

Leren ontwerpen van STEM-integrerend leermateriaal

Jolien De Meester, Heidi Knipprath, Stijn Ceuppens, Haydée De Loof, Leen Goovaerts, Luc Hellinckx, Annemie Struyf, Lieve Thibaut, Didier Van de Velde, Jelle Boeve-de Pauw, Wim Dehaene, Fien Depaepe, Johan Deprez, Greet Langie, Katrien Struyven, Peter Van Petegem, Mieke De Cock

Inleiding

De wereldwijde trend naar een meer geïntegreerde benadering van schoolse vakken, is er één die ook Vlaanderen niet aan zich wil laten voorbijgaan. Zo wilden we met het initiatief STEM@school onderzoeken op welke manier de STEM-disciplines (Science, Technology, Engineering en Mathematics, de zogenaamde bètavakken) geïntegreerd kunnen worden aangebracht in het voortgezet onderwijs. Om een breder draagvlak te creëren voor deze onderwijsvernieuwing werd tussen leraren en universiteit een partnerverband gesloten om vakoverschrijdende leermiddelen te ontwerpen. Maar hoe kunnen we leraren daar nu voor opleiden? Vanuit academisch perspectief distilleerden we uit onze ervaringen met leraren in dit onderzoeksinitiatief enkele belangrijke ontwerpprincipes en -processen. Op basis daarvan stellen we in deze beschouwing een programma voor, voor het opleiden van leraren tot ontwerpers van geïntegreerd onderwijs. Het ontwerpen van STEM-integrerend leermateriaal in STEM@school zal als casus de achterliggende ontwerpprincipes en -processen illustreren.

Gezocht: ontwerpers van geïntegreerd onderwijs

Om de complexe uitdagingen van de toekomst aan te gaan, is nu onderwijs nodig dat leerlingen opleidt tot breed inzetbare werkkrachten. Europese rapporten markeren vakoverschrijdende vaardigheden als probleem-oplossen, creativiteit en kritisch denken. Ze propageren een *interdisciplinaire benadering van leren* die de werkelijkheid weerspiegelt, met *onderzoekend en ontwerpend leren* als een manier om deze benadering vorm te geven (Xameerah, 2014; Rocard et al., 2007; Osborne & Dillon, 2008). Interdisciplinariteit kan in het onderwijs bewerkstelligd worden door meer linken tussen de vakken te leggen, door leerinhouden vanuit vakoverschrijdende invalshoeken aan te brengen; door ze dus meer te *integreren*.

Een herontwerp van het huidige onderwijs naar meer geïntegreerd onderwijs dringt zich op; een onderwijsvernieuwing waarin de vakleraren en hun onderlinge samenwerking een cruciale rol spelen. Onderzoeksliteratuur over onderwijsvernieuwing wijst uit dat de draagkracht ervan vergroot door leraren inspraak te geven in het beslissings- en ontwerpproces (Pintó, 2005; Satchwell & Loep, 2002) en dat de effectiviteit ervan bepaald wordt door de inbreng en het leren van de leraren zelf (Voogt et al., 2011; Stolk, Bulte, De Jong & Pilot, 2016). In de veronderstelling dat het leren van leraren een direct effect heeft op hun klaspraktijken, focussen lerarenopleidingen zich dan ook op dat leren, oftewel op het bijsturen van de kennis, vaardigheden, attitudes en ideeën die leraren hebben tegenover de nieuwe onderwijsvorm. Coenders en Terlouw (2015) toonden aan dat dit leren wordt bevorderd wanneer ze, voorafgaand aan de implementatie van de vernieuwde onderwijsvorm, ook de kans krijgen om het bijhorende leermateriaal zelf mee te ontwerpen.

