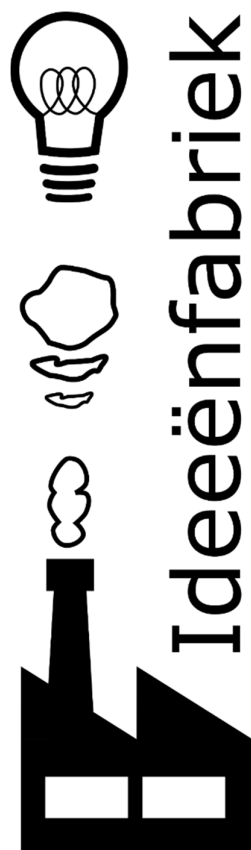


Werken met, niet tegen, intuïtieve voorkennis natuurwetenschappen

Door dialoog concepten natuurwetenschappen efficiënter
aanleren



*Christel Balck¹, Wim Temmerman¹,
Bram Robberecht¹,
Jan Sermeus², Jelle De Schrijver²,*

*Beatriz Garcia Fernandez³, Tsepo Mokuku⁴,
Bonnqe Taolane⁴, S.N. Koma⁴*

*Tina Croes⁵, Coen Maertens⁵,
Caroline De Kinder⁶, Herman De Paepe⁷*

1 Odisee, Sint-Niklaas

2 Odisee, Brussel

3 Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, Spanje

4 National university of Lesotho, Roma, Lesotho

5 Heilige Familie, Sint- Niklaas

6 Onze Lieve Vrouw Presentatie, Sint-Niklaas

7 PiusX, Zele

Eindrapport PWO Ideeënfabriek natuurwetenschappen
Onderzoekskern onderwijs Exploratio, Odisee Hogeschool

Samenvatting

Leerlingen hebben intuïtieve voorkennis, preconcepten, over de basisconcepten van natuurwetenschappen. Deze worden traditioneel als *misconcepten* bestempeld. Ze worden dus als fout gezien en moeten vervangen worden door de wetenschappelijk invulling van het concept. In dit eindrapport wordt een didactische aanpak voorgesteld om in de lessen natuurwetenschappen aan de slag te gaan met, en *niet tegen*, de preconcepten van leerlingen.

In de Ideeënfabriek worden leerlingen door een Socratische dialoog in te zetten, bewust gemaakt van hun voorkennis, spiegelen ze deze aan de wetenschappelijke kennis en gaan ze met het wetenschappelijk concept in geïntegreerde opdrachten aan de slag. Het doel van deze aanpak is om leerlingen actiever aan het denken te zetten over de betekenis van basisconcepten in de wetenschappen. Zo worden concepten efficiënter en diepgaander verankerd in het denken en kunnen leerlingen ze beter gebruiken in toepassingen.

De aanpak werd getest in een quasi-experimenteel ontwikkelingsonderzoek voor het concept *energie* in de eerste graad secundair onderwijs. In Vlaanderen namen 148 leerlingen, vier leerkrachten en drie secundaire scholen deel. De leerkrachten waren van bij de start nauw betrokken bij de ontwikkeling van de methode, het lesmateriaal, de training, de uitvoering van trials en de datacollectie. 90 leerlingen uit een experimentele groep en 58 leerlingen in een controlegroep kregen een pre-test, een interventie en een post-test. In Lesotho waren 192 leerlingen en twee leerkrachten betrokken uit twee secundaire scholen. Zij liepen een analoog traject voor 98 leerlingen in de experimentele groep en 94 leerlingen in de controlegroep.

Onderzoeksresultaten tonen een positief, significant en middelmatig tot groot leereffect voor de wetenschappelijke kennis die gespiegeld werd aan intuïtieve kennis. Observaties tonen een verhoogde motivatie van leerlingen. Er is geen leereffect op concepten die niet gespiegeld werden. In het kader van het onderzoek werd leer materiaal ontwikkeld ter ondersteuning van leerkrachten. Dit materiaal wordt gedeeld via de website: <http://www.ideeenfabriekwetenschappen.be>

We stellen voor dat het kunnen verwoorden en verduidelijken van de eigen ideeën over wetenschappelijke basisconcepten, het kunnen verwoorden en verduidelijken van de wetenschappelijke betekenis van deze concepten en de verschillen tussen beide interpretaties als doelstelling worden opgenomen in het wetenschapsonderwijs, in het bijzonder in het vak natuurwetenschappen van de eerste graad secundair onderwijs.

Onderzoeksresultaten werden gepresenteerd op de GIREP conferenties in 2016 en 2017, de ESERA conferentie in 2017, de Woudschotenconferentie didactiek natuurkunde 2017 en 2018, de VELOV conferentie 2018 en de VLHORA conferentie 2018. Abstracts zijn te raadplegen via: <http://www.ideeenfabriekwetenschappen.be/nl/english/publications>

Inhoud

Samenvatting.....	i
Inleiding	1
Theoretisch kader	2
Onderzoeksvragen	5
Lesmateriaal voor leerkrachten.....	6
De Socratische dialoog	6
Lesplan.....	6
Onderzoeksdesign	9
Kwalitatief onderzoek	9
Kwantitatief onderzoek.....	10
Test-ontwikkeling.....	11
Onderzoeksresultaten.....	13
Kwalitatieve onderzoeksresultaten	13
Kwantitatieve onderzoeksresultaten.....	14
Discussie en aanbevelingen.....	16
Dank.....	17
Referenties.....	18
Bijlage 1: Concept-test	20
Bijlage 2: Scoring protocol.....	24

Inleiding

De lessen wetenschappen zitten boordevol woorden die een zeer specifieke betekenis hebben in wetenschap. Sommige woorden zijn redelijk exclusief voor wetenschap, zoals bijvoorbeeld de "afgeknotte icoesaëder" die buiten de wetenschapsklas typisch een "voetbal" wordt genoemd. Andere woorden, zoals bijv. energie, zijn vaak niet nieuw voor leerlingen. Van jongs af aan bouwen leerlingen een intuïtieve betekenis voor het woord energie vanuit de ervaringen en de taal die ze horen in allerlei contexten. Ze construeren verklaringen voor ervaringen gekoppeld aan het woord energie, lang voor ze naar school gaan. Het geheel van pre- schoolse, intuïtief verworven kennis noemt men preconceptuele of intuïtieve kennis. Deze kennis werkt goed om dagelijkse verschijnselen te begrijpen en leerlingen gebruiken deze intuïtieve kennis in gesprekken. Maar vaak is de intuïtieve invulling niet dezelfde als de wetenschappelijke invulling van een concept (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2014). De leerkracht, die praat vertrekkende van de wetenschappelijke en vaak contra-intuïtieve invulling van een bepaald concept, lijkt over iets totaal anders te praten dan waar de leerling intuïtief mee in zijn/haar hoofd zit. Dit intern conflict zorgt ervoor dat het aannemen en leren van een nieuw concept moeilijk, soms onmogelijk, wordt (Vosniadou, Vamvakoussi, & Skopeliti, 2008). Dit zorgt er dan weer voor dat leerlingen het wetenschappelijk concept verkeerd begrijpen, waar de term 'misconcept' vaak gebruikt wordt (Vosniadou, 2013) en leerlingen gedemotiveerd kunnen geraken voor wetenschappen (Vosniadou, Vamvakoussi, & Skopeliti, 2008).

Ook in Vlaanderen kreunen de wetenschapsklassen onder deze problematiek. Dit vertaalde zich dan ook in zwakke resultaten wanneer in mei 2015 de Vlaamse overheid toetste of leerlingen de eindtermen natuurwetenschappen, na de eerste graad a-stroom, behalen (Jansen, 2016). Uit de schriftelijke toetsen bleek dat slechts de helft tot twee derde van de leerlingen het vooropgestelde minimumniveau behaalt. Een groot deel (tot de helft!) van de leerlingen begrijpen de inhoud dus onvoldoende en kunnen die inhoud moeilijk inzetten in toepassingen. Een schrijnend resultaat dat nog donkerder kleurt wanneer specifiek naar de eindtermen rond het concept energie gekeken wordt waar amper een vierde van de leerlingen het niveau van de eindtermen behaalt.

