

Nieuwe methodiek

Het LOB-STEM-model voor een blended STEM-didactiek in de lerarenopleiding

Katrien Vyvey, Renaat Frans (Hogeschool UCLL), Ilse Ooghe (RVO-Society), Liesbeth Noppen, Jo Tondeur en Iris Stiers (Vrije Universiteit Brussel)

Samenvatting

Er is vraag naar een didactisch concept voor zowel geïntegreerde STEM als blended learning. Dit wordt gedreven door een arbeidsmarkt die blijft snakken naar STEM-profielen die hun kennis en competenties verder kunnen benutten dan één kennis- of toepassingsdomein om de hedendaagse maatschappelijke uitdagingen aan te gaan. Het doel is om leraren en lerarenopleiders te ondersteunen in een didactiek blended STEM. Het geheel kreeg vorm in het LOB-STEM-model (Leraren Opleiden in Blended STEM) dat de voordelen van blended learning en principes van geïntegreerd STEM-onderwijs combineert. De drie lobben van het model zijn STEM-kunde, blended learning en praktijkonderzoek. Studentleraren werkten samen in Teacher Design Teams (TDT) om gezamenlijk ICT-rijke STEM-materialen te (her)ontwerpen en de implementatie ervan te onderzoeken via praktijkonderzoek. Het resultaat is de aanklikbare website blended STEM met uitgewerkte blended leermaterialen, resultaten van het praktijkonderzoek en aan de slag opdrachten voor de lerarenopleiding.

Inleiding

"Alleen had ik nooit gedacht aan het ontwerpen en testen van een blended STEM-project; nu overweeg ik zelfs om het in mijn eigen lespraktijk op mijn eigen school uit te proberen." Een LIO studente die deelnam aan een TDT binnen Onderzoekende School?!

Vandaag de dag worden we geconfronteerd met mondiale uitdagingen, zoals klimaatverandering, uitputting van natuurlijke hulpbronnen, verstedelijking en de opkomst van technologieën, zoals robotica en biotechnologie. Deze uitdagingen vragen om geavanceerdere en interdisciplinaire oplossingen op het gebied van wetenschap, technologie, engineering en wiskunde (STEM). Het is algemeen erkend dat zowel STEM-geletterde burgers als STEM-professionals van cruciaal belang zijn voor onze samenleving (National Research Council, 2014). Toch blijft de instroom van STEM-studenten in zowel het secundair als hoger onderwijs beperkt (McDonald, 2016). Geïntegreerd STEM-onderwijs wordt gekenmerkt door: 1) integratie van STEM-leerinhouden; 2) probleemgecentreerd

leren; 3) onderzoekend en ontwerpend leren; 4) coöperatief leren en 5) evidence informed werken (Thibaut et al., 2018). Geïntegreerd STEM-onderwijs met relevante en minder gefragmenteerde ervaringen kan de motivatie voor STEM-leren vergroten en de keuze voor een STEM-carrière stimuleren (Le et al., 2023). Een meta-analyse van de effecten van geïntegreerd STEM-onderwijs op de leerprestaties van leerlingen toonde zowel negatieve, neutrale als positieve effectgroottes, hoewel meer studies positieve effectgroottes rapporteerden. Jonge leerlingen uit de basisschool halen meer voordeel uit geïntegreerd STEM-onderwijs dan leerlingen uit het secundair onderwijs. Effectgroottes zijn het sterkst als wetenschappen en techniek (S-T) geïntegreerd worden tot E-M-S-T, E-S-T en S-T. Integratie met wiskunde (M) heeft een kleiner effect (Becker et al., 2011). De coronapandemie heeft de digitalisering van het Vlaamse onderwijs versneld met een digisprong als gevolg (Departement Onderwijs en Vorming, 2020). Blended learning, dat wordt gedefinieerd als de integratie van online en face-to-face (F2F) leren (Boelens et al., 2015), begon als noodzaak, maar vraagt nu om een structurele implementatie in het Vlaamse secundair onderwijs (Versmissen et al., 2022). Onderzoek toont aan dat blended learning zowel de leerresultaten (Bernard et al. 2014) als de motivatie en betrokkenheid (Chiu, 2021) van leerlingen kan bevorderen. Daarnaast biedt blended learning voordelen op het gebied van differentiatie en flexibiliteit en stimuleert het zelfregulatie van leerlingen vergeleken met volledige F2F-leeromgevingen (Versmissen et al., 2022).

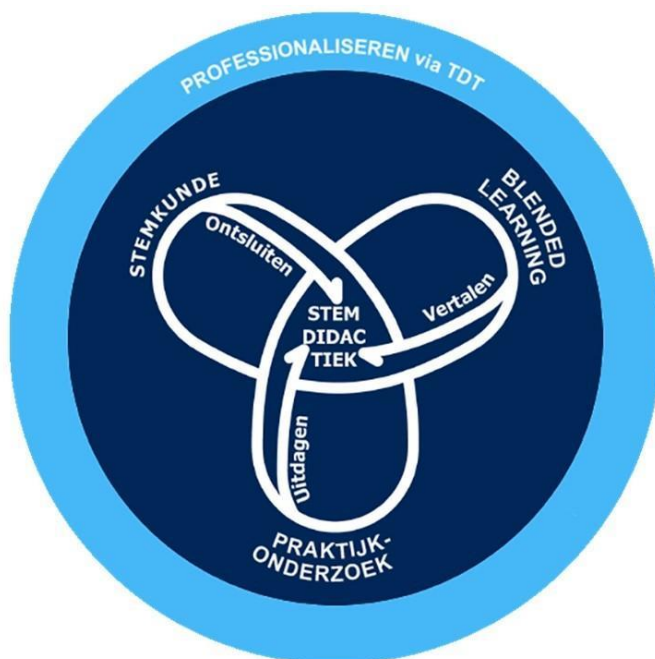
De combinatie van digitale en STEM-ontwikkelingen biedt kansen, maar houdt ook uitdagingen in voor het onderwijsveld en specifiek voor STEM-leraren. Leraren zijn zowel in de context van blended learning (Chapman et al., 2015) als geïntegreerd STEM-onderwijs (Chiu & Krajcik, 2020) de belangrijkste schakel bij het vormgeven van kwaliteitsvol onderwijs. Voor beide aspecten zijn er pedagogische, structurele en curriculum-uitdagingen, zoals bijvoorbeeld de verschuiving van leraargestuurd naar leerlinggestuurd onderwijs of het inpassen van STEM in de huidige onderwijsstructuren. Er is nood aan ondersteuning, samenwerking en professionalisering (Margot & Kettler, 2019; Versmissen et al., 2022). Voor blended learning zijn naast vakinhoudelijke kennis en pedagogische vaardigheden, ook ICT-vaardigheden nodig (Koehler & Mishra, 2009). Kwalitatief geïntegreerd STEM-onderwijs vereist daarnaast dat leraren uit verschillende STEM-disciplines hun expertise samenleggen. Dit kan door samen leermaterialen te (her)ontwerpen in zogenaamde Teacher Design Teams (TDT's, Binkhorst et al., 2015). Verschillende studies geven aan dat het samen

