



mascil

Richtlijnen voor het ontwikkelen van lesmateriaal voor
onderzoekend leren in wiskunde en natuurwetenschappen
met behulp van beroepscontexten

Colofon

Titel Richtlijnen voor het ontwikkelen van lesmateriaal
voor onderzoekend leren in wiskunde en natuur
wetenschappen met behulp van beroepscontexten

Coördinator Universiteit van Freiburg - Educatie
Prof. Dr. Katja Maaß

Website www.mascil-project.eu

Auteurs Michiel Doorman, Sabine Fechner,
Vincent Jonker, Monica Wijers

Inhoudsopgave

- 2 Colofon
- 3 Inhoudsopgave
- 4 Introductie
- 5 Het mascil-raamwerk
- 7 Kenmerken van opdrachten voor onderzoekend leren
- 10 Kenmerken van opdrachten in een beroepscontext
- 13 Richtlijnen voor herontwerp
- 14 Voorbeelden
- 17 Theoretische achtergrond
- 18 Referenties

Introductie

In dit document beschrijven we richtlijnen voor docenten en docenten-in-opleiding voor het (her)ontwerpen van lesmateriaal voor onderzoekend leren, waarbij we gebruik maken van rijke contexten uit de beroepspraktijk. Het doel van dit document is om duidelijk te maken waarom en hoe de opdrachten van mascil onderzoekend leren ondersteunen en hoe zij verband houden met de beroepspraktijk. Bovendien laat het zien hoe docenten opdrachten van mascil en opdrachten uit andere bronnen zoals de lesmethode, projecten, enz., kunnen selecteren en aanpassen aan hun behoeften en aan die van hun leerlingen, met als doel het bevorderen van onderzoekend leren in contexten uit de beroepspraktijk (Doorman, Jonker, Wijers 2014).

Het doel van mascil is om onderzoekend leren in scholen te verbinden met de beroepspraktijk, waardoor de bètavakken meer betekenis krijgen voor leerlingen en hun interesse in een loopbaan in die vakken gestimuleerd wordt. Om dit doel te bereiken, verzamelt en publiceert mascil, in nauwe samenwerking met haar partners, voorbeelden van lesmateriaal in rijke contexten uit de beroepspraktijk en verzorgt (na)scholing met behulp van deze lesmateriaal.

(zie: www.mascil-project.eu).

Het mascil-raamwerk

Onderzoekend leren heeft als doel om een onderzoekende houding te stimuleren, te benutten en verder te ontwikkelen. Bij een onderzoekende houding horen vaardigheden als kritisch en creatief durven en kunnen zijn, kunnen samenwerken en communiceren, en een zelfregulerend vermogen. Een onderzoekende houding is essentieel om leerlingen te leren omgaan met een onzekere en steeds veranderende toekomst. In essentie draait het bij onderzoekend leren om leerlingen die in het onderwijs een actieve en onderzoekende houding aannemen.

Deze benadering vormt de basis van het mascil-project. In het mascil-diagram vatten we de aspecten van onderzoekend leren en de relatie met het gebruik van beroepscontexten samen. Dit diagram vormt het raamwerk voor het (her)ontwerpen van lesmateriaal (zie *Figuur 1*).

De elementen uit dit raamwerk die direct betrekking hebben op opdrachten voor onderzoekend leren en het gebruik van beroepscontexten worden in dit document behandeld. De overige elementen krijgen aandacht in de (na)scholing van mascil.

We onderscheiden enkele criteria voor opdrachten die onderzoekend leren ondersteunen. Een **betekenisvolle context** ondersteunt leerlingen bij het verkennen van het probleem, het stellen van vragen en het formuleren van de eerste stappen die mogelijk naar een oplossing leiden. Het is ook mogelijk om een situatie voor te leggen zonder te vermelden wat het voornaamste probleem is dat opgelost dient te worden. Omdat de situatie betekenisvol is, zijn leerlingen in staat om deze kritisch te bekijken en te bevragen en om manieren te bedenken om met problemen om te gaan zonder gebruik te maken van standaard oplossingsprocedures. Als een opdracht direct een standaard oplossingsprocedure oproept, is het onderzoeksproces van de leerlingen beperkt.

Vandaar dat de opdracht de mogelijkheid zou moeten bieden om **meerdere oplossingsstrategieën** toe te passen.

Een opdracht die onderzoekend leren stimuleert, leidt de leerlingen niet langs het onderzoeksproces door deelvragen aan te bieden die beantwoord dienen te worden om zo het echte probleem op te kunnen lossen. De opdracht stelt de leerlingen daarentegen in staat om (in eerste instantie) de situatie te exploreren, een **plan van aanpak** te bedenken en zelf na te denken over het onderzoeksproces.

Ten slotte ondersteunt de opdracht **samenwerking en communicatie**, bijvoorbeeld door informatie te bieden over hoe het werk te verdelen, of door de noodzaak te creëren om de resultaten te presenteren.

Onder het kopje 'beroepspraktijk' worden in figuur 1 vier dimensies gepresenteerd om opdrachten te verbinden aan de beroepspraktijk: Context, Rol, Activiteit en Product.

De **context** waarin de opdracht geplaatst wordt, houdt verband met de beroepspraktijk. Dit verband kan erg sterk zijn wanneer er een (authentiek) voorbeeld uit de beroepspraktijk gebruikt wordt als rijke context voor het leren. De context levert een verbinding tussen wat op school wordt geleerd en wat je later met deze kennis kunt doen in een beroep. De relatie tussen de context en de beroepspraktijk kan ook relatief zwak zijn, bijvoorbeeld wanneer de opdracht wel geplaatst is in de beroepspraktijk, maar deze context slechts een 'oppervlakkige verpakking' van de opdracht is, en verder geen rol speelt bij het werken aan de opdracht.

De **activiteiten** die leerlingen uitvoeren in de opdracht houden verband met authentieke situaties uit de beroepspraktijk. De activiteiten kunnen in meer of mindere mate lijken op activiteiten die daadwerkelijk uitgevoerd worden door mensen op de werkvloer. De manier van werken vertoont kenmerken van dagelijks werk. Bijvoorbeeld: het werken in teams, verdeling van werk/taken etc.

De activiteiten moeten een duidelijk doel hebben, gaan over authentieke problemen en tonen hoe wiskunde en natuurwetenschappen daarbij gebruikt worden. Wanneer de activiteiten van leerlingen erg lijken op het oplossen van typische schoolboekopdrachten, is het verband tussen de activiteiten en de beroepspraktijk zwak.