Een opvallend resultaat, zeker omdat diezelfde peiling leert dat veel leerlingen (67%) natuurwetenschappen een nuttig vak vinden, dat ongeveer de helft van de leerlingen (52%) wel meer uren natuurwetenschappen wil krijgen, en dat bijna de helft van de leerlingen later een beroep (46%) of studie (45%) wil doen waarin wetenschappen aan bod komt.

Voorgaande is niet enkel een Vlaams probleem. Op Europees niveau bijvoorbeeld blijft het onvoldoende beheersen van basiskennis en vaardigheden in onder andere wetenschap een probleem dat aandacht krijgt van beleidsmakers en van onderzoekers (Parveva, 2017).

Er is behoorlijk wat onderzoek gebeurd naar de manier waarop leerlingen concepten leren. Vertrekkende van wat geweten is uit de literatuur wordt in wat volgt opgebouwd naar het theoretisch kader van de Ideeënfabriek. Verderop wordt dit theoretisch kader vertaald naar leermateriaal dat in de praktijk kan ingezet worden. Tenslotte worden het onderzoeksopzet en de resultaten beschreven.

Theoretisch kader

Centraal in elke wetenschap les staat het inzicht verwerven in wetenschappelijke concepten zoals kracht, energie, leven, warmte of materie. Veelal hebben leerlingen reeds intuïtieve ideeën (preconcepten) over deze begrippen. Deze preconceptuele kennis werd in onderzoek in de jaren '80 in kaart gebracht. Preconcepten blijken zeer gelijkaardig voor leerlingen uit verschillende culturen en achtergronden (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2014). Wanneer en hoe worden die preconcepten gevormd? Wat is de aard van preconceptuele kennis (Baillargeon, 1995; Carey & Spelke, 1994; Gelman, 1990)? In welke mate is preconceptuele kennis geordend en gestructureerd? Voor een antwoord op deze vragen wordt de lezer uitgenodigd om de literatuur te raadplegen. Rond de laatste vraag leeft echter een levendig debat in de literatuur dat wat meer aandacht verdient.

Hoewel detailonderzoek aantoont dat preconceptuele kennis geordend en gestructureerd is, en goed werkt om in de dagelijkse realiteit mee aan de slag te gaan, zijn er over de mate van ordening en structuur van deze kennis meningsverschillen.

Volgens de framework theory bestaat intuïtieve kennis uit naïeve theorieën. Die hebben een beperkter voorspellend vermogen en een kleinere interne consistentie dan een wetenschappelijke theorie. Ze worden niet, zoals een wetenschappelijke theorie, systematisch getest op reproduceerbaarheid en falsificatie. Toch spreekt men van naïeve *theorieën* omwille van de bestaande onderliggende structuur en basisprincipes. Deze naïeve theorieën hebben een duidelijke ontologie en regels van causaliteit. Binnen de framework theory is intuïtieve kennis een essentieel element in het bouwen van wetenschappelijke kennis (Vosniadou, Vamvakoussi, & Skopeliti, 2008).

Anderen stellen dat preconceptuele kennis ongestructureerde voorkennis is bestaande uit losse bouwblokjes, de zogenaamde phenomenological primitives (ook wel p-primes genoemd). Deze p-primes worden gevormd door een oppervlakkige waarneming van de realiteit. Volgens disessa zijn deze bouwblokjes geordend in een conceptueel kader en worden ze ingezet in bepaalde contexten (disessa, Gillespie, & Esterly, 2004). Wetenschap leren is het aanmaken van dergelijke blokjes en die vervolgens samenvoegen en herschikken tot steeds groter wordende netwerken met een toenemend aantal links.

Het antwoord op de vraag in welke mate preconceptuele kennis geordend en gestructureerd is, is waarschijnlijk genuanceerder dan voorgaande twee extremen. De ideeënfabriek bevindt zich op het spectrum tussen de twee extremen eerder richting coherente intuïtieve kennis. Dit lijkt in het bijzonder zo te zijn voor 'basis' concepten wetenschappen die leerlingen al vroeg in hun schoolcarrière tegenkomen.

Belangrijk voor de klaspraktijk is dat de preconceptuele invulling van concepten vaak verschilt van de wetenschappelijke. Wanneer daar in de les geen expliciete aandacht aan gegeven wordt, denkt de leerling in een ander denkkader dan de leerkracht. Er ontstaat een miscommunicatie. Leerlingen voelen aan dat er iets niet klopt. Ze begrijpen niet wat de leerkracht bedoelt. Deze miscommunicatie zorgt ervoor dat het aannemen en leren van het wetenschappelijk concept moeilijk, soms onmogelijk, wordt. Leerlingen begrijpen het wetenschappelijk concept verkeerd. Voor de foutieve manier waarop de leerlingen de concepten interpreteren wordt de term 'misconcept' vaak gebruikt (Davis, 1997). Het Amerikaanse AAAS 2061 project documenteert de evolutie in de conceptkennis wetenschappen van leerlingen en toont een beperkte impact van wetenschappen onderwijs op de evolutie daarvan (AAAS project 2061).

Bijkomend kan dit conflict een mogelijke verklaring zijn voor de demotivatie van leerlingen voor wetenschappen (Vosniadou, Vamvakoussi, & Skopeliti, 2008).

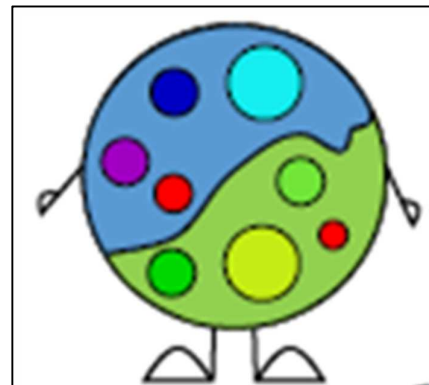
Van leerlingen wordt verwacht dat ze van hun preconceptuele ideeën opschuiven naar de wetenschappelijke ideeën. Een zogenaamde concept-shift is nodig. Maar hoe lok je een concept-shift uit, en welke parameters faciliteren een conceptshift?

In initieel onderzoek (Khun, 1970) werden voorwaarden om een concept shift te induceren geïdentificeerd. De leerling moet begrijpen dat zijn/haar preconceptuele invulling fout is én er moet een nieuw, begrijpbaar, aanvaardbaar en werkend alternatief voor het concept voorhanden zijn (Posner, 1982). Binnen deze zienswijze moet de leerkracht wetenschappen dus tonen dat de intuïtieve ideeën van leerlingen fout zijn. Vervolgens moet de leerkracht het correcte wetenschappelijke idee aanreiken. Het blijkt echter dat deze voorwaarden niet voldoende zijn om een concept shift uit te lokken.

Een concept shift zou eerder een gradueel proces zijn dan een discrete sprong (Caravita, & Halldén, 1994; Vosniadou, & Brewer, 1992). Het proces wordt niet alleen bepaald door cognitieve en rationele elementen maar ook door affectieve en motivationele elementen (Pintrich, Marx, & Boyle, 1993) en sociale en contextfactoren (Hatano & Inagaki, 1993).

Binnen dit kader, waarin de ontwikkeling van conceptueel denken een inherent sociaal proces is, vormen de ideeën van Vygotski en ideeën van contextafhankelijke kennisverwerving (Robbinson, & Aydede, 2009) het uitgangspunt. Kennisverwerving haalt structuur uit de natuurlijke en de sociale omgeving en wordt efficiënter naarmate er meer kennis getransfereerd wordt van en naar de omgeving. Dat gebeurt door in interactie te gaan met de omgeving. De omgeving fungeert dan als een model (Brooks, 1991) of extern geheugen (O’regan, 1992). De grenzen van kennisverwerving overstijgen de grenzen van het individu (extensions thesis) en kennisverwerving is ingebed in onze sociale acties en percepties. Omdat interacties bepaald worden door een specifieke context, een welbepaalde situatie, is het bouwen van concepten context gebonden. In deze benadering speelt taal een centrale rol in het bouwen van conceptkennis. Gedachten en woorden zijn dialectisch aan elkaar verbonden (Vygotski, 1987).

