



PLATFORM MAKER EDUCATION



**Niet alleen
“omdat het kan”**

Een onderzoek naar bestaande kennis over
maker education



Niet alleen “omdat het kan”

Een onderzoek naar bestaande kennis over *maker education*

Peter Troxler
Dr. sc. techn.
VDI, FRSA

Lector
Hogeschool Rotterdam
Kenniscentrum Creating 010

Plattform Maker Education en Waag Society

© 2016, Amsterdam



Gepubliceerd onder een Creative Commons licentie
Naamsvermelding-GelijkDelen 4.0

Samenvatting

Makersonderwijs – leren door te maken – lijkt “hot” te zijn. In de Verenigde Staten heeft *maker education* de aandacht en zegen van president Obama weten te verkrijgen. Ook in Nederland heeft de petitie “Leren door te maken” makersonderwijs in de politieke schijnwerpers gezet.

Dit onderzoek gaat in op de vragen wat makersonderwijs is, hoe makersonderwijs toegepast wordt en waarom makersonderwijs interessant en belangrijk is.

Het onderzoek plaatst het makersonderwijs in zijn historisch-pedagogische context – Fröbel, Dewey, Steiner, Montessori, Petersen (Jenaplan), Parkhurst (Daltononderwijs) – en leerconcepten uit de 20e eeuw: constructionisme, community of practice, zone van naaste ontwikkeling, ervarend leren. De relatie met de Reggio Emilia Approach wordt toegelicht.

Het onderzoek traceert het verschijnen van techniek in het onderwijs in de afgelopen 25 jaar en distilleert een aantal terugkerende thema's: het spanningsveld tussen de technologie en de vakinhoud, de manier hoe kinderen en leerlingen makkelijker met technologie omgaan dan docenten, en de discussie of de technologie in het bestaande curriculum moet worden ingepast of dat er een nieuw curriculum moet komen.

Over makersonderwijs is nog weinig uitgebreid empirisch onderzoek gedaan, veel publicaties zijn meer beschouwend van aard, vaak gebaseerd op *case studies*, of het zijn beschrijvingen en verzamelingen van voorbeelden van makersonderwijs.

Uitzonderingen zijn de ontwikkeling van de *exploration and fabrication technology index* (EFTi, Blikstein et al. 2016) en het onderzoek over zelfperceptie en attitude bij Fab Lab deelnemers (Dubriwny, et al. 2014). Dit onderzoek verzorgt een overkoepelende analyse en licht een aantal *key papers* toe.

In de evaluatie van de literatuur wordt duidelijk dat de meeste publicaties betrekking hebben tot de Amerikaanse socio-economische en socio-culturele context. Daarom is het niet voldoende, de materialen en inzichten over *maker education* letterlijk te vertalen naar makersonderwijs. De vertaling moet ook figuurlijk gebeuren om de kerngedachten van making en de bijhorende pedagogiek en didactiek naar het Nederlandse onderwijs te brengen.

Het onderzoek sluit met een poging, een aantal van de opgaven voor deze figuurlijke vertaling van *maker education* naar makersonderwijs concreet te benoemen – voor het onderwijs an sich (wat), voor het perspectief van onderwijzen (hoe) en voor het perspectief van leren (waarom).

De ontwikkeling en uitwerking van makersonderwijs vooral door de makers in het onderwijs opgepakt worden. Dit onderzoek geeft hen een basis voor het wat, hoe, en waarom. Niet alleen “omdat het kan”.

Inhoudsopgave

Wat is makersonderwijs	1
Probleemverkenning	1
Inbedding	2
<i>Historische pedagogische principes</i>	2
<i>Leerconcepten uit de 20^e eeuw</i>	4
<i>De omgeving als derde leraar</i>	5
Techniek in het onderwijs	6
<i>Techniek niet alleen voor de hacker kids</i>	7
<i>Digital na(t)ives</i>	7
<i>Curriculumvernieuwing</i>	8
<i>This time it is different</i>	8
Onderzoek naar makersonderwijs	8
<i>Empirisch onderzoek</i>	9
<i>Algemene bevindingen in de literatuur</i>	10
<i>Tekortkomingen in de literatuur</i>	11
Key papers	12
Beschouwingen over het nut van makersonderwijs	12
<i>Personal Fabrication Systems: From Bits to Atoms</i>	12
<i>Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention</i>	12
<i>Making through the Lens of Culture and Power: Toward Transformative Visions for Educational Equity</i>	12
<i>Rethinking Education in the Age of Technology</i>	13
<i>The Maker Movement in Education</i>	13
<i>The Maker Mindset</i>	13
<i>The Promise of the Maker Movement for Education</i>	13
Wetenschappelijk, empirisch onderzoek	14
<i>Making and Tinkering: A Review of Literature</i>	14
<i>It looks like fun but are they learning?</i>	16
<i>The Exploration and Fabrication Technology Index (EFTi)</i>	16
<i>Impact of Fab Lab Tulsa on Student Perception of Self and Attitude toward STEM</i>	16
Case studies en voorbeelden	17
<i>Fab Labs: Using Technology to Make (Almost) Anything</i>	17
<i>Educating Students for Their Futures: Three Trends for Schools in the Conceptual Age</i>	17
<i>Meaningful Making: Projects and Inspirations for Fab Labs and Makerspaces</i>	17
<i>Making Publics: The Iterative Design of High School Makerspaces</i>	18

Evaluatie: van <i>maker education</i> naar makersonderwijs	19
Opgaven voor de toekomst	21
Wat.....	22
Hoe	23
Waarom	24
Onderwijs maken	25
Bronnen	26

Making is a practice of weaving, in which practitioners bind their own pathways or lines of becoming into the texture of material flows comprising the lifeworld. Rather than reading creativity 'backwards', from a finished object to an initial intention in the mind of an agent, this entails reading it forwards, in an ongoing generative movement that is at once itinerant, improvisatory and rhythmic.
(Ingold, 2010, 91)

Wat is makersonderwijs

De Petitie “Leren door te maken: maken moet weer terug in het onderwijs”, aangeboden aan de commissie OC&W van de Tweede Kamer op 4 november 2014 pleit voor een structurele rol van “leren door te maken” in het onderwijs. Op een aantal scholen is een voorzichtig begin gemaakt met makersonderwijs, gevoed door de maker movement in de Verenigde Staten en vergelijkbare maker initiatieven in Nederland. Het is pril maar groeit gestaag. Dat komt met name door goede feedback van leerlingen. Ze geven aan het heel leuk te vinden en tegelijkertijd veel te leren. Dit is in de ogen van de docenten die makersonderwijs geven ook zeker het geval waarbij ze in feite allemaal zien dat er nog iets gebeurt: de leerlingen worden sterker. Sterker in hun handelen, in hun oplossingsgerichtheid en zekerder over hun eigen kunnen. Dit wordt onafhankelijk van elkaar, van plaats, niveau en leeftijd gerapporteerd door de betreffende docenten.

Tegelijkertijd is de druk op de onderwijstijd hoog. Leerlingen moeten veel doen en de laatste jaren is de nadruk op de kernvakken ook niet bevorderlijk geweest voor nieuwe onderwijsvormen die niet direct zijn gericht op de eindtoetsen. Er is dus behoefte aan enige helderheid. Wat doet Maken met leerlingen? Wat zijn goede interventies? Wat vergt makersonderwijs van de docent? Deze en vele andere vragen komen naar boven wanneer docenten en wetenschappers die zich met nieuwe vormen van leren en onderwijzen bezighouden over makersonderwijs praten.

We weten veel over het “hoe” van makersonderwijs, maar weinig over het “waarom”, theorie, overtuiging en verantwoording. Wat is het effect op persoonlijke of cognitieve ontwikkeling? Er wordt vooral verwezen naar MIT (Life Long Kindergarten) en Seymour Papert, naar Stanford en Paolo Blikstein. Blikstein schrijft vooral over best practices, heeft een meer filosofische benadering (*critical pedagogy*, Freire) en zijn actuele topic is *diversity* binnen makersonderwijs. Maar er is nog weinig onderzoek gedaan naar het waarom en het effect van makersonderwijs.

Probleemverkenning

Steeds meer scholen gaan aan de slag met makersonderwijs als methodiek. Andere scholen zijn onzeker over de aanpak van deze methodiek en de effecten van deze vorm van onderwijs. Om makersonderwijs een bredere basis te geven zijn meer antwoorden en inzichten nodig met betrekking tot deze andere manier van onderwijzen en leren.

De praktijkkennis van scholen die zijn begonnen met makersonderwijs is nog niet systematisch opgeschreven. Via blogs (zie met name makered.nl, fabklas.nl, makerschool.nl en makereducation.nl) worden ervaringen uitgewisseld die weer leiden tot nieuwe ervaringen. Er is een sterke wil tot leren bij de betreffende docenten in de praktijk. Veel kennis is nu nog intuïtief maar verdient een sterkere basis te krijgen.

Daarnaast is een herkenning in intrinsieke motivatie te vinden bij alle personen die innoveren. Om het makersonderwijs een stap verder te brengen dient deze vorm van onderwijs nader te worden onderzocht.

- Valt het speelveld van deze nieuwe stroming te beschrijven? Waar is nog sprake van makersonderwijs, waar niet meer? Is bijvoorbeeld een computergame ontwikkelen nog makersonderwijs? **Wat** precies bedoelen we met makersonderwijs?
- Om grip te krijgen op het fenomeen makersonderwijs is het tevens van belang om te onderzoeken **hoe** verschillende scholen ermee aan het werk zijn; waar zitten overeenkomsten, waar verschillen? Is er sprake van een enkele methodiek die toepasbaar is in alle contexten, en daar op een gelijke manier, en in dezelfde mate dezelfde effecten sorteert? Of dienen we in een complexe samenleving, met zijn gelaagdheid diverse methodieken te ontwikkelen die uiteindelijk leiden tot vergelijkbare uitkomsten?
- Aan welke kerndoelen wordt impliciet en expliciet gewerkt? Voegt leren door te maken meer toe dan alleen kennis van technologie (zoals bijvoorbeeld kerndoelen uit leergebieden mens en maatschappij, kunstvakken, wiskunde)? **Waarom** doen we makersonderwijs?

Inbedding

Makersonderwijs staat als een nieuwe beweging in een lange keten van stromingen, concepten en thema's rond onderwijzen en leren.

Historische pedagogische principes

In de context van makersonderwijs wordt dan ook verwezen naar pedagogen en onderwijsvernieuwers zoals Friedrich Wilhelm August Fröbel, John Dewey, Rudolf Steiner, Maria Montessori, Peter Petersen en Helen Parkhurst (zie Tabel 1).

