

Experimenteren en redeneren bij Weten

Hoe haal je het maximale uit je onderwijs in Wetenschap en Technologie (W&T)? En welke rol speelt taal daarbij? In dit artikel laten we de relatie zien tussen taal en W&T en presenteren we de opzet en resultaten van een grootschalig onderzoek in groep 6 van de basisschool. Tot slot beschrijven we de ervaringen met de ontwikkelde lesmaterialen die gratis beschikbaar gesteld zijn en doen we een aanzet voor de volgende stap in de vertaalslag van de inzichten naar de onderwijspraktijk.

Wat is W&T-onderwijs?

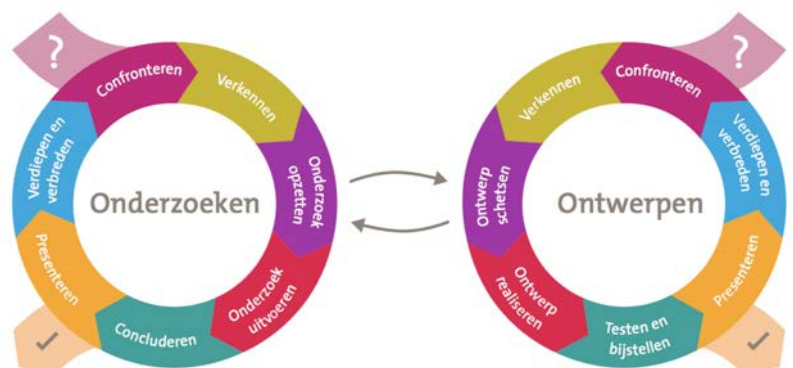
In 2020 moeten alle basisscholen in Nederland structureel wetenschap en technologie (W&T) aanbieden (Nationaal Techniepact 2020). In het richtinggevend leerplankader voor W&T (Van Graft, Klein Tank, & Beker, 2014, p.9) wordt W&T gedefinieerd als “een manier van kijken naar en benaderen van de wereld”. Het gaat daarbij zowel om kennis, houding en vaardigheden: Kinderen doen kennis op over (natuur) wetenschappelijke en technologische fenomenen, ontwikkelen een nieuwsgierige en kritische houding, en door de bijbehorende procesgeoriënteerde aanpak ontwikkelen ze creatieve en probleemoplossende vaardigheden (Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016; Potvin & Hasni, 2014). Daar ligt ook de kern van het onderzoekend en ontwerpend leren dat vaak in één adem genoemd wordt met W&T: het gaat om vakoverstijgende vaardigheden in het denken en redeneren van kinderen. Taal speelt hierin een belangrijke mediërende rol (Mercer, 2013). Om inhoudelijk en didactisch kwalitatief goed W&T-onderwijs te bieden, dienen leerkrachten dus structureel taal-, onderzoeks- en redeneervaardigheden te oefenen.

Onderzoek naar effectief W&T-onderwijs: uitgangspunten

Ons onderzoek naar effectief W&T-onderwijs is gebaseerd op vier uitgangspunten, die hieronder kort worden toegelicht.

1. Onderzoekend en ontwerpend leren (OOL) is een effectieve didactiek voor W&T-onderwijs

De didactiek van onderzoekend en ontwerpend leren (OOL), ook wel *inquiry-based learning* genoemd, is een effectieve didactiek voor het bijbrengen van kennis en vaardigheden (bijv. Lazonder & Harmsen, 2016; Van der Graaf, Segers, & Verhoeven, 2018). Hoewel er wat verschillen zijn in de uitwerking van deze didactiek, zijn er grofweg vijf fasen te onderscheiden (Pedaste et al., 2015): oriëntatie, conceptuualisatie (onderzoeksvraag en hypothese opstellen), onderzoek (exploratie, experimenteren en interpreteren), conclusie en discussie (reflectie en communicatie). In Nederland is deze didactiek bekend geworden door Kemmers en Van Graft (2007).