‘Conceptual profiles’ brengen deze heterogeniteit in het denken en de taal die leerlingen hanteren in kaart (Mortimer, & Scott, 2003). Een concept profiel bestaat uit verschillende kennisdomeinen, waaronder intuïtieve (preconceptuele) kennisdomeinen, maar eventueel ook het wetenschappelijke kennisdomein. In figuur 1 worden de verschillende kennisdomeinen, van bijvoorbeeld het blauwe conceptprofiel voor het concept *energie*, voorgesteld als een verzameling ingekleurde cirkels. Elke cirkel stelt een kennisdomein voor. Het groene conceptprofiel stel een aansluitend kennisdomein voor, hier bijv. het concept *kracht*.



Figuur 1: kennisdomeinen in twee conceptprofielen

In bepaalde contexten gebruiken leerlingen bijvoorbeeld het intuïtieve idee dat energie opgebruikt kan worden, voorgesteld door de paarse cirkel. In een andere context werkt het idee dat enkel voorwerpen die bewegen energie hebben, voorgesteld door de lichtblauwe cirkel, goed. Afhankelijk van de context zetten leerlingen verschillende kennisdomeinen uit een conceptprofiel in. Het wetenschappelijke kennisdomein wordt voorgesteld door de rode cirkel. Binnen de Conceptual Profiles benadering wordt het wetenschappelijk kennisdomein niet als superieur gezien. Het doel is niet om de intuïtieve kennis en dagelijkse taal te vervangen door wetenschappelijke kennis en een wetenschappelijk vakjargon.

Volgens deze benadering is 'wetenschap leren' een samenspel van twee processen. Enerzijds wordt het bestaande concept profiel verrijkt door in contact te komen met het wetenschappelijke kennisdomein. Anderzijds, door sociale interacties toe te laten en te stimuleren, worden leerlingen zich metacognitief bewust van de verschillende mogelijke interpretaties van een begrip en de contexten waarin de verschillende interpretaties goed werken (El-Hani, & Mortimer, 2007). Het is dit laatste proces dat we binnen dit project expliciet introduceren in de opbouw van de wetenschap les.

De leerkracht kan de sociale interactie in de klas faciliteren door werkvormen te kiezen die discussie, dialoog en argumentatie aanmoedigen. Hierdoor komen de leerlingen tot dieper leren en betere prestaties (Wolfe, & Alexander, 2008). De dialoog die de leerkracht zelf hanteert om het leren optimaal te ondersteunen, alterneert tussen een coachende dialoog en een autoritaire dialoog (El-Hani, & Mortimer, 2007). De coachende dialoog is een Socratische dialoog die leerlingen ondersteunt hun preconceptuele kennis wakker te maken en te verwoorden, en die leerlingen toelaat om nieuwe ideeën begeleid te ontdekken. Tijdens het Socratisch gesprek staat het intuïtieve kennisdomein van de leerlingen centraal: wat denken de leerlingen en waarom denken ze dat. In een volgende fase verandert het perspectief van de dialoog tussen de leerlingen onderling en tussen de leerlingen en de leerkracht van de ideeën van de leerlingen naar het wetenschappelijke idee. Daarin gebruikt de leerkracht een autoritaire dialoog om de wetenschappelijke invulling van een concept aan te brengen. In die dialoog neemt de leerkracht de rol aan van een tolk van het wetenschappelijke idee. Merk op dat ook hier de rol van de leerkracht niet de klassieke rol van kennis-autoriteit is.

Het doel van de les is niet langer om het intuïtieve kennisdomein te vervangen door het wetenschappelijk kennisdomein. Het doel is om het wetenschappelijk kennisdomein aan te reiken als een valabel en breed inzetbaar alternatief (Posner, 1982). De leerkracht benadrukt daarbij de verschillen in interpretatie tussen de twee kennisdomeinen.

Onderzoeksvragen

Ondanks de vele onderzoeksresultaten in het onderzoek naar conceptueel inzicht en concept shifts in wetenschapsonderwijs is er geen duidelijke transfer van deze resultaten naar de didactiek wetenschappen gebruikt door Vlaamse leraren. De meeste leraren zijn zich uit ervaring terdege bewust van de verschillen tussen de dagelijkse en wetenschappelijke invulling van woorden die gebruikt worden in de wetenschapsklas. En sommige leraren weten dat leerlingen preconcepten hebben. Maar vaak refereren ze naar deze preconcepten als misconcepten, zijn ze zich niet bewust van het verschil tussen pre- en misconcepten. Ze zien *misconcepten* als iets dat foutief in het hoofd van de leerling zit en dat *vervangen* moet worden. Bovendien leeft bij leraren het gevoel dat het leerplan overvol zit en er nooit genoeg tijd is om 'alles' te zien. Dat betekent ook dat er geen tijd is om 'wat te praten' over hoe leerlingen concepten initieel invullen, waarom een bepaalde invulling al dan niet werkt en wat de wetenschappelijk invulling juist betekent. Zelfs leerkrachten die helemaal mee zijn met de laatste wetenschappelijke literatuur over concepten zullen zich vaak beperken tot een korte bevraging van de klas over de invulling van een concept om dan over te gaan tot de orde van de dag: het uitleggen van het wetenschappelijk concept.

In de "Ideeënfabriek" wordt gezocht naar een methodiek die toelaat om in de Vlaamse context te werken aan concept shifts in de wetenschap klas. De volgende onderzoeksdoelen werden gesteld:

1. Ontwikkeling van een methodiek die aangeeft hoe vertrekkende vanuit preconceptuele kennis van de leerlingen de conceptontwikkeling wetenschappen bij leerlingen ondersteund kan worden.
2. Ontwikkeling van voorbeeldmateriaal rond de concepten kracht, energie, snelheid, zien, zinken, zweven en drijven om de aanpak te illustreren.
3. Onderzoek naar de impact van de methodiek op de conceptverwerving van leerlingen.

Bij deze doelen werden de volgende onderzoeksvragen gesteld:

1. Hoe moet de methodiek worden vormgegeven?
2. Wat is de houding van de leraars t.o.v. het toepassen van de methodiek?
3. Welke factoren op klasniveau hinderen of faciliteren de introductie van de methodiek?
4. Wat is de impact van de methodiek op de wetenschappelijke conceptkennis bij leerlingen?

Lesmateriaal voor leerkrachten

Uit voorgaande theoretisch kader werd een didactische aanpak voor de introductie van het intuïtieve denken van de leerlingen in de wetenschapsklas ontwikkeld. De ontwikkeling van dat materiaal verliep via een ontwikkelingsonderzoek. Hierbij wordt in verschillende cycli materiaal ontwikkeld, getest in een klassituatie, geëvalueerd en aangepast, steeds in nauwe samenwerking met enkele in-service leerkrachten.

De focus van de les verschuift van enkel het aanleren van het wetenschappelijk perspectief naar het leren inzien van het intuïtieve en het wetenschappelijke perspectief, én het verschil ertussen. Leerlingen moeten niet langer enkel de wetenschappelijk visie begrijpen en reproduceren. Ze moeten zich bovendien bewust worden van hun eigen intuïtief denken en van het verschil tussen dat intuïtief denken en het wetenschappelijk denken. Het intuïtief denken wordt in de aanpak gevalideerd en gebruikt als baseline zodat de verschillen met het wetenschappelijk denken voor leerlingen duidelijker worden.