ontwikkelen van leermaterialen voor leraren een efficiënte manier is om verder te professionaliseren (zie bijvoorbeeld Voogt et al., 2011).

Het ontwikkelde LOB-STEM-model (Leraren Opleiden in Blended STEM) is bedoeld om: 1) handvaten te bieden voor leraren die zich willen professionaliseren in de verbinding van STEM en blended learning en 2) studentleraren op te leiden in een vakdidactiek blended STEM.

Het LOB-STEM-model

Het LOB-STEM-model vertrekt van het vakdidactisch model (V3D-model, Ardui et al., 2011), een generiek model voor een kwaliteitsvolle vakdidactiek dat aan verschillende Vlaamse lerarenopleidingen wordt gebruikt (zie bv. Vlaamse Hogescholenraad, 2023). Het is een uitbreiding van het Pedagogical Content Knowledge (PCK) model van Shulman (1986). PCK is de plaats waar vakinhoudelijke (Content Knowledge) en pedagogisch-didactische kennis (Pedagogical Knowledge) samenkomen. Het V3D-model verrijkt het PCK-model door praktijkervaringen toe te voegen als derde pijler. Lesgeven leer je immers niet alleen door theoretische kennis van vakinhouden of pedagogisch-didactische principes, maar ook en vooral in de school zelf, door te doen en te leren van die doe-ervaringen.



Figuur 1: LOB-STEM-model

Het volledige LOB-STEM-model (Figuur 1) is een aanklikbaar geheel op een website (Vyvey et al., 2023,

<https://rvo-eclassroom.be/brightlab/blendedstem/start.html>). Het bestaat uit drie lobben. Aangezien het LOB-STEM-model een vakdidactiek blended STEM als doel heeft, werd de lob vakkennis ingevuld door STEM-kunde en de lob pedagogisch-didactische kennis door blended learning in het teken van STEM. Praktijkonderzoek vormde de verbinding tussen de praktijk en de blended STEM-didactiek. Daarom werd de lob praktijk ingevuld door praktijkonderzoek. Elke lob bevat een introductie gestaafd door onderzoeksliteratuur, praktijkvoorbeelden uit de klas en aan de slag opdrachten voor de lerarenopleiding. In het centrum komt dit samen tot een vakdidactiek blended STEM met uitgewerkte blended leermaterialen en de resultaten van het bijbehorende praktijkonderzoek. De vakdidactische modellen van Shulman (1986) en Ardui et al. (2011) tonen aan dat kwalitatief STEM-onderwijs geen sinecure is. Vakkennis is immers een belangrijke pijler binnen de modellen en geïntegreerde STEM-didactiek wil minstens twee van de disciplines fysica, chemie, biologie, techniek, elektrotechnieken, houttechnieken, wiskunde, etc. met elkaar verbinden. Het lijkt quasi-onmogelijk dat een leraar expert is in al deze vakdidactieken. (Student)leraren moeten daarom leren samenwerken. Dat kan in TDT's waarin ze vakexpertise samenleggen om leermaterialen te (her)ontwerpen (Demeester et al., 2021). Het LOB-STEM-model voegt samenwerken in TDT's toe aan het V3D-model (lichtblauwe ring) en dit wordt beschouwd als een vorm van professionalisering.

De lobben in het model

De lobben van het model kregen vorm door het samenbrengen van bestaande expertise rond geïntegreerde STEM in het secundair onderwijs en blended learning in het secundair en hoger onderwijs. Het geheel werd aan de klaspraktijk getoetst door praktijkonderzoek.

STEM-kunde

De ontwikkeling van het LOB-STEM-model vertrekt van bestaande expertise rond geïntegreerd STEM-onderwijs (zie bv. National Research Council, 2014; Vlaamse Overheid, 2021). STEM wordt gezien als een geheel van verbindende wetenschappelijke en ingenieursvaardigheden, verbindende concepten en disciplinaire kernideeën. De interactie tussen STEM-disciplines wordt visueel gemaakt door de STEM-helix van het Inkleurmodel (Figuur 2), die elke discipline voorstelt door een DNA-streng. Door de strengen in te kleuren, wordt zichtbaar welke disciplines aanwezig zijn in een STEM-project en in welke mate (Andreotti

et al., 2017). De bruggen van de STEM-helix tonen de samenhang tussen de disciplines. STEM is immers een samenspel van eigenheid en verbinding tussen STEM-disciplines.



Figuur 2: STEM-helix

Blended learning

Blended learning is een intentionele integratie van online en F2F-onderwijs op zowel de schoollocatie als andere omgevingen, zoals buitenlocaties en culturele sites (Boelens et al., 2015). Het gaat hierbij om een leeromgeving waarin een verscheidenheid aan (vooral technologisch ondersteunde) onderwijsleeractiviteiten doordacht gecombineerd worden. In het LOB-STEM-model verwijst blended learning dus niet alleen naar het combineren van online en F2F-onderwijs op school en thuis. We trekken deze benadering door binnen de schoolomgeving zelf, bijvoorbeeld via het lab of de buitenruimte.

