

Instructie én probleemoplossende taak, maar wat komt eerst?

In onderwijsmiddens is iedereen het erover eens dat probleemoplossende activiteiten niet op zichzelf kunnen staan, instructie en begeleiding blijven cruciaal. Maar welke plaats dient deze instructie in te nemen in het onderwijs- en leerproces? Eerst instructie en dan leerlingen aan het werk zetten met een probleemoplossende taak (I-PO) of starten met de probleemoplossende taak gevolgd door instructie (PO-I)? En welke taak is hier dan het meest geschikt voor? Deze bijdrage brengt verslag uit over het onderwijsexperiment dat zowel het volgorde-effect van instructie en probleemoplossen als de invloed van taakkenmerken naging. Dit onderzoek werd uitgevoerd bij leerlingen van het 6^{de} jaar secundair onderwijs in Vlaanderen binnen het vak aardrijkskunde. Uit onze resultaten blijkt dat leerlingen instructie waardevoller achten wanneer deze instructie op de probleemoplossende taak volgt. Daarnaast zijn leerlingen ook gemotiveerder en stellen ze meer vragen tijdens het instructiemoment wanneer instructie op probleemoplossen volgt. Met betrekking tot de cognitieve variabelen vonden we geen significant verschil in leerwinst tussen PO-I en I-PO bij de meer gestructureerde taak, maar stelden we wel een significant hogere leerwinst vast in het voordeel van de PO-I conditie wanneer leerlingen een meer open taak maakten voorgaand aan de instructie. We kunnen dit resultaat op basis van voorgaand onderzoek verklaren vanuit het *productive failure* principe. PO-I-leerlingen waren tijdens de instructiefasen meer gemotiveerd en vonden de instructie waardevoller. Uitgestelde instructie leidt ook tot meer vragen en actievere verwerking. Dit alles wijst erop dat PO-I-leerlingen hun voorkennis activeerden tijdens de probleemoplossingsfase en dat ze hun *knowledge gaps* konden detecteren, waardoor ze doelgericht aan de slag konden tijdens het instructiemoment. De autonomie-satisfactie was ook groter bij leerlingen die eerst de probleemoplossingsactiviteit kregen. Daarnaast was de autonomie bij PO-I-leerlingen groter tijdens de tweede instructiefase (na de open taak) dan tijdens de eerste instructiefase (na de gesloten taak) wat aantoonde dat een taak met meer keuzevrijheid het gevoel van autonomie – en dus ook de motivatie – bevordert.

Kernwoorden

Probleemoplossend leren - Aardrijkskunde – Volgorde-effect – Taakkenmerken

Marieke Pieters (onderzoeksmedewerker en leerkracht aardrijkskunde, KU Leuven)

Kim Dekeyser (onderzoeksmedewerker en leerkracht informatica, KU Leuven)

Annelies Raes (Senior Researcher KU Leuven en Gastprofessor Université de Lille)

Inleiding en probleemstelling

De laatste jaren wordt er in Nederland en Vlaanderen, maar ook internationaal, meer aandacht besteed aan de herinrichting van innovatieve leerruimtes, de zogenaamde *future classrooms* of *learning spaces*. *Lab 21, de future class*

room in Rhizo Lyceum OLV Vlaanderen, de school waar het huidige onderzoek plaatsvond, beschikt over zo'n future classroom namelijk *Lab 21.0* afgebeeld in Figuur 1, waar innovatieve werkvormen als projectwerk, groepswerk en probleemgestuurd onderwijs kunnen plaatsvinden.

Figuur 1. Foto en plattegrond van Lab 21, de future classroom in Rhizo Lyceum OLV Vlaanderen



De vraag is echter vaak: wat is de beste manier om groepswerk en probleemgestuurd onderwijs aan te pakken?