De Socratische dialoog

Om te kunnen vertrekken van het intuïtief denken van de leerlingen moeten de leerlingen uiteraard zeggen wat ze denken. Dit is echter niet eenvoudig. Leerlingen vinden het moeilijk om de juiste woorden te vinden om te zeggen wat ze bedoelen. Bovendien zijn leerlingen vaak onzeker zowel over de mening van andere medeleerlingen en de leerkracht, als over hun eigen ideeën. Hierin speelt de leerkracht, en in het bijzonder de houding en zijn/haar begeleiding een cruciale rol. De Socratische dialoog die de leerkracht gebruikt heeft dus een dubbel doel. Ten eerste wil de leerkracht weten wat de leerlingen denken, en ten tweede wil de leerkracht de leerlingen geruststellen en ondersteunen in het durven denken en durven verwoorden van ideeën. In de Socratische dialoog is niet enkel wat de leerkracht zegt van belang is, maar ook de lichaamstaal die de leerkracht daarbij gebruikt. Aan de lichaamstaal van de leerkracht kunnen leerlingen snel aflezen of de leerkracht oprecht wil weten wat zij denken, of dat de leerkracht op zoek is naar het “juiste” antwoord.

Nadien brengt de leerkracht het wetenschappelijk kennisdomein aan. Daarbij hanteert de leerkracht een autoritaire dialoog. Hij/ zij praat vanuit zijn/ haar expertise als een tolk van de wetenschapper. De leerkracht legt daarbij de nadruk op de verschillen tussen het idee van de leerlingen en het idee van de wetenschapper. Ten slotte zetten leerlingen het wetenschappelijk concept vast. Eerst in eenvoudige opdrachten en later in natuurwetenschappelijk brede contexten.

Lesplan

In een klassieke les zijn de volgende fazen te onderscheiden: in een eerste fase legt de leerkracht de link tussen het wetenschappelijk concept en de dagelijkse realiteit van de leerlingen. De leerkracht toetst in een klasgesprek af wat de leerlingen al weten en schetst een context. In een tweede fase introduceert de leerkracht het wetenschappelijk concept. Hij/zij probeert om op een gestructureerde manier, activerend en gebruik makend van visuele ondersteuning de wetenschappelijke invulling van het concept aan te leren. De leerlingen moeten proberen de redenering van de leerkracht, en indirect van de wetenschapper, te begrijpen, en zich eigen te maken. Later moet de leerling proberen deze redenering te reproduceren en te gebruiken in oefeningen of experimenten. Het perspectief van waaruit de les wordt opgebouwd is dus het wetenschappelijk perspectief. De inhoud is gericht op het wetenschappelijk kennisdomein.

In de Ideeënfabriek wordt de klassieke les uitgebreid met een fase waarin de intuïtieve kennis van leerlingen wakker wordt gemaakt, hun ideeën worden geïdentificeerd en een context wordt aangereikt waarin de intuïtieve kennis niet blijkt te werken. In deze fase wordt de les opgebouwd

vanuit het intuïtief perspectief. De inhoud van de les is gericht op het intuïtieve kennisdomein. De leerlingen worden aangemoedigd om hun eigen ideeën te verwoorden en te verduidelijken: wat denk je en waarom denk je dat? Daarbij gebruikt de leerkracht een Socratische dialoog.

Een vergelijkend overzicht van de klassieke lesopbouw en de aangepaste lesopbouw is te vinden in tabellen 1 en 2.

In vergelijking met de klassieke lesopbouw

- wordt er tijd vrijgemaakt om het intuïtief denken expliciet te maken
- wordt dat intuïtief denken erkend en gevalideerd
- wordt enkel de essentie van het wetenschappelijk concept door de leerkracht aangebracht
- wordt het verschil tussen intuïtief denken en wetenschappelijk denken duidelijk gesteld
- zijn leerlingen veel aan het woord, in dialoog met elkaar binnen groepjes van 4 à 5 leerlingen en met de leerkracht
- passen leerlingen het wetenschappelijk idee toe in wetenschappelijk brede contexten

Gebaseerd op deze lesopbouw werd lesmateriaal voor leerkrachten ontwikkeld voor de concepten energie, zinken, zweven en drijven, kracht, snelheid en zien. Ter ondersteuning van de lesrealisatie werd het materiaal uitgebreid met scenario's voor de dialoog (wat zal je zeggen), de activiteiten (wat zal je doen), de te verwachten ideeën van leerlingen (wat kan je verwachten) en valkuilen (let op!). Alle lesmateriaal, het theoretisch kader en onderzoeksresultaten zijn terug te vinden via de volgende link: <http://www.ideeenfabriekwetenschappen.be/nl/methode>

KLASSIEK LESPLAN			
	Perspectief Wetenschappelijke kennisdomein		
Lesfasen	1 Wetenschappelijke voorkennis bevragen	2 De kern van het wetenschappelijk idee introduceren	3 Het wetenschappelijk idee vastzetten
Doelstellingen voor de leerlingen	Zich bewust worden van wetenschappelijke voorkennis. De voorbeelden van de leerkracht linken aan eigen ervaringen en kennis. Ontdekken dat sommige ideeën die je hebt wetenschappelijk niet juist zijn en andere wel juist zijn. Ontdekken dat wetenschappelijke kennis nuttig en relevant is voor het dagelijks leven.	Het idee van de wetenschapper leren kennen.	Het wetenschappelijk idee gebruiken in toepassingen en oefeningen.
Dialogoog van de leerkracht	<i>Wat weet je al over dit concept? Ja dit is juist. Neen dit is nog niet juist.</i>	De visie van de wetenschapper vertolken.	Hoe zou de wetenschapper dit verklaren?

Tabel 1: Didactische opbouw klassiek lesplan. Merk op dat aan het eerste deel van de les vaak niet veel tijd wordt gependeed.

AANGEPAST LESPLAN						
	Perspectief intuïtief kennisdomein			Perspectief wetenschappelijke kennisdomein		
Werkstappen in de les	1 Wakker maken van intuïtieve kennis	2 Een intuïtief kern-idee identificeren	3 Het intuïtief kernidee schudden	4 De kern van het wetenschappelijk idee introduceren, en het verschil met het intuïtieve idee duiden	5 Het wetenschappelijk idee confronteren met het intuïtieve idee door te experimenteren	6 Het wetenschappelijk idee in brede contexten toepassen
Doelstellingen voor de leerlingen	Zich bewust worden van het eigen denken. Eigen ideeën verwoorden en delen. Andere ideeën leren kennen. Ontdekken dat ideeën niet in alle contexten werken.			Het idee van de wetenschapper leren kennen. Het verschil met wat je zelf denkt leren kennen.	Ontdekken dat het wetenschappelijk idee in veel contexten goed werkt.	
Dialogoog van de leerkracht	<i>Hoe begrijp jij dit concept? Hoe begrijpen anderen het? Waarover zijn we het niet eens? Waarover bestaat er verwarring? Je idee werkt niet altijd?</i>			Dit is de visie van de wetenschapper. Dit is hoe de wetenschapper anders denkt.	Hoe zou de wetenschapper dit verklaren?	

Tabel 2: Didactische opbouw aangepast lesplan. Merk op dat er aan het vierde deel van de les weinig tijd wordt gependeed.