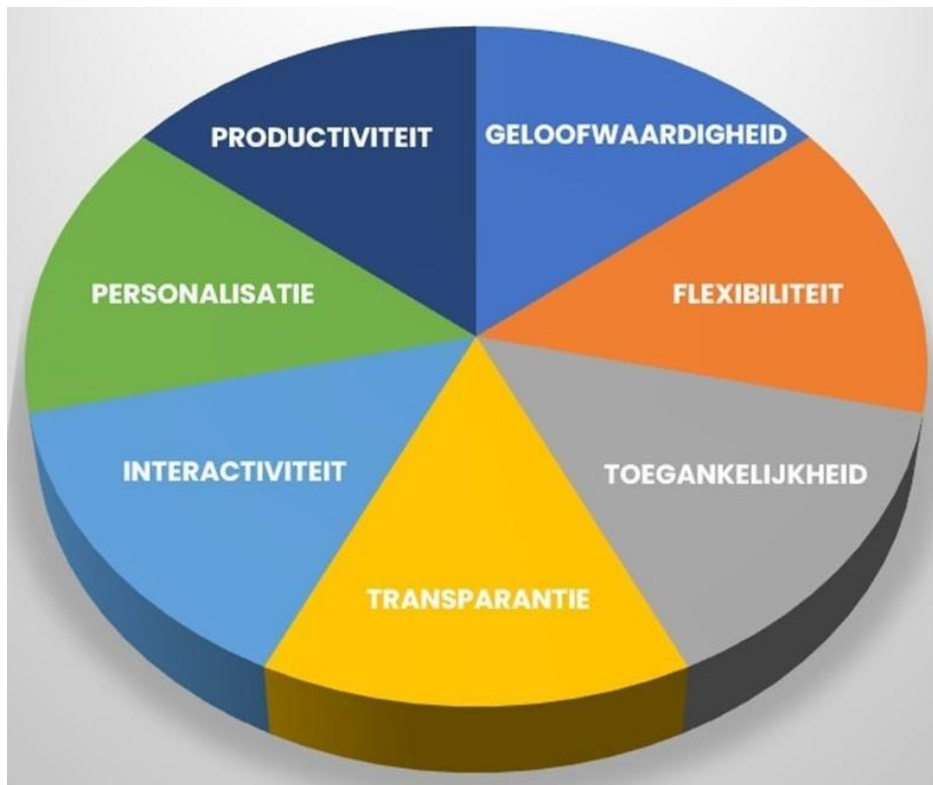
Blended learning kan de STEM-leraar op verschillende manieren ondersteunen (zie Archibald et al., 2021; Vyvey et al., 2023):

- De STEM-leraar als expert in alle STEM-disciplines bestaat niet. Co-teaching is daarom een meerwaarde. Is co-teaching niet mogelijk, dan kan een STEM-leraar digitaal een collega of vakexpert in de klas halen met bijvoorbeeld een filmpje.
- De STEM-leraar kan de wereld in de klas trekken met filmpjes en apps die bijvoorbeeld ontoegankelijke plaatsen toegankelijk maken. Dit kan

gecombineerd worden met doe-activiteiten, zoals experimenteren en ontwerpen.

- Bij outdoor learning kunnen leerlingen zich met behulp van digitale tools voorbereiden vooraleer ze eropuit trekken: flipping the classroom maar dan buiten de klas.
- Blended learning is handig om te differentiëren en face-to-face-momenten doelgericht te implementeren. Directe feedback is op die manier mogelijk.
- Blended learning kan leerlingen begeleiden naar meer zelfsturing. Door leerlingen bijvoorbeeld te laten werken met een online leerpad kan je ze ondersteunen in hun planning, onderzoeksopzet, ontwerpstappen, etc. Leerlingen worden zo gestimuleerd om eigen keuzes te maken in een gestructureerde omgeving.

Het succes van de implementatie van een blended STEM-project verhoogt als voldaan is aan een aantal succesfactoren. We selecteerden succesfactoren voor blended learning voor het secundair onderwijs op basis van een literatuurstudie rond kwaliteitszorg in het hoger onderwijs (Blieck et al., 2019) (Figuur 3). Dit wegens gebrek aan studies rond succesfactoren voor blended learning in het secundair onderwijs.



Figuur 3: Succesfactoren voor blended STEM in het Secundair Onderwijs.

- **Flexibiliteit:** Blended learning laat flexibiliteit in plaats en tijdstip van de leeractiviteit toe. Dit blijft ook na de coronacrisis belangrijk voor inclusief lesgeven, bv. via bednet voor zieke kinderen. Door plaatsafhankelijk leren kunnen leerlingen bijvoorbeeld ook in het Open Leercentrum van de school werken.
- **Toegankelijkheid:** Leerlingen moeten de leermaterialen gemakkelijk kunnen gebruiken en er moet voldoende ondersteuning zijn (online en F2F).
- **Transparantie:** Voor de start van het project moet het voor de leerlingen duidelijk zijn hoe de blend van activiteiten eruit ziet, wat de deadlines zijn en hoe er geëvalueerd wordt.
- **Interactiviteit:** De blend moet interactie met medeleerlingen bevorderen, bijvoorbeeld door opdrachten waarbij leerlingen moeten samenwerken of met elkaar in dialoog gaan. Ook interactie tussen leerling en leraar is belangrijk, bijvoorbeeld bij feedbackmomenten.
- **Personalisatie:** Een goede blend sluit aan bij de interesses van de leerlingen en laat leerlingen eigen keuzes maken. Leerlingen kunnen hun

eigen leerpad volgen met kansen tot oefenen, fouten maken en bijsturing op basis van feedback. Er is ruimte voor dialoog en individuele begeleiding.

- Productiviteit: Het project is uitdagend en zorgt dat leerlingen actief aan de slag gaan. De evaluatie stimuleert actieve participatie van de leerlingen.

Belangrijk is om de STEM-leerdoelen steeds voorop te stellen en de selectie van digitale en F2F-werkvormen hierop af te stemmen. Deze richtlijnen werden getoetst in het onderwijsveld door middel van praktijkonderzoek.