Een specifieke bezorgdheid is in welke volgorde de probleemoplossingsfase en de instructie het beste aangeboden worden en wat het effect van de taakkenmerken hierbij is. In wat volgt gaan we eerst in op de vraag waarom probleemoplossend leren belangrijk is. Vervolgens gaan

we in op de vraag hoe probleemoplossend leren moet vorm gegeven worden en welke evidentie hierover al aanwezig is in de literatuur. Aansluitend worden de onderzoeksvragen en hypothesen, de onderzoeksmethodologie en de onderzoeksresultaten van het huidige onderzoek beschreven. Het artikel sluit af met een discussie waarin de resultaten vergeleken worden met voorgaand onderzoek

en enkele implicaties voor praktijk en verder onderzoek naar voren geschoven worden.

Waarom probleemoplossend leren?

Onderwijs vindt niet plaats in een vacuüm, maar in een samenleving die snel verandert. In de literatuur worden dan ook verschillende evoluties beschreven die gevolgen hebben voor het onderwijs. Het onderwijs heeft bijvoorbeeld een belangrijke verantwoordelijkheid om lerenden voor te bereiden op een verregaande gedigitaliseerde maatschappij. Het onderwijs moet niet enkel de digitale geletterdheid aanscherpen, maar ook competenties (kennis, vaardigheden en attitudes) bijbrengen om taken te verrichten op de arbeidsmarkt die niet zullen worden overgenomen door technologie. We denken hierbij dan niet in de eerste plaats aan routinematige taken, maar vooral aan complexere taken waarbij ook de zogenaamde *21st Century Skills* een belangrijke rol spelen, zoals onderzoekscompetenties, probleemoplossend en kritisch denken, systeemdenken, en samenwerkingsvaardigheden (Bialik & Fadel, 2015). Het belang dat de Vlaamse Overheid aan deze complexe leerdoelen hecht, blijkt onder meer uit de centrale plaats die de sleutelcompetenties innemen bij de hervormde eindtermen (AHOVOKSa, z.d.). Ook binnen specifieke domeinen zoals aardrijkskunde wordt specifiek aandacht besteed aan de onderzoeksvaardigheden die het probleemoplossend vermogen moeten versterken. In de vakspecifieke eindtermen voor aardrijkskunde in

Vlaanderen worden onderzoeksvaardigheden opgenomen als een te verwerven doel; ze worden als volgt gedefinieerd:

Onderzoeksvaardigheden bundelen de vaardigheden die achtereenvolgens aan bod komen bij het uitvoeren van ruimtelijk onderzoek. Hiertoe behoren de vijf volgende vaardigheden:

1. het stellen van geografische vragen,
2. het verzamelen van zeer diverse informatie,
3. het ordenen van gegevens van verschillende aard,
4. het analyseren van en, tenslotte,
5. het beantwoorden van geografische vragen (AHOVOKSb, z.d., 1.3 Aardrijkskundige vaardigheden).

Deze kijk op aardrijkskunde-onderwijs sluit aan bij de *Thinking Through Geography* (TTG) benadering. Deze TTG strategie richt zich op de ontwikkeling van zowel geografische kennis als hogere orde denkvaardigheden die essentieel zijn voor het analyseren van situaties en ontwikkelingen - classificeren, vergelijken, relateren en evalueren - en voor het nemen van beslissingen over dergelijke situaties en ontwikkelingen (Hooghuis, van der Schee, van der Velde, Imants, & Volman, 2014). Probleemoplossend leren wordt geregeld naar voor geschoven als nieuwe onderwijsbenadering om tot diepgaande conceptuele kennis te komen. Doordat leerlingen tijdens het probleemoplossend leren meestal in groepjes nieuwe

concepten exploreren, komen ze niet alleen tot diepgaande conceptuele kennis, maar oefenen ze ook verschillende *21st century skills* (Lester & Cai, 2016). Leerlingen leren bijvoorbeeld communiceren tijdens discussies en ze oefenen tegelijk hun probleemoplossend denken (Ah-Nam & Osman, 2017), twee vaardigheden die behoren tot die *21st century skills*.

Hoe probleemoplossend leren?