Figuur 1: De didactiek van onderzoekend en ontwerpend leren

schap en Technologie

W&T

2. Om goede experimenten te kunnen opzetten moeten leerlingen onderzoeksvaardigheden ontwikkelen. Directe instructie helpt daarbij. Een van de onderzoeksvaardigheden die leerlingen onder de knie moeten krijgen is de *Strategie Eerlijk Experimenteren* (de 'Control-of-Variables Strategy', ook wel de 'CVS'). De CVS houdt in dat slechts één variabele wordt gemanipuleerd en de overige variabelen constant gehouden worden, zodat er eenduidige oorzaak-gevolg conclusies getrokken kunnen worden (Chen & Klahr, 1999). Dit 'trucje' helpt kinderen niet alleen om eerlijke experimenten op te zetten, maar het helpt ze ook in het concluderen omdat ze direct oorzaak aan gevolg kunnen koppelen, en in het opstellen van eenduidige onderzoeksvragen. Deze strategie is echter moeilijk zonder instructie aan te leren, omdat kinderen doorgaans zo snel mogelijk een effect teweeg willen brengen (Wilkening & Huber, 2004). Metastudies tonen dan ook steeds weer aan dat directe instructie op de CVS-strategie noodzakelijk (Schichow, et al., 2016) en effectief is (Chen & Klahr, 1999): het leidt niet alleen tot sterkere toename in vakkennis en onderzoeksvaardigheden, maar ook tot transfereffecten naar nieuwe situaties en inhoud (Wagensveld, Segers, Kleemans, & Verhoeven, 2015).

3. *Taalbevordering en -ondersteuning tijdens OOL zijn essentieel voor het ontwikkelen van onderzoeksvaardigheden.*

Bij het onderzoekend leren wordt een beroep gedaan op de redeneervaardigheid van leerlingen. Taal speelt hierin een belangrijke mederende rol, bijvoorbeeld in het voorspellen, beschrijven, verklaren, en kritisch analyseren van resultaten (Mercer, 2013; Van de Sande, Kleemans, Segers, & Verhoeven, 2019). Recent onderzoek heeft de relatie tussen taal en redeneren vanuit verschillende invalshoeken aangetoond. Zo blijkt bijvoorbeeld dat hardop redeneren sterk samenhangt met probleemoplossend vermogen en zelfsturend werken, en dus het leerrendement kan verhogen. Daarnaast blijkt dat leerlingen die in tweetallen elkaar vragen stellen en samen redeneren over de stappen in een taak effectiever en doelgerichter zijn in leersituaties waarin zij zelfstandig werken (Van de Sande, Segers, & Verhoeven, 2016; 2018). Leerlingen hebben eerst sturing nodig van de leerkracht om de redeneervaardigheden vervolgens gaandeweg meer autonoom toe te kunnen passen. De leerkracht kan met behulp van een taalgerichte aanpak deze sturing realiseren. Denk aan doorvragen en leerlingen uitdagen om voorspellingen, argumentaties en conclusies te verwoorden. Ook het toepassen van taalondersteunende strategieën kan effectief zijn, zoals *scaffolding* van de taaluitingen van leerlingen. De leerkracht biedt dan tijdelijke talige ondersteuning met als uiteindelijke doel dat de kinderen het beoogde taalgebruik zelfstandig gaan overnemen. Een dergelijke taalgerichte aanpak kan het leren verrijken (bijv. Herrenkohl et al, 1999; Webb & Treagust, 2006) en dus de effectiviteit van het W&T-onderwijs vergroten.

Gezien de belangrijke rol van experimenteervaardigheden en taalvaardigheid van leerlingen, stelden we ons de vraag wat het effect is van een korte instructie op beide gebieden op het wetenschappelijk redeneren, de woordenschat en de vakinhoudelijke kennis van kinderen.

4. Sterker ontwikkelde onderzoeksvaardigheden leiden tot meer vakinhoudelijke kennis.

Als een leerling vaardiger wordt in onderzoek, ontwikkelt hij ook meer vakinhoudelijke kennis. Uit onderzoek van Edelsbrunner, Schalk, Schumacher en Stern (2018) blijkt dat kinderen op de basisschool die goed zijn in CVS al voor de start van een lessenserie met onderzoekend leren meer weten over een onderwerp. Na vijftien lessen onderzoekend leren over drijven en zinken, ontwikkelen kinderen met begrip van CVS bovendien meer vakinhoudelijke kennis. Meer evidentie komt uit de studie van Van der Graaf et al. (2018). Zij lieten zien dat ook kleuters die beter zijn in conclusies trekken al meer vakinhoudelijke kennis ontwikkelen.