Binnen de opdracht krijgen de leerlingen een **professionele rol** aangemeten die past bij de context van de opdracht. In zekere zin stappen de leerlingen uit hun rol als leerling.

Het resultaat van de opdracht is een **product** van de leerlingen in hun rol als professional, bedoeld voor een bepaald publiek. Het product lijkt op werkelijke producten uit de beroepspraktijk. Zie voor wiskunde bijvoorbeeld de opdrachten van de OnderbouwWiskundeDag of de Olympiade.

Om een opdracht sterk verbonden te laten zijn met de beroepspraktijk is het belangrijk om deze dimensies context, rol, activiteiten en product expliciet en consistent zichtbaar te maken aan de leerlingen.

Niet elke opdracht zal dezelfde nadruk leggen op elk van deze vier dimensies, maar voor een krachtige verbinding met de beroepspraktijk dienen al deze dimensies in ogenschouw genomen te worden bij het daadwerkelijke (her)ontwerpen van opdrachten voor leerlingen.

Het vertrekpunt voor het ontwerpen van mascil-opdrachten wordt gevormd door de nationale curricula voor de bètavakken. Het is belangrijk dat de opdrachten aansluiten bij de doelen van het curriculum en dat een beroep wordt gedaan op passende kennis en vaardigheden. Zoals ook aangegeven is in de theoretische achtergrond, leidt het gebruik van contexten en authentieke situaties binnen onderzoekend leren niet tot een vermindering van inhoudelijke kennis en begrip wanneer de opdrachten met zorg ontworpen zijn.

Figuur 1: Het Mascil-raamwerk



Kenmerken van opdrachten voor onderzoekend leren

De opdrachten die docenten aan leerlingen geven, beïnvloeden in belangrijke mate het leerproces dat plaatsvindt. In dit deel beschrijven we kenmerken van opdrachten en richtlijnen voor het (her)ontwerpen van opdrachten die onderzoekend leren bevorderen.

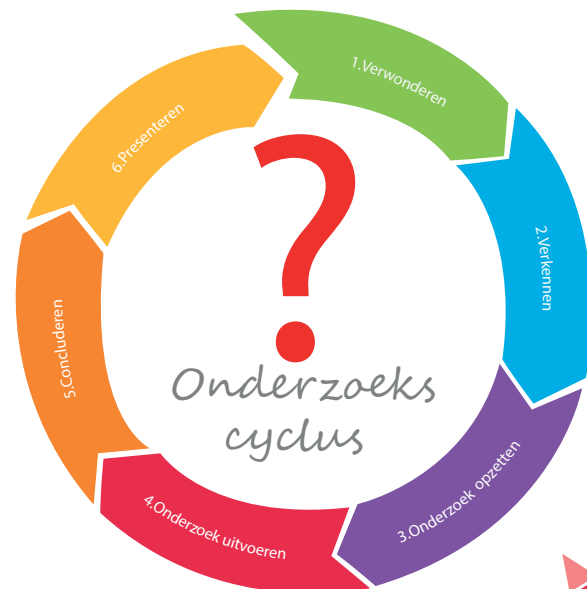
Wij nemen in onze benadering van onderzoekend leren *niet* de **onderzoekscyclus** als uitgangspunt. In de eerste plaats zijn we van mening dat wetenschappers niet volgens die cyclus werken, de cyclus is meestal een reconstructie achteraf. In de tweede plaats zijn we van mening dat niet bij iedere opdracht alle fasen uit zo'n cyclus aan bod hoeven te komen. Wij zoeken daarentegen naar vormen van activerend onderwijs die geïnspireerd zijn door fasen uit de onderzoekscyclus. Daarmee krijgen deze dus wel degelijk aandacht en worden de bijbehorende onderzoeksvaardigheden ontwikkeld in samenhang met vak-kennis en vakvaardigheden. Dit is mogelijk zowel voor wiskunde, aansluitend bij de nieuwe tendens rond wiskundige denkactiviteiten (zie bijvoorbeeld Doorman, van der Kooij, Mooldijk, 2012), als voor de natuurwetenschappen (zie bijvoorbeeld Mooldijk, 2012 en het werk van Schalk, van Rens, Velthorst en van der Jagt op de Ecent website). Opdrachten die volgens de hierna genoemde principes ontworpen zijn, bevorderen echter niet automatisch onderzoekend leren. Het kan namelijk zijn dat een docent een open opdracht presenteert in een gesloten en gestructureerde vorm, waarmee het beoogde onderzoekend leren niet uit de verf komt. Het tegenovergestelde is ook mogelijk: docenten kunnen een gesloten opdracht presenteren op een wijze die aanzet tot onderzoek. Desondanks kunnen we stellen dat er algemene kenmerken bestaan van opdrachten voor onderzoekend leren.

- 1- <http://www.ecent.nl/artikel/1593/Leren+onderzoek+en%3A+een+leerlijn/view.do>
- 2- <http://www.ecent.nl/artikel/2740/De+natuurwetenschap+pelijke+methode+als+een+basis+voor+leren/view.do>

1. Opdrachten ondersteunen een onderzoekende aanpak bij leerlingen.

Om leerlingen optimaal gebruik te laten maken van mogelijkheden voor onderzoek, zijn de opdrachten op voorhand niet te gestructureerd. Opgaven uit schoolboeken voor bètavakken gebruiken bestaan vaak uit deelvragen om de leerlingen soepel te leiden langs alle mogelijke problemen die ze tegen kunnen komen. Bij onderzoekend leren krijgt de leerling de mogelijkheid om zelf te bedenken hoe het probleem gestructureerd en in kleinere problemen opgedeeld kan worden. Dit voedt de onderzoekende houding bij de leerlingen. Op deze manier zullen ze eerder eigenaar worden van de problemen die opgelost dienen te worden. Dit levert het volgende ontwerpprincipe: *Zet in de opdracht voor de leerling alleen de hoofdvraag of schets alleen de situatie die tot een hoofdvraag leidt.*

Dit betekent niet dat leerlingen volledig zonder begeleiding een probleem moeten oplossen. Het PRIMAS-project geeft docenten advies in hoe om te gaan met ongestructureerde problemen (zie Tabel 1).