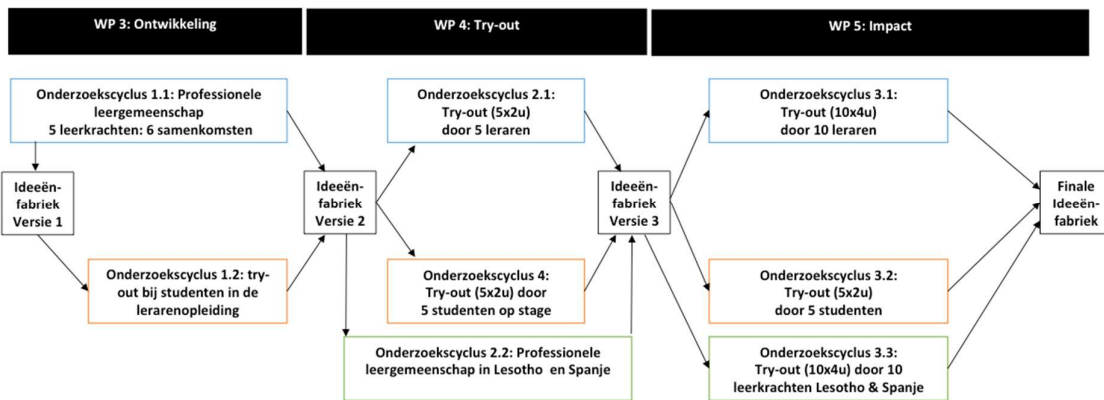
Onderzoeksdesign

Het onderzoek is een praktijkgericht wetenschappelijk onderzoek dat 2 jaar liep volgens educational design research – EDR (Van den Akker, Gravenmeijer, McKenney, & Nieveen, 2006), zie figuur 2.

De doelgroep voor het onderzoek zijn leerlingen uit de eerste graad a-stroom van het secundair onderwijs, in Vlaanderen en Lesotho. We hebben ervoor gekozen om in de eerste graad te werken omdat daar de basisconcepten natuurwetenschappen voor het eerst in de lessen expliciet systematisch aan bod komen. Deze introductie is nog conceptueel, in de zin dat van de leerlingen eerst inzicht wordt gevraagd en pas later wetenschappelijk/wiskundig redeneringen aan bod komen. Omdat het wiskundig kader van de leerlingen op dat moment in hun vorming nog beperkt is, is de taal die daarvoor gebruikt wordt niet de abstracte taal van de wiskunde, maar hoofdzakelijk het Nederlands.

Studenten uit de lerarenopleiding secundair onderwijs en studenten uit de bacheloropleiding lager onderwijs in Vlaanderen en Spanje fungeerden als test publiek tijdens de trials.

In 3 opeenvolgende cycli werd vertrekkende uit literatuur een theoretisch kader uitgetekend, een eerste versie van didactische aanpak ontwikkeld, bijgestuurd door leerkrachten en onderzoekers, aangepast en ten slotte uitgetest door onderzoekers en leerkrachten in een datacollectie. De leerkrachten die deelnamen aan het onderzoek vormden een professionele leergemeenschap zowel in Vlaanderen als in Lesotho. Zij kwamen zes keer samen voor overleg, feedback en training.



Figuur 2: onderzoeksdesign

Kwalitatief onderzoek

In de eerste onderzoekscyclus werd een professionele leergemeenschap gevormd van 5 leerkrachten die lesgeven in de eerste graad secundair onderwijs a-stroom. Aan deze groep van leerkrachten werd een eerste voorstel voor een methodiek die aan de leraar aangeeft hoe hij/zij conceptontwikkeling bij leerlingen kan ondersteunen voorgelegd ter discussie. Op basis van de feedback werd een tweede geconcretiseerde versie ontwikkeld voor het topic zinken zweven en drijven en voor het concept energie onder de vorm van een lesvoorbereiding, een ondersteunende powerpoint en experimenteerdozen. De lesvoorbereiding omvatte de leerplandoelstellingen, lesdoelstellingen, inhoud, de didactische werkvormen, timing en materiaal, zie tabel 3.

Het lesmateriaal energie werd in trials uitgetest bij studenten wetenschappen van de bachelor opleiding secundair onderwijs en bij bachelor studenten van de opleiding lager onderwijs.

Leerplandoelstellingen en lesdoelstellingen		
Timing		
Voor elke fase van de les (wakker maken, identificeren, schudden, introduceren, vastzetten, toepassen)		
Inhoud	Didactische werkvormen	Materiaal

Tabel 3: Structuur lesvoorbereidingsdocument eerste onderzoekscyclus

De leerkrachten uit de professionele leergemeenschap voerden een trial uit in hun klassen voor de concepten zinken, zweven en drijven. Na de trial vulden de leerkrachten een observatie/ debriefing document in dat als basis diende voor de feedback, zie tabel 4.

<p>Wat is er gebeurd? Beschrijf kort de opbouw van de les. Welk materiaal werd gebruikt? Wat was (wel of niet) succesvol, en waarom? Wat zou je veranderen? Zijn er contextfactoren die bepalend waren (positief of negatief)?</p>	<p>Wat waren de reacties van de leerlingen? Beschrijf, met voorbeelden, de reacties van de leerlingen. Waren de leerlingen betrokken? Hoe zag je dit? Kwamen er onverwachte antwoorden? Kwamen andere leerlingen aan bod?</p>	<p>Geef hier enkele opvallende citaten. Welke opvallende reacties van de <u>leerlingen</u> onthoud je? Welke opvallende reacties van de <u>leerkracht</u> onthoud je? Schrijf hier ook de naam van het filmpje/foto dat je extra wilt belichten (en leg uit waarom).</p>
---	--	---

Tabel 4: structuur observatie/ debriefing document

In de tweede onderzoekscyclus werden er na feedback van de leerkrachten extra ondersteunende elementen aan de lesvoorbereiding toegevoegd. Naast de inhoudelijke, didactische en organisatorische invulling voegden we een dialogische ondersteuning toe, zie tabel 5. *Hoe ga je met de leerlingen in dialoog zodat ze actief gaan denken.* Voor de leerkracht die expert is om zijn eigen denken en die van de wetenschapper te vertolken, bleek dit een hele uitdaging.

Leerplandoelstellingen en lesdoelstellingen		
Timing		
Voor elke fase van de les (wakker maken, identificeren, schudden, introduceren, vastzetten, toepassen)		
Wat zal je doen?	Wat zal je zeggen	Materiaal
Wat kan je verwachten?		
Let op!		

Tabel 5: structuur lesvoorbereidingsdocument tweede onderzoekscyclus

Een bijkomende bezorgdheid van de leerkrachten betrof de voorspelbaarheid van de les. *Wat denken de leerlingen, hoe kan ik me daarop voorbereiden?* Onderzoek heeft preconceptuele kennis in detail in kaart gebracht. We voegden deze informatie aan het lesmateriaal toe onder de rubriek 'wat kan je verwachten'. Daarin wordt informatie over de te verwachten preconcepten en misconcepten van leerlingen toegevoegd. In een bijkomende rubriek 'let op!' vinden leerkrachten de belangrijkste dialogische valkuilen terug. In de schudden fase staat er bijv. "Leg niet onmiddellijk uit hoe de demonstraties werken."

Het lesmateriaal voor het concept energie werd binnen dit format herwerkt. De leerkrachten uit de professionele leergemeenschap voerden een interventie uit en vulden opnieuw het observatie/ debriefing document in dat als basis diende voor feedback.

Kwantitatief onderzoek

Om de impactvraag te beantwoorden werd in de derde onderzoekscyclus een quasi-experimenteel kwantitatief onderzoek uitgevoerd. In Vlaanderen namen hieraan vier leerkrachten deel, die les gaven aan in totaal 148 leerlingen uit de eerste graad. Daarvan zaten 90 leerlingen in de experimentele groep en 58 leerlingen in de controlegroep. In Lesotho waren 2 leerkrachten betrokken uit twee secundaire scholen met 192 leerlingen, 98 leerlingen in de experimentele groep en 94 leerlingen in de controlegroep.

In zowel de controle als de experimentele groep was “energie” het thema van de interventie. De interventie duurde voor beide groepen drie uur. Daarin was voor beide groepen evenveel tijd voorzien voor experiment. Beide lessen volgden de didactische principes zoals aanschouwelijkheid, contextrijk, activerend, inquiry based. De doelstellingen van de lessen werden voor Vlaanderen afgestemd op de leerplandoelstellingen vsko en voor Lesotho op The National Curriculum Standards.

