

3D-prints in de klas

Ontwikkel je eigen leermiddelen

Van sleutelhangers naar serieuze experimenten: 3D-prints biedt nieuwe mogelijkheden voor het lesgeven. Of het nu gaat om een complex profielwerkstuk of het tastbaar maken van onzichtbare deeltjes, de mogelijkheden zijn enorm. Dit artikel laat zien hoe je met eenvoudige of juist innovatieve ontwerpen de natuurwetenschappen tot leven brengt in jouw eigen lokaal.

In menig technieklokaal staat er al jaren een: de 3D-printer. Vaak worden ze vlijtig ingezet voor het ontwerpen van sleutelhangers om leerlingen kennis te laten maken met technisch tekenen. Maar de printer kan zoveel meer betekenen, zeker voor de bovenbouw. Zo richtte een leerling met een passie voor (zweef)vliegen zich voor zijn profielwerkstuk op propellers. Welke vorm en hoeveel bladen zorgen voor het hoogste rendement? Na een grondig literatuuronderzoek tekende en printte hij zijn eigen profielen, om ze vervolgens te testen in onze zelfgebouwde windtunnel. Een prachtig voorbeeld van hoe techniek en onderzoek samenkomen.

Aan de slag

Ik wilde me al jaren verdiepen in de mogelijkheden van 3D-prints voor mijn natuurkundelessen, maar tijd en logistiek waren drempels. Zo stonden de printers op school in een ander gebouw en ik wist dat het me verdiepen in ontwerpen en printen in het begin de nodige tijd zou kosten. Gelukkig is de techniek inmiddels zo doorontwikkeld en betaalbaar dat ik besloot zelf een printer aan te schaffen. Dit bleek de gouden greep: het stelt me in staat om laagdrempelig ervaring

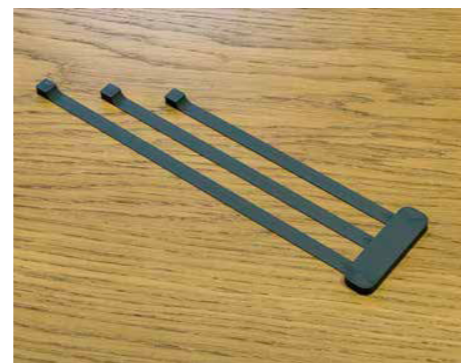
op te doen en ontwerpen te testen. Mijn focus ligt daarbij op zinvolle toepassingen. Een Benchy (het bekende testbootje) printen is leuk, maar de echte waarde zit in het onderwijs: wat kan ik printen dat bijdraagt aan het begrip van mijn leerlingen? En is een ontwerp helemaal goed, dan kan dit daarna in de benodigde aantallen op school geprint worden.

Websites

De grote spelers in de 3D-markt hebben uitstekende platforms waar modellen gevonden en gedeeld kunnen worden. Zo heeft BambuLab de website 'MakerWorld' (QRC A), kent Prusa 'Printables' (QRC B) en heeft het iets oudere UltiMaker het platform 'Thingiverse' (QRC C). Al deze sites hebben speciale categorieën voor het onderwijs. Zo vind je er ontwerpen voor natuurkunde, scheikunde en biologie, maar ook voor engineering, wetenschap en aardrijkskunde. Het is absoluut de moeite waard om hier eens doorheen te bladeren, je vindt zeker iets waarvan je denkt: Dit kan ik morgen in mijn les gebruiken! Of misschien wel: Dit ontwerp kan ik verder ontwikkelen en daarna ook weer delen.

Resonator

Een van mijn favoriete vondsten is de resonator (zie figuur 1). Dit eenvoudige voorwerp is ideaal om zowel eigenfrequentie als resonantie te demonstreren. Breng de benen in trilling en je ziet direct hoe de trillingstijd verschilt per lengte. Maar het mooiste is de



Figuur 1. Resonator (zie QRC 1)

interactie: breng het beginstuk in trilling en je ervaart dat een been pas echt gaat meetrillen (resoneren) als de frequentie van je handbeweging exact overeenkomt met de eigenfrequentie. Met een massa van slechts 7,5 gram zijn de materiaalkosten nihil. Ik geef ze daarom zelfs mee naar huis, zodat leerlingen aan de keukentafel het principe van resonantie aan hun ouders kunnen uitleggen.

Atoommodel

Voor scheikunde en moderne natuurkunde is er een prachtig atoommodel beschikbaar (zie figuur 2). Het bestaat uit een schijf met ruimte voor een atoomkern en drie schillen, inclusief losse fiches voor protonen, neutronen en elektronen. Leerlingen kunnen hiermee zelf atomen, ionen en isotopen samenstellen. Hoe is C-12 opgebouwd? Wat is het verschil tussen een zuurstofatoom en een O²-ion? Het helpt ook bij het visualiseren



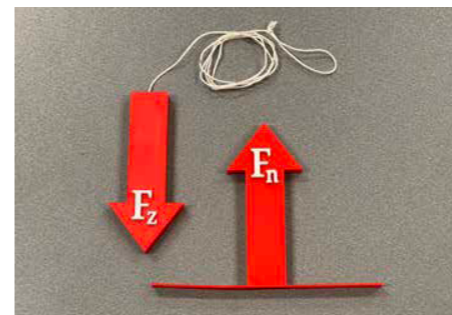
Figuur 2. Atoommodel (zie QRC 2)

van het 'aanslaan' van een elektron naar een hogere schil. Bij dit atoommodel heb ik tien fiches uitgetekend met verschillende atomen en ionen, die de leerlingen als lesopdracht kunnen maken. Met deze print is atoombouw niet langer alleen een abstracte tekening op papier, maar iets tastbaars geworden.