Praktijkonderzoek naar Blended STEM

In het onderwijs is praktijkonderzoek systematisch onderzoek van leraren, eventueel versterkt door andere onderwijsprofessionals, om antwoorden over de eigen onderwijspraktijk te verkrijgen. Zo kunnen leraren de school- en klaspraktijk zinvol verbeteren en vernieuwen (Van der Donk & Van Lanen, 2020). Binnen de lerarenopleiding aan de Vrije Universiteit Brussel (VUB) is een team van studentleraren en een lerarenopleider-onderzoeker (coach) samen met een STEM-team op de desbetreffende school dieper ingegaan op praktijkgericht onderzoek voor blended STEM. Dit gebeurde via het traject Onderzoekende School?! wat een evenwaardig samenwerkingsverband is dat een brug slaat tussen schoolpraktijk en lerarenopleiding (Willegems et al., 2016). In University Colleges Leuven Limburg (UCLL) hebben laatstejaarsstudenten STEM in TDT's met een mentor van een school en een lerarenopleider als coach blended STEM-projecten ontwikkeld en uitgerold in een school. Het praktijkonderzoekstraject werd ontwikkeld op basis van de Europese projecten Linpilcare en 3DiPhE (Lovatt et al., 2020; Vyvey et al., 2020). Telkens lag de focus op het versterken van het STEM-leren voor leerlingen met aandacht voor blended leselementen.

(Student)leraren professionaliseren in blended STEM

Door samenwerking in TDT's kunnen leraren vakexpertise samenleggen, reflecteren over de nieuwe vorm van lesgeven die STEM is en actief vormgeven aan hun STEM-lespraktijk (Demeester et al., 2021). Ook het doelmatig inzetten van ICT-tools in de klas vraagt de nodige vakdidactische expertise en samenwerking. De lichtblauwe cirkel in het LOB-STEM-model beschrijft strategieën die je als lerarenopleider kan inzetten om (student)leraren op te leiden in blended STEM. Dit is gebaseerd op het SQD-model dat zes

kernstrategieën bevat om studentleraren te leren hoe ze ICT kunnen implementeren in hun klaspraktijk (Tondeur et al, 2016).

Strategie 1: Lerarenopleider als rolmodel

Lerarenopleiders oefenen het beroep uit dat ze hun studenten willen aanleren: leraar. Hun didactisch handelen is altijd zichtbaar voor hun studenten en weerspiegelt impliciet of expliciet hun didactische uitgangspunten (Swennen et al., 2008). In de context van blended STEM zijn lerarenopleiders een rolmodel door blended learning te integreren in hun eigen praktijk. Door hun handelen te expliciteren tonen opleiders hoe blended learning STEM-onderwijs kan versterken.

Strategie 2: Reflecteren

Lerarenopleiders reflecteren samen met student-leraren over de rol van blended learning binnen STEM: Welke begeleiding leidt tot de beste STEM-leerresultaten? Wanneer is face-to-face begeleiding door de leraar noodzakelijk en wat kan online? Mogelijke activiteiten zijn observaties, discussiegroepen, of het bestuderen van een casus. Zo krijgen opvattingen van student-leraren een plaats. Door onderwijsopvattingen te (h)erkennen en te bespreken heeft innovatie meer kans van slagen (Ertmer et al., 2014).

Strategie 3: Ontwerpen van blended STEM-projecten

Door in teamverband projecten te (her)ontwerpen, ontwikkelen (student)leraren zelfvertrouwen en flexibiliteit om binnen STEM te bepalen of en hoe online toepassingen kunnen aansluiten bij face-to-face onderwijsleersituaties (Polly et al., 2010).

Strategie 4: Samenwerking

(Student)leraren die deel uitmaken van een team met een goede teamsfeer ervaren dit als een steun en verrijking (Lovatt et al., 2020). Samenwerking kan drempelverlagend werken om digitale tools te implementeren (Angeli & Valanides, 2009) en STEM-onderwijs vorm te geven (De Meester et al., 2021).

Strategie 5: Authentieke ervaringen

Studentleraren moeten kansen krijgen om het potentieel van blended learning te verkennen in authentieke STEM-contexten (Instefjord & Munthe, 2017). Studentleraren blijken immers online activiteiten weinig te gebruiken voor

leerlinggerichte activiteiten (Tondeur et al., 2017), zoals bijvoorbeeld probleemgestuurd STEM-onderwijs. Via stages of micro-lessen kunnen zij dergelijke praktijken uitproberen.

Strategie 6: Feedback voorzien

Valide en betrouwbare evaluatie van (student)leraren is noodzakelijk, maar vooral onmiddellijke feedback helpt (student)leraren groeien (Scheeler et al., 2004). Valide feedback en evaluatie behelst de drie componenten van het LOB-STEM-model:

- STEM-kunde: Is er zinvolle verbinding tussen STEM-disciplines? Voorziet het project een uitdaging? Wekt het verwondering van leerlingen op? Zet het project in op gepaste STEM-doelen?
- Blended learning: Is er een zinvolle blend van activiteiten? Is er voldaan aan de zes succesfactoren voor blended learning?
- Praktijkonderzoek: Is de onderzoeksvraag onderzoekbaar en zinvol? Heeft de (student)leraar op minstens drie manieren data verzameld (triangulatie)? Zijn de conclusies gebaseerd op de verzamelde data en beantwoorden ze de onderzoeksvraag? Hebben de (student)leraren nagedacht over de implementatie van hun onderzoeksresultaten in hun klaspraktijk?

Een manier om in te zetten op de kernstrategieën is samenwerking in TDT's waarbij studentleraren samen projecten (her)ontwerpen, reflecteren, authentieke ervaringen delen en feedback krijgen.

LOB-STEM-model in de praktijk

Het LOB-STEM-model wil (student)leraren en lerarenopleiders inspireren om STEM verder te implementeren in de praktijk op een manier waarop de fysieke en digitale omgeving elkaar versterken. We bespreken kansen en valkuilen van de blended STEM-didactiek in de klas en geven zo handvaten voor (student)leraren die blended STEM willen implementeren. Vervolgens geven we tips voor de lerarenopleider als coach om studentleraren via TDT's op te leiden in de blended STEM-didactiek. Tenslotte geven we suggesties voor vervolgonderzoek.

