

De leerling als ontwerper

Technologieën, variërend van 3D-printers tot allerlei elektronica, zijn goedkoper en toegankelijker geworden. Daarom zijn er steeds meer mensen die producten ontwerpen en maken, en deze processen en producten delen via (digitale) fora. Deze *maker movement* trend is ook in opkomst op middelbare scholen. Dit artikel, resultaat van 3 werkgroepen van de laatste ECENT-conferentie 2015, gaat in op de leeropbrengsten en didactiek van maakonderwijs, en in het bijzonder op het aanleren van concepten via ontwerpen en maken.

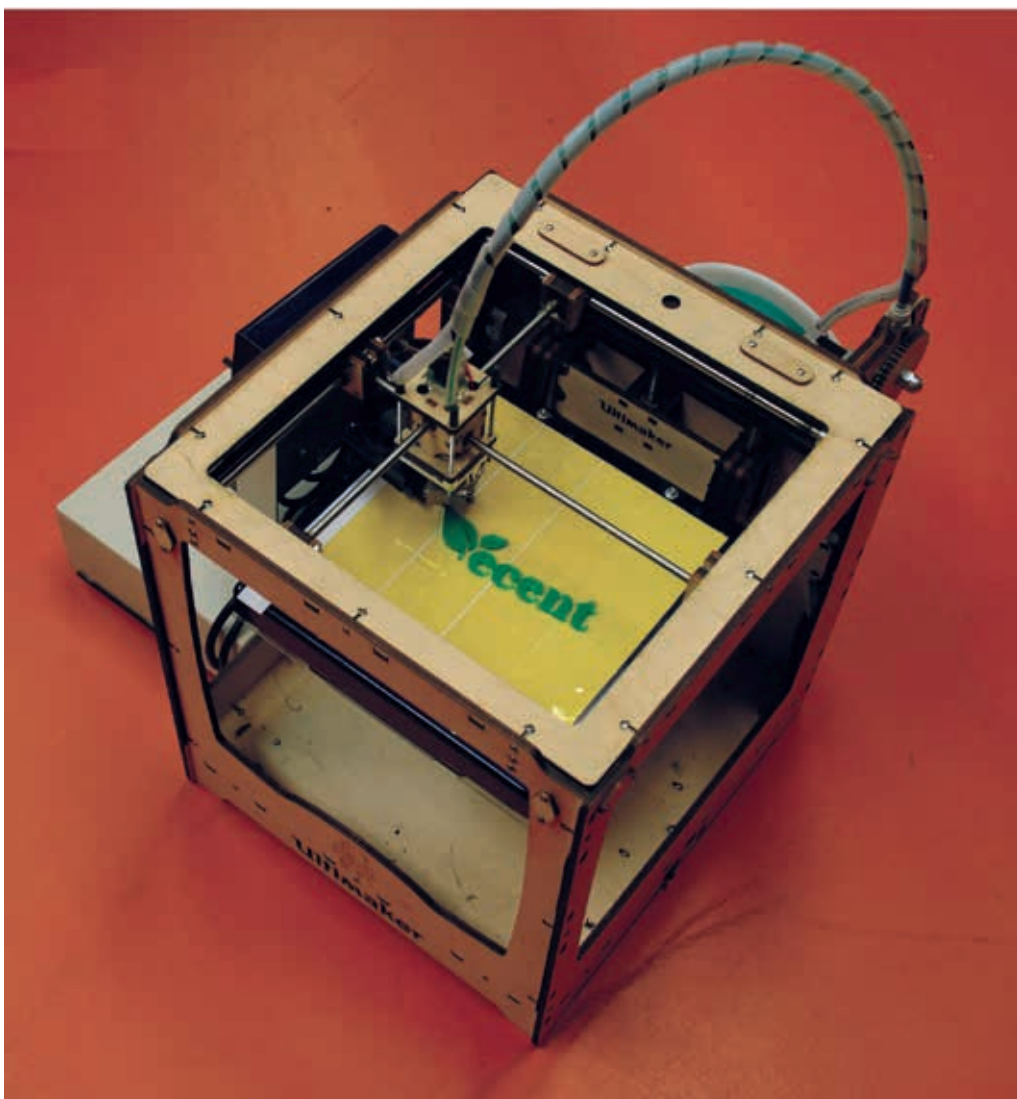
Maakonderwijs is het ontwerpen, maken en onderzoeken van artefacten met behulp van apparaten voor materiaalbewerking en/of computertechnologieën (Martinez & Stager, 2013). Wat levert dat op? Hoe pak je dat aan? En hoe kunnen leerlingen relevante concepten aanleren via maakonderwijs? Dit artikel gaat in op deze vragen.