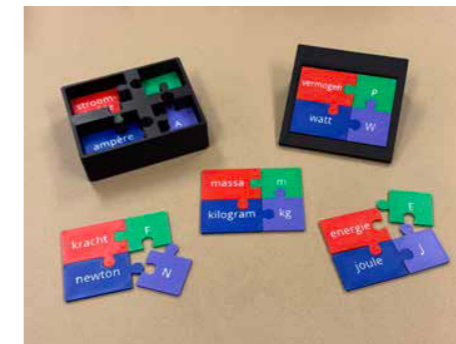
Bij dit model hoort ook een verzamelbakje voor alle kleine onderdelen. Dat is direct een ander voordeel van 3D-prints: je print eenvoudig je eigen opbergssystemen op maat. Geen gedoe meer met dure bakjes die niet passen; alles blijft netjes bij elkaar. Op eerdergenoemde websites kun je daarvoor veel aanpasbare ontwerpen vinden.

Zwaartekracht en normaalkracht

Leerlingen die van vmbo-gt naar de havo doorstromen, hebben geregeld het misconcept dat normaalkracht en zwaartekracht altijd in dezelfde lijn werken. Dat begrijp ik wel; bij vmbo-gt zijn er geen opdrachten met hellingen en juist dan verschillen de werklijnen van deze krachten. Om de uitleg hierover visueel te ondersteunen, heb ik twee vectoren getekend en geprint: de zwaartekracht (aan een touwtje) en een normaalkracht (met een loodrechte strook aan de onderzijde), zie figuur 3. Deze gebruik ik dankbaar wanneer ik bij 4-havo en 4-vwo de werklijn van deze



Figuur 3. Zwaartekracht en normaalkracht (zie QRC 3)



Figuur 4. Grootheden- en eenhedenpuzzel

krachten uitleg en de transfer maak naar krachten op een helling.

Grootheden- en eenhedenpuzzel

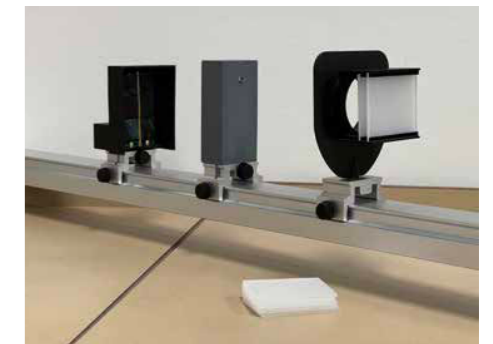
Hoe goed kennen de leerlingen hun grootheden en eenheden? Met deze puzzel moeten de leerlingen tien combinaties leggen van grootheden, het symbool daarvan, de bijbehorende eenheid en ook daar het symbool van. Wie kan dit foutloos het snelste? Een kleine opdracht, bijvoorbeeld voor de eerste les van het jaar in 3-havo en 3-vwo. Maar ook te gebruiken bij het open huis. Kennen de basisschoolleerlingen het verschil tussen een grootheid en een eenheid? Lukt het hen om de puzzels te leggen, eventueel met hulp van hun ouders?

Ontwikkelen van practica

De interesse voor 3D-prints is ook overgeslagen naar onze toa Kay Bouten, die de laatste jaren steeds vaker practicummaterialen tekent en print. Favoriet zijn nieuwe toepassingen voor onze optische bank, zie figuur 5. Allemaal eigen ontwerpen, die getekend zijn in gratis tools zoals Tinkercad.

- Een **fotodiode** in een voet voor het meten aan de kwadratenwet (toevallig is een soortgelijk practicum ook beschreven in de rubriek *Het Kabinet* in NVOX 2 van dit jaar);
- Een **zonnecel** op voet, waarmee we bij een praktische opdracht bepaald hebben bij welke elektrische belasting het rendement van de zonnecel het hoogste is;
- Een **houder voor plaatjes melkglas**, waarmee in combinatie met bovenstaande fotodiode de halveringsdikte van dit melkglas bepaald kan worden bij normaal wit (halogeen)licht.

De fotodiode en de zonnecel zijn aan de achterzijde keurig voorzien van inbouw-



Figuur 5. Ontwerpen voor de optische bank

bussen voor banaanstekkers, zodat aansluiten voor de leerling kinderspel is. In de maak is een houder voor laserpennen, zodat we met de leerlingen een interferentiepracticum kunnen gaan uitvoeren, iets dat door materiaalgebrek tot nu toe alleen als demonstratiepracticum gedaan werd.

Duurzaamheid

Werken met kunststof roept terecht vragen op over duurzaamheid. Toch is 3D-prints vaak groener dan je denkt:

- **Biologisch afbreekbaar:** De meest gebruikte kunststof, PLA (polymelkzuur), wordt gemaakt van hernieuwbare bronnen zoals maïszetmeel of suikerriet. Het is onder de juiste omstandigheden industrieel composteerbaar.
- **Reparatiecultuur:** In plaats van een kapot practicumtoestel volledig te vervangen, print je simpelweg het missende of defecte onderdeel. Dit verlengt de levensduur van je inventaris aanzienlijk.

En is je agenda nu al vol? Als je met 3D-prints gaat beginnen, gaat er inderdaad de nodige tijd inzitten. Het zoeken, tekenen en printen kost best wat tijd en het moet ook ingepast worden in lessen of practica. Maar de inspiratie die het oplevert – en de meerwaarde voor de leerlingen – maakt dat het de investering meer dan waard is. ●



ERIK VAN DE LEUR, werkt als docent natuurkunde bij de afdeling havo/vwo van het Blariacumcollege in Venlo.