De onderzoeksvraag en -opzet

Gezien de belangrijke rol van experimenteervaardigheden en taalvaardigheid van leerlingen, stelden we ons de vraag wat het effect is van een korte instructie op beide gebieden op het wetenschappelijk redeneren, de woordenschat en de vakinhoudelijke kennis van kinderen (zie Van der Graaf, Van der Sande, Gijssels, & Segers, 2019). Aan het onderzoek deden 301 leerlingen van twaalf groepen 6 samen met hun leerkracht mee. Alle groepen kregen een lessenserie over constructies, maar niet alle leerlingen en leerkrachten kregen dezelfde instructie vooraf (de pre-instructie) (zie figuur 1).

Taalgerichte lessenserie stevige constructies

De lessenserie bestond uit zes taalgerichte W&T-lessen van een uur. De serie was opgebouwd volgens de cyclus van onderzoekend en ontwerpend leren. Door middel

	Leerlinginstructie	leerkrachtinstructie
Groep		
1	X	X
2	X	
3		X
4 (Baselinegroep)		

Figuur 1: Onderzoeksofzet

van gestuurde experimenten leerden leerlingen wanneer constructies stevig zijn. Daarna werd ontwerpend leren toegepast om de opgedane kennis toe te passen en uit te breiden, in het ontwerpen van een stevige brug. Het experimenteren komt in les 2 en les 3 uitgebreid aan bod. Naast leerdoelen voor W&T en onderzoeksvaardigheden, kent elke les ook een of meer taaldoelen (op het gebied van woordenschat en verschillende niveaus van redeneren). Woordenschat is uitgesplitst in schooltaalwoorden (bijvoorbeeld 'beïnvloeden'), vaktaalwoorden (bijvoorbeeld 'profielen') en onderzoekstaal (bijvoorbeeld 'experiment'). Een voorbeeld van de doelen bij een experiment met vormen en verbindingen vind je in figuur 2.

Leerlinginstructie

De leerlinginstructie bestond uit een les van ongeveer een uur en werd uitgevoerd door de derde auteur. In de leerlinginstructie leerden leerlingen 'eerlijk experimenteren'. De instructie was domeinoverstijgend: leerlingen leerden deze inzichten met behulp van twee knikkerbanen. Bij deze knikkerbanen konden vier variabelen gemanipuleerd worden: de steilheid van de helling (steil of vlak), het materiaal van de helling (ruw of glad), de startpositie van de bal (hoog of laag) en het gewicht van de bal (zwaar of licht). Wat is het effect van deze variabelen op hoe ver de bal rolt? Om dit te onderzoeken kregen leerlingen twee knikkerbanen zodat ze het effect van de variabelen konden vergelijken. Om het effect van één variabele (in dit geval: de startpositie) te onderzoeken, moet de instelling van die variabele variëren en de overige variabelen gelijk ingesteld worden. Bijvoorbeeld: een tweetal wil het effect van de steilheid van de helling onderzoeken: bij welke knikkerbaan rolt de bal het verst? Bij een steile of een minder steile helling? Of anders gezegd: de hellingen moeten dan hetzelfde materiaal hebben, de ballen moeten dan even zwaar zijn en de startpositie van beide knikkers dient ook hetzelfde te zijn. Alleen de steilheid van de helling is verschillend. Tenslotte werd een experiment opgezet in een andere inhoudelijke context: leerlingen dachten na over een onderzoeksofzet waarin zij moesten onderzoeken wat het effect was van één van de variabelen, namelijk de tijd van verkoop, op de hoeveelheid drankjes die verkocht werd in een kraam.

