwbare onderzoeksresultaten nare gevolgen voor hen (of anderen) kan hebben. In de gegeven casus zal het onderzoek waarschijnlijk door leerlingen ook anders worden uitgevoerd wanneer ze weten dat de bevindingen gedeeld worden op een tv-programma (Hut, 2023). ●

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



Figuur 2. Een onderzoek naar de snelst drogende handdoek. (Foto: Hut, 2023)

# Bèta & Technologie Festival 2024

## Inspirerend en praktisch

Het Festival vindt plaats in Congrescentrum 1931 in Den Bosch op woensdag 9 oktober 2024. Noteer deze datum alvast in je agenda. We geven een voorproefje van wat je kunt verwachten.

### Onderzoek doen

Leerlingen leren meer als ze zelf ontdekken, ontwerpen en onderzoeken. Maar hoe begeleid je als docent of toa de leerlingen die onderzoek doen?

Enkele workshops op dit gebied:

- Vakoverstijgend veldwerk in de stad (Felix Spee, Berlage Lyceum)
- Katalyse en gaschromatografie (Paulien van Bentum, Universiteit van Utrecht)
- Onderzoekend leren met datalogging (Enrikke Kuijpers, Techni Science)

### Toepassing in praktijk

Hoe maak je praktische opdrachten rondom alledaagse vraagstukken? En hoe kun je samenwerken met bedrijven uit de omgeving? In diverse workshops krijg je concrete handvatten aangereikt.

- Practica met Water (Wichard Oosterman, Penta College)
- Van bedrijf tot opdracht (Martha Hoebens, Bedrijf in de klas)
- Elektrolyse in een tictac-doesje (Jacqueline Nelissen en Luuk Gommers, 2College Durendael)

### Vakoverstijgend

Duurzaamheid leent zich goed om met verschillende disciplines samen te werken.

Enkele workshops:

- Meten aan Urban Heat Island (Globe Nederland)
- Fast fashion (Tess Geerts, Vereniging NLT)
- Garden013: vergroening van onderwijs, omgeving en gebouw (Jocelyn Janssen, Campus013)



### Didactiek tactiek

Als je wil checken of een leerling de lesstof goed begrepen heeft, kun je uit verschillende didactische workshops kiezen:

- Snel formatief handelen met diagnostische vragen (Sofie Faes, NVON)
- Hoe gebruik je inzichten uit de neurowetenschappen in de klas? (Ingrid Nieuwenhuis, The Associator)
- Gamification: hoe verbind je bètavakken aan spellen? (Cheyenne Feijen en Ines Tijssen)

### Inspirerende lezingen

Heb je zin in een interessante lezing? Dan kun je kiezen uit een van de volgende presentaties:

- Onderzoek naar NO<sub>2</sub> samen met KNMI en RIVM (Globe Nederland)
- De neurowetenschappen van leren (Ingrid Nieuwenhuis, The Associator)
- CRISPR-CAS Revolutie (Prof. John van der Oost, Wageningen Universiteit)
- Nieuwe chemische processen met hernieuwbare grondstoffen (Bart van den Bosch, Avantium / Hogeschool InHolland)

### Expo

Dit jaar hebben we een heuse expo ingericht waarin je ondergedompeld wordt in experimenten. Het is zelfs een apart programma-onderdeel met onder andere:

- Mobiel planetarium (NOVA)
- Experimentenbus (Avans Hogeschool)
- Zelf een Michelson Interferometer bouwen (Paul Dolk, toa)

### Theaterslot: Amar speelt!

Een korte voorstelling met herkenbare sketches over het gedrag van leerlingen in de klas. Amar laat met zijn collega zien hoe zij theater inzetten in klassen om leerlingen te laten inzien hoe hun gedrag anderen beïnvloedt. En vooral ook hoe het ook anders kan.

### MEER WETEN

Meer weten over Bèta & Technologie Festival 2024? Bekijk het volledige programma en schrijf je nu in! Scan de QR-code of kijk op [nvnfestival.nl/programma](https://nvnfestival.nl/programma)





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.