Tabel 1. Historische onderwijsvernieuwers

Auteur	Principes
Friedrich W.A. Fröbel (1782-1852)	Onderwijs moet een creatief en dynamisch proces zijn; alle aspecten van de persoonlijkheid worden samen ontwikkeld (sociaal, moreel, esthetisch, spiritueel, wetenschappelijk); onderwijs moet speels zijn (spelpedagogiek, onder gebruik van de symbolische "Spielgaben" bal, kubus en cilinder). Fröbel is de uitvinder van de <i>Kindergarten</i> .

Auteur	Principes
John Dewey (1859-1952)	Het leerproces moet een actief proces zijn; kinderen gaan naar school om dingen te doen, om praktische vaardigheden te leren (natuur en kunst); de praktijkproblemen leiden automatisch tot het leren van abstracte en intellectuele kennis (lezen, schrijven, rekenen). Deweys principes zijn de basis voor <i>pedagogische participatie</i> .
Rudolf Steiner (1861-1925)	Intrinsieke, unieke ontwikkeling van het kind, onderwijs is stimulerend en ondersteunend; ontwikkeling van de ziel, intellectuele ontwikkeling staat naast de ontwikkeling van het voelen en de wil; prominente rol van kunst (muziek, bewegingskunst (euritmie), handenarbeid, toneelspelen, enz.) naast standaardvakken als lezen, schrijven en rekenen. Rudolf Steiner is grondlegger van de <i>Vrije Scholen</i> .
Maria Montessori (1870-1952)	Zelfstandig leren ("help mij het zelf te doen"); kinderen hebben een natuurlijke, noodzakelijke drang tot zelfontplooiing; leerlingen werken individueel of in kleine groepjes aan (sturend, vooraf ontworpen) materiaal; principe van de gevoelige periode (een soort window of opportunity) om bepaalde functies te leren; leeftijdsgroepen van drie jaargangen. Maria Montessori is grondlegger van het <i>Montessorionderwijs</i> .
Peter Petersen (1884-1952)	Kindgerichtheid; intellectueel vermogen is een element naast lichamelijke en kunstzinnige vorming; zelfstandigheid in combinatie met werken in en presteren als groep; kringen, viering, werken en spelen staan centraal; leeftijdsgroepen van drie jaargangen. Peter Petersen is grondlegger van het <i>Jenaplanonderwijs</i> .
Helen Parkhurst (1886-1973)	Vrijheid (keuzevrijheid, freedom, niet liberty) van de leerling om tijdstip en tempo van leren zelf te bepalen; leren en kennis zijn sociaal, samenwerking is belangrijk om elkaar wederzijds te helpen, stimuleren en beïnvloeden, en om de onderlinge verschillen te respecteren; evenwicht tussen leren door instructie en probleemoplossend leren. Helen Parkhurst is grondlegger van het <i>Daltononderwijs</i> .

Leerconcepten uit de 20^e eeuw

Naast deze historische pedagogische principes worden in het makersonderwijs ook meer recente concepten aangehaald. Het meest belangrijke en meest genoemde concept is Constructionisme (Papert, 1980); verder belangrijk zijn de concepten van de community of practice (Lave & Wenger, 1991), de zone van de naaste ontwikkeling (Vygotsky, 1978) en ervarend leren (Freire, 1972).

Constructionisme (construerend leren; Papert, 1980). Constructionisme (construerend leren) is geïnspireerd door de constructivistische theorie dat mensen tijdens het leren mentale modellen ontwikkelen (construeren) om de wereld om hun heen te duiden en te begrijpen. Constructionisme bevordert student gestuurd, ontdekkend leren waarbij studenten de informatie die zij al kennen gebruiken om nieuwe kennis op te doen. Studenten leren door deel te nemen in project gebaseerd leren dat ze in staat stelt verbindingen te leggen tussen verschillende ideeën en kennisgebieden. Docenten faciliteren het leren door coaching in plaats van hoor- of werkcolleges waarbij studenten opdrachten stapsgewijs uitvoeren. Verder poneert constructionisme dat leren meest effectief is als het gekoppeld is aan het maken van fysieke objecten. Daarmee is constructionisme gerelateerd aan experiential learning en bouwt voort op de theorie over constructivisme van Jean Piaget.

Community of Practice (Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998). Communities of Practice zijn groepen van mensen die hun kennis en ervaring over een bepaald thema delen en met elkaar leren. Het concept is gebaseerd op de principes van spontane en informele leerprocessen en de individuele eigenaarschap over leren. Vertrekpunten zijn de vooronderstelling dat mensen sociale wezens zijn en dat leren vooral gaat over zingeving; kennis heeft betrekking tot bepaalde activiteiten (een praktijk) en kennis ontstaat door actieve betrokkenheid met deze praktijk. Leren is niet kennisoverdracht maar bijdragen aan de praktijk. Nieuwe leden van een community beginnen vaak in een soort toeschouwer rol, *legitimate peripheral participation* genoemd. Leren in een community of practice is een peer-to-peer manier van *apprenticeship*, de gemeenschap van lerenden vervangt de hiërarchische meester-gezel-verhouding. Het concept community of practice is daardoor meer een perspectief op leren dan een methode of instrument, ondanks het feit dat communities of practices bijna als wondermiddel voor kennismanagement in grote bedrijven zoals Shell, Xerox en IBM is toegepast.

Zone van de naaste ontwikkeling (Vygotsky, 1978). De zone van de naaste ontwikkeling omvat datgene wat iemand binnenkort zal kunnen en kennen. Het is dus dat gebied van kennis en vaardigheden waar leren plaats vindt. Om in de zone van de naaste ontwikkeling te kunnen leren is volgens Vygotsky een bekwame ander nodig, iemand die meer kennis of vaardigheden heeft dan de lerende. Hij ziet leren niet als een lineaire kennisoverdracht maar als een sociale en situationele proces. De bekwame ander is niet noodzakelijk een leraar of ouder. Leren is samenwerken, en leren is ook wederkerig. Een belangrijke betekenis van de zone van de naaste ontwikkeling is dat leren niet volgens universele wetmatigheden verloopt, in plaats van een algemeen geldige ontwikkelingswijze moet er sprake zijn van individuele leerbiografieën.

Niet alleen omdat het kan

Onderwijs wordt daardoor niet in eerste instantie leidend voor leren, maar krijgt een stimulerende, katalyserende functie. Een tweede belangrijke betekenis van de zone van de naaste ontwikkeling is dat leren niet gaat om het halen van een bepaalde (eind-)kwalificatie, maar altijd gericht is op de volgende stap, de volgende uitdaging, de volgende ontwikkeling, op levenslang leren.

Ervarend leren (ook: de problematiserende methode; Freire, 1972). De tegenstelling leraar-leerling wordt opgeheven. Ze concentreren zich samen op een object waarover ze meer willen weten. Centraal staat daarbij de dialoog waarin voor “vanzelfsprekende autoriteit” geen plek is. Dialoog vereist van de dialoogpartners kritische bewustzijn en de poging om concrete situaties naar hun oorzaken te analyseren. Leren is problematiseren. De leerstof is in eerste instantie de eigen leefsituatie. Onderwijs is een praxis van de vrijheid (niet van de onderdrukking van de niets wetende leerling door de alwetende leraar); de pedagogische insteek is dus politiek georiënteerd. Freire schets een ontwikkeling van het bewustzijn (van de onderdrukten), de bewustwording (*conscientização*) in vier stadia – het *magische* bewustzijn (het individu als object), het *naïeve* bewustzijn (individu als iemand met eigen naam en mogelijkheden), het *kritisch* bewustzijn (inzicht in het waarom van bepaalde toestanden) en het *politieke* bewustzijn (een besef voor de met anderen gedeelde problematiek van heersende en onderdrukte klasse als voorwaarde om onderdeel te worden van een proces om de wereld te veranderen).

De omgeving als derde leraar

De **pedagogiek van Reggio Emilia** heeft *last not least* veel overeenkomsten met makersonderwijs (Martinez & Stager, 2013, p. 22f.). De vier vertrekpunten van deze pedagogiek zijn:

- kinderen bouwen hun eigen kennis, gestuurd door hun eigen interesses;
- kinderen ontwikkelen hun bewustzijn over zich zelf en over de wereld door interactie met anderen;
- kinderen hebben oneindige manieren en mogelijkheden om zich zelf uit te drukken (*100 linguaggi*, honderd taaltjes);
- volwassenen (ouders en leerkrachten) zijn helpers en gidsen in het leerproces, specifiek getreinde *atelierista* (werkplaats leiders) observeren kinderen en stimuleren hun om op artistieke manier met de leeromgeving (het atelier) om te gaan die als het ware een didactische rol krijgt als leraar.

De Reggio Emilia pedagogiek is in de jaren 1960 ontwikkeld door Loris Malaguzzi voor de voorschoolse kinderopvang in de noord Italiaanse stad Reggio Emilia. Sindsdien is de Reggio Emilia Approach wereldwijd verspreid, met name ook in de Verenigde Staten.

Martinez & Stager (2013) leggen een directe verbinding tussen makersonderwijs en de Reggio Emilia Approach (p. 22f.). Bartels (2015) beschrijft het zo: “Het doel van making en *makerspaces* moet zijn om motieven en een omgeving te onderhouden zo dat het natuurlijke proces van kinderen om te leren blijft doorgaan.”

Techniek in het onderwijs

Techniek en media worden al lang in het onderwijs ingezet. Echter vindt Reiser (2001) een versnelling van technologie en media gebruik in het onderwijs sinds 1995. Oorzaken hiervoor ziet hij in de mogelijkheden die ontstaan door genetwerkte computers, in de toename aan interactieve capaciteiten van computers en in de mogelijkheden die ontstaan om complexe interacties tussen leerlingen en inhoud te ontwerpen.

Tabel 2. Nieuwe techniek in het onderwijs

Nieuwe techniek in het onderwijs	
1990	CD ROM, Internet en hypertext
1995	"new media"
2000	Web 2.0
2005	gamification
2010	STEM, making

Al eerder is overkoepelend literatuuronderzoek gedaan over techniek in het onderwijs. Typerend voor de publicaties is een verdeling zoals Fleming & Raptis (2000) ze hebben gevonden in hun studie over techniekgebruik in het onderwijs in de jaren 1990-1999:

- 25 procent van de publicaties waren empirisch onderzoek;
- 25 procent waren commentaren, meningen, discussies en theoretische beschouwingen;
- 44 procent waren beschrijvingen van het gebruik van multimedia en andere toepassingen met verschillende soorten leerlingen en anekdotische berichten over de resultaten die behaald kunnen worden door gebruik van media.