In voorgaande paragrafen werd het belang van probleemoplossend leren beschreven en daarover is weinig tot geen discussie. Over de wijze waarop probleemoplossend leren moet worden geïmplementeerd is echter vaak onenigheid in het onderwijs- en onderzoeksveld. Twee vragen zijn hierbij van belang: 1) Wanneer moet instructie aangeboden worden, voorafgaand of volgend op de probleemoplossende taak? 2) Hoeveel ondersteuning moet geboden worden tijdens de taak?

Het belang van volgorde

Voorgaande onderzoeken namen de vraag over de volgorde van de probleemoplossingsfase en de instructie al onder de loep en vergeleken leerlingen die eerst de probleemoplossingsfase kregen en daarna de instructie (PO-I) met leerlingen die eerst de instructie kregen en nadien de probleemoplossingsfase (I-PO) (Kapur, 2016; Figuur 2 illustreert de verschillende manieren waarop instructie en probleemoplossend leren in praktijk kan worden

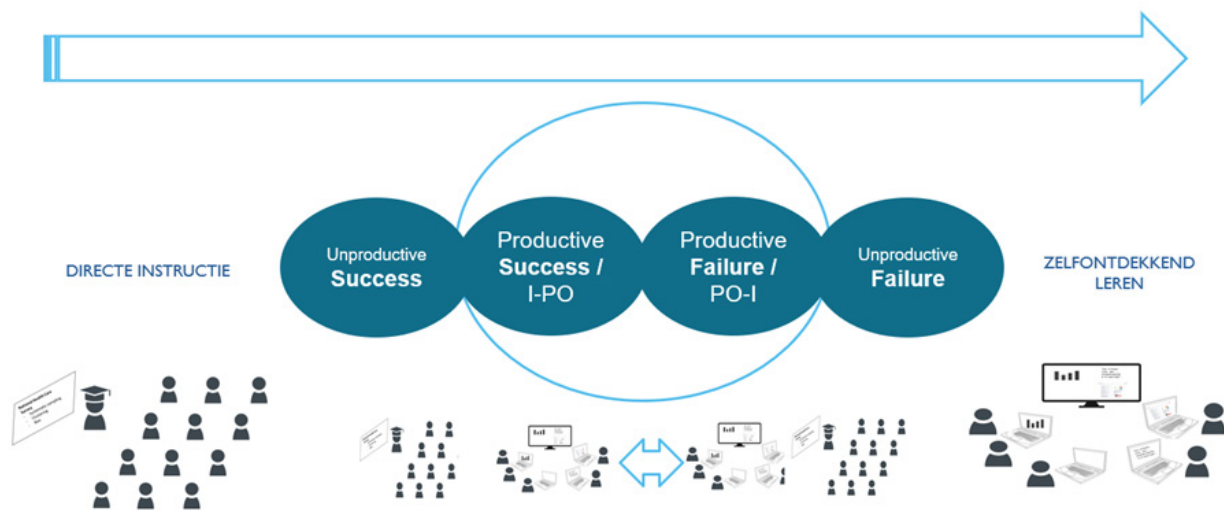
gebracht. Loibl & Rummel, 2014; Loibl, Roll, & Rummel, 2017).