Tabel 1: Tips hoe om te gaan met ongestructureerde problemen

Strategieën voor de docent	Voorstel voor vragen
<p>Geef leerlingen de tijd om het probleem te begrijpen en het zich eigen te maken Ontmoedig leerlingen om te gejaagd van start te gaan of om u te snel om hulp te vragen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Neem je tijd, er is geen haast. • Wat weet je al? • Wat probeer je te doen? • Wat staat vast? Wat kan gewijzigd worden? • Vraag niet te snel hulp; probeer het eerst samen op te lossen.
<p>Geef liever strategische dan antwoord-gerichte tips Laat leerlingen nadenken over een aanpak in plaats van het probleem te vereenvoudigen door het in kleinere stappen op te delen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hoe kun je van start gaan met dit probleem? • Wat heb je tot nog toe geprobeerd? • Kun je een bepaald voorbeeld uitproberen? • Hoe kun je hier systematisch te werk gaan? • Kun je het op een efficiënte manier representeren?
<p>Moedig leerlingen aan om na te denken over alternatieve methodes en aanpak Moedig leerlingen aan om hun eigen methodes te vergelijken.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kun je dit ook op een andere manier doen? • Beschrijf jouw methode aan de rest van de groep. • Welke van deze twee methodes heeft jouw voorkeur en waarom?
<p>Moedig uitleg aan Laat leerlingen redeneren en moedig ze aan om het aan elkaar uit te leggen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kun je jouw methode uitleggen? • Kun je dat opnieuw uitleggen maar dan op een andere manier? • Kun je wat Sarah zojuist zei in jouw eigen woorden samenvatten? • Kun je dat noteren?
<p>Denkwijzen en werkwijzen ‘voordoën’ Als leerlingen al het mogelijke gedaan hebben, zullen ze ervan leren wanneer ze een krachtige, elegante aanpak te zien krijgen. Wanneer dit echter te vroeg gedaan wordt, zullen ze simpelweg de methode nadoen en niet waarderen waarom deze nodig was.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nu ga ik dit probleem zelf oplossen waarbij ik hardop zal nadenken. • Het kan zijn dat ik tussendoor wat fouten maak; probeer ze er uit te halen. • Dit is één manier om de oplossing te verbeteren.

2. Opdrachten laten ruimte voor meerdere oplosstrategieën

Het is belangrijk dat leerlingen na leren denken over wat ze al wel en nog niet weten. Vragen (gesteld door de docent of de lesmethode) voeren vaak in de richting van één oplossing, het toepassen van een specifieke procedure of ze hebben slechts betrekking op één aspect van een probleem. Bij onderzoekend leren wordt de vraag gesteld in een relevante en rijke probleemsituatie die betekenisvol is voor de leerlingen. Wat betekenisvol is voor de leerlingen, is afhankelijk van hun eerdere leerervaringen en van de mate waarin ze bekend zijn met de context.

Een rijk probleem is een probleem dat niet slechts met één methode op te lossen is. Het is een onderdeel van de taak van de leerlingen om de vraag te verduidelijken en een procedure te bedenken om die vraag te beantwoorden. In dit proces proberen de leerlingen het probleem te modelleren en op te lossen waarbij ze gebruik maken van diverse representaties, relaties en ideeën. Zulke activiteiten zijn belangrijk voor leerlingen om hun creativiteit en het werken met onderzoeks- en modelleer-cycli te bevorderen. Een ontwerp principe hierbij is: *Zorg dat het probleem niet één duidelijk antwoord heeft en ook niet één specifieke procedure oproept.*

Een voorbeeld van een probleem dat hieraan voldoet is de vraag hoeveel tandartsen er in Nederland zijn. Als docent kun je de aanpak van zo'n vraag ook best eens hardop denkend voordoen.

Tips voor het ondersteunen van leerlinggestuurd onderzoek zijn:

- *introduceer eerst de situatie/context, vraag dan de leerlingen om problemen aan te wijzen en te benoemen;*
- *maak duidelijk dat de strategie en de reflectie op hun bevindingen belangrijker zijn dan een specifiek antwoord;*
- *stimuleer vereenvoudigingen en representaties van het probleem;*

- *bekijk en geef feedback op de representaties die leerlingen gebruiken;*
- *laat de leerlingen het probleem/de problemen verder analyseren en oplossen;*
- *stimuleer leerlingen om te communiceren en te reflecteren op hun verschillende soorten aanpak;*
- *bespreek en geef feedback op de processen die leerlingen doorlopen.*

3. Opdrachten stimuleren samenwerking en communicatie

Bij onderzoekend leren stimuleren de opdrachten samenwerking en vragen ze om antwoorden, oplossingen of producten die besproken worden met anderen, zoals bijvoorbeeld verslagen, presentaties of posters. Deze producten versterken ook de verbinding met de beroepspraktijk. Bij zulke producten is het belangrijk dat leerlingen zich bewust zijn van de aan onderzoek gerelateerde doelen van de opdracht, zoals vaardiger worden in het onderzoeken, plannen, experimenteren, evalueren, samenwerken, ... Deze doelen kunnen vooraf medegedeeld worden of ze kunnen benadrukt worden in feedback (ook aan klasgenoten) op tussenproducten of op presentaties. Dit kan bijvoorbeeld door goed voorbereid werk van andere leerlingen voor te leggen en te bespreken of door leerlingen te vragen om elkaars werk te beoordelen aan de hand van aan onderzoek gerelateerde criteria en deze te identificeren en te expliciteren.

Bron: <http://www.primas-project.eu/artikel/nl/1044/pd-module-2-tackling-unstructured-problems/view.do?lang=nl>

Bron: <http://www.primas-project.eu/artikel/nl/1260/Student-led+inquiry/view.do?lang=nl>

Kenmerken van opdrachten in een beroepscontext

Opdrachten die passen bij de doelen van mascil zijn opdrachten die (i) verband houden met de inhoudelijke doelen van het curriculum, (ii) onderzoekend leren ondersteunen en (iii) geplaatst zijn in een rijke context uit de beroepspraktijk. De verbinding met de beroepspraktijk wordt gerealiseerd in de volgende kenmerken: leerlingen krijgen een professionele rol, als ‘werknemers’ op de werkvloer, zij voeren activiteiten uit die vergelijkbaar zijn met activiteiten die gewoonlijk door werknemers gedaan worden. Deze activiteiten hebben een duidelijk doel en tonen hoe natuurwetenschappen en wiskunde in een werksituatie gebruikt worden (zie bijvoorbeeld Jonker & Wijers, 2014). Het resultaat is een product voor een specifiek publiek. Deze kenmerken, die ook het ontwerpproces sturen, worden hieronder gedetailleerder beschreven.