Liu, Kalk, Kinney en Orr (2012) verzorgden een literatuuronderzoek naar het gebruik van Web 2.0 in "higher education" (i.e. MBO, HBO, WO). Ze vonden vergelijkbare patronen met het net genoemde onderzoek van Fleming & Raptis (2000):

- De meerderheid van de onderzoeken ging over de ervaringen van docenten bij het uitproberen van verschillende web 2.0 tools in het onderwijs.
- Er was geen onderzoek die aantoonde wat de effecten zijn van het gebruik van web 2.0 instrumenten voor onderwijzen en leren.
- Er zijn bijna geen onderzoeken naar web 2.0 in het onderwijs die op gedegen en wetenschappelijke manier het gebruik van web 2.0 gingen beschrijven en reflecteren.

Niet alleen omdat het kan

Met betrekking tot de inhoud van de studies kwamen er drie belangrijke punten naar boven:

- Er worden een aantal technologieën genoemd (blogs, wikis, postcasts, virtuele omgevingen en sociale netwerken).
- Er was een toename van onderzoeken over het gebruik van sociale netwerken, met name vanuit het studentperspectief.
- Er waren veel bijdragen die argumenten voor de toegevoegde waarde van web.2.0 beschreven en vragen formuleerden voor verdergaand onderzoek.

Bij elke nieuwe technologie die ingang vindt in het onderwijs komen er een aantal thema's steeds weer terug. De belangrijkste zijn het spanningsveld tussen de technologie en het vakinhoud, de manier hoe kinderen en leerlingen (schijnbaar of daadwerkelijk) makkelijker met technologie omgaan dan docenten, en de discussie of de technologie in het bestaande curriculum moet worden ingepast of dat er een nieuw curriculum moet komen.

Techniek niet alleen voor de hacker kids

Blikstein (2015) illustreert het spanningsveld tussen de technologie en de vakinhoud in zijn onderzoek over educatieve microcontroller kits. Hij toont aan dat hoe makkelijker een kit te gebruiken – dat betekent hoe meer complexiteit de kit verbergt en fouten zelf corrigeert – des te minder complexe opdrachten ermee kunnen worden uitgevoerd en des te minder verschillende leerdoelen met de kit kunnen worden bereikt.

In een voorbeeld noemt hij (onder meer) Arduino en LittleBits en hoe ze inspelen op een set van acht typische leerdoelen, namelijk het begrijpen van weerstand, de wet van Ohm, de werkwijze van een breadboard, polariteit, microcontroller pins, elektrische verbindingen, programmeren, en inputs en outputs. Bij leren met een Arduino komen zelfs bij simpele opdrachten meerdere van die leerdoelen aan de orde, bij LittleBits in eerste instantie alleen inputs en outputs.

Blikstein pleit voor een ontwikkelingsgerichte insteek door bruggen te bouwen tussen kits of door zelfs kits te ontwikkelen die in kunnen groeien in de complexiteit die ze laten zien. Hij is er hoopvol over dat *“[t]he ethos of physical computing seems to have shifted back from catering to a minority of hacker kids to offering opportunities for all children to make these devices, hopefully, the Papertian gears of their childhood”* (Blickstein, 2015, p. 63) – een wens die ook voor het makersonderwijs in zijn geheel geldt.

Digital na(t)ives

Van mensen die met digitale media zijn opgegroeid wordt vaak aangenomen dat ze deze technologieën ook beheersen. En docenten zijn verbaasd hoe snel leerlingen een 3D bestand van het Internet kunnen downloaden en op een 3D printer uitprinten. Marc Prensky heeft 2001 de term *“digital natives”* verzonnen om dat fenomeen te beschrijven.

Uit onderzoek (e.g. Ofcom, 2015) blijkt toch dat deze term een te optimistisch beeld schetst. Kinderen geloven in toenemende mate dat online informatie waar is. Dat geldt

ook voor informatie op social media en apps. De meeste 12- tot 15jarige weten niet dat vloggers vaak betaald worden om producten te bespreken.

Danah Boyd (2014) merkt op: *"Just because teens are comfortable using social media to hang out does not mean that they're fluent in or with technology. Many teens are not nearly as digitally adept as the often-used assumption that they are "digital natives" would suggest"* (22).

Eszter Hargittai onderzoekt in het Web Use Project sinds de vroege jaren 2000 hoe mensen het Internet en andere digitale media gebruiken. Zij komt tot vergelijkbare conclusies en nuanceerde term van Prensky – *digital na(t)ives* (Hargittai, 2010).

Voor het onderwijs betekent dit fenomeen dat het niet zo zeer erom gaat te leren hoe een bepaalde technologie te gebruiken is, maar hoe deze technologie het best te gebruiken is. Dat is ook van toepassing in het makersonderwijs.

Curriculumvernieuwing

Het derde thema dat speelt bij de introductie van nieuwe technologieën in het onderwijs – en ook bij andere vormen van onderwijsvernieuwing – is de discussie rond curriculumvernieuwing. Gaat het om een vernieuwing in het curriculum of om en vernieuwing van het curriculum.

De petitie "Leren door te maken" wil bereiken dat "makersonderwijs een zichtbare en permanente plek krijgt in het onderwijs van alle niveaus." Daarbij blijft de vraag open aan welke vorm van curriculumvernieuwing is gedacht. De uitdrukking "zichtbare en permanente plek" duidt toch op een verandering van het curriculum.

This time it is different

Makersonderwijs verschilt van eerdere technologische vernieuwingen in het onderwijs – CD ROM, Internet en hypertext, "new media", web 2.0 op twee aspecten. Ten eerste is makersonderwijs niet alleen digitaal maar maakt altijd de overstap naar de fysieke wereld (een karakteristiek die ook in sommige gaming toepassingen is terug te vinden). Ten tweede is makersonderwijs inherent transdisciplinair in de zin dat het meerdere disciplinaire grenzen overstijgt en uiteindelijk een nieuw geheel schept.

Dat betekent dat concepten en ervaringen uit vroegere fasen van technologische onderwijsvernieuwing opnieuw in de context van het makersonderwijs getoetst moeten worden.

Onderzoek naar makersonderwijs

Er wordt, met name in de Verenigde Staten, onderzoek gedaan naar de impact van schoolse en buitenschoolse toepassingen van makersonderwijs op de leerresultaten van de deelnemers. Daarnaast is er aandacht voor de verbetering van de zelfwaardering, sociale vaardigheden en leerplezier. Zo vindt een studie (Krishnamurthi et al, 2014) over de impact van naschoolse STEM activiteiten dat deze tot interesse aan het thema wekken (*"I like to do this"*), de studenten in staat stellen deze activiteiten te

doen (*"I can do this"*), en de waardering van STEM bevorderen (*"This is important to me"*). Toch blijft de literatuur over makersonderwijs schaars – de eerste studies verschijnen rond 2013 (Blikstein, 2013; Resnick & Rosenbaum, 2013) – en zijn vooral kwalitatief van aard en gericht op het "hoe" en "wat" van makersonderwijs (Martinez & Stager, 2013; Blikstein, Martinez & Pang, 2016).

Er zijn wel aangrenzende gebieden waarover al meer onderzoek gedaan is, bijvoorbeeld *online learning communities*, de ontwikkeling van interesse en persoonlijkheid in wetenschap en technologie, *computational thinking* en *design thinking* (zie bijvoorbeeld Martin, 2015).

Empirisch onderzoek

Er bestaan enkele interessante uitzonderingen. De onderzoekers rond Paulo Blikstein van het *Transforming Learning Technologies Lab* aan de Universiteit van Stanford bestuderen de leerprocessen van leerlingen door middel van eye-tracking, het analyseren van lichaamshoudingen. Ook hebben ze een instrument ontwikkeld en uitbundig internationaal getest, de Exploration and Fabrication Technology (EFT) index (Blikstein et al. 2016).

De EFT (*Exploration and Fabrication Technology*) index (Blikstein et al., 2016) meet de nieuwe en afzonderlijke reeks van technologiegeletterdheid die voortvloeit uit de makersonderwijs. De index weegt het door leerlingen zelf gerapporteerde vertrouwen tegen hun prestaties bij het oplossen van complexe ontwerptaken.

Tabel 3. De EFT index

EFT index Blikstein et al., 2016
De EFT index meet de specifieke vaardigheden die leerlingen in het makersonderwijs opdoen: - technische inzicht; - vertrouwen in eigen technische skills; - de prestatie bij het toepassen ervan in de praktijk.

Verder zijn door de onderzoeksgroep van Nathan Pritchett bij FabLab Tulsa een tweetal studies gedaan. In de eerste studie (Dubriwny et al., 2014) gingen de onderzoekers zes variabelen meten (*efficacy, attitude, impact, skills, children's hope* in termen van "pathways" en "agency") middels een vragenlijst (elke variabele geoperationaliseerd in 6 à 7 vragen). Een vervolg studie is net afgerond (Norris, 2016) die in een quasi-experimentele setting het besef voor de eigen creatieve kracht, technologie acceptatie en de theorie van het gepland gedrag onderzocht.

Tabel 4. De Tulsa scala's

Tulsa scala's voor zelfperceptie en attitude
Dubriwny et al., 2014

efficacy (geadapteerd van Meluso et al., 2012)
 attitude (geadapteerd van Afterschool Alliance, 2011),
 impact (geadapteerd van Melchior et al., 2005),
 skills (geadapteerd van Melchior et al., 2005),
 children's hope scale (pathway en agency; Snyder et al. 1997).

Algemene bevindingen in de literatuur

Vossoughi & Bevan (2014) vatten voor *The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine* de literatuur samen en beschrijven de volgende taxonomie voor de bestaande programma's in het makersonderwijs met drie hoofdthema's (p. 12-13):

- Programma's om jongeren te ondersteunen en aan te moedigen in bèta-programma's en onderwijs te participeren (met 3 subklassen: support voor nieuwe intellectuele neigingen, verbinden vertrouwde praktijken, het bevorderen van agency);
- Programma's om de leesvaardigheden en persoonlijke ontwikkeling van jongeren te stimuleren (met 3 subklassen: bètavakken in een betekenisvolle context, het cultiveren van een interdisciplinaire praktijk, intellectuele durf en experimenteren);
- Programma's om een community van lerenden te creëren die de interesses en vaardigheden van de leden benutten om een gezamenlijk (leer)doel te bereiken (met 2 subklassen: samenwerken en delen, fluïde grenzen tussen beginner en expert).

De taxonomie van Vossoughi & Bevan maakt al duidelijk dat de huidige programma's in het makersonderwijs met bepaalde doelstellingen ontwikkeld zijn. In de literatuur vinden Vossoughi & Bevan aanwijzingen (meestal in de vorm van casestudies) die de doelstellingen van de programma's onderbouwen (zie ook p. 14). Toch ontbreekt er een solide, gevalideerde analyse of de programma's (bijvoorbeeld bij herhaling op een andere plek) deze doelstellingen ook bereiken.

