

De invloed van wetenschap & technologie op opbrengstgericht werken in andere vakken



Opbrengstgericht werken betekent in de eerste plaats: aandacht voor het rendement van onderwijsactiviteiten. Waardoor leren mijn leerlingen (genoeg) in de les en van elke les? Er zijn veel factoren van invloed op het effect van onderwijsactiviteiten. Een van die factoren is de actieve rol van de leerlingen. Leren eerst kritisch na te denken en niet meteen te oordelen of handelen, is daarbij cruciaal. In deze kwaliteitskaart bespreken we hoe leerlingen door intensief ervaring op te doen met de werkwijze van wetenschap en technologie deze houding kunnen ontwikkelen. Dit biedt een vruchtbare basis voor alle andere leeractiviteiten op school.

Onderzoeken en ontwerpen

Bij het domein Wetenschap en Technologie (W&T) gaat het niet in de eerste plaats om een bepaalde inhoud. Het meest typerende van W&T is de aanpak en de bijbehorende manieren van denken.

Onderzoeken

Bij een wetenschappelijke, onderzoekende benadering stel je bijvoorbeeld het oordeel uit. Het gaat om een onderzoekende grondhouding. Nieuwsgierigheid, verwondering, leergierigheid, consumentenbewustzijn of een cognitief conflict (verwarring) zijn daarvoor drijfveren. Je bent benieuwd waarom het werkt, wat de relatie tussen het één en het ander is, wat er zal gebeuren als..., enzovoort. Leerlingen leren zichzelf daardoor vragen stellen en komen tot hypothesen. De hierop gebaseerde onderzoekbare vragen moeten zij vervolgens toetsen door gegevens te verzamelen en onderzoek te doen. Bijvoorbeeld een vraag als: *Waarom mengen de kleuren van tandpasta niet als ik met de tube schud of als ik erin knijp?*

De stappen van onderzoekend leren



Afbeelding 1. De stappen van het onderzoekend leren. (www.wkru.nl/boek)

Ontwerpen

Naast een onderzoekende benadering kennen we ook een ontwerpende benadering. Hierbij gebruiken leerlingen weldoordachte of meer intuïtieve ontwerpen om een bepaald probleem op te lossen. Gaat het bij de onderzoekende aanpak vooral om de achtergrond, de samenhang en een verklaring, bij de ontwerpende benadering staan de consequenties en de praktische toepassing meer centraal. De beweegredenen bij ontwerpend werken zijn vindingrijkheid, ergernis of teleurstelling, hulpvaardigheid, een winnaarsmentaliteit of een persoonlijke behoefte.

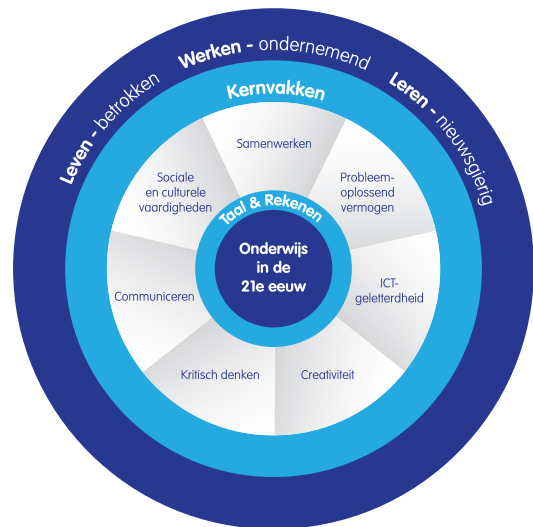
De basis van ontwerpend leren is te vatten in het volgende schema.



Afbeelding 2. Schema ontwerpend leren

Verskil met gewone lessen

Door deze benaderingen onderscheidt W&T zich van heel veel dagelijkse lessen, want vaak worden leerlingen geacht dingen te noemen en op te schrijven die al lang in een antwoordenboekje te vinden zijn. Juist dit verschil maakt het interessant om W&T in te zetten als manier om leerlingen (anders) te leren. Bij onderzoekend leren gaan het meestal om het bepalen van eenduidige antwoorden, het oplossingsproces is meer convergent. Bij ontwerpend leren gaat het om het vinden van – vaak uiteenlopende – min of meer technische oplossingen voor een probleem dat zich voordoet of voor een uitdaging die triggert. Het oplossingsproces is daardoor hier vooral divergent. Daarmee passen deze beide benaderingen ook helemaal bij wat wel 21st Century Skills worden genoemd.