Leerdoelen		
Techniek	Leerlingen ...begrijpen dat de stevigheid van een constructie afhangt van de verbindingen die worden toegepast. ...begrijpen dat de stevigheid van een constructie afhangt van de vormen die worden toegepast.	
Onderzoek	Leerlingen ...kunnen een experiment opzetten. ...kunnen een experiment uitvoeren. ...kunnen bewijzen evalueren.	
Taal	Woordenschat	Onderzoekstaal: onderzoeksvraag, experiment, voorspelling, voorspellen, conclusie, concluderen, variabele, rapporteren Vaktaal: stevig, stevigheid, constructie, vormen, verbindingen Schooltaal: beïnvloeden, afhankelijk
	Redeneren	Chronologisch ordenen Concluderen

Figuur 2. Voorbeeld doelen bij een experiment met vormen en verbindingen

Leerkrachtinstructie

De leerkrachtinstructie bestond uit een workshop van tweeëneen-half uur, waarin leerkrachten leerden hoe zij de taalontwikkeling van leerlingen tijdens onderzoekend leren kunnen bevorderen. Met behulp van videomateriaal, theorie en praktische opdrachten werden de belangrijkste leerkrachtvaardigheden toegelicht. De instructie was domeinoverstijgend: er werden voorbeelden gebruikt uit andere thema's dan constructies. Conform het taalgroei-pakket voor het woordenschatonderwijs (Verhallen & Walst, 2001) werden drie taalgroei-middelen onderscheiden: taalaanbod, taalruimte en feedback. Voor elk van deze drie componenten kregen de leerkrachten suggesties hoe ze hieraan konden werken (zie Gijssel, van de Sande en van der Graaf, 2018 voor meer informatie).

Meetinstrumenten

Om te onderzoeken of de leerling- en leerkrachtinstructie effect hebben gehad op het wetenschappelijk redeneren, de woordenschat en de vakinhoudelijke kennis van kinderen, hebben alle leerlingen voordat ze aan de slag gingen met de lessenserie een aantal toetsen gemaakt. Het wetenschappelijk redeneren werd getoetst met behulp van het Toetsinstrumentarium Wetenschap en Technologie (WeB) (meer informatie zie Van de Sande et al., 2019). Dit instrument meet drie kernvaardigheden die nodig zijn bij experimenteren, namelijk: hypothesen onderbouwen (door onderzoeksvragen en bewijs te evalueren), experimenten opzetten, en conclusies genereren. Wetenschappelijke woordenschat werd getoetst met behulp van een zelf ontworpen woordenschattoets. De vakinhoudelijke kennis werd getoetst door middel van drie zelf ontworpen taken die de kennis over stevige constructies in kaart brachten. Vervolgens zijn de toetsen direct na de lessenserie (korte termijn) en vijf weken later (langere termijn) opnieuw voorgelegd aan de leerlingen.

Analyse en resultaten

Om te onderzoeken of de instructies of een combinatie van de instructies tot een grotere vooruitgang leidden, zijn regressieanalyses met geplande contrasten uitgevoerd. Hieronder vermelden we de resultaten die statistisch significant waren ($p < .05$).

Resultaat 1: Redeneervaardigheden

Een pre-instructie voor leerlingen over het opzetten van eerlijke experimenten draagt bij aan het kunnen toepassen van kennis over goed experimenteren. Zowel direct na de lessenserie als vijf weken erna scoorden zij significant beter op dit onderdeel van de WeB dan leerlingen uit de baselinegroep. Ook de groep die beide instructies kreeg, ging significant meer vooruit op het onderdeel experimenteren dan de baselinegroep. Dit resultaat sluit aan bij andere onderzoeken die het belang van directe instructie ten opzichte van vrije exploratie laten zien in de context van effectief onderzoekend leren (Schichow, et al., 2016). We adviseren op basis hiervan om leerlingen zowel voor als tijdens W&T-activiteiten te instrueren in het opzetten en uitvoeren van experimenten. De leerkrachtinstructie bleek de kennis met betrekking tot onderzoeksvragen formuleren en bewijzen evalueren significant te versterken op beide meetmomenten. Dit aspect van wetenschappelijk redeneren is nodig om onderzoeksvragen om te zetten in experimenten en om experimenten te vertalen naar conclusies en doet een groot beroep op de taalvaardigheid van leerlingen. Het loont dus als je als leerkracht taalbevorderende en taalondersteunende strategieën inzet tijdens je W&T-onderwijs.