In de experimentele groep gingen de leerlingen aan de slag met de Ideeënfabriek-methodiek. Het centrale verschil tussen beide lessen was dat in de experimentele les actief werd gewerkt vanuit en met het preconcept van de leerlingen: *‘enkel wat leeft en enkel wat beweegt heeft energie’*. Dat betekent meteen ook dat de opbouw van de les en de interactie tussen de leerkracht en leerlingen (en tussen leerlingen onderling) veranderde. Het preconcept *‘enkel wat leeft en enkel wat beweegt heeft energie’* werd vanuit het intuïtief perspectief wakker gemaakt, geïdentificeerd en geschud. De wetenschappelijke invulling van het concept energie werd vanuit het wetenschappelijk perspectief aangebracht en gespiegeld aan het intuïtief perspectief zoals aangegeven. In de controle les werd de wetenschappelijke invulling van het concept energie enkel vanuit het wetenschappelijk perspectief aangebracht. Voor de algemene opbouw van de lessen verwijzen we naar de tabellen op pagina 7 en 8. De volledige lesvoorbereidingen en het lesmateriaal is te raadplegen via <http://www.ideeenfabriekwetenschappen.be/nl/methode>.

Test-ontwikkeling

Om de impact op het conceptueel inzicht van leerlingen, zowel in de experimentele als in de controlegroep, te testen werd voor en na de interventie een concept-test afgenomen. Deze was een combinatie van twee tests, en is terug te vinden in bijlage.

De eerste test werd zelf ontwikkeld (Adams, 2010). De test bestaat uit drie delen: enkele open vragen en twee reeksen beelden waaruit de leerlingen moeten kiezen. Bij de eerste reeks beelden moeten leerlingen aanduiden wat energie heeft, bij de tweede wat energie maakt. Merk op dat het antwoord respectievelijk alles en niets is. Aan leerlingen werd tenslotte ook gevraagd om hun keuze te verantwoorden.

De tweede test, vragen Q1-Q7, zijn de vragen die we overnamen (en vertaalden) uit de paper van Heron, Micheline en Stefanel (2009). Deze test meet hetzelfde als de eerste test, en laat ons dus toe om de zelf ontwikkelde test te vergelijken met een test uit de literatuur. Beide tests werden aansluitend afgenomen.

Een pilot voor de data collectie werd uitgevoerd aan de lerarenopleiding lager onderwijs van de Universidad Castilla la Mancha in Ciudad Real in samenwerking met collega Beatriz Garcia Fernandez. Een sample van 30 tests werd onafhankelijk door een team in Vlaanderen en Spanje gescoord. Dit vormde de basis voor het scoring protocol dat de antwoorden van de leerlingen linkt aan preconcepten en aspecten van het wetenschappelijk concept. Dit protocol werd gebruikt voor de data scoring in Vlaanderen en Lesotho. De scoring gebeurde door onderzoekers ter plaatse.

De eigenlijke datacollectie werd uitgevoerd bij leerlingen in Vlaanderen en Lesotho. De leerlingen vulden een week voor de interventie de pre-test in (digitaal in Vlaanderen, op papier in Lesotho). Twee weken na de datacollectie legden de leerlingen de post-test af. Deze was identiek aan de pre-test.

Alle open antwoorden worden op dezelfde wijze gecodeerd. De codering volgde de analyse van Heron, Micheline and Stefanel (2009). Deze antwoorden worden geanalyseerd waarbij steeds gekeken wordt of verschillende concepten, zowel mis- als wetenschappelijke, aanwezig zijn in het antwoord. Hierbij werd rekening gehouden met het taalgebruik van de leerlingen. Zo kan een leerling misschien wel weten dat energie een eigenschap is, maar zal dit niet zo verwoorden en zal eerder bijv. schrijven

dat "*energie is iets dat je hebt*". Om hiermee rekening te houden werd een scoring protocol ontwikkeld dat bij de test hoort. Het scoring protocol is terug te vinden in bijlage 2.

In wat volgt nemen we de onderzoeksresultaten op voor Vlaanderen, preliminaire resultaten van Lesotho liggen in lijn met de resultaten van Vlaanderen.

Onderzoeksresultaten

Kwalitatieve onderzoeksresultaten

Tijdens de trials waren leerkrachten bezorgd over bepaalde aspecten van de voorgestelde methodiek. Om deze bezorgdheden aan te pakken hebben we enkele stappen genomen. Deze bezorgdheden worden hier overlopen.

De betrokken leerkrachten vreesden dat de les onvoorspelbaar zou worden. Aansluitend bij de literatuur leerden de observaties en feedback van de leerkrachten, doorheen de eerste cycli van het EDR proces, ons dat de preconcepten van de leerlingen goed te voorspellen zijn. Door deze in de lesvoorbereiding op voorhand mee te geven waren de betrokken leerkrachten gerustgesteld. Bovendien stelden zij vast dat deze preconcepten inderdaad door leerlingen verwoord werden tijdens de lesrealisatie. Ook tijdens verschillende disseminatiemomenten over de methodiek was voorspelbaarheid een terugkomende bezorgdheid van de leerkrachten.

Een les waarin je doorvraagt naar wat leerlingen denken, en er een hele discussie aan koppelt, leek voor betrokken leerkrachten als een les die langer zal duren dan een klassieke les. Dat is uiteraard zo indien na die discussie dezelfde uitgebreide uitleg door de leerkracht volgt. In de Ideeënfabriek methodiek is de tijd waarin de leerkracht van wetenschappelijk perspectief doceert beperkt waardoor de totale lestijd dezelfde blijft.

Er was vanuit de betrokken leerkrachten ook wat bezorgdheid over klasmanagement. Je laat de leerlingen immers los om zelf na te denken, te onderzoeken,... Maar net door ze zelf de controle te geven over hun eigen leren gaf dit de leerlingen eigenaarschap en motivatie. De geobserveerde klassen waren tijdens de 'vrije' fases zeer actief, maar nooit buiten de controle van de leerkracht.

Aansluitend hierbij vreesden sommige leerkrachten dat leerlingen moeilijk vanuit hun eigen intuïtief perspectief met het beschikbare materiaal om te experimenteren aan de slag zouden kunnen gaan. De verwachting was dat leerlingen eerder gingen spelen met het materiaal zonder een gerichte focus op een onderzoeksvraag. De observaties toonden echter veel creativiteit en inventiviteit van de leerlingen. Ze waren in staat om vanuit hun intuïtief denken en hun eigen onderzoeksvragen gefocust met het materiaal te werken. De rol van de leerkracht tijdens deze fase was terug Socratisch. De leerkracht blijft leerlingen herinneren aan het wetenschappelijk perspectief (Hoe zou de wetenschapper dit begrijpen?), en blijft de confrontatie met de eigen ideeën stimuleren.

Tenslotte was er wel wat bezorgdheid over het aannemen van de Socratische houding tijdens de les. Deze houding verschilt van de klassieke rol van de leerkracht als kennis-autoriteit. Je bent leraar wetenschappen om leerlingen wetenschappelijke kennis bij te brengen. Ook leerlingen verwachten dat. In een Socratisch klasgesprek over wat leerlingen intuïtief denken komen er heel wat, vaak niet wetenschappelijke en onderling tegenstrijdige ideeën aan de oppervlakte. Leerlingen willen dan weten wat er 'juist' is, wat er 'fout' is, wie 'gelijk' heeft. In de intuïtieve les fase bleek het essentieel dat de leerkracht expliciet zegt dat hij of zij niet het wetenschappelijk juiste antwoord wil horen, maar enkel geïnteresseerd is in wat de leerlingen denken. Leerlingen durven dan zeggen wat ze denken en het ontheft de leerkracht in die fase van zijn rol als expert. Er is geen discussie nodig, er wordt niet afgewogen wat juist is en wat fout. Het gaat enkel over leren uitdrukken wat je denkt, verduidelijken wat je denkt en begrijpen wat en waarom anderen mogelijk anders denken. Essentieel is bovendien dat er na de fase met focus op het intuïtief perspectief, de fase volgt met focus op het wetenschappelijk perspectief. Hoe denkt de wetenschapper erover? Waarom denkt die zo en wat zijn de verschillen met hoe leerlingen denken. De rol van de leerkracht is dus ook hier niet die van kennis-

autoriteit, maar die van tolk. Naast een expert in het wetenschappelijk denken is hij of zij ook een expert in de intuïtieve voorkennis van leerlingen.