Het ontwerp van integrerend leermateriaal door leraren in samenwerking met universiteit, is dan ook een belangrijk luik in het onderzoeksproject STEM@school. Dit project werd in 2014 gelanceerd vanuit de universiteiten Leuven en Antwerpen, met ondersteuning van de twee grootste Vlaamse onderwijskoepels, met het oog op een vernieuwing richting geïntegreerd STEM-onderwijs. STEM@school startte met een oproep naar Vlaamse secundaire scholen om

in te tekenen op *het co-ontwerpen van STEM-integrerend leermateriaal*, oftewel het collaboratief ontwikkelen van leermateriaal dat linken legt tussen de bètadisciplines *Science, Technology, Engineering en Mathematics* voor leerlingen uit het algemeen vormend onderwijs. Uit de scholen die reageerden, werden tien partnerscholen geselecteerd op basis van hun motivatie. Aan hun directieleden werd gevraagd binnen hun school een multidisciplinair team samen te stellen van drie à vier vakleraren, elk met een verschillende wetenschappelijke of technische opleiding of achtergrond, en eventueel van een verschillend opleidingsniveau. Zo bestond een team bijvoorbeeld uit een master wiskunde, een professionele bachelor fysica en een ingenieur elektromechanica. Deze multidisciplinaire dimensie garandeerde kruisbestuiving binnen het team, waarbij zowel in de diepte als in de breedte over didactiek kon worden nagedacht, met aandacht voor een grondige wetenschappelijke onderbouwing enerzijds, en de praktische uitvoering anderzijds. Elk van de lerarenteams ging drie jaar op rij aan de slag samen met een academische onderzoeker, die optrad als coach (Stolk et al., 2016). In tweemaandelijks overlegmomenten werden leeractiviteiten bedacht en afspraken gemaakt. Gedurende telkens zeven maanden ontwikkelden de teams leermateriaal voor modules met een omvang van 12 weken aan vijf lesuren per week, waarin leerinhouden uit de verschillende STEM-vakken geïntegreerd werden volgens vooropgestelde leerlijnen. In het daaropvolgende schooljaar, probeerden acht ontwerpteams het STEM-integrerende leermateriaal ook uit in hun klas.

Opleiding tot ontwerpers van geïntegreerd onderwijs

Op basis van een literatuurstudie en de succesfactoren en ervaren noden uit STEM@school, willen we een reeks van zes trainingssessies voorstellen, waarin vakleraren zich in een multidisciplinair team kunnen ontplooien tot ontwerpers van geïntegreerd onderwijs. Deze trainingssessies kunnen aangepast worden naar het formaat van zowel pre-service als in-service lerarenopleiding, maar worden best gespreid over een schooljaar (van Driel, Beijaard & Verloop, 2001; Voogt et al., 2011). De ontwerpteams worden begeleid door één of meerdere coaches met een sterke affiniteit ten aanzien van het voortgezet onderwijs en met toegang tot (vak)didactische literatuur en praktische kennis.

Het lijkt ons in de eerste plaats belangrijk dat de principes achter geïntegreerd onderwijs evenzeer gelden in de opleiding zelf. Voorbeelden zijn: een onderzoekende houding aannemen (Rocard et al., 2007), steeds de vooropgestelde leerdoelen voor ogen houden, ideeën uitproberen en concepten uit andere vakken aangrijpen om een probleem op te lossen (hier: het ontwerp van leeractiviteiten). Voortdurende vakoverschrijdende dialoog zorgt ervoor dat leraren hun leerproces en doelstellingen tijdens de opleiding expliciteren, ze uitbreiden en erop reflecteren (Stolk et al., 2017; Huizinga, Handelzalts, Nieveen & Voogt, 2015). Van de deelnemende leraren wordt dus flink wat leergierigheid, durf en collegialiteit verwacht.

We nodigen de lezer uit de leerinhouden en leerdoelen die centraal staan in dit sjabloon voor 'opleiden tot ontwerpen van geïntegreerd onderwijs', een eigen invulling te geven. Wij illustreren de ontwerpprincipes alvast met concrete voorbeelden uit de casus STEM@school.