# Monsterlijke motivatie



Soms doe je als mentor wel eens rare dingen. Van die dingen die alleen maar extra werk opleveren en waarvan de 'winst' van tevoren twijfelachtig is, maar die je gewoon doet omdat je het leuk vindt en omdat je hoopt dat ze een beetje positiviteit teweegbrengen. Kerstliedjes zingen met engelenvleugeltjes om: niet zo geslaagd. Improvisatietoneel: leuk. Je weet het nooit van tevoren: testen is per klas noodzakelijk. Deze keer was de test een knutselproject.

Voor mijn klassen is de toetsweek altijd spannend. Voor sommige leerlingen omdat ze stressen voor elke toets (hoe goed ze ook staan), voor andere leerlingen omdat het betekent dat ze onregelmatige schooltijden hebben en ze misschien een training missen en voor weer andere omdat ze zich daadwerkelijk en terecht druk maken over hun cijfers.

Als mentor doe ik mijn best om die stress zo laag mogelijk te houden. Als het kan, geef ik ze een beetje vertrouwen. Ik vind het altijd sneu om te horen als iemand een black-out heeft gehad of anderszins last heeft gehad van de spanning. Of dat ze zich gewoon halverwege de week niet meer konden concentreren omdat het zo veel en zo moeilijk was. Ik herinnerde me zelf van vroeger niet echt van dat soort situaties, maar wel dat ik het altijd prettig vond om vertrouwde rustpuntjes te hebben. Dus, dacht ik, die ga ik ze proberen te geven.

Dit soort projectjes begint altijd heel klein in mijn hoofd en blijkt daarna veel meer tijd te kosten dan ik had gedacht, maar het was voor een goed doel. Ik kocht kleine bolletjes bij de winkel, wiebeloogjes, vilt, rubber... alles om maar kleine monstertjes in elkaar te zetten die de leerlingen een beetje zouden kunnen laten lachen en

zouden kunnen helpen met hun focus. Zelfs de perforator bleek uitstekend geschikt om oogjes mee te maken en zo kon ieder monstertje een heel ander karakter krijgen. Het moest natuurlijk niet lijken op massaproductie! Terwijl tientallen oogjes me aanstaarden dacht ik nog na over een naam (Focusvriendjes? Motivatiemonstertjes? Bestaan ze al en hebben ze al een naam?), maar ik besloot dat het allemaal goed was, zolang het maar allitereerde.

## Ik vind het sneu als iemand een black-out gehad heeft

Vol lijmrestjes aan mijn handen nam ik ze de volgende dag in een zakje mee naar school. Vlak van tevoren twijfelde ik nog of ik het aan zou durven (zouden ze het niet super kinderachtig vinden?), maar waarvoor had ik ze anders gemaakt? Ik heb ze er blind eentje laten grabbelen (natuurlijk om discussies te voorkomen, maar ik zei dat het was omdat je dan precies het monstertje zou grabbelen dat bij je paste). En tijdens de toetsweek zag ik ze bij iedereen op tafel staan.

## 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.

### Mini-congres en ALV

We kijken terug op een inhoudelijk goed mini-congres met de presentatie van het boek *Water gewoon bijzonder*. Dit 20e boek uit de NVON-reeks is te bestellen via [www.nvonwebshop.nl](http://www.nvonwebshop.nl). Van harte aanbevolen. Aansluitend aan het mini-congres werd Marianne Offereins benoemd tot Ridder in de Orde van Oranje Nassau vanwege al haar verdienstelijke werkzaamheden binnen de NVON. Tijdens de daaropvolgende ALV werden onder andere de nieuwe statuten van onze vereniging vastgesteld. Deze statuten zullen, na passage bij de notaris, te vinden zijn op [nvon.nl/statuten](http://nvon.nl/statuten)

### Vorderingen website

Het ontwerp van de nieuwe website verloopt voorspoedig. Het is de bedoeling deze website voor het eind van dit jaar online te hebben. In de tussentijd zullen alle gelegingen binnen de NVON benaderd worden content aan te leveren.