Op methodisch-pedagogisch vlak behandelt de literatuur over makersonderwijs vier thema's (Vossoughi & Bevan, 2014, pp. 28-34):

- hybride modellen van formeel en informeel leren, waarbij ook de discussie rond de identiteit van de maker een rol speelt;
- pedagogische vaardigheden en de rol van leerkrachten (en de rol van familieleden en verzorgers) bij het ondersteunen van leerlingen, vooral bij informele leren in buitenschoolse activiteiten;

Niet alleen omdat het kan

- elementen van de pedagogische praktijk zoals “talk and gesture”, het creëren van gelijke kansen en het stimuleren van documenteren en delen van kennis;
- de noodzaak om opdrachten te “complexificeren” zodat ze leerlingen uitdagen verder te gaan dan wat dankzij de digitale technologie makkelijk te bereiken is.

Tekortkomingen in de literatuur

Tekortkomingen in de literatuur constateren Vossoughi & Bevan (2014, 28ff) vooral rond een beperkte focus op bètatechniek, de overwaardering van tools, de tegenoverstelling van high tech en low tech (digitaal vs. ambachtelijk; making vs. handvaardigheid), een focus op bovenbouw basisonderwijs en voortgezet onderwijs, en de (te?) korte duur van (gesubsidieerde) onderzoeksprogramma's.

Volgens Vossoughi & Bevan (2014, 37-41) ontbreekt er op een aantal punten nog voldoende kennis uit onderzoek, onder meer wat de gedetailleerde analyse van de didaktiek in het makersonderwijs betreft. Daarbij hoort ook hoe makersonderwijs inspeelt op een diverse studentenpopulatie qua socio-economische en etnische achtergrond en demografische context. Vooral ontbreekt daarbij de discussie van de doelstelling van makersonderwijs door een (te beperkte?) focus op het “wat” en “hoe”.

Luckin et al. (2012) komen tot dezelfde conclusie (p. 27): *“Few examples of innovation in learning through making have been subjected to rigorous academic research”* (weinig voorbeelden van innovaties in leren door te maken zijn keurig wetenschappelijk getoetst). Het meest belovende voorbeeld dat ze noemen is het onderzoeken van Eow, Wan Zah, Rosnaini, & Roselan (2010a, 2010b) over de effecten van het ontwikkelen van computer spelletjes op creativiteit – een voorbeeld dat de kern van makersonderwijs, het creëren van fysieke objecten, niet eens raakt.

Key papers

Beschouwingen over het nut van makersonderwijs

Personal Fabrication Systems: From Bits to Atoms

Bull, G. & Garofalo, J. (2009) Personal Fabrication Systems: From Bits to Atoms. *Learning & Leading with Technology*, 36(7), 10-12.

Media heeft de afgelopen jaren een transformatie meegemaakt van analoog naar digitaal. Digitale media kan makkelijk worden nagemaakt, gedownload, aangepast, hersteld en worden geüpload. De gevolgen hiervan beïnvloeden onderwijs, overheid, entertainment, cultuur en samenleving. Eerst zagen we de transitie van atomen (analoog) naar bits (digitaal) – nu brengen we deze bits terug bij atomen om zo te komen tot de creatie van tastbare materialen op basis van digitale ontwerpen. Studenten kunnen wiskundige concepten begrijpen door fysieke modellen te bouwen. De auteurs stellen dat dit hen voorbereidt op banen in de 21^{ste} eeuw.

Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention.

Blikstein, P. (2013). Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (red.), *FabLab: Of Machines, Makers and Inventors*. Bielefeld: Transcript.

Dit artikel is online beschikbaar: <https://tltl.stanford.edu/publications/papers-or-book-chapters/digital-fabrication-and-making-democratization-invention>

Blikstein beschrijft de verandering van de wetenschap en techniek die door de komst van diverse plaatsen voor digitale fabricage in scholen. Het gebied van informeel wetenschappelijk onderwijs heeft making en design activiteiten als een krachtige aanpak van de boeiende leerlingen omarmd, maar er blijven vragen over hoe dergelijke programma's bijdragen aan het leren. Dit artikel biedt theoretische achtergrond en concrete praktijkvoorbeelden hoe making buiten de gebruikelijke kaders van wetenschap en technologie betekenisvol kan ingezet worden in het onderwijs.

Making through the Lens of Culture and Power: Toward Transformative Visions for Educational Equity

Vossoughi, S., Hooper, P.K., Escudé, M. (2016). Making through the Lens of Culture and Power: Toward Transformative Visions for Educational Equity. *Harvard Educational Review*, 86(2), 206-232.

Dit artikel is een kritische beschouwing van de bekrompen betekenis van making als een unieke Amerikaanse bezigheid van technologisch innoveren en hands-on leren wat uiteindelijk een bijdrage levert aan de economie. De manier hoe making en *equity* (billijkheid) betekenis wordt gegeven leidt tot een restrictie of juist expansie van de mogelijkheden die de maker movement biedt voor intellectueel stimulerende en bevrijdende leerervaringen, met name voor studenten uit de arbeidersklasse en studenten van kleur. De auteurs presenteren een framework voor *equity-oriented design*: "critical analyses of educational injustice; historicized approaches to making as cross-cultural

Niet alleen omdat het kan

activity; explicit attention to pedagogical philosophies and practices; and ongoing inquiry into the sociopolitical values and purposes of making” (227).

Rethinking Education in the Age of Technology

Collins, A. & Halverson, R. (2009). *Rethinking Education in the Age of Technology*. New York: Teachers College Press.

Collins en Halverson beschrijven drie fases in de ontwikkeling van onderwijssystemen en de onderwijspraktijk, die elk hun eigen paradigma volgen: “*apprenticeship*” (eerste helft 19e eeuw), “*universal schooling*” (begint in de VS 1837) en “*life long learning*” (begint nu). Gekenmerkt door technologie wordt kennis op nieuwe manieren gedistribueerd. Ze beschrijven drie “*learning imperatives*”: *customization*, *interaction* en *learner control*.

The Maker Movement in Education

Rosenfeld Halverson, E., Sheridan, K.M. (2014). *The Maker Movement in Education*. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495-504.

Dit artikel beschrijft de context van onderzoek over de maker movement en de groeiende rol van making in het onderwijs. De auteurs beschrijven de oorsprong van de beweging (Chris Anderson, Dale Dougherty, Mark Hatch). In het onderwijs leggen ze de verbinding met gerelateerd onderzoek over formele en informele educatie. Ze benoemen een aantal spanningsvelden tussen making en formele educatieve praktijken – de eis van standaardisatie en het gevaar van institutionaliseren. De aanbeveling van de auteurs is, makersonderwijs op drie vlakken de onderzoeken en te ontwikkelen: de activiteiten van making, de locaties zoals *makerspaces*, en de identiteit van de makers.

The Maker Mindset

Dougherty, D. (2013). *The maker mindset*. In Honey, M., & Kanter, D. E. (red.), *Design. Make. Play. Growing the next generation of STEM innovators* (7–11). New York: Routledge.

In *The Maker Mindset* introduceert Dale Dougherty de maker movement en karakteriseert hij het spanningsveld van making in het onderwijs als “the pain of education and the pleasure of real learning” (8). Dougherty relateert de *maker mindset* aan het *mindset* concept van Carol Dweck (2006) – het idee dat mensen hun basiskwaliteiten of als aangeboren en vast zien (*fixed mindset*) of als iets wat ze kunnen ontwikkelen en laten groeien (*growth mindset*). De *maker mindset* is uiteraard een *growth mindset*, stelt Dougherty.

In hetzelfde boek zijn nog meer hoofdstukken opgenomen met voorbeelden van makersonderwijs uit musea, *makerspaces* en scholen.

The Promise of the Maker Movement for Education

Martin, L. (2015). *The Promise of the Maker Movement for Education*. *Journal of Pre-College Engineering Education Research* 5(1), 30-39.

Martin beschrijft de maker movement als een community van hobbyisten, tinkerers, ingenieurs, hackers en kunstenaars die projecten ontwerpen en bouwen voor “*playful and useful ends*” (30). Hij beschrijft de elementen van de maker movement – tools,

infrastructuur om een community te onderhouden, de *maker mindset*. Die te begrijpen is belangrijk voor makersonderwijs. De *maker mindset* is volgens Martin speels, ontwikkelingsgericht, positief tegenover mislukkingen, en samenwerkend. Gebaseerd op literatuur over *online learning communities*, de ontwikkeling van interesse en persoonlijkheid in wetenschap en technologie, *computational thinking* en *design thinking* presenteert Martin zeven redenen waarom making een waardevolle leeractiviteit is: het past bij het curriculum, het biedt toegang tot tools, het gaat om bouwen en testen van fysieke dingen, het is speels en fouttolerant, het bevordert een *growth mindset*, het geeft ruimte voor zelfsturing, en het vindt in een sociale context plaats.

Wetenschappelijk, empirisch onderzoek

Making and Tinkering: A Review of Literature

Vossoughi, S. & Bevan, B. (2014). *Making and Tinkering: A Review of Literature*. Commissioned Paper. Washington, DC: The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.

Dit artikel is online beschikbaar: http://sites.nationalacademies.org/dbasse/bose/dbasse_171295

De auteurs analyseren een groot aantal publicaties uit wetenschappelijke tijdschriften en conferenties. Ze plaatsen de (meestal kwalitatieve) bevindingen in het kader van hun framework (zie boven, p. 10). Hiermee kunnen ze aanwijzen welke stellingen in de literatuur over makersonderwijs geponeerd worden:¹

- Makersonderwijs helpt jongeren positie in te nemen en stimuleert hen om deel te nemen aan wetenschappelijke programma's en leeractiviteiten (Vossoughi & Bevan, 2014, 18-19).

In summary, with respect to positioning young people to actively participate in and commit to learning activities, researchers claim that making supports students to:

- *Integrate knowledge and experiences across settings and draw connections between new and familiar*
- *Develop confidence, persistence, authorship and resourcefulness*
- *Develop new dispositions and ways of thinking*
- *Become activated towards STEM ("activation" includes dispositions, skills, and knowledge such as fascination with and valuing of STEM, competency belief, problem solving and creative thinking)*
- *Develop critical literacies, including distinguishing between making and consuming and rewriting narratives about oneself and one's community*

¹ In de volgende lange citaten zijn de literatuurverwijzingen weggelaten om de tekst beter leesbaar te maken.

- *Develop new ways of viewing themselves and their STEM capacities and a growing interest in and pursuit of future making related activities and skills*

- Makersonderwijs biedt structuur aan de ontwikkeling en de integratie van onderwijsactiviteiten om jongeren te leren leren van elkaar en anderen (Vossoughi & Bevan, 2014, 24-25).