Blended STEM in de klas

Studentleraren hebben in TDT's de implementatie van blended STEM in hun klas met praktijkonderzoek onderzocht. Om de resultaten meer reikwijdte te geven werden vijf klassen bij het praktijkonderzoek betrokken (Tabel 1). Hoewel alle

leerlingen uit deze klassen voor STEM in hun lessenspakket kiezen, is het profiel van de leerlingen uiteenlopend: de basisoptie STEM-wetenschappen oriënteert leerlingen naar een STEM-richting in de bovenbouw, Natuurwetenschappen is meer theoretisch georiënteerd, terwijl Biotechnieken meer praktisch gericht is. De richting Technologische wetenschappen heeft een sterke ingenieurscomponent.

Klas	Onderzoeksvraag	Dataverzamelings- methodes	Conclusies
2e jaar 1e graad STEM- Wetenschappen 14 lln.	STEMmige taal: Waar moeten we op letten als we willen dat leerlingen maximaal kunnen exploreren met het MIDI-keyboard bij het componeren van een rap?	-Analyse van foto's en videofragmenten -Observatieverslagen van leerlingen door de mentor -Observaties van het verloop van de blended STEM-lessen door de mentor -Observaties met fieldnotes door de studentleerkrachten	-Nood aan een duidelijke structuur om zelfstandig te kunnen werken. -Nood aan duidelijke voorbeelden.
1e jaar 2e graad Natuur- wetenschappen 26 lln.	Verhoogt de toepassing van een blended aanpak in een STEM project de interesse (en motivatie) van (3e-jaars) leerlingen in STEM?	-Enquêtes bij de leerlingen -Belevingstoetsingen bij leerlingen na elke les van het STEM-project -Klasobservaties door studentleerkracht	-Stijgende motivatie, zowel bij het klassiek STEM-traject als bij het blended STEM-traject. -Hogere interesse voor blended lessen met wetenschappelijke apps en instructievideo's dan voor volledige F2F-lessen. -Nood aan een duidelijke inleiding van de les. -Verhoogd engagement door ondersteuning van en interactie met de leraar. -Verhoogde motivatie als een authentiek en overkoepelend thema ('survival') gekoppeld wordt aan een combinatie van hands-on en outdoor leeractiviteiten.
1e jaar 2e graad Technologische Wetenschappen 6 lln.	Engageren in de materialen van geïntegreerde lessen fysica en informatica: Wat is de invloed van de vakdidactische aanpak van het 5E model (Bybee et al., 2006) in een blended learning omgeving?	-Klasobservaties door de mentor -Klasobservaties met fieldnotes door de studentleerkrachten -Bevragingen van leerlingen	-Concentratie gestimuleerd door afwisseling tussen F2F en online opdrachten. -Nood aan duidelijke en gestructureerde leermaterialen zodat de leerlingen zelfstandig kunnen werken. -Nood aan goede afspraken rond het computergebruik op school.
1e jaar 2e graad Biotechnieken 12 lln.	Kan het inzetten van blended werkvormen de zelfstandigheid van leerlingen vergroten bij onderzoekend leren?	-Analyse van opnames van lesonderdelen -Klasobservaties met fieldnotes -Interview met de mentor -Analyse van de toetsresultaten -Analyse van de ingevulde werkbundels	-Leerlingen zelfstandig leren onderzoeken mogelijk via blended format. -Nood aan een goede inleiding van de taken door de leerkracht in de klas. Een zuivere 'flipping the classroom', waarbij de leerlingen zelfstandig leerstof doornemen, werkt niet. -Zelfstandig notities nemen is moeilijk. Werkbundels zijn onvolledig ingevuld.
2e jaar 2e graad Natuur- wetenschappen 30 lln.	Hoe kan een bestaande STEM e-cursus aangepast worden om tot een kwaliteitsvol Blended STEM project te komen voor het vierde jaar Doorstroom STEM?	-Bevragingen van de leerlingen naar de kwaliteit van het STEM-project -Focusgroep met 10 leerlingen -Klasobservaties door de (student)leerkrachten	-Variatie in interactievormen is een troef. -(Online) samenwerken is een meerwaarde. -Digitaal werken is leuker in een blended format, ook voor leerlingen die niet graag online werken. -Nood aan meer duidelijkheid rond het wat en waarom van de fijnstofmetingen. -Uitgesproken voorkeur voor audio's en filmpjes boven online lezen. -Enthusiasme voor outdoor activiteiten. -Nood aan meer differentiatie en meer keuzemomenten. -Chaotisch verloop van de eerste les door internetproblemen.

Tabel 1: Overzicht van het praktijkonderzoek in de vijf verschillende klassen.

De resultaten van de verschillende klassen bevestigen en vullen elkaar aan ondanks het uiteenlopend profiel van de leerlingen. De leerlingen zijn over het algemeen enthousiast over de blended STEM-projecten, iets wat eerdere studies bevestigen (Chiu, 2021). Het praktijkonderzoek illustreert hierbij de invloed van de geselecteerde succesfactoren op de perceptie van de leerlingen. Een goede toegankelijkheid van de leermaterialen is een absolute vereiste voor een goede blended STEM-les. In een klas zorgden internetproblemen voor een chaotisch lesverloop, in een andere klas gaven leerlingen aan dat ze duidelijke richtlijnen rond het computergebruik belangrijk vonden. Verder valt het belang van de succesfactor transparantie op. In alle klassen hebben leerlingen nood aan duidelijkheid op alle niveaus: inleiding tot de opdrachten, instructies wanneer online of offline te gaan, structuur in de lesopbouw en voorbeelden. In twee

klassen kwam de succesfactor interactiviteit aan bod. Het gaat hier zowel om interactie met medeleerlingen als om interactie met en scaffolding van de leraar. Dit is in lijn met de bevindingen van Kuo et al. (2014). Leerlingen van twee klassen geven aan dat een goede blend van activiteiten (online, F2F en outdoor) helpt om hun productiviteit te verhogen, terwijl in een andere klas leerlingen op het einde van de lessenreeks zelfstandig een onderzoek konden uitvoeren. Er zijn ook valkuilen voor de productiviteit: leerlingen lezen niet graag lange teksten op een scherm, geven aan snel afgeleid te raken als ze lang zelfstandig of in grote groepen aan een computer moeten werken en nemen moeilijk zelfstandig notities (telkens onderzocht in een klas). Het praktijkonderzoek naar de succesfactor personalisatie gaf aan dat leerlingen meer differentiatie en keuzemomenten willen.