De drie werkgroepen van de ECENT-conferentie 2015, waarop dit artikel is gebaseerd zijn: *Maker Education in de lerarenopleiding Techniek* door Rob Hoevenaars (Hogeschool Utrecht), *Leren door ontwerpen* door Dave van Breukelen (Fontys Lerarenopleiding Sittard) en *Ontwerpen, alleen om te maken? Reflecties op de Maker Movement en Maker Education* door Marc de Vries (TU Delft). Op www.ecent.nl vindt u verslagen van alle werkgroepen op de conferentie 'De leerling als ontwerper'¹. Ecent.nl is een website met een grote collectie artikelen over vakdidactiek.

Waarom maakonderwijs?

Maken heeft in het techniekonderwijs altijd bestaan. Ideeën en de kennis en technologie die nodig zijn om te kunnen maken, zijn tegenwoordig rijkelijk aanwezig op fora van talloze platformen. Onder invloed van ontwikkelingen van ICT en het internet (*Internet of Things*) heeft *maken* een sterke vlucht genomen. Dit heeft geresulteerd in een beweging die maakonderwijs (*maker education*) heet. Bij maakonderwijs ligt het eigenaarschap bij de leerlingen. Er wordt bij maakonderwijs niet per sé gedacht vanuit de wensen van een klant of een vastgesteld product. Leerlingen voeren dus niet 'blind' een opdracht uit, maar moeten zelf creatief zijn.

Maakonderwijs sluit daarom goed aan bij 21^{ste} eeuwse vaardigheden: leerlingen werken constructief samen, verbeteren hun probleemoplossend en creatief vermogen, leren kritisch kijken en werken aan hun ICT-vaardigheden. Bovendien stimuleert het zelf iets mogen maken de intrinsieke motivatie van veel leerlingen.



Uit onderzoek dat tot nu toe gedaan is naar de effecten van maakonderwijs (Vossoughi & Bevan, 2014), blijkt dat:

- de zelfreflectie en het zelfvertrouwen van leerlingen gestimuleerd wordt;
- begripseren en onderzoeksvaardigheden gestimuleerd worden (zie ook onder 'Concepten aanleren');
- leren samenwerken gefaciliteerd wordt.

Andere argumenten voor maakonderwijs zijn het versterken van de technologische geletterdheid, en ontwikkelingen in de samenleving de school in brengen.

Hoe aanpakken?

Maakonderwijs bestaat grofweg uit drie stappen:

1. bedenken en ontwerpen;
2. maken;
3. onderzoeken en verbeteren.

Een maakonderwijs project heeft de volgende kenmerken (Martinez & Stager, 2013):

Voor concrete maakprojecten, instructies en andere maakonderwijs materialen, kunt u één van deze websites raadplegen:

- www.makared.nl
- www.fabschool.nl
- www.makared.com

Op het Christelijk College de Populier in Den Haag organiseert men een facultatieve *fabklas*. Hier kunnen leerlingen hun eigen ontwerpen omzetten in producten met behulp van moderne apparatuur.

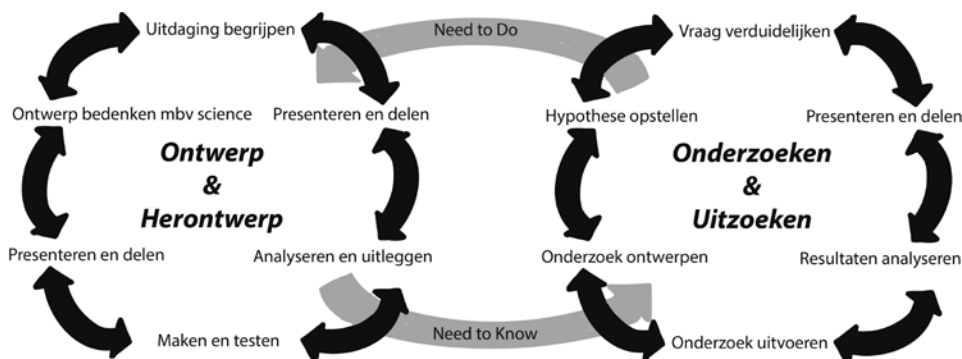
Docent van de Populier: "Leerlingen hun fouten gunnen, dat is een andere mindset dan tijdens gewone lessen."