1. Rijke contexten uit de beroepspraktijk

Rijke contexten uit de beroepspraktijk geven leerlingen inzicht in het nut (doel en bruikbaarheid) van wiskunde en natuurwetenschappen in die beroepspraktijk. De kennis en vaardigheden op het gebied van wiskunde of natuurwetenschappen in de opdracht moeten natuurlijk ook aansluiten bij de doelen van uw curriculum. Er zijn diverse dingen die u kunt doen om geschikte rijke contexten uit de beroepspraktijk te vinden. Voordat u begint, kunt u zich hierop oriënteren door:

- uw leerlingen te vragen in wat voor soort beroepen zij geïnteresseerd zijn;
- uit te zoeken of u in uw lesmateriaal al gebruik wordt gemaakt van contexten die gerelateerd zijn aan de beroepspraktijk;
- gebruik te maken van het mascil-raamwerk (Figuur 1 en 2) om de kenmerken van zowel onderzoekend leren als de beroepspraktijk beter te begrijpen.

Om uit te vinden op welke manieren wiskunde en natuurwetenschappen op de werkvloer gebruikt worden, kunt u:

- met professionals uit uw eigen netwerk praten;
- een gesprek aangaan met een praktijkdocent van uw school of in uw regio of deze een bezoek brengen;
- vakbladen voor professionals lezen;
- websites van bedrijven bezoeken en op zoek gaan naar educatief materiaal;
- een specifieke werkplek bezoeken.

Zodra u een geschikte context heeft gevonden en de authentieke ‘praktijken’ daarbinnen heeft geïdentificeerd, kunt u beginnen met het (her)ontwerpen van het lesmateriaal. Dit is een cyclisch proces waarbij context, onderliggende kennis van de inhoud en mogelijke leerlingactiviteiten elkaar beïnvloeden. Ontwerpprincipes die daarbij een rol spelen:

- geef leerlingen de mogelijkheid om de professionele context van de opdracht te onderzoeken: zoals typische activiteiten, tools, gegevens, uitkomsten, taal, producten en problemen van deze werkplek. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door als onderdeel van de opdracht een video of foto's of artefacten van de werkplek te tonen, professionals in de klas uit te nodigen of leerlingen een werkplek of de website van een bedrijf te laten bezoeken;
- gebruik de activiteiten uit de authentieke ‘praktijken’ (en de gerelateerde wiskundige en natuurwetenschappelijke concepten) als startpunt en als de ruggengraat van het ontwerp;
- gebruik artefacten en tools van de werkplek in het ontwerp;



- *maak aanpassingen (bijv. vereenvoudig, modelleer, bouw randvoorwaarden in) om de authentieke praktijk toegankelijk te maken voor de leerlingen. Let erop dat u de samenhang en authenticiteit behoudt wanneer u de context aanpast. Aanpassing kan leiden tot ‘kunstmatige’ in plaats van authentieke activiteiten.*

2. Geef leerlingen een professionele rol

Probeer in het lesmateriaal de leerlingen een professionele rol te geven die past bij de context van de opdracht. Doe dit niet alleen om de betrokkenheid bij de opdracht te garanderen, maar ook om de leerlingen het doel of het nut van de opdrachten die zij uitvoeren te laten ervaren. Deze rol kan heel specifiek zijn (bijv. een architect) of meer algemeen (bijv. een wetenschapper). Bij het ontwerp van de opdracht spelen de volgende overwegingen:

- *een werkomschrijving, de setting van de werkplek of een specificatie van het werk dat verricht dient te worden, kan onderdeel uitmaken van de opdracht;*
- *de manier waarop de leerlingen aan de opdracht werken, kun je gebruiken om hen te laten ervaren hoe professionals werken, bijv. in teams, de verdeling van klussen, het werken binnen randvoorwaarden, gebruik van authentieke artefacten zoals gereedschappen, instrumenten en gegevens;*
- *maak de professionele rol zo concreet en specifiek mogelijk. Bijvoorbeeld: als een activiteit voldoet aan alle vereisten voor onderzoekend leren, zouden we kunnen zeggen dat de rol van de onderzoeker prominent is in deze activiteit. Dit is een professionele rol en dus lijkt de relatie met de beroepspraktijk sterk. Voor leerlingen zou dit verband echter wel eens minder duidelijk kunnen zijn dan wij denken.*

De professionele rol is in dit geval namelijk vaak niet die van een specifiek soort onderzoeker. Hetzelfde geldt ook voor de rol van ‘ingenieur’ in een ontwerpactiviteit. In het lesmateriaal kunt u er voor kiezen om leerlingen in een meer specifiek rol te plaatsen en dan extra achtergrondmateriaal en –bronnen over dit beroep te bieden.

3. Laat de leerlingen activiteiten van de werkplek uitvoeren

- *uw opdracht bevat wellicht meerdere activiteiten die de leerlingen uit dienen te voeren. Let op het volgende bij het ontwerpen van deze activiteiten: zorg ervoor dat het oplossen van een authentiek probleem van de werkvloer, waarbij gebruikgemaakt wordt van bekende concepten, vaardigheden en procedures uit bètavakken, de centrale activiteit is in het ontwerp. Alle andere activiteiten hebben een doel nodig dat gerelateerd is aan dit centrale probleem;*
- *laat de leerlingactiviteiten vergelijkbaar zijn met (of analogieën zijn van) acties, processen of procedures die gebruikt worden op de werkvloer. Het kan nodig zijn om zaken te vereenvoudigen of opstapjes te bieden, maar let erop dat de authenticiteit en het open, onderzoeksgelateerde karakter van de opdracht behouden blijft;*
- *zorg ervoor dat de activiteiten passen bij de context en de rol;*
- *gebruik waar mogelijk ‘vakjargon’ van de werkplek en verbind dit met de taal van de schoolvakken;*

Zie bijvoorbeeld: http://www.fi.uu.nl/wiskrant/artikelen/312/Werkblad_Leuke_Les-Abels.pdf

Dit houdt verband met de karakteristieke ‘stimulatie, samenwerking en communicatie’ welke in de vorige alinea besproken werd.