Professionaliseren van (student)leraren via TDT's

Het LOB-STEM-model biedt inspiratie, onderbouwing vanuit de literatuur en handvaten voor leraren en lerarenopleiders. Studentleraren laten samenwerken in TDT's blijkt een mogelijke werkvorm te zijn om het LOB-STEM-model te laten indalen in de lerarenopleiding. Onderzoek toont namelijk aan dat de impact van de leraar op het leren van de leerling het snelst toeneemt als leraren samen leren (Hattie, 2017). Het werken in Teacher Design Teams (TDT's) met (student)leraren zet daarnaast in op de besproken kernstrategieën die volgens literatuurstudies blended learning bevorderen. Het werken in TDT's lukt echter enkel als ze gecocht worden in een vertrouwensklimaat (Peeters, 2020). (Student)leraren moeten zich veilig voelen en openlijk durven praten over hun ervaringen en hun (verschillen) in visie. Een TDT functioneert beter als teamleden goed samenwerken, elkaar steunen, gelijkwaardige inspanningen leveren en constructieve feedback geven aan elkaar (Gast et al., 2017). Een goede coach volgt het ontwikkelwerk van het TDT (Becuwe et al., 2016), maar vindt het juiste evenwicht tussen actief ondersteunen en de autonomie van het TDT respecteren. Hij/zij stuurt het leerproces aan door doelen te stellen (individuele, team- en opleidingsdoelen), deze te bespreken en op elkaar af te stemmen (Meirink et al., 2010). De coach zet daartoe op het juiste moment de juiste methodiek in (Linder, 2011): bijvoorbeeld STEM-methodieken, zoals het inkleurmodel (Andreotti et al., 2017), de COOL-methodiek om STEM-leermaterialen te ontwerpen (De Meester et al., 2021), de stappen van praktijkonderzoek, maar ook coachingsmethodieken (Lovatt, 2020).

De coach is eveneens verantwoordelijk voor de organisatie van het TDT (McLaughlin & Talbert, 2001). Dat omvat een planning voor het traject, een agenda voor elke bijeenkomst, een locatie en de nodige communicatie. Een blended omgeving voor TDT's biedt voordelen: online tools bieden kansen voor kortere ontmoetingen tussen fysieke samenkomsten zonder tijdsverlies door de reisafstand (Elliott, 2017). De TDT-leden krijgen echter eigenaarschap over zowel hun eigen leerproces en leermaterialen als over de timing, locatie, etc. De coach beslist alleen als dat binnen het TDT niet lukt. Een TDT functioneert optimaal bij gedeeld leiderschap (Binkhorst et al., 2017).

Van alle bijeenkomsten is de eerste de belangrijkste (Peeters, 2020; Handelzats, 2009). Het is zinvol om er voldoende tijd (halve dag) voor te voorzien. Hoe minder de teamleden vertrouwd zijn met het werken in een TDT, hoe belangrijker de rol van de coach bij de start (Becuwe, 2016). Basisingredienten van de eerste workshop zijn (Peeters, 2020):

- een kennismakingsfase (ook als de (student)leraren elkaar al kennen is dit vaak zinvol),
- het verwachte engagement,
- een overzicht van alle bijeenkomsten en activiteiten,
- het doel van de bijeenkomst,
- vaak een inleiding in één of meerdere methodieken,
- een reflectiemoment.

Mits de hierboven beschreven ondersteuning kunnen TDT's een krachtig middel zijn om de professionele ontwikkeling van de (student)leraren te bevorderen (Borko, 2004).

Suggesties voor vervolgonderzoek

Er wordt aanbevolen om het LOB-STEM-model in toekomstig onderzoek verder te valideren, zowel op het niveau van de klas, als op het niveau van de lerarenopleiding. Blended STEM is immers een complexe innovatie waarbij, naast de technologische en individuele leraarkenmerken, het succes ook afhankelijk is van de specifieke context waarin leraren werken.

De succesfactoren bieden TDT's handvaten om blended STEM-projecten kwaliteitsvol te ontwikkelen. Vervolgonderzoek zou eruit kunnen bestaan om systematisch na te gaan of en hoe deze succesfactoren gebruikt kunnen worden om het blended STEM-project te evalueren en bij te sturen.

Verder toont literatuur aan dat de coach een cruciale factor speelt in de werking van TDT's. Verder onderzoek naar coaching en efficiëntie van TDT's in de lerarenopleiding is aangewezen.

Tenslotte kan nagegaan worden in welke mate de resultaten generaliseerbaar zijn binnen en buiten de context van het Vlaamse onderwijs. Een stimuleringsbeleid vanwege de onderwijsoverheid, via bijvoorbeeld het subsidiëren van ICT-infrastructuur, of het voorzien van training op het vlak van Blended STEM (zie bijvoorbeeld iSTEM, 2024) is daarbij van belang. Naast het niveau van nationale onderwijsautoriteiten zou toekomstig onderzoek ook rekening moeten houden met het leerlingniveau. Het gevaar bestaat immers dat achtergrondkenmerken van leerlingen leiden tot een digitale kloof.

Conclusie

Het LOB-STEM model verbindt kaders rond STEM, blended learning en praktijkonderzoek met als doel zowel lerarenopleiders als STEM-leerkrachten te ondersteunen en te inspireren. Hierbij kan praktijkonderzoek inzicht geven in de kansen en valkuilen van de blended STEM-aanpak in de klas en helpen bij het verder optimaliseren van het LOB-STEM model. Als lerarenopleider kan je studentleraren laten samenwerken in TDT's om hen de blended STEM-didactiek bij te brengen. Zo komen studentleraren in contact met nieuwe lespraktijken en geven ze actief vorm aan hun eigen lespraktijk.

Het project 'Blended STEM onderzocht' werd gesubsidieerd door de Vlaamse overheid. We bedanken de scholen IKSO Hoeselt, Spectrumcollege Beringen, Lutgardiscollege Oudergem, Gito Overijse en De Ring Leuven voor hun medewerking.