Afbeelding 3. 21st Century Skills. (@www.21stcenturyskills.nl)

Samenhang

We kennen verschillende drietallen die gelden als voorwaarden voor succes bij leren en ontwikkelen, zoals de combinatie competentie, autonomie en verbondenheid. Een ander drietal heeft de vorm van drie in elkaar grijpende tandwielen. Het gaat daarin om

- willen, met als basisvraag "Wil ik het wel?"
- kunnen, met als basisvraag "Kan ik het wel?"
- doen, met als basisvraag "Doe ik het wel?"

Leren vindt pas plaats als alle drie de tandwielen in beweging komen. Dit geldt zowel voor de kinderen als de volwassenen in de school. Cruciaal hierbij is de betrokkenheid van leerlingen en dus van het creëren of benutten van betekenisvolle leersituaties.

Technologie

Van de twee elementen van W&T is wetenschap in het voorgaande wel herkenbaar. De term 'technologie' kan echter tot misverstand leiden. Hier gebruiken we die term als een ruim begrip. Het gaat over alle dingen die mensen maken om in leven te blijven, die ons leven vergemakkelijken of daaraan meerwaarde geven. Het gaat daarbij lang niet altijd om geheel nieuwe uitvindingen, heel vaak zie je dat bestaande voorzieningen op innovatieve wijze worden verbeterd. Denk daarom zowel aan plantaardige vleesvervangers met een vleesstructuur, 'plastic' verpakkingen uit maïs, als aan de stormvaste paraplu of de betalingssensor op je smartphone.

Andere ogen



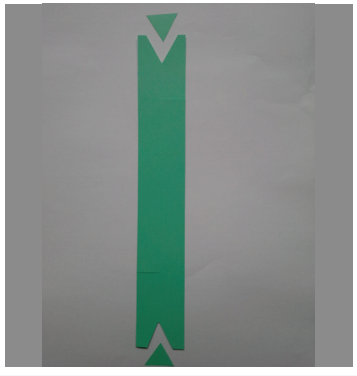
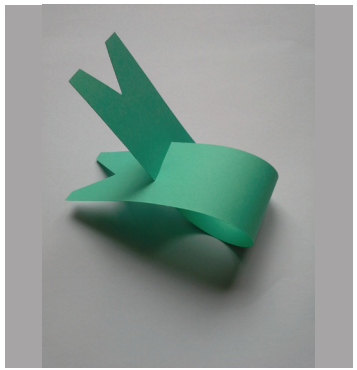
Het oplossen van een (technisch) probleem geeft leerlingen zelfvertrouwen en plezier. "Het is me gelukt ... hij doet het weer ...", maar ook "Zou het misschien nog beter en handiger kunnen ... ?" Naast nieuwsgierigheid opwekken kan het verkennen van 'technologie' ook 'blik-openers' of 'ont-dekzels' opleveren, doordat leerlingen met andere ogen naar de wereld om hen heen gaan kijken. Daardoor is W&T ook een goed 'wapen' tegen het ontstaan van een zogenaamd *fixed mindset*. Wie een *fixed mindset* ontwikkelt ziet zichzelf niet meer als veranderbaar. Door dat etiket moeten oplossingen altijd van anderen komen.

Betrokken leren

Aan de hand van het hier volgende voorbeeld illustreren we hoe W&T betekenis kan geven aan het leerproces en zo betrokkenheid bevordert. Tegelijk maakt dit voorbeeld duidelijk hoe een leerproces verloopt: van het herkennen van het probleem tot het begrijpen van de achterliggende principes en van het vinden en verbeteren van eigen oplossingen tot het herkennen van de rol van eigen kennis en vaardigheden daarbij.

Les 'de zwevende vis'

De opdracht luidt: Jullie gaan vandaag een vis ontwerpen die kan zweven. Eerst gaan we die vis maken en daarna ga je ontdekken hoe die vis zweeft. Je doet dit in tweetallen. Het maken is niet zo moeilijk. Daarom moet je eerst samen de vraag beantwoorden: Wat gebeurt er als ik de vis (hoog boven de grond) los laat?