### Bèta & Technologie Festival

De voorbereidingen voor het volgende Bèta & Technologie Festival zijn van start gegaan. Het Festival vindt plaats in congrescentrum 1931 in Den Bosch op woensdag 9 oktober 2024. Het programma is inmiddels bekend. Schrijf je in voor het Festival via <https://nvonfestival.nl/>

### Actualisatie examenprogramma's en kerndoelen

Begin juli wordt het vierde en laatste tussenproduct door de Vakvernieuwingscommissie (VVC) van de natuurwetenschappelijke vakken, de concept eindexamentermen, gedeeld. In de periode daarna geeft de advieskring, waarvan we als NVON onderdeel uit maken, haar feedback aan de Vakvernieuwingscommissie (VVC) van de natuurwetenschappelijke vakken. Sluit je aan bij de klankbordgroep zodat je de kans krijgt om mee te lezen. Je wordt dan op de hoogte gehouden van de laatste tussenproducten en je krijgt de kans om feedback te geven op de toekomstige examenprogramma's en kerndoelen. Meer informatie over beide trajecten en aanmelden voor deelname aan de klankbordgroep kan via [nvon.nl/onderwijsontwikkeling](http://nvon.nl/onderwijsontwikkeling) of scan QRC A.

### Vacatures dagelijks bestuur NVON

Met het vertrek van Hanneke Blom is de functie van secretaris vrijgekomen. Zie jij voor jezelf een rol weggelegd in deze functie? Ook Andre Biegstraaten is afgetreden als penningmeester. Wil je ingeschakeld worden op deze positie? Bekijk de beschrijving en de inhoud van deze vacatures op <https://nvon.nl/vacatures> of scan QRC B en stuur je reactie naar [secretariaat@nvon.nl](mailto:secretariaat@nvon.nl). Op basis van je reactie kun je uitgenodigd worden voor een gesprek voor het invullen van de betreffende vacature.

Erwin van Ballegoij,  
*Hoofd NVON-bureau*  
Corine Hijmissen  
*Stafmedewerker Vakbondszaken en Projecten*



## In Memoriam Anne Pieter Soldaat



Ons bereikte het droevige bericht dat ons lid van verdienste, Anne Pieter Soldaat op dinsdag 7 mei jl. is overleden.

Voor velen binnen en buiten de NVON was Anne Pieter een goede bekende. Anne Pieter was een vakbondsman in hart en nieren en in die rol heeft hij veel goeds gedaan voor het onderwijs in het algemeen en het natuurwetenschappelijk onderwijs in het bijzonder. Hij stond, samen met onder meer Wil van den Dool en Petra van Galen, aan de basis en het begin van de toa-sectie, en hij was er jarenlang voorzitter. Hij heeft zijn werk altijd met volle inzet - en tot op hoge leeftijd - gedaan.

Anne Pieter kenmerkte zich als een aimabele man met een brede belangstelling en een groot gevoel voor humor. Lastige en soms pijnlijke situaties wist hij met een welgekozen opmerking in goede banen te leiden. De NVON is hem veel verschuldigd. Hij is dan ook niet voor niets een aantal jaren geleden benoemd tot lid van verdienste van de NVON.

We wensen zijn echtgenote Ali en de familie veel sterkte bij dit grote gemis.

Marianne Offereins

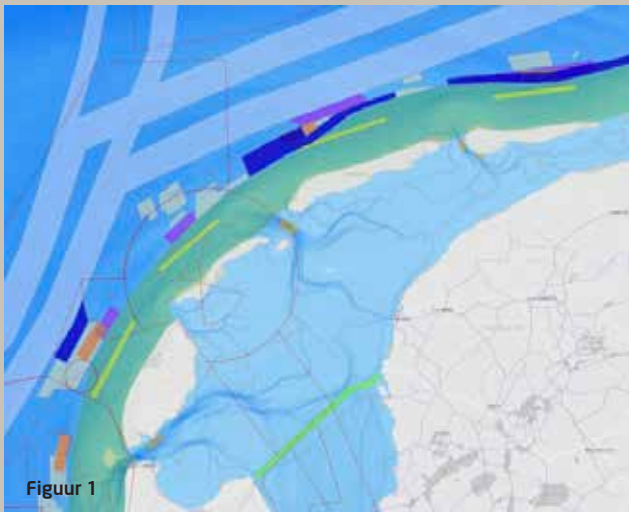
# Zonnesteken & Windvlagen

## Stroomopwekking rond Waddenzee

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 ideeetje voor een steek- of vlagje in deze rubriek: h.bruijnesteijn@gmail.com