Auteurs

Dr. Katrien Vyvey is doctor in de wetenschappen. Ze was tien jaar lerarenopleider aan Thomas More en werkt momenteel als vakdidactisch onderzoeker fysica en STEM aan hogeschool UCLL. Daarnaast schrijft ze handboeken fysica voor het secundair onderwijs.

Katrien.Vyvey@ucll.be

Renaat Frans is vakdidacticus fysica en STEM aan de lerarenopleiding van hogeschool UCLL. Hij richtte het Expertisecentrum Art of Teaching (AoT) op, een onderzoekseenheid gericht op vakdidactische kennis (PCK) waar meerdere

disciplines samenkomen, zoals STEM.

Renaat.Frans@ucll.be

Liesbeth Noppen heeft 19 jaar ervaring als leerkracht chemie en biologie in de diverse Brusselse meertalige context. Sinds 2020 is ze vakstagebegeleider biologie en chemie en praktijkonderzoeker in STEM-projecten bij het Multidisciplinair Instituut LerarenOpleiding (MILO) van de Vrije Universiteit Brussel.

liesbeth.noppen@vub.be

Ilse Ooghe is directeur van RVO-Society, moederorganisatie van STEM-labo Brightlab en Scivil kenniscentrum citizen science. Ilse is bio-ingenieur en master educational sciences. Ze heeft ervaring als lector en coördinator van lerarenopleiding CVO De Oranjerie en was directeur SO bij KAMSA.

Ilse@RVO-Society.be

Prof. dr. Jo Tondeur studeerde in 1996 af als leraar secundair onderwijs en werkte in verschillende Brusselse scholen. Na zijn studies pedagogische wetenschappen startte hij een doctoraatsonderzoek over ICT-integratie in onderwijs. Momenteel werkt hij als onderwijstechnoloog aan de VUB-lerarenopleiding en de UoW.

jo.tondeur@vub.be

Prof. dr. Iris Stiers is docent vakdidactiek wetenschappen bij het Multidisciplinair Instituut LerarenOpleiding (MILO) van de Vrije Universiteit Brussel. Haar onderzoek is onder meer gericht op motivatie voor en integratie van (blended) STEM, milieueducatie, veerkracht van wetlands en impact en beheer van biologische invasies.

iris.stiers@vub.be

Referenties

Andreotti, E., Frans, R., De Coninck, I., De Lange, J., Sermeus, J., & Van Landeghem, J. (2017). Eindrapport Vlaams Lerend Netwerk STEM SO.

Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52, 154-168.

Archibald, D. E., Graham, C. R., & Larsen, R. (2021). Validating a blended teaching readiness instrument for primary/secondary preservice teachers. *British Journal of Educational Technology*, 52(2), 536-551.

Ardui, J., De Cock, M., Frans, R., Hinnekint, K., Reybrouck, M., Schrooten, E., Vanesser, E., & Vyvey, K. (2011). Inspiratiegids voor een kwaliteitsvolle vakdidactiek. School of Education. ISBN 9789081346757.

Becker, K., & Park, K. (2011) Integrative Approaches among Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Meta-Analysis. *Journal of STEM Education* 12 (5), 23-38.

Becuwe, H., Tondeur, J., Pareja Roblin, N., Thys, J., & Castelein, E. (2016). Teacher design teams as a strategy for professional development: The role of the facilitator. *Educational Research and Evaluation*, 22(3-4), 141-154.

Bernard, R. M., Borokhovski, E., Schmid, R. F., Tamim, R. M., & Abrami, R. C. (2014). A meta-analysis of blended learning and technology use in higher education: from the general to the applied.

Journal of Computing in Higher Education, 26, 87 – 122.

<https://doi.org/10.1007/s12528-013-9077-3>

Binkhorst, F., Handelzalts, A., Poortman, C. L., & van Joolingen, W. R. (2015). Understanding teacher design teams: A mixed methods approach to developing a descriptive framework. *Teaching and Teacher Education*, 51, 213-224.

<https://doi.org/10.1016/j.tate.2015.07.006>

Binkhorst, F., Poortman, C.L. & van Joolingen, W.R. (2017). A qualitative analysis of teacher design teams: In-depth insights into their process and links with their outcomes. *Studies in Educational Evaluation* 55, 135-144.

<https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.10.001>

Blieck, Yves & Kauwenberghs, Kurt & Zhu, Chang & Struyven, Katrien & Pynoo, Bram & DePryck, Koen. (2019). Investigating the relationship between success factors and student participation in online and blended learning in adult education. *Journal of Computer Assisted Learning*. 35. 1-15. Available at: <https://doi.org/10.1111/jcal.12351>

Boelens, R., Van Laer, S., De Wever, B. and Elen, J. (2015). Project report. Retrieved from Adult Learners Online: Blended learning in adult education: towards a definition of blended learning <https://biblio.ugent.be/publication/6905076>

Borko, H. (2004). Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. *Educational Researcher*, 33(8). https://stacks.stanford.edu/file/druid:vc541fv0664/Borko-PD_and_Teacher_Learning.pdf

Chapman, C., Muijs, D., Reynolds, D., Sammons, P., & Teddlie, C. (Eds.). (2015). The Routledge international handbook of educational effectiveness and improvement: Research, policy, and practice. Routledge.

Chiu, M-H., & Krajcik, J., (2020) Reflections on Integrated Approaches to STEM Education: An International Perspective. In Anderson, J., & Li, Y. (eds), Integrated Approaches to STEM Education, Advances in STEM education (pp. 544-558). Springer Nature Switzerland AG.

Chiu, T. K. F. (2021). Student engagement in K-12 online learning amid COVID-19: A qualitative approach from a self-determination theory perspective. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1926289>

De Meester, J., De Cock, M., Langie, G., & Dehaene, W. (2021). The Process of Designing Integrated STEM Learning Materials: Case Study towards an Evidence-based Model. *European Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.20897/ejsteme/11341>

Departement Onderwijs en Vorming (2020). <https://www.vlaanderen.be/kenniscentrum-digisprong>.

Elliott, J. C. (2017). The evolution from traditional to online professional development: A review. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 33(3), 114-125.

Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., & Tondeur, J. (2014). Teachers' beliefs and uses of technology to support 21st-century teaching and learning. *International handbook of research on teacher beliefs*, 403.

Gast, I., Schildkamp, K., & van der Veen, J. T. (2017). Team-Based professional development interventions in higher education: A systematic review. *Review of Educational Research*. [doi:10.3102/0034654317704306](https://doi.org/10.3102/0034654317704306).

Handelzalts, A. (2009). Collaborative curriculum development in teacher design teams (Doctoral dissertation, University of Twente, Enschede, The Netherlands). Retrieved from http://doc.utwente.nl/67385/1/thesis_A_Handelzalts.pdf

Hattie, J. (2017). Hattie Ranking: 252 Influences And Effect Sizes Related To Student Achievement. Retrieved January 24, 2023 from <https://visible-learning.org/hattie-ranking-influences-effect-sizes-learning-achievement>

Instefjord, E. J., & Munthe, E. (2017). Educating digitally competent teachers: A study of integration of professional digital competence in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 67, 37-45.

iSTEM (opgehaald op 15.02.2024). <https://www.istem.be>.

Harris, J., Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60-70.

Kuo, Y., Belland, B.R., Schroder, K.E.E., & Walker, A.E. (2014). K-12 teachers' perceptions of and their satisfaction with interaction type in blended learning environments. *Distance education*, 35(3), 360-381. <http://dx.doi.org/10.1080/01587919.2015.955265>

Linder, S. M. (2011). The facilitator's role in elementary professional mathematics professional development. *Mathematics Teacher Education and Development*, 13(2), 44-66.

Le, H.C., Nguyen V.H., & Nguyen T.L. (2023) Integrated STEM Approaches and Associated Outcomes of K-12 Student Learning: A Systematic Review. *Education Sciences* 13 (3), 297. <https://doi.org/10.3390/educsci13030297>

Lovatt, J., Grimes, P. & McLoughlin, E. (2020). www.3diphe.eu/ebook, VOLUME 4: *Educational Design Research for Teacher Professional Learning*, Appendix B.

Margot, K.C. & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education* 6, 2 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>

McDonald, C. (2016). STEM Education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. *Science Education International*, 27, 530–569.

McLaughlin, M. W., & Talbert, J. E. (2001). Professional communities and the work of high school teaching. *Chicago, IL: The University of Chicago Press*.

Meirink, J. A., Imants, J., Meijer, P. C., & Verloop, N. (2010). Teacher learning and collaboration in innovative teams. *Cambridge Journal of Education*, 40(2), 161–181. [doi:10.1080/0305764X.2010.481256](https://doi.org/10.1080/0305764X.2010.481256)

National Research Council (2014). STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. Washington, DC: The National Academies Press.

Peeters, W. (2020). www.3diphe.eu/ebook, VOLUME 3: Building professional learning communities.

Polly, D., Mims, C., Shepherd, C.E., & Inan, F. (2010). Evidence of impact: transforming teacher education with preparing tomorrow's teachers to teach with technology (PT3) grants. *Teaching and Teacher Education*, 26, 863-870.

Scheeler, M.C., Ruhl, K.L., & McAfee, J.K (2004). Providing Performance Feedback to Teachers: A Review. *Teacher Education and Special Education*, 27(4), 396-407. <https://doi.org/10.1177/088840640402700407>

Shulman, L. S. (1986). Those who understand. Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* 15(2), 4-14.

Swennen, A., Lunenberg, M., & Korthagen, F. (2008). Preach what you teach! Teacher educators and congruent teaching. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 14 (5-6), 531–542.

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven K., Van de Velde, D., Van Petegem, P. & Depaepe, F (2018). *Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education*. *European journal of STEM education*, Vol.3 (1), 1-12. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>

Tondeur, J., Van Braak, J., Siddiq, F. & Scherer, R. (2016). Time for a new approach to prepare future teachers for educational technology use: Its meaning and measurement. *Computers & Education*, 94 (2016), 134-150.

Tondeur, J., Pareja Roblin, N., van Braak, J., Voogt, J., & Prestridge, S. (2017). Preparing beginning teachers for technology integration in education: ready for take-off?. *Technology, Pedagogy and Education*, 26(2), 157-177.

Van der Donck, C., & Van Lanen, B. (2020) Praktijkonderzoek in de school.

Versmissen, F., Buelens, W., De Wever, B., Rotsaert, T., Schellens, T., Tondeur, J., Surma, T, Valcke, M., & Vanderlinde, R., (2022). Blended learning in het Vlaams secundair onderwijs: Van noodzaak naar structurele implementatie. Onderwijskundig Beleids- en Praktijkgericht Wetenschappelijk Onderzoek. [doi:10.1007/s10639-014-9315-y](https://doi.org/10.1007/s10639-014-9315-y)

Vlaamse Hogescholenraad (2023). Visie op vakdidactiek nijverheidsvakken. https://www.vlaamsehogescholenraad.be/files/vakdidactiek/VAKOVERSCHRIJDE-ND/Visie-op-vakdidactiek-nijverheidsvakken_juli-2023.pdf

Vlaamse Overheid, Departement Werk en Sociale Economie (2021). STEM-agenda 2030. STEM-competenties voor een toekomst- en missiegericht beleid. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/stem-agenda-2030-stem-competenties-voor-een-toekomst-en-missiegericht-beleid>

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, 1235–1244. [doi:10.1016/j.tate.2011.07.003](https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.07.003)

Vyvey, K., Frans, R., & Op den Kelder, J. (2020). www.3diphe.eu/ebook, Volume 4 , p. 109 - 119, University College Leuven-Limburg Belgium Case Study.

Vyvey, K., De Vos, L., Frans, R., Ooghe, I., Stiers, I., Tondeur, J., Vandendbossche, E., & Noppen, L. (2023). Leerkrachten opleiden in Blended STEM. <https://rvo-eclassroom.be/brightlab/blendedstem/start.html>

Willegems, V., Consuegra, E., Engels, N., & Struyven, K. (2016). Onderzoekende school?! Professionaliseren tot de vierde macht. Impuls voor onderwijsbegeleiding, 46(4), 156-165. <https://www.onderzoekendeschool.be/>