Kwantitatieve onderzoeksresultaten

De data werden geanalyseerd aan de hand van een lineair model aan de hand van het *lme4* pakket in R versie 3.4.3 (Bates, Maechler, Bolker, & Walker, 2015). De test werd opgesplitst in drie tests: 1) de vragen van Heron et al., 2) de antwoorden op de open vragen inclusief die op de keuzes bij de afbeeldingen, en 3) de test die uitsluitend bestaat uit het kiezen van de afbeeldingen. Dit laat triangulatie van de bevindingen toe, laat een vergelijking met een test uit de literatuur toe, en laat leerkrachten toe om de snelle 'afbeeldingen'-test af te nemen.

De veronderstellingen om aan de slag te gaan met lineaire modellen zijn gecontroleerd en werd voor de meeste data-delen in orde bevonden, zie ook tabel 6. Het eerste lineair model dat gebruikt werd om de data te beschrijven was het meest ingewikkelde model, dat vervolgens steeds vereenvoudigd werd indien de vereenvoudiging geen statistisch significant slechtere beschrijving gaf van de data. Hierbij vertrokken we van een gemixt model om uiteindelijk tot het volgende, relatief eenvoudige, lineair model te komen om de resultaten te beschrijven:

$$Score_{post} = a + b * Score_{pre} + c * Interventie$$

waarbij $Score_{post}$ en $Score_{pre}$ de scores waren van de verschillende leerlingen respectievelijk na en voor de interventie, $Interventie$ een coëfficiënt is die aangeeft of een leerling deel was van de interventie of controlegroep, en waarbij a , b en c parameters zijn die het model aanpast om het verschil tussen het rechter- en linkerdeel van de vergelijking zo klein mogelijk te maken. Indien c significant groter is dan nul, dan betekent dit dat de interventie een meetbaar positief effect had op de score van de leerlingen. Die significantie wordt uitgedrukt in een p-waarde. Deze duidt de kans aan dat de afwijking per toeval kon plaats vinden. Een kleine waarde betekent dus dat c significant groter is dan nul. Typisch worden waarden van $p < 0,05$ als voldoende significant beschouwd.

Voor de meting in Vlaanderen komen zeer kleine p-waardes uit de analyse voor het concept "Alles heeft energie", en grote p-waardes voor het misconcept dat "energie gemaakt kan worden", zie tabel 6. Dit betekent dat de interventie geen invloed had op het misconcept dat energie gemaakt kan worden, maar wel een meetbaar positief effect had op het conceptueel inzicht van de leerlingen met betrekking tot het wetenschappelijk concept dat alles energie heeft. Hoe groot dat effect is wordt uitgedrukt door de Cohen's d coëfficiënt. Deze is voor de verschillende tests tussen 0,51 en 0,76 waarmee het in de literatuur als een middelmatig tot groot effect wordt geklasseerd. De drie tests vertellen het zelfde verhaal wat vertrouwen geeft in de resultaten.

Dat er slechts voor één concept een verandering meetbaar is, valt te verklaren door de focus die de les had op dat ene concept. De hoop van de onderzoekers was dat er een transfer zou plaats vinden naar andere concepten, dit was echter niet zo.

Concluderend kan gesteld worden dat de **interventie een significant, groot, positief effect had** op het conceptueel inzicht van de leerlingen met betrekking tot het concept waaraan gewerkt werd in de lessen.

Hoewel het lineair model heel sterk is om een mogelijks effect te kwantificeren loont het toch de moeite om ook even naar de gemiddelde scores van de leerlingen te kijken, zie tabel 7. Daaruit komt hetzelfde verhaal als uit het lineair model, maar deze getallen tonen ook hoe weinig effect de controle les heeft op het conceptueel inzicht van de leerlingen. De controle les was nochtans uitgewerkt

volgens didactische principes, en zou volgens alle klassieke standaarden beschouwd worden als "een goede les".

	Alles heeft energie	Energie kan gemaakt worden
Afbeelding	$p = 0.00032$ $d_c = 0.51$	$p = 0.29$
Eigen open vragen	$p = 0.00025$ $d_c = 0.7$	$p = 0.092$
Open vragen Heron et al.	$p = 0.0000050$ $d_c = 0.76$	$p = 0.60 \rightarrow$! data laat geen linear model toe

Tabel 6: p-waardes voor het linear model (Vlaanderen)

		Alles heeft energie			Energie kan gemaakt worden		
		pre		post	pre		post
afbeelding	Control	4.33 ± 1.57	< *	4.72 ± 1.55	4.03 ± 1.34	< ****	5.50 ± 1.83
		=		< **	=		=
	experimental	4.18 ± 1.11	< ****	5.67 ± 2.01	3.96 ± 1.32	< ***	5.07 ± 2.55
Eigen open vragen	Control	0.43 ± 1.35	=	0.52 ± 1.27	1.64 ± 1.58	=	1.88 ± 1.75
		> *		< **	< **		=
	experimental	0.08 ± 0.52	< ****	1.31 ± 2.02	2.39 ± 1.57	> **	1.79 ± 1.72
Open vragen Heron	Control	0.10 ± 0.41	=	0.28 ± 0.56	0.83 ± 0.60	=	0.84 ± 0.74
		=		< ****	< *		=
	experimental	0.06 ± 0.31	< ****	0.89 ± 0.93	1.14 ± 0.74	> **	0.81 ± 0.79

Tabel 7: Gemiddelde scores op de concept-tests in Vlaanderen. *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; ****: $p < 0,0001$

Discussie en aanbevelingen

Een centraal probleem in de wetenschapsklas is dat de informatie die leerkrachten wetenschappen aanreiken zich niet vastzet in het denken van leerlingen en dat leerlingen de aangereikte wetenschappelijke ideeën niet kunnen toepassen. Aan de oorzaak hiervan ligt het niet connecteren van het preconceptueel denken aan het wetenschappelijk denken.

We stellen voor dat het ophelderen van de miscommunicatie in de lessen wetenschap een onderdeel wordt van wetenschappen onderwijs. **Naast het aanleren van het wetenschappelijk denken moet ook kennis over het eigen intuïtief denken en inzicht in de verschillen tussen beide een onderdeel worden van wat leerlingen moeten leren.** Dit heeft gevolgen voor de invulling van leerplannen, specifiek in de eerste graad natuurwetenschappen. Het is in die eerste graad dat leerlingen voor het eerst systematisch in contact komen met de wetenschappelijke betekenis van basisconcepten in de wetenschap. **Het kunnen verwoorden en verduidelijken van de eigen ideeën over deze concepten, van de wetenschappelijke betekenis van deze concepten én de verschillen tussen beide interpretaties is een voorwaarde om tot dieper leren te komen.** We stellen dan ook voor dat voorgaande als doelstelling wordt opgenomen in de leerplandoelstellingen natuurwetenschappen van de eerste graad.

Dit heeft ook gevolgen voor de leerkrachten. Zij zijn niet langer alleen kennis expert in hun kennisdomein, maar moeten ook expert zijn in het intuïtief perspectief dat leerlingen meebrengen naar de klas, én ze moeten ook expert zijn in het dialogisch ondersteunen van leerlingen als een tolk tussen beide.

De onderzoeksresultaten van dit praktijkgericht wetenschappelijk onderzoek bevestigen dat de aanpak een significant positief effect heeft op het beter begrijpen van het wetenschappelijk concept. Leerlingen krijgen op deze manier dus metacognitief inzicht in de oorzaak van de verwarring die ze onbewust ervaren als het gaat over wetenschappelijke concepten.