- *presenteer activiteiten zo dat ze leerlingen waardevolle mogelijkheden bieden om hun kennis uit de bètavakken toe te passen op dezelfde manier als waarop dit gebeurt in professionele situaties. kunt gebruikmaken van authentieke artefacten zoals onderzoeksrapporten, memo's, schema's of taakomschrijvingen om de activiteiten op een authentieke manier te presenteren.*

4. Richt de opdracht op producten die verbonden zijn met de beroepspraktijk

Werk tijdens het ontwerpen van de opdracht toe naar een concreet product als resultaat. Dit weerspiegelt de aard van de beroepspraktijk waarin ook expliciete eindproducten geproduceerd worden. Het product kan vele vormen aannemen, het kan bijvoorbeeld een voorwerp zijn of een verslag of een advies. Houd het volgende in gedachten:

- *het beoogde product moet passen bij de context, de rol en de activiteiten;*
- *zorg ervoor dat het product een publiek heeft waarvoor het waardevol is. Als uit de activiteiten niet direct blijkt voor welk publiek het bedoeld is, zorg er dan voor dat aan de leerlingen duidelijk gemaakt wordt wie het publiek is. Een duidelijk publiek zal helpen om het product en de specificaties te definiëren;*
- *laat leerlingen een bijlage, een rapport, een memo of een logboek toevoegen waarin ze laten zien of uitleggen hoe ze kennis en vaardigheden uit wiskunde en natuurwetenschappen (het proces) hebben gebruikt om het probleem aan te pakken en op te lossen;*
- *neem in de opdracht suggesties en/of instrumenten op om te reflecteren op het proces en het product en het te evalueren. Een voorbeeld van een lijst met evaluatiecriteria kan gevonden worden in figuur 2 .*

Evaluatiecriteria

- Hoe volledig zijn de antwoorden op de deelvragen;
- De weergave van berekeningen en de gehanteerde methode(n);
- De efficiëntie van de methoden;
- De argumentatie en hoe keuzes onderbouwd worden;
- De (vakinhoudelijke) diepgang;
- De lay-out, het gebruik van plaatjes, ...;
- Originaliteit en creativiteit.

Figuur 2: Een voorbeeld van een lijst met criteria voor het evalueren van het proces en het product

Richtlijnen voor herontwerp

Het herontwerpen van een gestructureerde schoolopdracht

Het is vaak niet noodzakelijk om te beginnen met het ontwerpen van nieuwe opdrachten die aansluiten bij de karakteristieken van mascil. Een eenvoudig startpunt is een probleem uit het schoolboek dat gesitueerd is in een (rijke) beroepscontext. De activiteiten die de leerlingen aangeboden worden, zullen in dat geval meestal typische schoolse problemen zijn; zeer gestructureerd, gesloten, opgedeeld in sub-vragen, met veel hulp.

Indien dit het geval is, kunt u de context gebruiken, maar de activiteiten wijzigen. Dit kunt u doen door ze opener te maken, een doel te formuleren, een betekenisvolle situatie te omschrijven die op 'natuurlijke' wijze vragen bevat en oproept, of door te beginnen met een authentiek overkoepelend probleem om zo het onderzoekend leren te ondersteunen.

Het verbinden van een opdracht voor onderzoekend leren aan de beroepspraktijk

Het beginpunt van een mascil-opdracht kan ook een bestaande opdracht voor onderzoekend leren uit de wiskunde of natuurwetenschappen zijn, maar die nog niet gerelateerd is aan een beroepspraktijk. Het is in dit geval vaak mogelijk om contextuele informatie uit de beroepspraktijk toe te voegen, om activiteiten voor de leerlingen te formuleren die verband houden met vergelijkbare activiteiten uit de beroepspraktijk, om leerlingen een professionele rol te geven en om een passend product te definiëren.

Richtlijnen voor (her)ontwerp

- van een gestructureerde (schoolboek)opdracht naar een opdracht die onderzoekend leren ondersteunt.
- ga op zoek naar het (voor de leerlingen) 'relevante en betekenisvolle probleem' binnen de context. Neem dit als uitgangspunt voor het herontwerp;

- geef de leerlingen mogelijkheden om eigenaar van het probleem en van de oplossingsstrategie te zijn (het probleem staat meerdere strategieën toe);
- sla de subvragen over en laat de leerlingen het onderzoek/de aanpak zelf plannen of betrek ze daarbij;
- ondersteun het onderzoeksproces van de leerlingen (bijv. met een lesplan of met een introductie van de probleemsituatie);
- bied richtlijnen voor de uiteindelijke evaluatie;
- leg verbinding met de beroepspraktijk;
- verken de context en probeer deze te relateren aan de beroepspraktijk.
Let op: Het is niet altijd mogelijk om op een authentieke wijze een bestaande opdracht te koppelen aan een voorbeeld uit de beroepspraktijk;
- denk aan een beroepsbeoefenaar en een werkplekactiviteit die past bij de opdracht;
- gebruik artefacten, tools en taal van de werkplek waar mogelijk en verbind dit met het gebruik in de schoolvakken;
- maak de professionele rol zo concreet mogelijk;
- kies een product dat past bij de beroepspraktijk en dat voor een specifiek publiek is;
- stimuleer samenwerking en communicatie;
- vraag om producten die gepresenteerd of besproken kunnen worden;
- zorg ervoor dat de opdracht vraagt om samenwerking (bijv. door verantwoordelijkheden te delen);
- organiseer een moment voor feedback door klasgenoten.

Weest u zich ten slotte bewust van de aan verandering onderhevige rol van de opdracht in het leerproces van de leerlingen. In aanvulling op de inhoud-gerelateerde doelen, heeft de nieuwe opdracht tot doel om procesvaardigheden te ontwikkelen.

In sommige gevallen kan dit ten koste gaan van de aandacht die besteed wordt aan kennis van de inhoud. In andere gevallen kan het mogelijkheden bieden om de kennis van de inhoud te verdiepen of om de vaardigheden van de leerlingen beter te beoordelen.

Voorbeelden

1. Het berekenen van de BMI (Body Mass Index)

Dit voorbeeld toont twee versies van een opdracht. De eerste versie is een zeer gestructureerde versie die de leerlingen langs alle stappen begeleidt die nodig zijn om de wiskunde te ontdekken achter een BMI-calculator. De deelvragen nemen het denken over. In de tweede versie van de opdracht is het structureren de verantwoordelijkheid van de leerlingen.

Eerste versie van de BMI (zeer gestructureerd)

Body Mass Index (BMI) Calculator
Enter values for height and weight.