Sessie 1 – Nood aan een noodzaak en een visie

In de eerste sessie wordt ingezet op de houding en ideeën van de leraren, die bij de start vaak niet geheel overeenstemmen met het gedachtengoed achter de onderwijsvernieuwing (van Driel, Beijaard & Verloop, 2001). Uitwisseling van ervaringen in de klas en rapporten met cijfermateriaal kunnen bij de leraren de nood aan geïntegreerd onderwijs voelbaar maken. De leraren discussiëren rond de mogelijke problemen en formuleren oplossingen die daaraan tegemoet kunnen komen; zo wordt het motief achter het ontwerp duidelijk (Pintó, 2005).

De coachen vragen de leraren nu per twee uit (goede en minder goede) voorbeelden van reeds bestaande leermodules (Huizinga et al., 2015) de *aspecten* te identificeren die volgens hen onder *kwaliteitsvol geïntegreerd onderwijs* te plaatsen zijn, welke niet, en waarom. Daarbij moeten ze steeds het motief achter het ontwerp in het achterhoofd houden. Op deze manier kan een sterke, gedeelde visie bottom-up worden geïnduceerd, eerder dan dat ze top-down wordt opgelegd (Krajcik et al., 1994; Voogt et al., 2011). Via een mindmap wordt deze theorie in kaart gebracht (voorbeeld in Figuur 1). Meteen wordt ook de vertaalslag gemaakt naar de algemene *leerdoelen van het geïntegreerde onderwijs* voor de leerlingen.



Figuur 1: Mindmap van de visie en doelstellingen achter het ontwerp van STEM-integrerend leermateriaal, volgens STEM@school

Sessie 2 – Denkoefening rond een gegeven thema

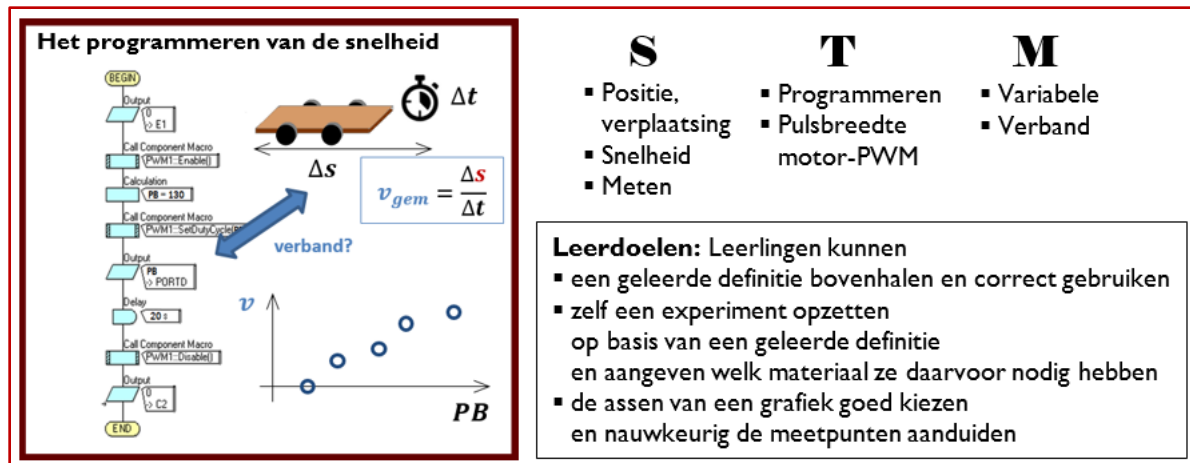
In deze sessie worden teams samengesteld van leraren uit verschillende vakgebieden, zodat in elk van de te integreren disciplines minstens één teamlid expertise heeft. De teams mogen nu een keuze maken uit verschillende thema's. De leermodules ontworpen binnen STEM@school behandelen bijvoorbeeld de thema's mobiliteit, revalidatie en woningbouw.

De teamleden zullen nu eerst individueel de *concepten* en *vaardigheden* trachten te formuleren die vanuit hun eigen vakgebied aan het gekozen thema gekoppeld kunnen worden (Van Driel et al., 2001). Daarna leggen ze *deze vakgebonden leerinhouden* samen binnen hun team om *vakoverschrijdende linken* te zoeken, bijvoorbeeld door het maken van een conceptmap (voorbeeld in Figuur 2) (Westbrook, 1998).