We adviseren op basis hiervan om leerlingen zowel voor als tijdens W&T-activiteiten te instrueren in het opzetten en uitvoeren van experimenten.

Resultaat 2: Woordenschat

Op de woordenschattoets bleek alleen een effect op het tweede meetmoment (dus direct na de lessenserie). De groep die beide instructies had ontvangen, scoorde significant beter dan de baselinegroep.

Resultaat 3: Vakinhoudelijke kennis over constructies

De resultaten op dit onderdeel bleken afhankelijk te zijn van de betreffende kennistaak en het meetmoment. Alleen de groep die beide instructies had gekregen, was in het voordeel. Deze groep scoorde significant beter dan de baselinegroep.

Rol van de leerkracht

Deze resultaten suggereren dat de leerkracht met name een sleutelrol heeft bij de

Literatuur

- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development, 70*, 1098-1120.
- Edelsbrunner, P.A., Schalk, L., Schumacher, R., & Stern, E. (2018). Variable control and conceptual change: a large-scale quantitative study in elementary school. *Learning and Individual Differences, 66*, 38-53.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 82*(3), 300-329.
- Gijssel, M., Sande, E. van de, & Graaf, J. Van der (2018). Taal en W&T. Taalbevordering tijdens W&T-lessen. *Meertaal, 1*, 21-23.
- Graaf, J. van der, Sande, E. van de, Gijssel, M.A.R., & Segers, E. (2019). A Combined Approach to Strengthen Children's Scientific Thinking: Direct Instruction on Scientific Reasoning and Training of Teacher's Verbal Support. *Wetenschappelijk artikel resubmitteerd voor publicatie*.
- Graaf, J. van der, Segers, E., & Verhoeven, L. (2018). Individual differences in the development of scientific thinking in kindergarten. *Learning and Instruction, 56*, 1-9.
- Graft, M. van, Klein Tank, M., & Beker, T. (2014). *Wetenschap & technologie in het basis- en speciaal onderwijs. Richtinggevend leerplankader bij het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld*. Enschede: SLO.

koppeling tussen ideeën en het omzetten daarvan in een experiment. In de eerste fasen worden de kennisbasis en de onderzoeksvragen gespecificeerd die de kinderen begeleiden door hun onderzoeken heen. Wanneer kinderen kans krijgen zich het experimenteren eigen te maken door middel van directe instructie hierin kan mogelijk gaandeweg, tijdens het experimenteren en redeneren en concluderen, meer eigenaarschap naar de leerling verschuiven.

Ervaringen van de leerkrachten

Om te onderzoeken hoe de leerkrachten de bruikbaarheid van de lessenserie en de instructies beoordeelden, zijn zij individueel geïnterviewd. Uit de resultaten bleken positieve ervaringen met de leerkrachtinstructie (workshop), en een toegenomen gewaarwording van hoe je W&T-onderwijs taalgericht kan aanbieden. Ook over de leerlinginstructie oordeelden de leerkrachten doorgaans positief: het bracht hen kennis over het belang en toepassen van eerlijk experimenteren, en de materialen werden als motiverend beschouwd. Kritische kanttekeningen werden geplaatst bij de duur van de leerlinginstructie en het feit dat leerlingen veel moesten luisteren voordat ze zelf aan de slag konden gaan. Deze kanttekeningen zijn meegenomen in de doorontwikkeling van de lesmaterialen.

Wat betreft de lessenserie waren de leerkrachten positief over het gericht toewerken naar een einddoel door middel van motiveerende opdrachten en hands-on activiteiten. Veel leerkrachten waren enthousiast over de grote betrokkenheid en motivatie van leerlingen. We vroegen de leerkrachten wat zij sterke punten van de lessenserie vonden. Zij noemden veelal als meerwaarde dat kinderen zelf onderzoek deden. Een leerkracht noemde de duidelijke opbouw in de lessenserie als sterk punt. Daarnaast waardeerden de leerkrachten de bronnen (zoals links naar materiaal voor de oriëntatiefase) en materialen (werkbladen en voorwerpen) die erbij aangeleverd werden.