Kapur (2016) beschrijft het als een continuüm gaande van directe instructie, volledige leerkracht gestuurd tot zelfontdekkend leren, volledig leerling gestuurd. Wanneer enkel directe instructie wordt aangeboden dan leidt dit tot *Unproductive Succes*. Je bent er al leerkracht zeker van dat de juiste kennis meteen wordt aangebracht, maar deze vorm van leren is weinig diepgaand. Wanneer enkel een probleemoplossingsfase wordt aangeboden zonder enige vorm van instructie of begeleiding spreekt Kapur van *Unproductive Failure*. De kans is groot dat er niet geleerd worden of dat fouten geleerd worden. Tussen deze twee uitersten bevindt het echte leren zich in de combinatie van een probleemoplossende fase en instructie waarbij Kapur (2016) pleit voor *Productive Failure*. Wanneer de instructie eerst wordt aangeboden, kan dit op korte termijn tot leerwinst leiden. In de literatuur worden evenwel diverse nadelen van deze volgorde gesuggereerd. Leerlingen zouden in nieuwe situaties bijvoorbeeld problemen ondervinden om de verworven kennis om te zetten in de praktijk, de *transfer* zou niet optimaal zijn (Kapur, 2016). Volgens Glogger-Frey, Gaus en Renkl (2017) komt dit doordat leerlingen tijdens de instructie die voorafgaat aan de probleemoplossingsfase slechts oppervlakkig kennismaken met de aangeboden leerstof. Kapur (2016) bevestigde dit in zijn onderzoek; volgens hem

weten leerlingen geregeld niet wat ze precies leren en waarom ze iets leren

waardoor *transfer* moeilijk of niet kan plaatsvinden

Figuur 2. Continuüm van probleemoplossend leren gebaseerd op Kapur (2016)



Kapur (2016), Loibl en Rummel (2014), Loibl, Roll en Rummel (2017), en Rotgans en Schmidt (2012) experimenteerden reeds met het aanbieden van een probleemoplossingsfase voorafgaand aan de instructie en merkten verschillende positieve gevolgen op. De nieuwsgierigheid van leerlingen zou geprikkeld worden tijdens deze fase, wat hen zou motiveren om zich tijdens de instructiefase meer in te zetten dan wanneer eerst instructie aangeboden wordt (Schalk, Schumacher, Barth, & Stern, 2018). Tijdens de probleemoplossingsfase zouden leerlingen ook de mogelijkheid krijgen om nieuwe concepten creatief te exploreren (Kapur, 2016) waardoor de voorkennis geactiveerd kan worden en leerlingen hun tekorten kunnen opmerken, hun zogenaamde *knowledge gaps* (Loibl & Rummel, 2014).

De verhoogde motivatie en nieuwsgierigheid, het opmerken van de *knowledge gaps* en het activeren van de voorkennis zouden tijdens de instructiefase kunnen leiden tot diepgaander leren (Loibl & Rummel, 2015).

Er zijn echter ook heel wat bronnen die waarschuwen voor de gevaren en nadelen van PO-I en dus pleiten voor I-PO omwille van diverse argumenten. Op basis van de cognitieve belastingstheorie (Sweller & Chandler, 1991) is bekend dat probleemoplossend leren ook hogere cognitieve eisen stelt, vooral wanneer taken samen moeten worden opgelost en er rekening moet worden gehouden met communicatie en goede samenwerking (Kirschner, Sweller, Kirschner, & Zambrano, 2018). Wanneer gestart wordt met instructie weet de leerkracht zeker dat de juiste

informatie wordt aangeleerd. Veel leerkrachten kiezen voor directe instructie waardoor discussies worden voorkomen en tijd wordt bespaard (Sweller & Chandler, 1991). Daarnaast is het voor leerlingen met een beperkte voorkennis vaak te moeilijk om problemen zonder instructie op te lossen (Kirschner, Sweller, & Clark, 2010) en kan er op die manier competentiefrustratie ontstaan (Hardiman, Pollatsek, & Well, 1986).

We kunnen besluiten dat onderzoek zowel de voordelen van het uitstellen van instructie aantoonst en pleit voor de probleemoplossende taak eerst, gevolgd door instructie (Loibl, Roll, & Rummel, 2017; Schwartz, Chase, Oppezzo, & Chin, 2011) en dat er gewaarschuwd wordt voor de nadelen van deze benadering vanuit het risico op competentiefrustratie. Vanuit motivatietheorie en meer bepaald de zelfdeterminatietheorie (Deci & Ryan, 2000) weten we namelijk dat deze frustratie nadelig is voor motivatie, maar anderzijds stelt deze theorie ook dat het gevoel van autonomie - dat ontstaat door keuze in oplossingsstrategie voor de authentieke leertaak - ook cruciaal is voor motivatie en dit brengt ons bij het belang van het ontwerp van de taak.