Overal in de wereld wordt veel onderzoek gedaan over hoe je beweging van de golven om kan zetten in elektriciteit. Begrijpelijk: de energievoorraad in zee is gigantisch. Maar eenvoudig is het niet om in de woeste, zoute zee grote installaties te laten bewegen en dat non-stop gedurende tientallen jaren. TNO (een technisch onderzoeksinstituut) heeft nu onderzocht wat mogelijk is. Er zijn zes bedrijven die met een combinatie van vele kleine centrales totaal 300 MW kunnen opwekken. TNO heeft ook uitgekend welke technieken de beste zijn, hoeveel ruimte op zee nodig is en waar de beste plekken zijn. Er blijkt genoeg plek om de Waddeneilanden te voorzien en ook een deel van het vasteland van Friesland, Groningen en Noord Holland.

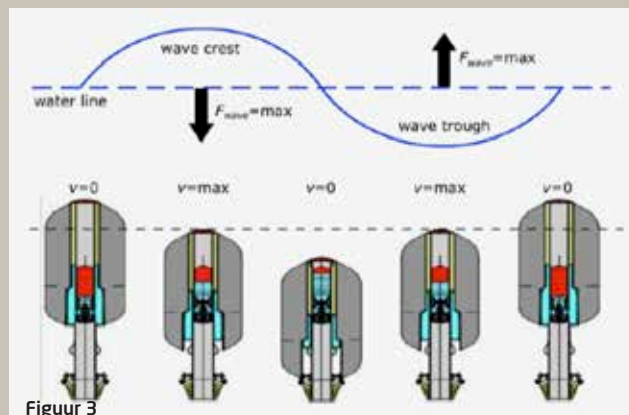
Uit eerder onderzoek met proefinstallaties is geen grote schade aan het milieu en de natuur van de Waddenzee en het kustgebied gevonden. Voor grootschalige toepassing is meer ecologisch onderzoek nodig.



### Elektriciteit uit golven

Met één van de technieken bedoeld om te plaatsen in de donkerblauwe gebieden voor de kust (figuur 1), waar geen andere activiteiten zijn, is 'Symphony Wave Power' al 25 jaar aan het experimenteren.

Figuur 2 toont een groep dobbers onder water en verankerd aan de bodem. De dobbers met een van hoogte circa 4 meter bewegen mee met de op en neergaande beweging van het water. Ze kunnen schuiven over de vaste cilinder rond de dobber (zwart op de tekening). Door die beweging



wordt binnenin lucht samengeperst en gaat er via een slim mechanisme een turbine draaien, die een generator aandrijft voor elektriciteit. De opbrengst aan elektriciteit wordt zo groot mogelijk door de dobber mee te laten bewegen met de golven. Op [symphonywavepower.nl/technology](http://symphonywavepower.nl/technology) staat een filmpje om je een indruk te geven hoe het werkt. Via gelijkstroomkabels onder water kan een groep van 60 van die verende dobbers zo'n 6 MW opwekken.

### Startvragen aan leerlingen

Wat is golfenergie voor soort energie? En waar komt die eigenlijk vandaan? Wat is de bron?

Tip: een school rond de Waddenzee kan proberen een excursie aan te vragen bij een van die bedrijven.

Zie ook NVOX 7 (2023) voor een ander succesvol ontwerp voor de Australische kust. Bronnen: TNO.nl en [symphonywavepower.nl](http://symphonywavepower.nl)

Arnoud Pollmann, redactie



## Doping

Onlangs hoorde ik twee mensen in de trein richting Utrecht praten over paardensport. Het leek erop dat zij er verstand van hadden, want er werd beweerd dat paarden ook doping toegediend kregen. Zij hadden het over spierversterkers of zoiets. Ik rolde van verbazing bijna uit mijn stoel. Zou dat echt waar zijn? En wat doet doping dan met paarden? Is er iemand die dat weet?