De leraren zullen hierrond een *centrale uitdaging* moeten bedenken (Stolk et al., 2017). Dit is een probleemstelling die leerlingen in praktijk in verschillende deelopdrachten, oftewel subproblemen, moeten oplossen, die toenemen in complexiteit en die aanleiding geven tot onderzoek en/of ontwerp met verschillende mogelijke uitkomsten (Sanders, 2009). Zo'n uitdaging is bij voorkeur maatschappelijk relevant of sluit aan bij de leefwereld van de leerlingen (Merrill, 2002). Bovendien moet ze een real-world probleem voorstellen die op een natuurlijke manier de *nood oproept om de opgelijste concepten* uit de te integreren disciplines *te leren* (Stolk et al., 2017; Honey, Pearson & Schweingruber, 2014; Perkins, 2009). Deze opdracht vraagt de leraren een onderzoekende en ontwerpde houding aan te nemen waarbij ze ideeën op haalbaarheid moeten toetsen, experts en/of boeken raadplegen en moeten itereren tussen de leerinhouden en de bedachte uitdaging.

Sessie 4 – Planning van de implementatie van een leeractiviteit

De leraren komen terug samen in hun vaste team. Geïnformeerd door suggesties uit de onderzoeksliteratuur, kunnen ze de reeds bedachte leeractiviteiten aanvullen met verdiepende oefeningen en werkvormen, alsook met evaluatievormen (bv. formatieve evaluatie, peer- of zelf-evaluatie). Vervolgens wordt hen gevraagd te verifiëren of en hoe de bedachte leeractiviteiten de vooropgestelde leerdoelen bewerkstelligen en of ze de brug vormen tussen de te integreren disciplines. Leeractiviteiten en werkvormen die op geen van de vooropgestelde leerdoelen betrekking hebben, worden geschrapt.



Figuur 3: Leeractiviteit met te integreren leerinhouden en leerdoelen, voorbeeld uit de leermodule ontworpen in STEM@school rond het thema 'mobiliteit'.

De volgende belangrijke fase in het ontwerp is het plannen (Darling-Hammond, 1998). *Afstemming tussen de verschillende vakplanningen* is de sleutel tot integratie, en dat brengt verschuivingen met zich mee. Wanneer de leraren hun ontworpen leeractiviteiten per week moeten inplannen, komt dus meestal een geanimeerde discussie op gang. De leraren ontwikkelen hiermee hun collaboratieve vaardigheden, want ze moeten hun standpunten vanuit verschillende perspectieven bekijken, ze goed beargumenteren, en af en toe tegemoetkomingen maken (Pintó, 2005; van Driel et al., 2001; Darling-Hammond, 1998). Coachen zullen hierbij vanuit hun neutrale, coördinerende rol als bemiddelaars optreden. Een consensus is namelijk het toegangsticket voor de volgende stap.

Het wordt stilaan tijd om de ontworpen leeractiviteiten in praktijk te toetsen aan de gezamenlijk opgestelde criteria (Voogt et al., 2011; Coenders & Terlouw, 2015). Afhankelijk van de beoogde omvang van een leermodule, kan ze mogelijks niet volledig binnen het tijdsbestek van de opleiding uitgeprobeerd worden. De teams kiezen dan een leeractiviteit uit hun ontwerp, die volgens hen een mooi staaltje integratie biedt en die mits voldoende omkadering ook zonder de volledige centrale uitdaging betekenisvol kan zijn. Er wordt hen gevraagd deze leeractiviteit voor te bereiden om ze in de klas te implementeren. Deze opdracht heeft een tweeledig doel: (1) de effectiviteit van de ontworpen leeractiviteit testen en (2) nagaan of de uiteindelijke implementatie – hetgeen waarvoor het ontwerp en daarmee de training eigenlijk bedoeld is – voldoende aansluit bij de visie achter kwaliteitsvol geïntegreerd onderwijs (Pintó, 2005; van Driel et al., 2001). De teams zullen hun gekozen leeractiviteit bij voorkeur in een klas met leerlingen moeten uitvoeren (Krajcik et al., 1994; Darling-Hammond, 1998; van Aalderen-Smeets & Walma van der Molen, 2015). De leeractiviteit zou een twee- tot tiental lesuren kunnen innemen, indien de planning in de testklas dit toestaat. Zo niet, wordt deze activiteit voor peers in de andere teams uitgevoerd.