In summary, with respect to young people's learning and development, researchers claim that making supports students to:

- *Engage in meaningful and contextualized STEM concepts and practices including problem finding, solving, testing and iteration*
- *Deepen understanding of scientific concepts*
- *Develop fabrication skills and dexterity with a range of tools, including design languages such as programming, interface design, animation, graphics, 3D design*
- *Develop innovative combinations, juxtapositions and uses of disciplinary content and skill*
- *Develop new roles and trajectories of participation including working with ideas, materials, tools, and processes in increasingly complex and iterative ways, experiencing new levels of frustration and excitement, and embracing the process of iteration.*

- Makersonderwijs zorgt voor een community van leerlingen die kunnen profiteren van de interesses en vaardigheden van iedereen die onderdeel uitmaakt van de groep en daarnaast komen tot gemeenschappelijke doelen (Vossoughi & Bevan, 2014, 28).

In summary, with respect to developing communities of learners that can leverage the interests and skills of all participants, researchers claim that making supports students to:

- *Develop collaborative relationships - learning to work together, share tools and ideas, provide assistance to others and embrace intellectual diversity*
- *Develop skills and practices involved in audiencing and sharing projects (such as confidence, communication, drawing connections across artifacts, giving and receiving feedback) as tied to the deepening of authentic intellectual activity*
- *Develop community*
- *Take on new leadership and teaching roles*

It looks like fun but are they learning?

Petrich, M., Wilkinson, K., & Bevan, B. (2013) It looks like fun but are they learning? In Honey, M., & Kanter, D. E. (red.). *Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators* (pp. 50-70). New York: Routledge.

Dit artikel is online beschikbaar:

<https://www.exploratorium.edu/sites/default/files/pdfs/PetrichWilkinsonBevan-2013-ItLooksLikeFun.pdf>

en

Bevan, B., Gutwill, J.P., Petrich, M., Wilkinson, K. (2015). Learning Through STEM-Rich Tinkering: Findings From a Jointly Negotiated Research Project Taken Up in Practice. *Science Education*, 99, 1, pp. 98-120.

Dit artikel is online beschikbaar: http://www.exploratorium.edu/vre/pdf/Bevan_JointlyNegotResearch.pdf

De auteurs van het eerste artikel verkennen drie gebieden van design principes met betrekking tot *tinkering* in een museum: “*activity design, environmental design, and facilitation practices*.” De auteurs detailleren hun benadering van het ondersteunen van een *tinkering* omgeving en verbinden deze principes om opvattingen over leren in het algemeen specifieker te maken. Dit artikel geeft een gedetailleerde illustratie van de ontwerpkeuzes in de ontwikkeling van *tinkering* in programma's en ruimtes. Er is een observatie tool, de “*Tinkering Learning Dimensions Framework*” op basis van dit artikel ontwikkeld en getest (zie het tweede artikel, Bevan et al., 2015).

The Exploration and Fabrication Technology Index (EFTi)

Blikstein, P., Kabayadondo, Z., Martin, A., & Fields, D. (accepted). The Exploration and Fabrication Technology Index (EFTi): Assessment of unexplored technology and engineering literacies in makerspaces and educational FabLabs. *Journal of Engineering Education*.

De EFTi (Exploration and Fabrication Technology index) meet de nieuwe en afzonderlijke reeks van technologiegeletterdheid die voortvloeit uit de makersonderwijs. De index weegt het door leerlingen zelf gerapporteerde vertrouwen tegen hun prestaties bij het oplossen van complexe ontwerptaken. De specifieke vaardigheden die de EFTi meet zijn technische inzicht, vertrouwen in eigen technische skills en hun prestatie bij het toepassen ervan in de praktijk. De index is in drie iteraties getest op vijf scholen in drie landen.

Impact of Fab Lab Tulsa on Student Perception of Self and Attitude toward STEM

Dubriwny, N., Pritchett, N., Mulhern, F., Hamby, M., Norris, D. (2014). Impact of Fab Lab Tulsa on Student Perception of Self and Attitude toward STEM. Paper presented at the *10th International Fab Lab Conference and Symposium, Fab10, Barcelona*.

In dit artikel komen de volgende vragen aan bod:

- Voelen deelnemers die een Fab Lab programma volbracht hebben zich meer vertrouwd en zelfverzekerd met technologie en maken. Is er een significant verschil in doeltreffendheid van de deelnemers?
- Verandert de deelname aan het Fab Lab programma de houding ten opzichte van technologie?

Niet alleen omdat het kan

- Verandert de deelname aan het Fab Lab programma hoe deelnemers de impact van het Fab Lab waarderen, veranderen de vaardigheden en de verwachtingen van deelnemers ten opzichte van technologie?

De auteurs vinden dat de studenten zelfverzekerder worden met technologie. Het verschil in houding tegenover technologie veranderde niet significant. Hoe krachtiger zich de studenten voelden, des te hoger schatten de deelnemers de impact van het Fab Lab en de verwachtingen en vaardigheden van de deelnemers namen toe.

Case studies en voorbeelden

Fab Labs: Using Technology to Make (Almost) Anything

DeNisco, A. (2012). Fab Labs: Using Technology to Make (Almost) Anything. *District Administration* 48(11), 34-37.

Door leerlingen in een Fab Lab te laten werken en bijna alles leren te maken doen deze leerlingen baanbrekende vaardigheden op die helpen te kiezen voor nieuwe (technische) beroepen. De auteurs van dit artikel beschrijven hoe in het voortgezet onderwijs een vak ontwikkeld werd om leerlingen “alles” te leren maken en wat er nodig is om zelf dit vak ook zelf te ontwikkelen.

Educating Students for Their Futures: Three Trends for Schools in the Conceptual Age

Duffy, E. (2014). Educating Students for Their Futures: Three Trends for Schools in the Conceptual Age. *Independent School* 74(1).

Een aantal jaren geleden ging een video van YouTube viraal genaamd “*Did You Know?*” Volgens deze video leiden we leerlingen op voor beroepen die nog niet bestaan met technologieën die nog niet uitgevonden zijn om problemen op te lossen die we nog niet kennen. De *independent schools* kunnen met deze onzekerheid toch leerlingen voorbereiden op de toekomst omdat de scholen een bewezen historie van *adaptation* hebben, van aanpassingsvermogen.

Meaningful Making: Projects and Inspirations for Fab Labs and Makerspaces

Blikstein, P., Martinez, S. L., Pang, H. A. (2016). *Meaningful Making: Projects and Inspirations for Fab Labs and Makerspaces*. Torrence, CA: Constructing Modern Knowledge Press.

Dit boek is online beschikbaar: <http://fablearn.stanford.edu/fellows/page/meaningful-making-book>

Dit boek is een compilatie van een aantal projecten (2014-2015) van FabLearn Fellows. Hierin staan diverse artikelen over maken, leeromgevingen, inspiratie voor projecten, reflecties, beoordelingsstrategieën en meer. Veel van de artikelen en projecten bevatten ook verwijzingen naar verdiepende literatuur. FabLearn Fellow heeft een website waar meer materiaal te vinden is.

Making Publics: The Iterative Design of High School Makerspaces

Stornaiuolo, A., Nichols, P. (2016). Making Publics: The Iterative Design of High School Makerspaces. Paper presented at AERA 2016

De *Collaborative Design School* (een pseudoniem voor een *'failing' urban school district*) is de case die in dit paper wordt beschreven. De auteurs hebben 115 high school *freshmen* begeleidt, studenten van kleur uit families met lagere inkomens, en hoe zij in contact kwamen met nieuw opgerichte *makerspaces*.

De auteurs beschrijven de uitdagingen die zij daarbij hebben aangetroffen. Het grootste probleem was de kloof tussen enerzijds de cultuur van *performance assessments* en evaluatie bij het bestuur en de overheid en anderzijds de cultuur van iteratie, experimenteren en mislukkingen als kans gebruiken van het makersonderwijs.

Door middel van projecten, conferentie en presentaties probeerden de onderzoekers die kloof te overbruggen. Dat werkte ook – *"for some students, in some ways, at some times."* De auteurs concluderen dat *makerspaces* geen wondermiddel zijn en niet gebruikt moeten worden *"as panaceas that can be inserted into classrooms as an autonomous fix for 'failing' schools and 'at-risk' students."*

Evaluatie: van *maker education* naar makersonderwijs

De meeste beschouwingen over en onderzoek naar makersonderwijs is afkomstig uit de Verenigde Staten. Dat betekent dat ook de idealen en idolen, de problemen en het hele raming van makersonderwijs door de socio-economische en socioculturele situatie van VS-Amerika gedomineerd is. Making is mannelijk, making is wit, making hoeft niet nuttig te zijn, making is goed voor de economie en de arbeidsmarkt. In zijn TED talk verbindt Doghuerty (2011) expliciet de maker movement aan het hegemoniestreven van Amerika in de jaren 1960 door beelden uit de film *American Maker* (Handy (Jam) Organisation 1960) te gebruiken. *American Maker* is een film over handwerk, creativiteit en hoe Amerikanen “maken”; het is een van vijf propagandafilms over Amerika² gesponsord door de Chevrolet Division van General Motors.

“Of all things Americans are, we are makers. With our strengths and our minds and spirit, we gather and form and we fashion. Makers and shapers and put-it-togetherers. We start young, finding out early in life what it's like to feel something grow and take shape beneath our hands.”

“As makers of today and shapers for tomorrow, we Americans seem to share an inborn understanding of how to go about making the things we want. Whether we're reaching for the moon, hobbying in the home, doing our part on a convenience to be enjoyed, or preparing a tasty tidbit, we're — all of us — makers.”

Handy (Jam) Organization, 1960

De retoriek van de film vindt bijna één op één haar voortzetting in uitingen van en over de maker movement. Vossoughi et al. (2016) merken terecht aan dat er zelfs in Amerika een ideologische afstand is tussen Dougherty en de idealen van educatie: *sameness* en *fairness* (Gutiérrez & Jaramillo, 2006).

Sameness (gelijkheid) en *fairness* (rechtvaardigheid) zijn zeker ook idealen in het Nederlandse onderwijs. Maar de problematieken zijn anders in Nederland. Nederland kent bijvoorbeeld geen zwaar racisme (Vuijsje, 2016); immigrantenkinderen zijn in Nederland zelfs gelukkiger dan autochtone (Stevens et al., 2015, 589). Armoede, kinderarmoede en inkomstenverschillen zijn veel geringer (Hudson & Kühner, 2016, 4-5). Maar de *achievement gap*, het verschil tussen de slechtst presterende leerlingen tegenover het gemiddelde in de PISA test voor lezen, wiskunde en wetenschap, is in Nederland veel hoger dan in de VS; het aandeel “*low performers*” is in Nederland wat minder dan in de VS (ibid., 6-7).