Anneke Thurlings

Reacties graag naar [redactie@nvon.nl](mailto:redactie@nvon.nl)

## COLOFON

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

### Redactie:

**Hoofdredacteur:** A. Thurlings ([hfrd-nvox@nvon.nl](mailto:hfrd-nvox@nvon.nl))

**Adjunct-hoofdredacteur:** M. Domis-Hoos ([marijke.domis@ziggo.nl](mailto:marijke.domis@ziggo.nl)).

**Eindredacteurs:** A. Thurlings, natuurkunde ([jmthurlings@gmail.com](mailto:jmthurlings@gmail.com)); S. Bosmans, biologie ([s.bosmans@fontys.nl](mailto:s.bosmans@fontys.nl)); R. Soer, scheikunde ([rw.soer@gmail.com](mailto:rw.soer@gmail.com)); T. Brink, wetenschapsoriëntatie ([t.brink@xs4all.nl](mailto:t.brink@xs4all.nl)); M. Mojet, nlt ([mart.mojet.nvox@gmail.com](mailto:mart.mojet.nvox@gmail.com)); T. Tamis, Jong NVON ([toscatamis@gmail.com](mailto:toscatamis@gmail.com)) vacature, toa; M. Hoebens ([martha@hoebens.nl](mailto:martha@hoebens.nl)); N. Lurvink, vmbo ([nienkelurvink@gmail.com](mailto:nienkelurvink@gmail.com)); M. van Nijhuis ([mjvnihuis@gmail.com](mailto:mjvnihuis@gmail.com))

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

**Bureauredactie:** S. Dankers

### Redactieadres:

Grote Voort 247 (14e verdieping), 8041 BL Zwolle, email [redactie@nvon.nl](mailto:redactie@nvon.nl), [www.nvon.nl/nvox](http://www.nvon.nl/nvox)

**Kopij kunt u aanleveren bij [redactie@nvon.nl](mailto: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 beeld-

materiaal 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](mailto: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](mailto:voorzitter@nvon.nl)), secretaris vacature ([secretaris@nvon.nl](mailto:secretaris@nvon.nl)), A. Biegstraaten, penningmeester ([penningmeester@nvon.nl](mailto:penningmeester@nvon.nl)).

**Algemeen Bestuur:** het DB aangevuld met de sectie-voorzitters: biologie J. Coenemans ([cnm@rml.nl](mailto:cnm@rml.nl)), natuurkunde R. Zibret ([r.zibret@jdesign.org](mailto:r.zibret@jdesign.org)), nlt H. van Bergen, ([bergenhv@outlook.com](mailto:bergenhv@outlook.com)), scheikunde G. Breeman ([maureen.breeman@gmail.com](mailto:maureen.breeman@gmail.com)), toa M. Albers ([info@toa.tips](mailto:info@toa.tips)), techniek en technologie vacature, vmbo E. Giero ([egon@giero.nl](mailto:egon@giero.nl)).

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](http://www.nvon.nl).

### NVON-secretariaat / ledenadministratie:

Grote Voort 247 (14e verdieping), 8041 BL Zwolle, tel. 0522-243347

(maandag tot en met vrijdag)

[secretariaat@nvon.nl](mailto:secretariaat@nvon.nl) (algemene vragen)

[ledenadministratie@nvon.nl](mailto:ledenadministratie@nvon.nl) (aanmelding, opzegging, adreswijziging e.d.)

**NVON-bureau:** E. van Ballegoij

([hoofdbureau@nvon.nl](mailto:hoofdbureau@nvon.nl))

**NVON-ledenservice** (voor het bestellen van boeken en overige uitgaven): [www.nvonwebshop.nl](http://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](http://www.nvon.nl/ondersteuning).

**Stafmedewerker Vakbond en Projecten:** C Hijmissen

**Internetadres:** [www.nvon.nl](http://www.nvon.nl).

### Vormgeving:

FIZZ | Digital Agency, [www.fizz.nl](http://www.fizz.nl).

**Productie:** FIZZ | Digital Agency, [www.fizz.nl](http://www.fizz.nl).

### Advertenties:

Voor inlichtingen: secretariaat NVON, Zwolle.

Tel.: 0522-243347.