Height: metres

Weight: kilograms

BMI:

You are in the category

Body mass index (BMI) is measure of body fat that applies to adult men and women.

Ga naar de calculator die BMI berekent.

1. Stel de lengte in op 2 meter – een zeer lang persoon!

Vul de onderstaande tabel verder in en teken een grafiek om jouw resultaten weer te geven.

Gewicht (kg)	60	70	80	90	100	110	120	130	140
BMI									

- Wat is de grootste BMI- waarde waarmee iemand ondergewicht heeft?
- Wat is de kleinste BMI- waarde waarmee iemand overgewicht heeft?
- Wanneer je het gewicht verdubbelt, wat gebeurt er dan met de BMI?
- Kun je een regel vinden om het BMI bij een bepaald gewicht te berekenen?

2. Zet het gewicht op 80 kilogram en probeer te variëren met de lengte.

- Wanneer je de lengte verdubbelt, wat gebeurt er dan met de BMI?
- Kun je een regel vinden om de BMI bij een bepaalde lengte te berekenen?
- Teken een grafiek om het verband tussen de lengte en de BMI te tonen.

Tweede versie van de BMI (structureren is de verantwoordelijkheid van de leerling)

Het berekenen van de Body Mass Index (BMI)

Deze getoonde calculator wordt gebruikt op websites om volwassenen te helpen om erachter te komen of ze overgewicht hebben. Welke waarden van de BMI geven aan of een volwassene overgewicht of ondergewicht heeft of corpulent of zeer corpulent is?

Onderzoek hoe de calculator de BMI berekent aan de hand van lengte en gewicht.



2. Medicijnspiegel

Deze twee versies van een vergelijkbare opdracht tonen hoe een opdracht herontworpen kan worden met als doel onderzoekend leren (OL) te ondersteunen en een verbinding te maken met de beroepspraktijk. De tweede versie van de opdracht biedt niet de deelvragen die in de eerste versie de leerlingen in het oplossingsproces begeleiden. Deze tweede versie vraagt bovendien om een duidelijk product dat een doel heeft en verbonden is aan een voorbeeld uit de beroepspraktijk. De flyer kan gebruikt worden om de leerlingen elkaar feedback te laten geven op het resultaat.

Een gestructureerde versie van de opdracht:

Een patiënt is ziek en de dokter schrijft een medicijn voor. Daarvan dient dagelijks een dosis van 1500 mg ingenomen te worden. Van dit medicijn verdwijnt per dag 25% door uitscheiding, de rest blijft in het lichaam van de patiënt.

1. Hoeveel mg van dit medicijn is na 1 dag nog aanwezig in het lichaam?
2. Vul de tabel verder in.

Dag	Mg medicijn in lichaam
0	0
1	1125
2	
3	

3. Laat zien dat je de hoeveelheid medicijn in het lichaam (in mg) voor elke volgende dag kunt berekenen met de formule: Nieuwe-hoeveelheid = (oude-hoeveelheid + 1500) * 0,75

4. Na hoeveel dagen medicijngebruik heeft de patiënt meer dan 4 gram medicijn in het lichaam? Na hoeveel dagen meer dan 5 gram?

5. Wat is de maximale hoeveelheid medicijn die in het lichaam aanwezig kan zijn? Laat zien hoe je aan dit antwoord komt?

Een versie voor OL en de opdracht verbonden aan de beroepspraktijk



Een voorlichter over het gebruik van medicijnen vertelt een verhaal met deze hoofdpunten:

- Van sommige medicijnen verdwijnt per dag 25% door de uitscheiding.
- Een bepaald medicijn is pas effectief als een aangegeven peil is bereikt. Daarom duurt het even voor de dagelijks ingenomen medicijnen echt werkzaam zijn.
- Sla geen dag over.
- Het kan zeer onverstandig zijn een overgeslagen dag de volgende dag te compenseren met een dubbele dosis. N.B. De gegevens van dit verhaal zijn vereenvoudigd.

Onderzoek

- Maak enkele berekeningen voor het normale verloop van het 'peil'. Maak zelf benodigde aannamen en geef conclusies. Ga bijvoorbeeld eerst uit van een dagelijkse dosis van 1500 mg of 3 keer 500 mg.
- Zijn de gevolgen van overslaan werkelijk erg groot? Maakt het verschil wanneer dat overslaan plaatsvindt?
- Bekijk de consequenties van de genoemde compensatie met een dubbele dosis.
- Kan elk peil bereikt worden? Verklaar het antwoord.

De tweede versie geeft minder informatie over hoe de leerlingen tot een bepaald eindproduct zullen komen. Docenten zullen op voorhand na moeten nadenken over de manier waarop ze het onderzoeksproces gaan begeleiden en ondersteunen. Een voorbeeldlesplan voor de onderzoekend leren activiteit:

Lesplan

Les 1

10 minuten: groepen vormen, het probleem en de werkwijze introduceren, opdracht uitdelen

10 minuten: leerlingen werken in groepjes aan de opdracht

10 minuten: met de hele klas de voortgang bespreken; wat zijn vragen die zijn opgekomen, is een groepje vastgelopen, ...? Zorgen dat we met elkaar het proces in gang houden (voornamelijk proces-feedback geven).

15 minuten: de groepen werken verder; zorgen dat ze de berekeningen hebben en beginnen aan de bouwstenen voor een flyer.

Les 2

20 minuten: de groepjes maken de flyer af

20 minuten: een aantal voorbeelden presenteren (kan ook verwisseld worden met voorgaande om nog feedback te kunnen geven op het verwachte eindproduct)

10 minuten: reflectie op de opdracht (en relatie met vervolg: discrete analyse?)

3. Pekel

Dit voorbeeld biedt drie versies van een opdracht, die laten zien hoe een gestructureerde versie van een opdracht opnieuw vormgegeven kan worden in een opdracht die onderzoekend leren ondersteunt door de sub-opdrachten te verwijderen en de leerlingen zelf na te laten denken over het materiaal dat gebruikt kan worden. Tenslotte laat de versie met de alternatieve introductie van de opdracht zien hoe deze verbonden kan worden met de beroepspraktijk door een voorbeeld hieruit op te nemen, de rol van een beroepsbeoefenaar te bieden en te vragen om een duidelijk product.

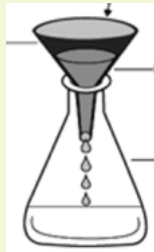
Gestructureerde versie van de Pekel-opdracht

Werkblad: Zuiver zout

Bij deze proef ga je brak water verwarmen om zout te produceren.