Techniekonderwijs wordt in Nederland als belangrijk gezien, net als *STEM education* in de VS. Maar de noodzaak voor meer techniekonderwijs lijkt in Nederland vooral op een

² Namelijk *American Harvest*, 1955, *American Engineer*, 1956, *American Look*, 1958, *American Maker*, 1960, *American Thrift*, 1962

verwacht te kort op de arbeidsmarkt gebaseerd (Techniekpakt, 2013). In de VS ligt de nadruk sterker op ondernemende individuen (Obama, 2014).

Uiteindelijk bestaan er duidelijke verschillen tussen het schoolsysteem in Verenigde Staten van Amerika en het schoolsysteem in Nederland (nuffic 2015). Het onderwijssysteem in de VS is zeer divers en weinig gestandaardiseerd, zo weinig dat een diploma (voortgezet onderwijs, hoger onderwijs) op zich nietszeggend is en studenten altijd een vakkenoverzicht (transcript of academic record) moeten overleggen om de waarde van het diploma te kunnen bepalen.

Deze verschillen benadrukken dat het niet voldoende is, de materialen en inzichten over *maker education* letterlijk te vertalen naar makersonderwijs. De vertaling moet ook figuurlijk gebeuren om de kerngedachten van making en de bijhorende pedagogiek en didactiek naar het Nederlandse onderwijs te brengen.

Opgaven voor de toekomst

De vragen die uit de praktijk naar boven komen en die uit de verkenning van de *state of the art* in de wetenschappelijke sfeer relevant zijn, bestrijken wat men de vakdidactiek van makersonderwijs zal kunnen noemen.

Uitgangspunt van het onderzoek is de redenering in de Petitie Makersonderwijs. De auteurs van de petitie constateren: "Mensen moeten technologie niet alleen kunnen 'lezen', maar er ook mee kunnen 'schrijven'"; en ze stellen dat makersonderwijs een geschikte manier is om mensen daarop voor te bereiden. Ze benoemen de ambitie om een makerscurriculum te ontwikkelen "dat breed inzetbaar is in het onderwijs".

Een volledige (vak)didactische invulling van makersonderwijs vereist toch, de drie vragen waar didactiek zich mee bezig houdt te beantwoorden het "wat" (inhoud), "hoe" (werkvorm, leeractiviteit) en "waarom" (doelstelling) van een (school)vak (Van de Ven, 1996). Dat is de drietrapse vraag die de praktijk articuleert en die de wetenschappelijke literatuur in het beste geval gefragmenteerd beantwoordt:

1. **Wat** is makersonderwijs precies?
2. **Hoe** wordt makersonderwijs toegepast?
3. **Waarom** is makersonderwijs interessant en belangrijk?

Deze drie vragen benaderen makersonderwijs vanuit drie perspectieven:

1. Het perspectief van het onderwijs "*as such*"
2. Het perspectief van onderwijzen: Wat betekent makersonderwijs voor de docent?
3. Het perspectief van leren: Welke effecten heeft makersonderwijs op leerlingen? Wat doet maken met leerlingen? Wat leren zij?

Deze drie vragen sluiten ook aan bij het rapport van Platform Onderwijs2032 (2016) over het onderwijs van de toekomst. Leerlingen moeten gestimuleerd worden "hun verbeeldingskracht te gebruiken om nieuwe ideeën en producten te bedenken en te ontwerpen" (p. 21). Onderwijs moet namelijk (volgens het advies) de persoonsvorming van leerlingen ondersteunen, met name ook de lichamelijke en creatieve ontwikkeling (p. 26). Vooral de vragen één en twee sluiten hierop aan. Verder adviseert het rapport, manieren te ontwikkelen om de 'merkbare' kwaliteiten die leerlingen opdoen in het onderwijs te kunnen waarderen (p. 56). Hier ligt een directe verbinding met vraag drie. Dit speelt bij het techniekonderwijs en ook bij de kunstvakken (muziek, theater en beeldende kunsten).

Inhoudelijk heeft makersonderwijs ook een betrekking met de concepten van 21^e eeuwse vaardigheden (e.g. Voogt & Pareja Roblin, 2010; Binkley et al., 2010, Salas-Pilco, 2013), vooral met de thema's creativiteit en digitale geletterdheid (Thijs et al., 2014).

Wat

Een makerscurriculum bevat een inhoudelijke en een didactische component. Het inhoudelijke component – het verzamelen van projecten, opdrachten etc. – wordt door het Platform Makereducation gefaciliteerd door middel van de projectenverzamelersite OpenThings. Dat gebeurt in het stramien van makersonderwijs zoals het internationaal bekend is: open source zo dat iedereen ervan gebruik mag maken.

Net als eerder in de *state of the art* in de wetenschappelijke literatuur geconstateerd, beantwoord een website die projecten verzamelt vooral het “wat” – wat zijn leuke, interessante, inspirerende projecten – en, wat de technische uitvoering betreft, ook het “hoe” – welke apparatuur, onderdelen, ingrediënten zijn voor het project nodig.

Het blijft aan de docenten in de praktijk te beslissen, welke betrekkingen het makersonderwijs met het curriculum zal krijgen. De verzamelingen van projecten zouden dus verrijkt kunnen worden door verder gaande informatie: Voor welke (educatieve) doeleinden zijn lessen en opdrachten gebruikt? Op welke plekken in het curriculum zijn projecten toegepast of zouden lessen toegepast kunnen worden? Veelbelovend zijn ook vakken buiten de gebruikelijke kaders van wetenschap en technologie waar making betekenisvol kan ingezet worden in het onderwijs, bijvoorbeeld geschiedenis, aardrijkskunde, of – in het kader van documenteren van projecten – het taalonderwijs.

Voorbeelden zouden ook aan elkaar gekoppeld kunnen worden om een soort ontwikkelingsgerichte leerlijn te vormen zoals Blikstein (2015) het voorstelt voor computer-gebaseerde *toolkits*. Dat zal misschien een doorlopende leerlijn makersonderwijs kunnen opleveren – of er moet ingespeeld worden op verschillende interesseperspectieven en vaardigheidsniveaus van kinderen en leerlingen.

Tabel 5. Ontwikkelroutes makersonderwijs (1/3) – wat

Bekende tools	Ideeën voor ontwikkeling
Verzamelingen van voorbeeldlessen: op websites (bijv. makered.nl , fabklas.nl , openthings.org en makerschool.nl) en in boeken (bijv. Martinez & Stager, 2013; Blikstein, Stager & Pang, 2016)	Taxonomie: welke lessen hebben welke bedoelingen?
	Verbinding leggen met het bestaande curriculum
	Ontwikkelingsgerichte lijnen van lessen, projecten of kits
	Doorlopende leerlijn
	Inspelen op interesses en vaardigheden van kinderen en leerlingen

Hoe

Ook het “onderwijs-hoe”, namelijk de voorbeeldprojecten concreet in het onderwijs uit te voeren, blijft een taak van de individuele docent. Er is weliswaar een scholingsaanbod voor docenten aan het ontstaan, om de praktische invulling van makersonderwijs te ontwikkelen – bijvoorbeeld het *TeacherMakerCamp* van Waag Society of de Professionele Leergemeenschap *Make & Design* van het BètaSteunpunt Zuid-Holland.

Twee Amerikaanse publicaties bieden een goed startpunt om het hoe van makersonderwijs te ontwikkelen. Het vertrekpunt van Martinez en Stager (2013) is het leerproces. Daaraan koppelen ze thema's zoals het inrichten van een maker project, *stuff*, de leeromgeving en praktische tips rond het onderwijzen van maken. En ze geven handige tips om makeronderwijs binnen de school te beargumenteren. Het *Makerspace Playbook* (Hlubinka et al., 2013) legt de focus meer op *tools, safety, roles* en *practices* en benadrukt het belang van documenteren. Het *playbook* bevat ook handige voorbeelden en formulieren om een *makerspace* op school in te richten. Uiteraard vragen de Amerikaanse voorbeelden om een letterlijke en figuurlijke vertaling naar de Nederlandse context.

De praktische invulling van makersonderwijs zal door concrete didactische handleidingen voor docenten verder uitgewerkt kunnen worden. Hoe gaan docenten makersonderwijs voorbereiden en inbedden? Hoe gaan ze makersonderwijs geven? Hoe gaan ze makersonderwijs evalueren en hun eigen rol reflecteren? Welke hulp hebben ze daarbij nodig?

Er zijn talloze aanbieders in Nederland – makerspaces, Fab Labs, bibliotheken en ZZPer's – die op dit vlak een markt voor hun diensten proberen te vinden. Het gaat aan de doelstelling van deze publicatie voorbij dit aanbod te inventariseren. Op hoofdlijnen is het weliswaar zo dat de overgrote meerderheid van het bestaande aanbod zich op het “wat” niveau bevindt en er weinig hulp voor het “hoe” te vinden is.

In lijn met het concept van de *atelierista* uit de Reggio Emilia pedagogiek zouden scholen een “maker” kunnen aanwijzen, die als peer coach of TOA (technisch onderwijsassistent) docenten bij het ontwikkelen en uitvoeren van makersonderwijs ondersteunt. Een makersonderwijs assistent zal ook als “vliegende MOA” voor een groep van scholen kunnen werken.

Uiteindelijk zullen ook de lerarenopleiding docenten willen voorbereiden op makersonderwijs. Een aantal (landelijk toegankelijke) minors kunnen redelijk snel worden ontwikkeld en zouden binnen korte tijd in makersonderwijs geschoolde docenten opleveren voor de onderwijspraktijk.

Tabel 6. Ontwikkelroutes makersonderwijs (2/3) – hoe

Bekende tools	Ideeën voor ontwikkeling
TeacherMakerCamp (Waag Society), Professionele Leergemeenschap Make & Design (Bètasteunpunt Zuid-Holland)	Vertalen van voorbeelden (letterlijk en figuurlijk)
Boeken zoals <i>Invent to Learn</i> (Martinez & Stager, 2013) en het <i>Makerspace Playbook</i> (Hlubinka et al., 2013)	Concrete handleidingen voor docenten (voorbereiden, inbedden geven en evalueren van makersonderwijs). (Scholen overkoepelende) “vliegende MOA”, assistent voor makersonderwijs Modules in de lerarenopleiding

Waarom

De vraag naar het “waarom” – wat voor perspectief op de werkelijkheid wordt de leerling geboden door het project, wat betekent de inhoud van het project, in hoeverre is het onderwerp belangrijk voor de toekomst van de leerlingen – wordt niet gesteld, althans niet op het niveau van de voorbeeldprojecten; en dus wordt de “waarom” vraag ook niet in detail beantwoord.