Het belang van taakkenmerken

De mate van ondersteuning of sturing wordt gezien als een belangrijk taakkenmerk die van invloed is op het al dan niet slagen van de taak. Binnen onderwijsliteratuur wordt dit ook wel met het concept

scaffolding geduid, wat letterlijk vertaald steigers betekent. Ondersteuning moet geboden worden voor taken die nog niet alleen kunnen uitgevoerd worden, maar kan weggenomen worden wanneer overbodig, of wanneer het gebouw op zichzelf kan staan. Concreet kan ondersteuning of *scaffolding* geboden worden bij de taak om te structureren, vragen te stellen, hints te geven en onmiddellijke feedback te voorzien (Raes, Schellens, De Wever & Vanderhoven, 2012). Choo (2012) maakt een onderscheid tussen *soft scaffolds* en *hard scaffolds*. Bij de eerste vorm is er menselijke interactie tussen de leerkracht en de leerlingen, bij de tweede vorm is de ondersteuning op voorhand ontworpen en gebeurt deze met behulp van educatieve technologie of via richtlijnen op papier. De mate van sturing bepaalt in welke mate een taak als open of gesloten kan beschouwd worden, waarbij open taken heel veel keuzevrijheid toelaten van de lerenden en waarbij een gesloten taak sterk gestructureerd is. In het huidige onderzoek werd voor één van de probleemoplossingsfasen met gesloten taak gebruik gemaakt van het online leerplatform WISE (zoals zichtbaar in Figuur 4 en toegelicht wordt in Raes, Schellens, en De Wever, 2010) waarbinnen leerlingen het leerpad konden doorlopen en stapsgewijs de vragen konden oplossen. Op basis van voorgaand onderzoek weten we dat deze ondersteuning cruciaal is om leerlingen naar de juiste oplossing te leiden, ze op het juiste pad te houden en tot

competentiesatisfactie zal leiden. Anderzijds kan een te sterke sturing ook het gevoel van autonomie en keuzevrijheid benadelen bij leerlingen wat dan weer kan leiden tot een lagere motivatie (Choo, 2012). Ook Kapur (2016) is kritisch ten opzichte van sturing. Hij stelt namelijk dat de doelstelling niet steeds moet zijn om lerenden meteen naar de juiste oplossing te leiden tijdens de probleemoplossingsfase, maar ziet deze als voorbereiding op de instructie. De taak die tijdens de probleemoplossingsfase gegeven wordt, moet een optimale kans bieden aan leerlingen om de voorkennis te activeren en zo creatief en innovatief mogelijk nieuwe concepten te exploreren. Hoe complexer de taak, hoe moeilijker het wordt voor leerlingen om tot een correcte oplossing te komen en hoe meer voorkennis kan opgeroepen worden bij de leerlingen. Een sterk begeleide taak zal leerlingen eerder in een bepaalde richting duwen waardoor ze zelf minder diepgaand zullen exploreren (Sinha & Kapur 2021). Het vinden van de juiste balans tussen competentiebevrediging en autonomiebevrediging is met andere woorden een uitdaging, zowel in onderzoek als in de praktijk.

Onderzoeksvragen en hypothesen

Hoewel er de afgelopen jaren al heel wat onderzoek gebeurde naar probleemoplossend leren, erkent de literatuur dat het een complex gegeven blijft (Kapur, 2016) met onenigheid over welk lesscenario tot de beste resultaten leidt, zowel op

cognitief als op affectief vlak. Om deze complexiteit te vatten, creëerde Rummel (2018) een taxonomie die de beïnvloedende factoren van computerondersteund probleemoplossend leren weergeeft. De volgorde van instructie zoals hierboven beschreven, is een van deze beïnvloedende factoren. Een tweede factor is de mate van sturing die bij taken geboden wordt. Er is echter een tekort aan onderzoek dat naast het volgordekenmerk ook de taakkenmerken in acht neemt als mogelijk beïnvloedende factor (Sinha & Kapur, 2021). Volgens Kapur (2016) is er bij een open taak meer kans om te falen dan bij een sterk gestructureerde taak en zou dit dus ook van invloed kunnen zijn op het volgorde-effect.