<p>1. Neem een strook papier, van bijvoorbeeld 20 x 2 cm.</p>		<p>4. Voorspel wat er gaat gebeuren als je het product in de lucht gooit of van enige hoogte los laat. (Welk verschil zou dat kunnen maken?)</p>	
<p>2. Knip of scheur op ca 5 cm van de uiteinden de strook ca 1 cm in, de een links, de ander rechts. Maak aan de beide uiteinden een mooi staartje, zie afbeelding.</p>		<p>5. Voer dat ten slotte uit en observeer wat er van je voorspelling klopte.</p>	
<p>3. Buig het papier en schuif de sleuven voorzichtig in elkaar. Zorg dat ze aan beide zijden wat blijven uitsteken (zie plaatje).</p>		<p>6. Probeer vervolgens systematisch uit wat het effect is van het gebruik van verschillend materiaal, verschillende breedte of lengte, en varieer ook met de staartjes en de inknipningen. Ga na welke kenmerken tot de beste zweefprestaties leiden en vergeet niet steeds te noteren wat er anders is.</p>	

De invloed van wetenschap & technologie op opbrengstgericht werken in andere vakken

Leerzame situatie

Deze opdracht heeft in al zijn eenvoud veel kenmerken van een leerzame situatie. De bedoeling is duidelijk, maar het effect is nog onbekend. Dat open einde maakt nieuwsgierig. Het probleem kan op allerlei niveaus worden opgelost, waardoor leerlingen met uiteenlopende mogelijkheden er zinvol mee aan de slag kunnen. Er zijn bovendien allerlei variabelen die van invloed kunnen zijn en die leerlingen kunnen beredeneren of uitproberen. Door te werken in tweetallen is iedereen aan zet. In groepen met al wat meer ervaring kunnen in tafelgroepjes ook eerst onderzoekbare vragen bedacht worden.

Systematisch denken en handelen

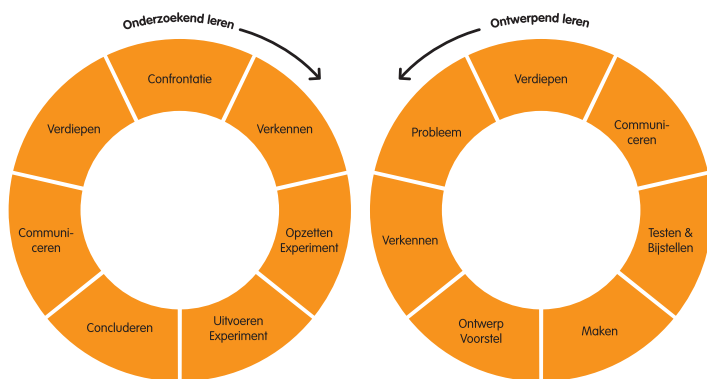
Het uitproberen zal vervolgens, al dan niet met aansporing van de leraar, leiden tot herhaling, tot het bedenken van varianten, zowel in het laten zweven, als in het ontwerp.

Dit is dan aanleiding tot inhoudelijke gesprekken, het formuleren van hypothesen en de toetsing daarvan. Dit vraagt systematisch denken en handelen, want om een variant te kunnen toetsen, moeten alle andere condities gelijk blijven. Wat leerlingen hiermee over het onderwerp hebben ontdekt, hoeven ze niet meer uit het hoofd te leren: dat is al toegevoegd aan hun kennis. Nog veel belangrijker is dat zij hiermee ervaren wat het effect is van goed nadenken, van precies waarnemen, van goede vragen stellen, van het selecteren van bruikbare informatie, van systematisch werken en van samenwerken.

Zeven stappen

De didactiek van zowel onderzoekend als ontwerpend leren kent zeven stappen. Het begin en het eind zijn min of meer gelijk, maar de kernactiviteiten, als uitwerking van wat er gebeurt, verschillen.

Fasen ontwerpend leren	Wat gebeurt er?	Fasen onderzoekend leren
probleem constateren	<i>er komt iets binnen, ik moet iets oplossen</i>	confrontatie met ...
verkennen	<i>eerst even aanrrommelen</i>	verkennen
ontwerpvoorstel maken	<i>Ik vraag het 'de dingen' zelf wel</i>	opzet experiment maken
uitvoeren		uitvoeren experiment
testen en evalueren		conclusies trekken
presenteren ontwerp	<i>we vertellen het elkaar</i>	presenteren resultaten
verdiepen - verbreden	<i>de begeleider 'vertelt' nog meer</i>	verdiepen - verbreden



Afbeelding 4. Overeenkomsten onderzoekend en ontwerpend leren. (Van Graft & Kemmers, 2007)

Variaties

In het voorbeeld van de zwevende vissen was de start in eerste instantie werken volgens een recept (een eenvoudige vorm van ontwerpend leren). Door de variaties bij de uitvoering, is de kans groot dat die bij ten minste een deel van de duo's overgaat in onderzoekend leren en misschien weer terug. Ook kan er een rolverdeling tussen groepjes ontstaan.