Meer onderzoek is nodig. Welke vaardigheden en competenties ontwikkelen kinderen en leerlingen door deelname aan makersonderwijs? Misschien kan op basis van dit onderzoek zelfs een competentiemodel voor een soort “makerwijsheid” ontwikkeld worden, in analogie met het concept mediawijsheid (Raad van Cultuur, 2005, mediawijzer.net, 2012).

Daarbij hoort ook de inbedding van makersonderwijs in de discussie om 21^e eeuwse vaardigheden, met name de thema’s creativiteit en digitale geletterdheid. Ook met andere thema’s zoals probleemoplosvaardigheden, samenwerken, en zelfregulering zijn verbanden te zien. In de context van samenwerken komen ook communiceren en de sociale en culturele vaardigheden aan de orde. Dat geldt natuurlijk ook andersom; de 21^e eeuwse vaardigheden moeten in het makersonderwijs explicieter gemaakt worden – waar komen ze aan de orde, hoe worden ze ontwikkeld, hoe draagt maken bij aan bijvoorbeeld communicatie, enz.

In lijn met de onderwijsvisie van Platform Onderwijs2032 (2016) zullen ook concrete vormen van “toetsing” moeten worden ontwikkeld. Deze “toetsing” zal met name ook de “merkbare” kwaliteiten kunnen aanduiden die leerlingen in het makersonderwijs opdoen, in tegenoverstelling tot de meetbare kwaliteiten die door traditionele vormen van toetsen bepaald worden.

Uiteindelijk is de vraag te stellen, of makersonderwijs expliciet in de syllabi en examenprogramma’s te vinden moet zijn. Zo ja moet er in kaart gebracht worden welke

Niet alleen omdat het kan

aspecten van makersonderwijs in de syllabi en examenprogramma's al te vinden zijn. In het verlengde daarvan is dan te bepalen of het wenselijk is meer of andere aspecten van makersonderwijs te integreren en deze integratie moet vervolgens concreet uitgewerkt worden.

Tabel 7. Ontwikkelroutes makersonderwijs (3/3) – waarom

Bekende tools	Ideeën voor ontwikkeling
Theoretische beschouwingen en commentaren	Competentiemodel “makerwijsheid”
Beleidsdocumenten (STEM, techniekeducatie, etc.)	Inbedding van makersonderwijs in 21 ^e eeuwse vaardigheden – en van 21 ^e eeuwse vaardigheden in het makersonderwijs.
(Proef)werkstuk	Concrete vormen van “toetsing” om de “merkbare” kwaliteiten aan te duiden die leerlingen opdoen in makersonderwijs
Portfolio	Eventueel uitwerking richting syllabi en examenprogramma's

Onderwijs maken

De hier geschetste ideeën – en de daarop aanvullende ideeën die ongetwijfeld in de praktijk zijn ontstaan en nog verder zullen ontstaan – vormen het materiaal voor de ontwikkeling en uitwerking van makersonderwijs in Nederland.

Belangrijk daarbij is, dat deze ontwikkeling en uitwerking aansluit bij “het pionierskarakter dat hoort bij deze makersbeweging” zoals de petitie “Leren door te maken” het verwoordt. Dat betekent vooral dat makers in het onderwijs hun makersonderwijs zelf moeten (en willen) ontwikkelen. Daarbij kunnen zij uiteraard gebruik maken van een breed netwerk van geïnteresseerde partijen – makers, pedagogen, onderzoekers, politici en beleidsmakers.

Docenten zijn bevlogen, ze willen werken met creativiteit, technologie en innovatie, ze willen makersonderwijs realiseren. En ze willen daarvoor goede redenen hebben.

Ze willen duidelijk hebben wat makersonderwijs is, waar zijn plek is in de curricula en lessen, ze willen weten hoe makersonderwijs wordt gegeven in de context van de Nederlandse samenleving, en ze willen weten waarom makersonderwijs een waardevolle toevoeging is aan de ontwikkeling van kinderen en leerlingen.

Dit onderzoek laat zien, wat, hoe en waarom makersonderwijs kan bijdragen aan onderwijs in Nederland. Het maakt duidelijk dat makersonderwijs stevig verder moet worden doorontwikkeld. Niet alleen “omdat het kan”.

Bronnen

- After School Alliance (2011). *STEM learning in afterschool: An analysis of impact and outcomes*. Working Paper.
- Anderson, C. (2012). *Makers: The new industrial revolution*. New York, NY: Random House.
- Barron, B., Walter, S. E., Martin, C. K., & Schatz, C. (2010). Predictors of creative computing participation and profiles of experience in two Silicon Valley middle schools. *Computers & Education*, 54(1), 178–189.
- Bartels, J. (2015). Making and the Reggio Emilia Approach: Making the Connection. *FabLearnFellows Blogs* [blog post]. Geraadpleegd van <http://fablearn.stanford.edu/fellows/blog/making-and-reggio-emilia-approach-making-connection>
- Berding, J. (2011). *John Dewey over opvoeding, onderwijs en burgerschap. Een keuze uit zijn werk*. Amsterdam: Uitgeverij SWP.
- Bevan, B., Gutwill, J.P., Petrich, M., Wilkinson, K. (2015). Learning Through STEM-Rich Tinkering: Findings From a Jointly Negotiated Research Project Taken Up in Practice. *Science Education*, 99, 1, pp. 98-120.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., & Rumble, M. (2010). *Draft White Paper 1: Defining 21st Century Skills*. Assessment and Teaching of 21st Century Skills (ATCS) Project. Geraadpleegd van <http://atc21s.org/wpcontent/uploads/2011/11/1-Defining-21st-Century-Skills.pdf>
- Blickstein, P. (2015). Computationally Enhanced Toolkits for Children: Historical Review and a Framework for Future Design. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 9(1), 1–68.
- Blikstein, P. (2013). Digital Fabrication and ‘Making’ in Education: The Democratization of Invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (red.), *FabLab: Of Machines, Makers and Inventors*. Bielefeld: Transcript.
- Blikstein, P. (2008). Travels in Troy with Freire: Technology as an agent for emancipation. In Noguera, P., & Torres, C. A. (red.), *Social justice education for teachers: Paulo Freire and the possible dream* (pp. 205–244). Rotterdam, Netherlands: Sense.
- Blikstein, P., Kabayadondo, Z., Martin, A., & Fields, D. (accepted). The Exploration and Fabrication Technology Index (EFTi): Assessment of unexplored technology and engineering literacies in makerspaces and educational FabLabs. *Journal of Engineering Education*.
- Blikstein, P., Martinez, S. L., Pang, H. A. (2016). *Meaningful Making: Projects and Inspirations for Fab Labs and Makerspaces*. Torrence, CA: Constructing Modern Knowledge Press. Geraadpleegd van

Niet alleen omdat het kan

http://fablearn.stanford.edu/fellows/sites/default/files/Blikstein_Martinez_Pang-Meaningful_Making_book.pdf

Bull, G. & Garofalo, J. (2009) Personal Fabrication Systems: From Bits to Atoms. *Learning & Leading with Technology*, 36(7), 10-12.

Collins, A. & Halverson, R. (2009). *Rethinking Education in the Age of Technology*. New York: Teachers College Press.

Creative Learning Lab (2014). *FabSchool: leren door te maken*. Amsterdam: Waag Society. Geraadpleegd van <https://issuu.com/waag/docs/fabschool-leren-maken-hr>

DeNisco, A. (2012). Fab Labs: Using Technology to Make (Almost) Anything. *District Administration* 48(11), 34-37.

Dougherty, D. (2011, January). Dale Dougherty: *We are makers* [Video file]. Geraadpleegd van http://www.ted.com/talks/dale_dougherty_we_are_makers

Dougherty, D. (2013). The maker mindset. In Honey, M., & Kanter, D. E. (red.), *Design. Make. Play. Growing the next generation of STEM innovators* (7-11). New York: Routledge.

Dubriwny, N., Pritchett, N., Mulhern, F., Hamby, M., Norris, D. (2014). Impact of Fab Lab Tulsa on Student Perception of Self and Attitude toward STEM. Paper presented at the *10th International Fab Lab Conference and Symposium, Fab10*, Barcelona. Retrieved from <http://fab10.s3.amazonaws.com/documents/52%20-%20Fab%20Lab%20Tulsa%20Fab10%20Poster%20Letter%20Size.pdf>

Duffy, E. (2014). Educating Students for Their Futures: Three Trends for Schools in the Conceptual Age. *Independent School* 74(1). Retrieved from <http://www.nais.org/magazines-newsletters/ismagazine/pages/educating-students-for-their-futures.aspx>

Dweck, C. (2000). *Self-theories: Their role in motivation, personality, and development*. Philadelphia, PA: Psychology Press.

Dweck, C. (2006). *Mindset: The new psychology of succes*. New York: Random House.

Eow, Y.L., Wan Zah, W.A., Rosnaini, M. & Roselan, B. (2010a). Computer games development and appreciative learning approach in enhancing students' creative perception. *Computers & Education*, 54(1), 146-161.

Eow, Y.L., Wan Zah, W.A., Rosnaini, M. & Roselan, B. (2010b). Appreciative Learning Approach: A New Pedagogical Option In: S. L. Wong et al. (red.): *Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education*. Putrajaya (607-614). Malaysia: Asia-Pacific Society for Computers in Education.

Fischer, T., Higgins, C., Loveless, A. (2006). Teachers Learning with Digital Technologies: A review of research and projects. *Futurelab Series*, report 14. Bristol: Futurelab. Geraadpleegd van <http://www.nfer.ac.uk/publications/FUTL67/FUTL67.pdf>

Flemming, T. & Raptis, H. (2000). A Topographical Analysis of Research, 1990-1999. *Teacher Librarian* 25(5), 9-15.