Implementatie in de praktijk

De materialen die in het onderzoek zijn ontwikkeld hebben hun bruikbaarheid en effectiviteit bewezen. Onze volgende stap is om leerkrachten handvatten te bieden om deze producten en inzichten in hun eigen W&T-lespraktijk te implementeren, zodat het W&T-onderwijs op meer scholen onderzoekend, taalgerichter en effectiever wordt.

Uitgangspunt in deze stap is meer expliciete oefening met onderzoeksvaardigheden tijdens lessen waarin Natuur & Techniek-methodes leidend zijn.

Ongeveer twee derde van de scholen gebruikt een methode voor Natuur- en techniekonderwijs, maar die methodes blijken vaak de focus te hebben op enkel kennisdoelen (bijvoorbeeld het kunnen noemen, herkennen of beschrijven van natuurkundige en technologische fenomenen), stap-voor-stap instructies en gesloten opdrachten. Door de grote nadruk op beschrijvende kennis blijft exploratie en onderzoek onderbelicht. Als er in de methode wel aandacht besteed wordt aan onderzoekend leren (bijvoorbeeld in aanvullende hoofdstukken of in de nieuwere versies van methodes) zie je dit doorgaans terug in de doelen van de les (bijvoorbeeld: “je oefent hoe je een probleem oplost”, “je kijkt naar de oorzaak en het gevolg”) of in een verdiepende/uitdagende opdracht. Systematische instructie om leerlingen specifieke onderzoeksvaardigheden eigen te maken ontbreekt echter.

Daarnaast is er een deel van de scholen dat thematisch of projectmatig werkt door bijvoorbeeld het gebruik van voorbeeldlessen, proefjes, of inschakelen van gastdocenten uit het veld (Inspectie van het onderwijs, 2017). Bij dergelijke activiteiten is er weinig instructie of begeleiding en wordt vaak direct overgegaan tot uitvoering. Dit soort activiteiten komt tegemoet aan het enthousiasmeren en inspireren voor

Het gaat dan dus niet alleen om de woordenschat, maar veel meer om het specifieke taalgebruik dat nodig is binnen de context van wetenschap en techniek.

W&T, maar hier wordt juist vakinhoudelijke kennis weer niet expliciet gestimuleerd. Bovenal blijven ook hier kansen onbenut om onderzoeksvaardigheden van leerlingen expliciet te ondersteunen.

Ook wat betreft taalbevordering tijdens W&T is er nog een verbeteringslag mogelijk: In de huidige methodes is er vooral veel aandacht voor woordenschat. In een apart hoofdstuk of katern wordt doorgaans de plaats van taal in de methode toegelicht en worden handreikingen gegeven voor taalondersteuning voor verschillende taaldomeinen (gesprekken, woordenschat, lezen en schrijven). Echter: er blijven naar ons idee kansen liggen voor het stimuleren van de taalvaardigheid van *alle leerlingen* (niet alleen de taalzwakke leerlingen), specifiek waar het gaat om de onderzoeksvaardigheden van leerlingen zoals goede onderzoeksvragen en hypothesen opstellen, passende argumentaties en conclusies trekken op basis van onderzoek. Het gaat dan dus niet alleen om de woordenschat, maar veel meer om het specifieke taalgebruik dat nodig is binnen de context van wetenschap en techniek.

Met subsidie van NRO (Kennisbenutting Plus) en in samenwerking met de SLO gaan we samen met leerkrachten aan de slag om te zorgen dat leerkrachten vanuit hun reeds beschikbare materialen en methodes en met weinig extra tijdsinvestering meer expliciete stimulering kunnen toepassen van onderzoeks- en ontwerpvaardigheden en

taalvaardigheden, om op die manier zowel kennis als vaardigheden op te kunnen doen. We ontwikkelen een stappenplan waarmee de huidige lesmethode voor W&T verrijkt kan worden wat betreft het bevorderen van onderzoeks- en taalvaardigheden. Ook zullen we een aantal voorbeeldlessen uitwerken om te laten zien hoe bestaande lessen taliger en meer onderzoekend gemaakt kunnen worden. Deze materialen zullen naar verwachting aan het eind van het schooljaar worden opgeleverd (zie kader).