W&T als aanjager van leerprocessen

Is zo'n aanpak te vertalen naar andere inhoud? Zou die vertaling dan kunnen leiden tot meer rendement? Laten we achtereenvolgens eens kijken hoe dit werkt in een taalles, in een rekenles en in een topografieles.

Voorbeeld 1. Taal

Hoogheid

Naar aanleiding van Koningsdag ontstaat in de ochtendkring een gesprekje over het aanspreken van koninklijke personen. In dat kader valt het woord 'hoogheid'. De leraar komt daar even later op terug. Hoogheid: hoe zit dat woord eigenlijk in elkaar? In tweetallen zijn ze daar snel uit: het woord 'hoog' met de uitgang 'heid' erachter geplakt. 'Hoog' blijkt zowel een bijwoord als een bijvoeglijk naamwoord te kunnen zijn. Wat is er met 'hoog' gebeurd toen 'heid' eraan vast kwam te zitten? Ook daar komen ze in tweetallen wel uit: het werd een zelfstandig naamwoord. "Zou die truc altijd werken?" Met die vraag gaan de leerlingen aan de slag. Ze verzamelen voorbeelden waarin het ook zo gaat, maar stuiten ook op woorden waar het niet zo goed past. "Diepheid zou misschien wel kunnen, maar ik heb er nog nooit van gehoord", merkt een leerling op. "Zou je dan van diep geen zelfstandig naamwoord kunnen maken?" vraagt de leraar zich hardop af.

De invloed van wetenschap & technologie op opbrengstgericht werken in andere vakken

“Ja hoor, maar dan wordt het diepte”, klinkt het uit de groep. Dat is interessant: er zijn blijkbaar meer manieren om van een bijwoord of bijvoeglijk naamwoord een zelfstandig naamwoord te maken. “Wie willen voor ons eens uitzoeken hoe dat zit? Welke vragen je daarbij kunt stellen en uitzoeken welke antwoorden daarbij passen?” Enkele groepjes krijgen de gelegenheid om dit in de loop van de week verder uit te zoeken. Afgesproken wordt dat zij elke dag even verslag doen van hun vorderingen, zodat de rest van de klas kan blijven meedenken.

In een taalboek zou dit onderwerp waarschijnlijk als een invuloefening zijn gepresenteerd:

Maak er een zelfstandig naamwoord van:

hoog -

goed -

boos -

Alle leerlingen actief

Een essentieel verschil is dat alle leerlingen actief kunnen zijn, zowel degenen met een grote als met een geringere taalvaardigheid. Iets wat vanzelfsprekend lijkt, het woord ‘hoogheid’, wordt door het te problematiseren ineens iets waarover je je allerlei dingen kunt afvragen. Van de ene vraag komt de andere. Door samen te werken blijven de leerlingen alert. Sommigen zoeken woorden die ze niet kennen, toch even op. Anderen worden getriggerd door de vraag of er woorden bestaan waarbij deze redenering niet klopt. Later verandert dit in de vraag of er nog meer manieren zijn om een zelfstandig naamwoord te maken. Dit betekent dat de betrokkenheid groot is en eerder groter dan kleiner wordt. Ook is de activiteit betekenisvol, het gaat over woorden die leerlingen kennen, maar die ze nu met een andere bril bekijken.

Voorbeeld 2 - Rekenen

Ook in rekenlessen past deze onderzoekende of ontwerpende manier van werken. Hieronder een voorbeeld van een eenvoudige manier om leerlingen tot onderzoek te brengen.