Training van de leerkrachten in de methodiek bleek in de loop van het onderzoek van essentieel belang. Voor de toekomstige leerkrachten kan dat binnen hun lerarenopleiding gebeuren. Voor leerkrachten in het werkveld lijkt ons vorming in de aanpak essentieel. Binnen het onderzoek stelden we vast dat na een beperkte trainingstijd en een korte trial, leerkrachten uit de professionele leergemeenschap vanuit de eerste succeservaringen een grote betrokkenheid en enthousiasme toonden en de aanpak vlot implementeerden in hun lesgeven.

Dank

We willen expliciet alle partners in het onderzoek bedanken.

In de eerste plaats zijn dat de leerlingen en studenten in Vlaanderen, Lesotho en Spanje omwille van de openheid waarmee ze hun ideeën deelden. Een bijzonder woord van dank gaat uit naar de leerkrachten die de methode mee vormgegeven hebben. Hun professionele input en feedback was essentieel om de methode af te stemmen op de klaspraktijk. Ze engageerden zich om met de methode aan de slag te gaan en hun observatie gegevens met ons te delen.

Dank gaat ook naar de internationale partners voor hun input en de vlotte samenwerking bij het ontwikkelen van de test en het uitvoeren van de pilots in de data collectie.

Ten slotte willen we de Odisee hogeschool bedanken voor het financieren van dit onderzoek.

Referenties

- AAAS Project 2061 Science Assessment: <http://assessment.aaas.org/pages/home>
- Adams, W. K., & Wieman, C. E. (2011). Development and validation of instruments to measure learning of expert-like thinking. *International Journal of Science Education*, 33(9), 1289-1312.
- Baillargeon, R. (1995). A model of physical reasoning in infancy. In In C. Rovee-Collier, & LP Lipsitt (Eds.), *Advances in infancy research*.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48
- Brooks, R. A. (1991). Intelligence without representation. *Artificial intelligence*, 47(1-3), 139-159.
- Carey, S., & Spelke, E. (1994). Domain-specific knowledge and conceptual change. *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*, 169, 200.
- Caravita, S., & Halldén, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 89-111.
- Davis, B. G. (1997). Misconceptions as barriers to understanding science. *Science teaching reconsidered: A hand book*. Washington, DC: National Academy, 27-32.
- disessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive science*, 28(6), 843-900.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2014). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge.
- El-Hani, C. N., & Mortimer, E. F. (2007). Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 2(3), 657-702.
- Gelman, R. (1990). First principles organize attention to and learning about relevant data: Number and the animate-inanimate distinction as examples. *Cognitive science*, 14(1), 79-106.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1997). Qualitative changes in intuitive biology. *European Journal of Psychology of Education*, 12(2), 111-130.
- Heron, P., Michelini, M., & Stefanel, A. (2008). Teaching and learning the concept of energy in primary school. C. Constantinou & N. Papadouris, *Physics curriculum design, development and validation*.
- Jansen, R. (2016) Peiling natuurwetenschappen in de eerste graad secundair door de Vlaamse overheid http://eindtermen.vlaanderen.be/peilingen/secundair-onderwijs/peilingen/files/natuurwetenschappen/Peiling_Natuurwetenschappen-2015.pdf
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago press.
- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning Making In Secondary Science Classrooms*. McGraw-Hill Education (UK).
- O'regan, J. K. (1992). Solving the "real" mysteries of visual perception: the world as an outside memory. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 46(3), 461.
- Parveva, T. (2017). Structural Indicators on Achievement in Basic Skills in Europe--2016. Eurydice Report. *Education, Audiovisual and Culture Executive Agency, European Commission*.

Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research, 63*(2), 167-199.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education, 66*(2), 211-227.

Robbins, P., & Aydede, M. (2009). A short primer on situated cognition. *The Cambridge handbook of situated cognition, 3-10*.

Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (Eds.). (2006). *Educational design research*. Routledge.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology, 24*(4), 535-585.

Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., & Skopeliti, X. (2008). The framework approach to the problem of conceptual change. *International handbook of research on conceptual change, 1-34*.

Vosniadou, S. (2013). Conceptual change research: an introduction. In *International handbook of research on conceptual change* (pp. 13-20). Routledge.

Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and speech. The collected works of Lev Vygotsky (Vol. 1). *New York: Plenum Press, 114, 113-114*.







Bijlage 1: Concept-test









Naam:

Datum:

	Helemaal niet akkoord	niet akkoord	Neutraal	akkoord	helemaal akkoord
Ik begrijp het wetenschappelijk concept 'Energie'.					
Ik zou graag meer lessen zoals de les over energie hebben.					

Wat gebeurt er met de energie in de volgende scenarios?	
Een meisje loopt.	
Een auto rijdt.	
De wieken van een windmolen draaien.	
Een tasje thee koelt af.	

Wat maakt energie? (Duid een juiste afbeelding aan met "X", meerdere zijn mogelijk)		Leg je keuze uit
		
		
		
		

Wat bezit energie? (Duid een juiste afbeelding aan met "X", meerdere zijn mogelijk)		Leg je keuze uit
		
		
		
		

Q1. Wat weet je over energie? Schrijf ten minste 3 zinnen.

Q2. Welke soorten energie ken je?

Q3. Zijn er dingen die energie creëren? Leg uit door 2 voorbeelden te geven.

Q4. Zijn er dingen die energie bezitten? Leg uit aan de hand van 2 voorbeelden.

Q5. Kan energie omgezet worden? Leg uit aan de hand van 2 voorbeelden.

Q6. Kan energie verloren gaan? Leg uit aan de hand van 2 voorbeelden.

Q7. Is energie behouden? Leg in je antwoord uit wat je bedoelt met "behouden".

Bijlage 2: Scoring protocol

		Wetenschappelijk concept	Sleutelwoorden in het antwoord	Opmerking
Aspecten van het wetenschappelijk concept	A	Energie is een eigenschap	Hebben/ bezitten/ eigenschap/ eigen aan/ zijn of haar energie/bevatten/ de energie van	
	B	Energie is een maat voor verandering	Kan iets veranderen/ kan iets doen/kan uitvoeren/kan zorgen voor/ om te bewegen/gebruiken voor iets	'Handig' is interpretatie en niet altijd waar Ontstaat / reactie
	C	Alles heeft energie	Alles heeft energie.	
	D	De totale hoeveelheid energie in een system is behouden	Gaat niet verloren/ is behouden	<u>Kan</u> behouden zijn
	E	Er zijn verschillende soorten energie	Verschillende vormen/ meer dan 1 soort opnoemen	Wind/ water ..
	F	Energie kan omgezet worden van de ene soort in de andere	Omzetten naar een andere vorm/energie van de ... komt uit de ...	
	G	Energie kan doorgegeven worden	Doorgeven naar een ander object/ energie krijgen/ energie geven/ de energie gaat naar	
	H	Energie kan opgeslagen worden	Kan opgeslagen worden	
	X	Ander wetenschappelijk concept	Als een correct concept gegeven wordt mag dit hier beschreven worden (uitgebreid)	
		Misconcept	Sleutelwoorden in het antwoord	Opmerking
Preconcepten	a	Enkel wat leeft heeft energie	iets dood heeft geen energie.	iets levend heeft energie
	b	Enkel wat beweegt heeft energie	iets dat niet beweegt heeft geen energie	iets dat beweegt heeft energie
	c	Energie kan verloren gaan	de energie is weg/ verloren/ kwijt/op/verdwenen/ ze wordt verbruikt	De energie gaat naar ... (bijv. De lucht) De energie daalt, neemt af, vermindert, ontsnapt
	d	Energie kan gemaakt worden	energie wordt gemaakt/gecreëerd	energie van de ... komt uit de ...
	e	Energie is een soort stof	Energie is een soort stof/brandstof	
	x	Ander preconcept	als er een preconcept gegeven wordt mag dit hier uitgebreid beschreven worden	