Nog meer taal en W&T:

Op de website van techyourfuture.nl vind je hulpkaarten voor het voorbereiden en uitvoeren van taalgerichte W&T-lessen. Ook vind je daar uitgewerkte lessen voor onder-, midden- en bovenbouw op de thema's drijven en zinken, geluid en akoestiek en balans en evenwicht.

Meer weten over CVS?

Op de website van samenonderzoeken.nl vind je hierover meer uitleg, een inspiratiefilm en een lessenserie voor de onder- en bovenbouw. De lessenseries over hellingbanen kun je downloaden via https://www.samenonderzoeken.nl/Sections/experimenteren_2014.html.

Wil je zelf aan de slag met de instructies en lessenserie?

Alle materialen en inspiratiefilms over het project zijn ontwikkeld en gratis toegankelijk. Benieuwd? Ga naar www.samenonderzoeken.nl/constructies!



Het project 'Onderzoekend leren over constructies: het effect van een interventie op leerling- en leerkrachtniveau op de redeneervaardigheid van leerlingen' is een samenwerking van Saxion, Radboud Universiteit en Quo Vadis en is gesubsidieerd door NRO in de ronde Kortlopend praktijkgericht onderwijsonderzoek (project 405-16-514/798).

Dr. Martine Gijssels is associate lector taaldidactiek bij Saxion

Dr. Eva van de Sande is docent en onderzoeker bij Pedagogiek & Onderwijskunde aan de Radboud Universiteit en onderwijsadviseur bij Edux Onderwijspartners (onderdeel van Wij Zijn JONG).

Dr. Joep van der Graaf is onderzoeker bij Pedagogiek & Onderwijskunde aan de Radboud Universiteit

Met dank aan Lilian Kiers, Monique Rouweler en Francien Vrieling voor hun hulp bij het verzamelen, invoeren en verwerken van de data, en alle leerkrachten en leerlingen die hebben deelgenomen aan het project.

Literatuur

- Herrenkohl, L. R., Palincsar, A. S., DeWater, S., & Kawasaki, K. (1999). Developing scientific communities in classrooms: a sociocognitive approach. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 451-493.
- Kemmers, P., & Graft, M. van. (2007). *Onderzoekend en ontwerpend leren bij Natuur en Techniek*. Den Haag: Stichting Platform Bèta Techniek.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718.
- Mercer, N. (2013). The social brain, language, and goal-directed collective thinking: A social conception of cognition and its implications for understanding how we think, teach, and learn. *Educational Psychologist*, 148-168.
- Nationaal Techniepact 2020. Te downloaden van: <http://techniepact.nl/nationaal-techniepact-2020>.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.
- Potvin, P. & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85-129.
- Sande, E. van de, Verhoeven, L., Kleemans, T., & Segers, E. (2019). The Linguistic Nature of Children's Scientific Reasoning. Geaccepteerd (behoudens kleine revisies) voor *Learning and Instruction*.
- Sande, E. van de, Segers, E., & Verhoeven, L. (2016). Supporting executive functions during children's preliteracy learning with the computer. *Journal of Computer-Assisted Learning*, 32, 468-480.
- Sande, E. van de, Segers, E., & Verhoeven, L. (2018). Executive functions for dyadic literacy learning. *Early Education and Development*, 29(2), 192-206.
- Schichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: a meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37-63.
- Wagensveld, B., Segers, E., Kleemans, T., & Verhoeven, L. (2015). Child predictors of learning to control variables via instruction or self-discovery. *Instructional Science*, 365-379.
- Webb, P., & Treagust, D. (2006). Using exploratory talk to enhance problem-solving and reasoning skills in grade-7 science classrooms. *Research in Science Education*, 36(4), 381-401.
- Wilkening, F., & Huber, S. (2004). Children's intuitive physics. In U. Goswami, *The Blackwell handbook of childhood cognitive development*. Blackwell Reference Online.
- Verhallen, M., & Walst, R. (2001). *Taalontwikkeling op school*. Bussum: Coutinho.