Bij deze voorbereiding zullen bepaalde noden aan de oppervlakte komen. Angst voor tekortkoming in vaardigheden en kennis, is bij leraren een attitude die hun professioneel zelfvertrouwen en daarmee een goede implementatie beknot (van Aalderen-Smeets & Walma van der Molen, 2015). Daarom is de volgende trainingssessie er één op aanvraag. De leraren mogen zelf aangeven welke training ze nodig hebben om met meer zelfzekerheid de leeractiviteit voor de klas te kunnen begeleiden.

Sessie 5 – Training-op-aanvraag

De trainingssessie-op-aanvraag kan worden ingepland tijdens de langere periode die nodig is om de leeractiviteit voor te bereiden en uit te proberen. De coachen geven de leraren daarin ruimte en materiaal voor hun specifieke noden (Voogt et al., 2011) en handvaten om onmiddellijk toe te passen in het ontwerp en in de klas. Mogelijke concepten (eventueel in parallelle sessies) zijn: bijles door collega's in niet-eigen vakkennis, een sessie 'onderzoeksgebaseerd leren', een sessie gebruik van technologie (programmeren, elektronica), een bedrijfsbezoek... We pleiten er echter voor dat het formaat van de hands-on training leraren vooral in staat stelt om een gelijkaardig probleem in een andere context op zelfstandige basis op te lossen. Door zelf problemen in een onderzoeks- of ontwerpproces te ervaren en daarop te reflecteren, leren ze ook hun leerlingen beter te coachen. Zo zullen ze leermateriaal ontwerpen dat zoveel mogelijk leerkansen aangrijpt.



Figuur 4: Maquette en regeling van een huis verwarmd met zonneboiler door een multidisciplinair lerarenteam, voorbeeld uit de leermodule ontworpen in STEM@school rond het thema 'woningbouw'.

Sessie 6 – Implementatie en evaluatie van een leeractiviteit

In het eerste deel van deze trainingssessie test elk team leraren de ontworpen en voorbereide leeractiviteit uit in een klas (voor leerlingen) of in een opleidingslokaal (voor hun peers). Bij implementatie in klasverband, wordt gevraagd de lessenreeks op te nemen op video.

In het tweede deel van deze sessie zullen de teams elkaar feedback geven en zelf reflecteren op basis van het videomateriaal uit de klas of op basis van hun eigen bevindingen (Voogt et al., 2011; Huizinga et al., 2015). Eerst evalueren de deelnemers de leeractiviteiten van de andere teams op (1) effectiviteit en (2) overeenkomst met de visie. Dan reflecteren de leraren in hun eigen team op het verschil tussen deze bevindingen en wat zij vooropgesteld hadden (Pintó, 2005; van Driel et al., 2001; Darling-Hammond, 1998). Reflecteren zorgt voor bewustwording van de strategieën en principes achter het ontwerpen. Het is de enige manier om eigen houding en vaardigheden in het ontwerp en de implementatie van de onderwijsvernieuwing te verbeteren en om in het ontwerp zelf de eventuele kloof tussen leeractiviteiten en leerdoelen te dichten. De mindmap uit sessie 1 kan tot slot verder worden verfijnd.

Conclusie

Deze beschouwing belicht het leren ontwerpen door leraren, op basis van bevindingen uit de literatuur en het onderzoeksinitiatief STEM@school. Binnen STEM@school werden de ontwerpteams begeleid door onderzoekers. In deze beschouwing vertaalden we de noden en successen die zij ervoeren naar een trainingsschema, dat erop gericht is leraren op te leiden tot ontwerpers van integrerend leermateriaal.