Nodig:

- brak water
- bekeerglas
- reageerbuis
- trechter
- filtreerpapier
- porseleinen/stalen kroesje
- brander
- driepoot
- gaasje
- lucifers/aansteker



Uitvoeren en uitwerken

Oplossen en filteren

- Doe het brakke water in het bekeerglas.
- Filter de vloeistof en vang het filtraat op in een reageerbuis.

Indampen

- Leg het gaasje op de driepoot. Zet het kroesje op het gaasje.
- Giet een beetje van de vloeistof uit de reageerbuis in het kroesje.
- Laat de gasbrander branden met een kleine kleurloze vlam.
- Verwarm de vloeistof tot al het water is verdampt.

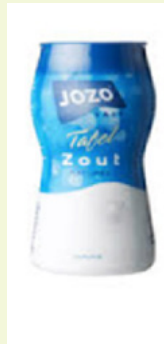
Beschrijf de inhoud van het kroesje na het indampen

Een versie van de Pekel-opdracht die OL ondersteunt



Je krijgt een monster van brak water en een aantal materialen. Het is jouw taak om het water te zuiveren en jodium chloride te destilleren. In je groep bedenk je een experiment waarmee je het brakke water kunt zuiveren. Je hebt daarbij een aantal instrumenten en materialen tot je beschikking. Aan het eind van de les presenteren jullie het experiment en jullie resultaten.

Een introductie bij de Pekel-opdracht die deze aan laat sluiten op de beroepspraktijk



Je bent een ingenieur bij een zoutproductiebedrijf en krijgt de opdracht om een proces te ontwikkelen dat brak water zuivert.

Je krijgt een monster van brak water en een aantal materialen. Het is jouw taak om een proces te bedenken waarmee je zout kunt produceren dat in de keuken gebruikt kan worden.

Theoretische achtergrond

De eerste hoofdstukken zijn geschreven om de docent te ondersteunen bij zijn dagelijks werk. In het voorliggend hoofdstuk 'Theoretische achtergrond' laten we zien dat de onderliggende ideeën wetenschappelijk onderbouwd zijn en samenhangen met het raamwerk dat ontstaan is uit een analyse van de opdrachten verzameling van mascil.

Onderzoekend leren wordt gedefinieerd als inductief, leerling-gestuurd leren, met de focus op creativiteit en samenwerking (Doorman, 2011). Onderzoekend leren heeft als doel een onderzoekende houding te ontwikkelen die van belang is in een snel veranderende samenleving. In essentie draait het bij onderzoekend leren erom dat leerlingen een actieve, onderzoekende houding aannemen. De problemen die zij aanpakken, dienen te worden ervaren als 'echt'. Ze onderzoeken en stellen zelf vragen, verkennen probleemsituaties en evalueren resultaten. Het leren wordt geleid door open vragen en verschillende strategieën met meerdere oplossingen. Hoewel dit model van onderzoekend leren leerlinggestuurd is, wordt het leerproces begeleid en ondersteund door de docenten en het lesmateriaal (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Ons model dient niet verward te worden met ontdekkend leren met minimale begeleiding, waarbij de docent simpelweg een opdracht presenteert en van de leerlingen verwacht dat zij geheel zelfstandig op onderzoek uitgaan en ideeën ontdekken (Kirschner, Sweller & Clark, 2006).

Onderzoekend leren verlangt van docenten dat zij proactief zijn: zij ondersteunen en moedigen leerlingen aan die worstelen met de opdracht, maken op een constructieve wijze gebruik van de eerder opgedane kennis van de leerling, dagen leerlingen uit door het stellen van vragen, begeleiden discussies en besprekingen in kleine groepen en in de klas, moedigen het bespreken van alternatieve invalshoeken aan en helpen leerlingen bij het met elkaar in verband brengen van hun ideeën (Crawford, 2000). Dit verlangt nogal wat van de docent en kan daarom niet in elke les verwacht worden. Een boodschap die docenten daarom ter harte moeten nemen is: U hoeft niet alles te veranderen. Onderzoekend leren is niet een compleet andere manier van lesgeven, maar een essentieel ingrediënt van goed onderwijs.

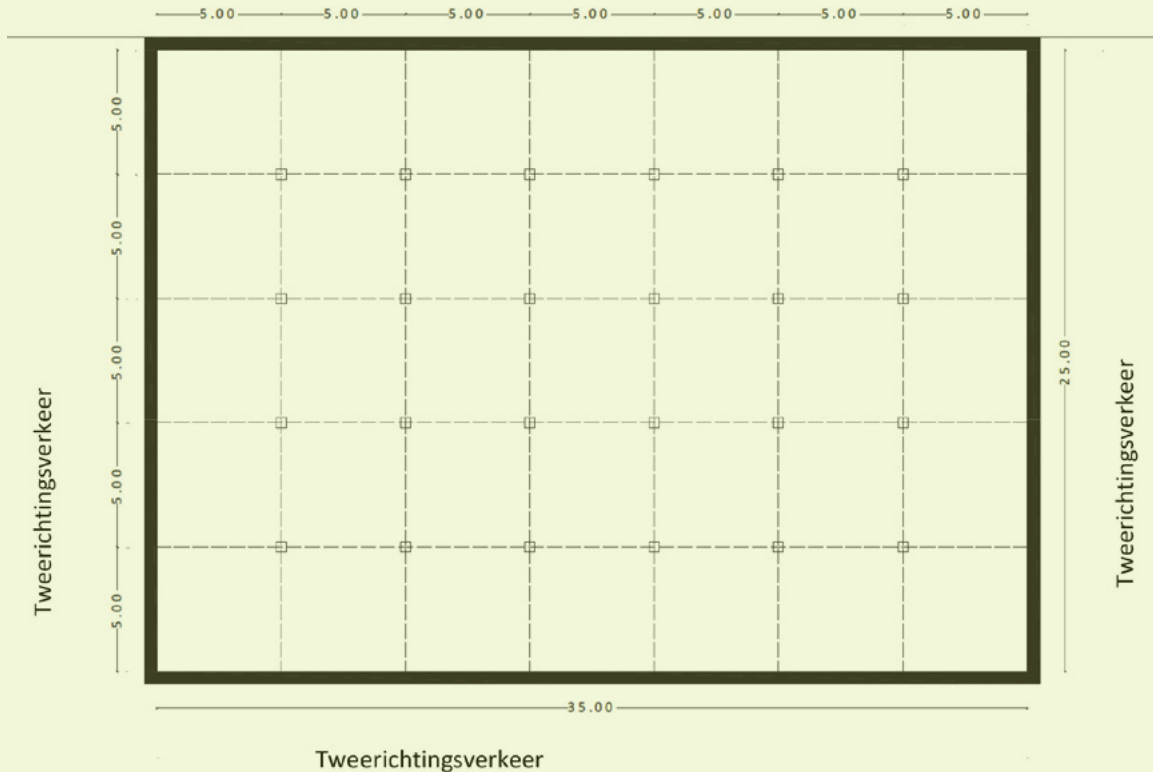
Figuur 3: Een voorbeeldopdracht uit mascil >