Populaire getallen

In het kader van de leerlijn Vermenigvuldigen komt de vraag naar voren welke getallen populair zijn in de verzameling tafelproducten tot 100. Eerst kiezen de leerlingen op basis van hun voorkennis een of meer getallen, waarvan ze op basis van bepaalde kenmerken vermoeden dat die vaak voorkomen. Daarna gaan ze in de tabel onderzoeken of dat vermoeden klopt. Sommigen gaan de getallen rubriceren: welke getallen komen (naast de tafel van 1) maar in één tafel voor, welke in twee, welke in drie, enzovoort. De leerlingen bedenken zelf een manier om dit zichtbaar te maken. In de nabespreking ontstaat de vraag waardoor dit zo is. Zou dat bij de volgende honderd producten ook zo zijn? Is dat te voorspellen en dus te beredeneren?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Ook in dit voorbeeld zien we hoe de leerlingen uitgedaagd worden hun kennis te gebruiken en tegelijk hun oordeel, het snelle antwoord, uit te stellen door die antwoorden als hypothese te gebruiken en te eisen dat ze hun vermoeden onderbouwen. Al onderzoekend ontstaan nieuwe vragen. Deze vragen leiden tot een intensiever bezig zijn met de getallen in relatie tot vermenigvuldigen. In deze les lukt het eveneens om op verschillende niveaus leerlingen te laten deelnemen aan onderzoek. Sommigen schrijven het uit en checken elke getal, anderen gaan op zoek naar een systeem en proberen dat zichtbaar te maken en weer anderen proberen te beredeneren hoe die getallen zich tot elkaar verhouden. Opnieuw zie je in zulke lessen dat de betrokkenheid toeneemt en dat het werken met ogenschijnlijk bekende getallen ineens extra betekenis krijgt.

Voorbeeld 3 - Topografie

De leerlingen moeten de topografie van Europa leren. Op veel scholen is dit nog een geïsoleerde activiteit, die bovendien vaak wordt gedaan met een computerprogramma. Maar het kan ook anders.

Grote steden

Begin eerst met de kaart van Nederland. Stel de vraag: waar liggen in Nederland (grotere) steden en waardoor liggen ze nu net daar? In twee- of viertallen gaan leerlingen na of ze daarvoor hypothesen kunnen bedenken. Als een groepje een hypothese voor enkele steden heeft bedacht, mogen de leerlingen die gaan toetsen aan informatiebronnen. Ze zijn er al wel achter dat er niet één reden is, maar welke zijn nu van toepassing? Aan het eind van de week doen de groepjes verslag. De leerlingen moeten aannemelijk maken dat hun hypothese klopt of uitleggen waarom deze bij nader inzien moet worden verworpen. Het blijkt dat de groepjes onderling een verdeling hebben afgesproken, zodat ze allemaal verschillende steden hebben gecheckt. Samen komen de leerlingen tot een reeks van kenmerken. Vervolgens stelt de leraar de vraag of ze nu in staat zijn om aan de hand van een blinde kaart die steden aan te wijzen en uit te leggen waardoor nu net daar een stad is gekomen. Dat wordt de opdracht voor de volgende week. Later pakken ze de landen van Europa net zo aan.

De invloed van wetenschap & technologie op opbrengstgericht werken in andere vakken

Om de topografie te kunnen snappen, blijken ze informatie over het land nodig te hebben. Daarmee wordt topografie leren een heel ander soort activiteit met meer betekenis. Na twee maanden richt elke groep een tentoonstelling in, waarin specifieke topografische kenmerken van elk land in hun context worden uitgelegd.