Actieve begeleiding (Voogt et al., 2011; Stolk et al., 2017), een collaboratieve, vakoverschrijdende en constructieve leeromgeving (Krajcik et al., 1998) en coherentie tussen de doelstellingen van de leraren en die van de training (Voogt et al., 2011; van Driel et al., 2001; Huizinga et al., 2015) helpen leraren zich te ontpoppen tot ontwerpers die ver buiten de grenzen van hun discipline durven treden. Leraren die geïntegreerd onderwijs leren ontwerpen, leren de principes erachter zelf toepassen: in dialoog met peers en via opzoekwerk, onderzoeken ze hoe de disciplines in real-world problemen aan elkaar gelinkt zijn, verbreden ze hun kennis en gaan ze hun klaspraktijken efficiënter inrichten. Op die manier stellen ze voortdurend hun kennis, vaardigheden en ideeën bij en groeien ze zienderogen in overtuiging van hun eigen doeltreffendheid als leraar (Voogt et al., 2011).

Referenties

- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. International Society for Technology in Education.
- Coenders, F., & Terlouw, C. (2015). A Model for In-service Teacher Learning in the Context of an Innovation. *Journal of science teacher education*, 26(5), 451-470.
- Darling-Hammond, L. (2008). Teacher learning that supports student learning. *Teaching for intelligence*, 2(1), 91-100.
- Huizinga, T., Handelzalts, A., Nieveen, N. & Voogt, J. (2015). Fostering teachers' design expertise in teacher design teams: conducive design and support activities. *Curriculum journal*, 26(1), 137-163.
- Keogh, B., Naylor, S., & Wilson, C. (1998). Concept Cartoons: A New Perspective on Physics Education. *Physics Education*, 33(4), 219-224.
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., & Soloway, E. (1994). A collaborative model for helping middle grade science teachers learn project-based instruction. *The elementary school journal*, 94(5), 483-497.
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational technology research and development*, 50(3), 43-59.
- Honey, M., Pearson, G., Schweingruber, H. (Eds.) (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections (Vol. 13)*. London: The Nuffield Foundation.
- Perkins, D. (2009). *Making learning whole: How seven principles of teaching can transform education*. San Francisco: Jossey-Bass.

- Pintó, R. (2005). Introducing curriculum innovations in science: Identifying teachers' transformations and the design of related teacher education. *Science Education*, 89(1), 1-12.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (Eds.) (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Commission.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Satchwell, R. E., & Loepp, F. L. (2002). Designing and implementing an integrated mathematics, science, and technology curriculum for the middle school. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3).
- Stolk, M. J., Bulte, A. M., de Jong, O., & Pilot, A. (2017). A framework for Empowering Teachers for Teaching and Designing Context-Based Chemistry Education. In R. Taconis & P. den Brok, (Eds.). *Teachers Creating Context-Based Learning Environments in Science* (pp. 191-212). Springer.
- van Aalderen-Smeets, S. I., & Walma van der Molen, J. H. (2015). Improving primary teachers' attitudes toward science by attitude-focused professional development. *Journal of research in science teaching*, 52(5), 710-734.
- Van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science teaching*, 38(2), 137-158.
- Vlaamse Overheid (2015). *STEM-monitor 2015 – indicatoren*. Brussel: Departement Onderwijs en Vorming
- Voogt, J., Westbroek, H., Handelzalts, A., Walraven, A., McKenney, S., Pieters, J., & de Vries, B. (2011). Teacher learning in collaborative curriculum design. *Teaching and Teacher Education*, 27(8), 1235–1244.
- Westbrook, S. L. (1998). Examining the conceptual organization of students in an integrated algebra and physical science class. *School Science and Mathematics*, 98(2), 84-92.
- Xameerah, M. (Ed.) (2014). *The future of Europe is science*. Brussels: European Commission.