- Freire, P. (1970). *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Freire, P. (1972). *Pedagogie van de Onderdrukten*. Baarn: Anthos.
- Gutiérrez, K. D., & Jaramillo, N. E. (2006). Looking for educational equity: The consequences of relying on Brown. *Yearbook of the National Society for the Study of Education*, 105(2), 173–189.
- Handy (Jam) Organization (1960). *American Maker*. [film recording] Geraadpleegd van https://archive.org/details/0548_American_Maker
- Hargittai, E. (2010). Digital Na(t)ives? Variation in Internet Skills and Uses among Members of the “Net Generation”. *Sociological Inquiry* 80(1), 92–113.
- Hatch, M. (2013). *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Heath, S. B. (2012). Seeing our way into learning science in informal environments. In Tate, W. F. (red.), *Research on schools, neighborhoods, and communities: Toward civic responsibility* (pp. 249–267). New York, NY: Rowman & Littlefield Publishers.
- Hlubinka, M., Dougherty, D., Thomas, P., Chang, S., Hoefer, S., Alexander, I., McGuire, D. (2013). *Makerspace Playbook. School Edition*. San Francisco, CA: Maker Media.
- Hudson, J. & Küher, S. (2016). *Fairness for Children*. Florence: UNICEF Office of Research – Innocenti.
- Ito, M., Gutiérrez, K., Livingstone, S., Penuel, B., Rhodes, J., Salen, K., & Watkins, S. C. (2013). *Connected learning: An agenda for research and design*. Irvine, CA: Digital Media and Learning Research Hub.
- Kapur, M. (2008). Productive failure. *Cognition and Instruction*, 26(3), 379–424.
- Koschmann, T., Kuutti, K., & Hickman, L. (1998). The concept of breakdown in Heidegger, Leont’ev, and Dewey and its implications for education. *Mind, Culture, and Activity*, 5(1), 25–41.
- Krajcik, J., McNeill, K. L., & Reiser, B. J. (2008). Learning-goals-driven design model: Developing curriculum materials that align with national standards and incorporate project-based pedagogy. *Science Education*, 92(1), 1–32.
- Krishnamurthi, A., Ballard, M., Noam, G.G. (2014). *Examining the impact of afterschool STEM programs*. A paper commissioned by the Noyce Foundation. Los Altos, CA: Noyce Foundation.
- Kruithof, B., Noordman, J. & Rooy, P. de (red.) (1994). *Geschiedenis van opvoeding en onderwijs. Inleiding, bronnen, onderzoek* (5e dr.). Nijmegen: SUN.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Niet alleen omdat het kan

Leaper, C., Farkas, T., & Spears Brown, C. (2012). Adolescent girls' experiences and gender-related beliefs in relation to their motivation in technology/engineering and English. *Journal of Youth and Adolescence*, 41, 268-282.

Linden, A. & Fenn, J. (2003) *Understanding Gartner's Hype Cycles*. Strategic Analysis Report. Stamford, CT: Gartner.

Loveless, A.M. (2002). Literature Review in Creativity, New Technologies and Learning. *NESTA Futurelab Series*, report 4. Bristol: Futurelab.

Luckin, R., Bligh, B., Manches, A., Ainsworth, S., Crook, C. and Noss, R. (2012). *Decoding Learning: The Proof, Promise and Potential of Digital Education*. London: Nesta.

Martin, L. (2015). The Promise of the Maker Movement for Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research* 5(1), 30-39.

Martinez, S. & Stager, G. (2013) *Invent To Learn. Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*. Torrance, CA: Constructing Modern Knowledge Press.

mediawijzer.net (2012). *Competentiemodel: 10 mediawijsheid competenties*. Geraadpleegd http://www.mediawijzer.net/wp-content/uploads/Competenties_Model_.pdf

Meer, Q. L. T. v. d., Bergman, H., & Meer, Q. L. T. v. d. (eds.) (1977). *Onderwijskundigen van de twintigste eeuw* (2e dr.). Amsterdam: Intermediair.

Melchior, A., Cohen, F., Cutter, T., & Leavitt, T. (2005). *More than robots: An evaluation of the FIRST Robotics Competition*. Center for Youth and Communities, Brandeis University, 1-58.

Meluso, A., Zheng, M., Spires, H.A., & Lester, J. (2012). Enhancing 5th graders' engineering content knowledge and self-efficacy through game-based learning. *Computers & Education*, 59, 497-504.

Norris, M. (2015). Creative Self-Efficacy, Technology Acceptance and the Theory of Planned Behavior: Antecedents to a Maker's Intention to Return to Make. Paper presented at the *11th International Fab Lab Conference and Symposium, Fab11*, Boston, MA.

nuffic (2015). *Onderwijssysteem Verenigde Staten. Het Amerikaanse onderwijssysteem beschreven en vergeleken met het Nederlandse*. Geraadpleegd van <https://www.epnuffic.nl/publicaties/vind-een-publicatie/onderwijssysteem-verenigde-staten.pdf>

Obama, B. (2014, 18 juni). *Remarks by the President at the White House Maker Faire* [toespraak]. Geraadpleegd van <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/06/18/remarks-president-white-house-maker-faire>

Ofcom (2015). *Children and Parents: Media Use and Attitudes Report*. London: Ofcom.

Okita, S. Y., & Schwartz, D. L. (2013). Learning by teaching human pupils and teachable agents: The importance of recursive feedback. *Journal of the Learning Sciences*, 22(3), 375-412.

- Papert, S. (1980) *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York, NY: Basic Books.
- Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York, NY: Basic Books.
- Petrich, M., Wilkinson, K., & Bevan, B. (2013) It looks like fun but are they learning? In Honey, M., & Kanter, D. E. (red.). *Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators* (pp. 50-70). New York: Routledge.
- Prensky, M (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon* 9 (5), 1–6.
- Quinn, H., & Bell, P. (2013). How designing, making, and playing relate to the learning goals of K-12 science education. In Honey, M., & Kanter, D. (red.), *Design. Make. Play: Growing the next generation of STEM innovators* (pp. 17–33). New York, NY: Routledge.
- Raad voor Cultuur (2005). *Mediawijsheid: De ontwikkeling van nieuw burgerschap*. Den Haag: Raad voor Cultuur. Geraadpleegd van <https://www.cultuur.nl/upload/documents/adviezen/Mediawijsheid.pdf>
- Reiser, R. A. (2001). A history of instructional design and technology: Part I: A history of instructional media. *Educational Technology Research and Development*, 49(1), 53–64. Geraadpleegd van <http://0-www.jstor.org.library.uark.edu/stable/30220299>
- Resnick, M. & Rosenbaum, E. (2013). Designing for tinkerability. In M. Honey & D. Kanter (red.), *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators* (pp. 163- 181). New York: Routledge.
- Resnick, M., & Silverman, B. (2005). Some reflections on designing construction kits for kids. Proceedings of *Interaction Design and Children Conference*, Boulder, CO.
- Rijkema, J., Jellema-van der Meulen, K., Boer-van der Veen, S. d., & Mitzschke, M. (2014). *Onderwijs in meervoud. Bronnenboek onderwijsstromingen in Nederland*. Assen: Koninklijke Van Gorcum.
- Rosenfeld Halverson, E., Sheridan, K.M. (2014). The Maker Movement in Education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495-504.
- Ruijters, M., & Simons, P. R. J. (red.) (2012). *De canon van het leren. 50 concepten en hun grondleggers*. Deventer: Kluwer.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67.
- Salas-Pilco, S.Z. (2013). Evolution of the framework for 21st century competencies. *Knowledge Management & E-Learning* 5(1), 10-24.
- Sennett, R. (2008) *The Craftsman*. New Haven Yale University Press.
- Snyder, C.R., Hoza, B., Pelham, W.E., Rapoff, M., Ware, L., Danovsky, M., Stahl, K. (1997). The development and validation of the Children's Hope Scale. *Journal of Pediatric Psychology*, 22 (3), 399-421.

Stager, G.S. (2013). Papert's Prison Fab Lab: Implications for the maker movement and education design. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children* (IDC '13). ACM, New York, NY, USA, 487-490.

Stevens, G.W., S.D. Walsh, T. Huijts, M. Maes, K. Rich Madsen, F. Cavallo and M. Molcho (2015). An Internationally Comparative Study of Immigration and Adolescent Emotional and Behavioral Problems: Effects of generation and gender. *Journal of Adolescent Health*, 57(6), 587-594.

Stornaiuolo, A., Nichols, P. (2016). Making Publics: The Iterative Design of High School Makerspaces. Paper presented at AERA 2016.

Techniekpakt (2013). *Nationaal Techniekpakt 2020*. Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/convenanten/2013/05/13/nationaal-techniekpact-2020>

Thijs, A., Fisser, P., Hoeven, M.v.d. (2014). 21e eeuwse vaardigheden in het curriculum van het funderend onderwijs. Enschede: SLO.

Velde, I. v. d., & Brommer, P. (red.) (1964). *Grote denkers over opvoeding*. Amsterdam etc.: Meulenhoff etc..

Voogt, J., & Pareja Roblin, N. (2010). *21st century skills. Discussienota*. Enschede: Universiteit Twente.

Vossoughi, S. & Bevan, B. (2014). *Making and Tinkering: A Review of the Literature*. Commissioned Paper. Washington, DC: The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.

Vossoughi, S. & Bevan, B. (2014). *Making and Tinkering: A Review of Literature*. Commissioned Paper. Washington, DC: The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.

Vossoughi, S., Hooper, P.K., Escudé, M. (2016). Making through the Lens of Culture and Power: Toward Transformative Visions for Educational Equity. *Harvard Educational Review*, 86(2), 206-232.

Vuijsje, H. (2016, 16 juli). Het is onzin dat Nederland in de ban is van wijdverbreid racisme. *NRC Handelsblad*, 46(243) O&D2-3. Geraadpleegd van <http://www.nrc.nl/nieuws/2016/07/15/racisme-welnee-emancipatiekramp-3243858-a1511912>

Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wagner, T. (2012). *Creating Innovators: The Making of Young People Who Will Change the World*. New York, NY: Scribner.

Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Wilkinson, K. & Petrich, M. (2014) *The art of tinkering. Meet 150+ Makers Working at the Intersection of Art, Science & Technology*. San Francisco, CA: Weldon Owen.

Makersonderwijs – leren door te maken – lijkt “hot” te zijn. In de Verenigde Staten heeft *maker education* de aandacht en zegen van president Obama weten te verkrijgen. Ook in Nederland heeft de petitie “Leren door te maken” makersonderwijs in de politieke schijnwerpers gezet.

Nog hebben de meeste publicaties betrekking tot de Amerikaanse socio-economische en socio-culturele context. Daarom is het niet voldoende, de materialen en inzichten over *maker education* letterlijk te vertalen naar makersonderwijs. De vertaling moet ook figuurlijk gebeuren om de kerngedachten van making en de bijhorende pedagogiek en didactiek naar het Nederlandse onderwijs te brengen.

Dit onderzoek benoemt een aantal van de opgaven voor deze figuurlijke vertaling van *maker education* naar makersonderwijs concreet te benoemen – voor het onderwijs an sich (wat), voor het perspectief van onderwijzen (hoe) en voor het perspectief van leren (waarom).

De ontwikkeling en uitwerking van makersonderwijs vooral door de makers in het onderwijs opgepakt worden. Dit onderzoek geeft hen een basis voor het wat, hoe, en waarom. Niet alleen “omdat het kan”.