Aan het werk als architect: een ondergrondse parkeergarage

Bekijk: <https://www.youtube.com/watch?v=-UgHwU9oGno>

Bij het ontwerp van een appartementencomplex, moet in de kelder een parkeergarage gemaakt worden. Hieronder zie je een plattegrond van die kelder. Alle maten zijn in meters.



Enkele eisen

1. Er moeten twee invalidenparkeerplaatsen zijn.
2. Er moeten zes plekken zijn om een motor te kunnen parkeren.
3. Er moet een trappenhuis zijn van 5 bij 5 meter.
4. Er moet een helling komen waarover de auto's in en uit de garage kunnen rijden. De helling mag niet groter zijn dan 25%.

Maak een goed ontwerp voor deze garage.

Referenties

- National Research Council (1996). National science education standards. Washington D.C.: *National Academy Press*.
- Aarsen, M., & T. van der Valk (2008). Naar een leerlijn onderzoekende houding. *NVOX 33(8)* 354–356.
(<http://www.ecent.nl/servlet/supportBinaryFiles?referenceId=3&supportId=1808>).
- Ainley, J., Pratt, D., & Hansen, A. (2006). Connecting engagement and focus in pedagogic task design. *British Educational Research Journal*, 32(1), 23-38. doi: 10.1080/01411920500401971
- Banchi, H., & Bell, R. (2007). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative Inquiry Learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349-377.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: a synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91 (3), 347-370.
- Colburn, A. (2000). An Inquiry Primer. *Science Scope*, 23, 42-44.
- Crawford, B. A. (1999). Is it realistic to expect a preservice teacher to create an inquiry-based classroom? *Journal of Science Teacher Education*, 10(3), 175-199. doi: 10.1023/A:1009422728845
- Csikszentmihalyi, M., & Schneider, B. (2000). *Becoming adult: How teenagers prepare for work (Vol. First)*. New York: Basic Books.
- Dierdorp, A., Bakker, A., Van Maanen, J., & Eijkelhof, H. M. C. (2010). Educational versions of authentic practices as contexts to teach statistical modeling. Paper presented at the ICOTS 8, Ljubljana, Slovenia.
- Doorman, M., Jonker, V., Wijers, W. (2014). Het Flzier gericht op... Wiskunde in beroepen. *Euclides 89(7)*, 16-17.
- Doorman, M., van der Kooij, H. & Mooldijk, A. (2012). Denkactiviteiten, onderzoekend leren en de rol van de docent. *Nieuwe Wiskrant, Tijdschrift voor Nederlands wiskundeonderwijs 31(4)*, 9-12.
- Doorman, M. (2009). PRIMAS WP3 – Materials: Teaching and professional development materials for IBL (version 2). Netherlands: PRIMAS project.
- Gilbert, J. (2006). On the nature of ‘context’ in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.
- Haan, D. de, Doorman, M., Jonker, V. & Wijers, M. (2012). De OnderBouwWiskundeDag. *Nieuwe Wiskrant, Tijdschrift voor Nederlands wiskundeonderwijs 32(1)*, 12-16.
- Hakkarainen, K. (2003). Progressive inquiry in a computer-supported biology class. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1072-1088. doi: 10.1002/tea.10121



- Hoyles, C., Noss, R., Kent, P., & Bakker, A. (2010). *Improving mathematics at work: The need for techno-mathematical literacies*. London: Routledge.
- Jonker, V., & Wijers, M. (2014). Het Fizier gericht op... RekenGroen. *Euclides*, 89(6), 27-28.
- King, D., & Ritchie, S. M. (2012). Learning science through real-world contexts. In B. J. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (Vol. 24, pp. 69-79). Rotterdam: Springer Netherlands.
- Kirschner, P., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Louca, L. T. S. M., & Tzalli, D. (2010). Implementing a Lesson Plan Vs. Attending to Student Inquiry: The Struggle of a Student-Teacher During Teaching Science. *International Society of the Learning Sciences*, 1, 604-611.
- Mazereeuw, M. (2013). *The functionality of biological knowledge in the workplace. Integrating school and workplace learning about reproduction*. Utrecht University, Utrecht. Retrieved from <http://www.fisme.science.uu.nl/toepassingen/20080> (Fisme Scientific Library 80).
- Moordijk, A. (2012). Een onderzoekende houding begint bij de docent. Op school aan de slag met Primas. *NVOX* 37(6), 264-265.
- Prins, G. T., Bulte, A. M. W., Driel, van, J. H., & Pilot, A. (2008). Selection of Authentic modelling practices as contexts for chemistry education. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1867-1890.
- Prins, G. T. (2010). *Teaching and learning of modelling in chemistry education. Authentic practices as contexts for learning*. Utrecht University, Utrecht. Retrieved from <http://www.fisme.science.uu.nl/toepassingen/20063/> (Fisme Scientific Library 63)
- Rocard, M. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* (pp. 20). Brussel: High Level Group on Science Education, Directorate General for Research, Science, Economy and Science, European Commission.
- Roth, W.-M. (1997). Graphing: Cognitive ability or practice? *Science Education*, 81(1), 91-106. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(199701)81:1<91::AID-SCE5>3.0.CO;2-X
- Roth, W.M., van Eijck, M., Reis, G., & Hsu, P.L. (2008). *Authentic science revisited: In praise of diversity, heterogeneity, hybridity*. Rotterdam: Sense publishers.
- Teichler, U. (1999). Higher education policy and the world of work: Changing conditions and challenges. *Higher Education Policy*, 12(4), 285-312. doi: 10.1016/S0952-8733(99)00019-7.