Volgende onderzoeksvragen werden behandeld in het onderwijsexperiment:

- ◆ *Onderzoeksvraag 1:* In hoeverre is uitgestelde instructie doelmatig in het verbeteren van cognitieve en affectieve leerresultaten?
 - Hypothese 1.1: PO-I zal een positief effect hebben op de motivatie van leerlingen tijdens de instructiefasen.
 - Hypothese 1.2: Leerlingen uit de PO-I-conditie zullen de instructie waardevoller vinden.
 - Aangezien voorgaand onderzoek vooral duidt op een positieve invloed van PO-I op lange termijn, verwachten we op korte termijn geen significant verschil voor leerwinst.

- ◆ *Onderzoeksvraag 2:* In welke mate is de mate van sturing als taakkenmerk van invloed op het volgorde-effect?
 - Hypothese 2.1: Het volgorde-effect is groter bij open taken dan bij een meer gesloten en meer gestructureerde taak.
- ◆ *Onderzoeksvraag 3:* In welke mate heeft de volgorde van instructie en probleemoplossen een invloed op het onderwijs- en leerproces?
 - Hypothese 3.1: Leerlingen maken meer fouten tijdens het probleemoplossen in de PO-I fase.
 - Hypothese 3.2: De instructiefasen zullen interactiever verlopen bij de PO-I-conditie dan bij de I-PO-conditie.

Onderzoeksmethode

In een quasi-experimenteel onderzoek afgebeeld in figuur 3, uitgevoerd in het zesde jaar secundair onderwijs, tijdens de lessen aardrijkskunde, werden de twee beïnvloedende factoren (volgorde en aard van de taak) onderzocht. De ene conditie kreeg eerst de instructie aangeboden en nadien de probleemoplossingsfase (controle conditie), de andere conditie kreeg de andere volgorde aangeboden (experimentele conditie). Alle leerlingen kregen eerst de gestructureerde taak en nadien de meer open taak. Het volgorde effect werd onderzocht in een between-subjects

design, het effect van de aard van de taak werd onderzocht in een within-subjects design. Aan de hand van een mixed methods onderzoeksbenadering werden kwalitatieve en kwantitatieve analysetechnieken gecombineerd.

Eerst en vooral waren er de pre- en posttesten waarbij de conceptuele kennis en motivatie van leerlingen gemeten werden. De logdata uit het online leerplatform WISE werden gebruikt om te analyseren hoelang leerlingen aan het werk waren en hoeveel vragen ze konden oplossen. De audiovisuele gegevens zorgden voor inzicht in de duurtijd van instructie- en probleemoplossingsfasen en in de interactie die plaatsvond. Kwantitatieve gegevens werden aangevuld met kwalitatieve uit het audiovisuele materiaal, met gesprekken met de leerkracht en met de opmerkingen die leerlingen meegaven in de open vraag bij de tweede posttest.

Participanten

Dit experiment werd uitgevoerd bij vier klasgroepen uit het zesde jaar algemeen secundair onderwijs (ASO) in Vlaanderen, binnen het vak aardrijkskunde. Zoals afgebeeld in tabel 1, volgden twee groepen de wetenschappelijke studierichting en twee groepen de niet-wetenschappelijke studierichting. Omdat de studierichting en het profiel van de leerlingen

Tabel 1. *Participanten per conditie*

	I-PO	PO-I
Studierichting wetenschappen	N = 16*	N = 23*
Studierichting zonder wetenschappelijke component	N = 17	N = 15
Totaal aantal participanten	N = 33	N = 43

Noot. * In deze groepen werd ook audiovisuele data verzameld

binnen deze studierichting mogelijk een invloed kan hebben op de resultaten, werd binnen elke conditie een klas wetenschappen en een klas niet-wetenschappen opgenomen.