Tips en aandachtspunten

1. Realiseer je dat leerlingen steeds weer aan het denken gezet moeten worden. Niet de antwoorden zijn leerzaam, maar het denken over en uitproberen van manieren om daar te komen. Stimuleer kritisch denken, door de leerling ruime denktijd te geven. Doe dat waar mogelijk met een ddu'tje: denken – delen – uitwisselen. Ieder denkt eerst zelf, deelt die gedachten met zijn buur of maatje en wisselt die gezamenlijke gedachten met die van de anderen uit, in de tafelgroep of met de hele groep.
2. Bedenk dat leren altijd is gericht op aangaan van een uitdaging of het oplossen van een 'probleem': je wilt iets weten, je wilt iets snappen, je wilt iets kunnen gebruiken, je wilt te weten komen hoe iets in elkaar zit, je wilt nagaan of iets wel klopt, je wilt iets bedenken of maken dat je verder helpt. Als leerlingen dat probleem niet herkennen, is de kans groot dat ze niet veel daarover leren. Je kunt dit doen door twijfel te organiseren en te zeggen: "Ik geloof er niets van!" of te vragen "Zou dat altijd zo zijn?" of: "Zou dat altijd zo gaan?"
3. Begin elke les met een vraag die uitnodigt of uitdaagt tot eerst zelf nadenken en overleggen, al dan niet met een maatje. Die vraag moet wijzen naar het probleem waarmee leerlingen aan de gang moeten of willen. Dat zijn altijd open en dus veilige vragen, zodat alle leerlingen daarmee aan de gang kunnen en durven. Probeer te starten met persoonlijke vragen van leerlingen. Organiseer daarvoor een verzamelpunt, bijvoorbeeld een 'vragenbus', waar leerlingen hun vragen kwijt kunnen. Bespreek het onderscheid tussen opzoekvragen onderzoekbare vragen en filosofische vragen.
4. Laat je leerlingen het belang ervaren van systematisch werken. Niet door het voor te kauwen of door allerlei regels op te leggen, maar door steeds weer na te bespreken wat ze hebben gedaan en waarom zo. Bij 'eerlijk' onderzoek kun je geen conclusies trekken als de verschillende variabelen niet goed zijn gedocumenteerd. Je kunt geen duidelijke conclusie trekken als de hypothese niet eenduidig was geformuleerd. Je kunt een proef niet (laten) herhalen als je niet precies noteert wat je hebt gedaan en op welke wijze dat is gebeurd. Dat belang van systematisch werken moeten leerlingen zelf ondervinden, je kunt ze daar met argeloze of lastige vragen wel bij helpen.
5. Bereid je lessen altijd voor met de bril van onderzoekend en ontwerpnd leren op. Wat is hier uit te proberen? In de meeste lessen wordt een oplossing aangeboden. Hoe kan ik in plaats daarvan het onderliggende probleem voor mijn leerlingen interessant en betekenisvol maken? Welke vraag moet ik daartoe stellen?

6. Kan je de onderwerpen uit je methode zo clusteren dat je daardoor een interessant stuk stof bij elkaar krijgt? Doordat zo'n thema niet versnipperd en voorgekauwd is, ontstaat er leerstof waaraan echt wat te onderzoeken is of waarmee iets zinvol is uit te proberen. Dat vraagt enig lef, want je gebruikt dan alleen de leerstoflijn en de onderwerpen, maar niet de oefeningen.
7. Heb je in de gaten wat voor vragen je gewend bent te stellen? Onthoud dit ezelsbruggetje: suggestieve vragen stel je alleen als je zelf het antwoord al weet (of denkt te weten). Als je echte, onderzoekbare vragen stelt, zijn die niet suggestief. Bedenk wel dat je leerlingen daaraan misschien even moeten wennen.
8. Nieuwsgierigheid bloeit op verwondering. Zorg daarom dat je regelmatig laat merken dat jij jezelf ook voortdurend over van alles en nog wat verwondert. Daarmee laat je zien dat dit geen bewijs van domheid is ("Wist je dat dan niet?"), maar juist prettig is en energie geeft. Let op dat je niet de autoriteit bent en de enige kennisbron, maar samen met leerlingen op onderzoek uit gaat.

Meer weten?

- Alake-Tuenter, E., (2014). *Inquiry-based science teaching competence of pre-service primary teachers*. (PhD thesis). Wageningen: Wageningen University.
- Berg, v.d. E., Bom, P., Frederik, I., & Marell, J. (2013). *Onderzoeken en ontwerpen met 4- tot 14-jarigen – inspirerende praktijkvoorbeelden*. Utrecht: Nederlandse Vereniging voor het Onderwijs in de Natuurwetenschappen (NVON).
- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behaviour*. New York: Plenum Press.
- Dweck, C.S. (2006). *Mindset*. New York: Random House.
- Graft, M. van, Kemmers, P. (2007). *Onderzoekend en Ontwerpend Leren bij Natuur en Techniek*. Den Haag: Stichting Platform Bèta Techniek.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. London: Penguin Books
- Pol, M. (2013). *Succesvol leren*. Eindhoven: Albert Sickler.
- Stevens, L. (red.) (2004). *Zin in School*. Amersfoort: CPS.
- Vaan, E. de & Marell, J. (2012). *Praktische didactiek voor natuuronderwijs*. Bussum: Coutinho.
- Velthorst, G., Oosterheert, I., Brouwer, N. (2011). Onderzoekend leren: de nieuwsgierigheid voorbij. In: *Tijdschrift voor lerarenopleiders (VELON / VELOV)* - 32(3) 2011.

Websites:

- <http://www.samenonderzoeken.nl>
<http://www.talentenkracht.nl>
<http://www.wetenschapdeklasin.nl>
<http://www.hetfaallab.nl>
<http://www.21stcenturyskills.nl>
<http://www.futureofeducation.com>