Leerling van de Populier: "De docenten kunnen me niet altijd helpen, maar door te zoeken en te proberen kom ik altijd verder." (Pijl, 2015)

Concepten aanleren

Maken en tegelijkertijd conceptuele kennis leren vraagt (te)veel van het geheugen. Hoe kun je cognitieve overload voorkomen, en leerlingen concepten aanleren tijdens het maakonderwijs? Dave van Breukelen onderzoekt hoe je leerlingen met een ontwerp opdracht de onderliggende (natuurkundige) concepten kunt leren. Hij maakt hierbij gebruik van de 'leren door ontwerpen' cyclus van Kolodner (2002), waarin het onderzoeken van concepten nodig is voor een goed ontwerp, zie figuur 1.

Doel en relevantie	Moet leiden tot het willen investeren van tijd, moeite en creativiteit
Tijd	Voldoende tijd om de drie stappen te doorlopen en te overleggen
Complexiteit	Meerdere onderwerpgebieden aanbieden; bestaande kennis en expertise aanspreken
Verbinding	Samenwerking is een natuurlijk onderdeel van een maakonderwijs project
Toegang	Materialen en toegang tot internet nodig
Delen	Het delen van de producten zorgt voor motivatie en relevantie



figuur 1. 'Leren door ontwerpen' cyclus van Kolodner

Van Breukelen heeft de 'leren door ontwerpen' cyclus toegepast in onderzoek bij 77 havo2 leerlingen. Deze leerlingen kregen de opdracht om een dansmat te maken met lampjes en zoemers. Hieraan liggen natuurkundige concepten (elektrische schakelingen) ten grondslag, maar deze leerlingen hadden nog geen les over elektriciteit gehad (wel over 21ste eeuwse vaardigheden). De leerlingen kregen de benodigde materialen aangereikt en een Phet-simulatie²; er was geen klassikale vakinhoudelijke uitleg (er waren wel klassikale interventies). Op basis hiervan lukte het vrijwel alle leerlingen om de juiste schakelingen te maken met behulp van karton en aluminiumfolie; ze maakten ook schema-tekeningen. De leerlingen waren zeer gemotiveerd en maakten hun eigen ontwerpen. Toen Van Breukelen de leeropbrengsten testte, bleek dat de leerlingen vaardiger werden in vergelijking met traditioneel onderwijs, maar hetzelfde scoorden op het gebied van (natuurkundige) concepten. Dit is vergelijkbaar met eerdere resultaten van Kolodner (2002).

Dat de leerlingen wel vaardiger worden, maar de concepten niet beter leren/begrijpen, komt door cognitieve overload. De leerlingen zijn gefocust op het werkend krijgen van het apparaat door trial and error in plaats van met het gebruik van de concepten. Om te zorgen dat leerlingen wel de onderliggende concepten leren, is de docent cruciaal. Het is van belang dat de docent de indirecte concepten, die wel

behoren tot het kennisdomein dat de leerlingen moeten kennen, maar niet expliciet in de ontwerp taak benoemd worden, expliciteert en hierop doorvraagt. Om de cognitieve overload te verminderen is het tevens van belang om de complexiteit van de taak te verminderen, zonder de rijke leeromgeving aan te tasten. In een nieuwe (kleine) studie maakte Van Breukelen gebruik van *scaffolding* en momenten van theoretische verdieping (om de concepten te expliciteren). De leerlingen leerden toen evenveel vaardigheden als de leerlingen in de vorige studie, maar scoorden veel beter op de toetsen. De nieuwe aanpak van Van Breukelen om concepten aan te leren via maakonderwijs lijkt dus veelbelovend. ●

NOTEN

1. Op www.ecent.nl/artikel/2810/view.do vindt u alle opbrengsten van de ECENT-conferentie 2015.
2. <http://phet.colorado.edu>

LITERATUUR

- Martinez, S.L. & Stager, G.S. (2013). *Invent to learn: Making, tinkering, and engineering in the classroom*. Constructing Modern Knowledge Press.
- Vossoughi, S. & Bevan, B. (2014). *Making and tinkering: A review of the literature*. National Academies of Sciences.
- Pijl, M. (2015). Knutselen voor gevorderden. *Onderwijsblad*, 1, 18-21.
- Kolodner, J.L. (2002). Learning by Design: Iterations of Design Challenges for Better Learning of Science Skills. *Cognitive Studies*, 9(3), 338-350.