Onderzoeksdesign, inhoud en verloop

Het onderwijsexperiment vond plaats gedurende een lessenreeks bestaande uit acht lessen van 50 minuten. Per week werden twee lessen van 50 minuten gegeven volgens de bestaande lessenroosters van de leerlingen. De inhoud van de lessenreeks focuste op het behalen van eindterm 8 binnen de kennisdoelen voor het vak aardrijkskunde in de derde graad zoals vastgelegd door de Vlaamse regering¹. De leerlingen kunnen de geofysische opbouw van de aarde en de platentektoniek beschrijven en gevolgen ervan zoals: de ligging van oceanen en continenten, vulkanisme en aardbevingen en bepaalde klimaatsveranderingen verklaren.

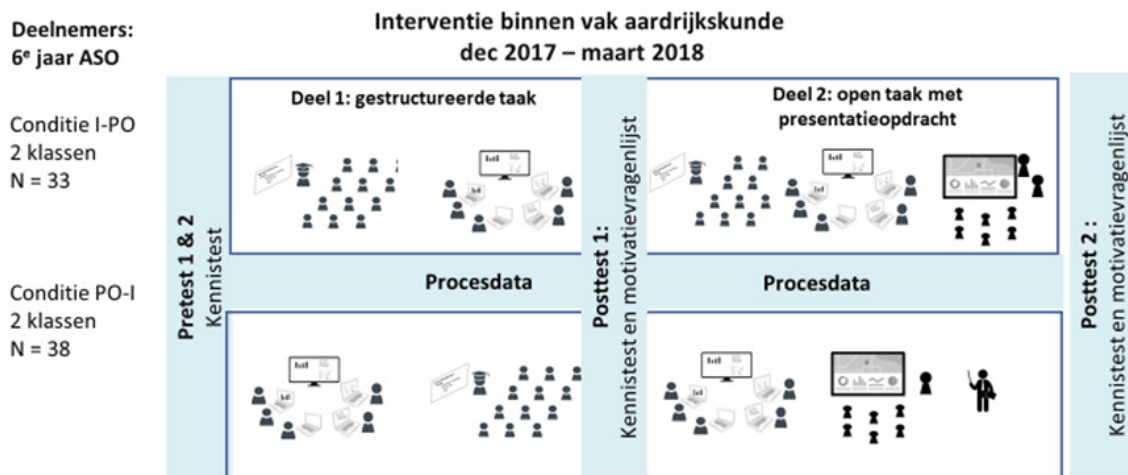
Om enerzijds het volgorde-effect na te gaan, kregen studenten binnen de I-PO

eerst instructie, gevolgd door de probleemoplossende taak. De andere groep kreeg eerst de probleemoplossende taak en daarna de instructie (PO-I). De andere condities in dit onderzoek werden gelijk gehouden: dezelfde leerkracht gaf de lessen, met dezelfde inhoud en leermiddelen in hetzelfde lokaal, met dezelfde uitrusting. Naast de leerkracht was ook een van de onderzoekers aanwezig die assisteerde bij het gebruik van het online leerplatform en beschikbaar was voor vragen van de leerlingen.

De leerkracht geeft al 15 jaar les waarvan 10 jaar op deze school en in deze studierichtingen. Zij pakte haar lessen eerder al aan met probleemoplossende taken. Ook zij stootte bij die aanpak al op de vraag naar de optimale volgorde van taak en instructie. Om anderzijds de invloed van de taakkenmerken na te gaan werden twee probleemoplossende taken uitgewerkt en werd het volgorde-effect dus tweemaal getest zoals afgebeeld in Figuur 3. Bij het eerste leerstofonderdeel, met als

¹ Raadpleegbaar op <https://onderwijsdoelen.be/Onderwijsdoelen.be>

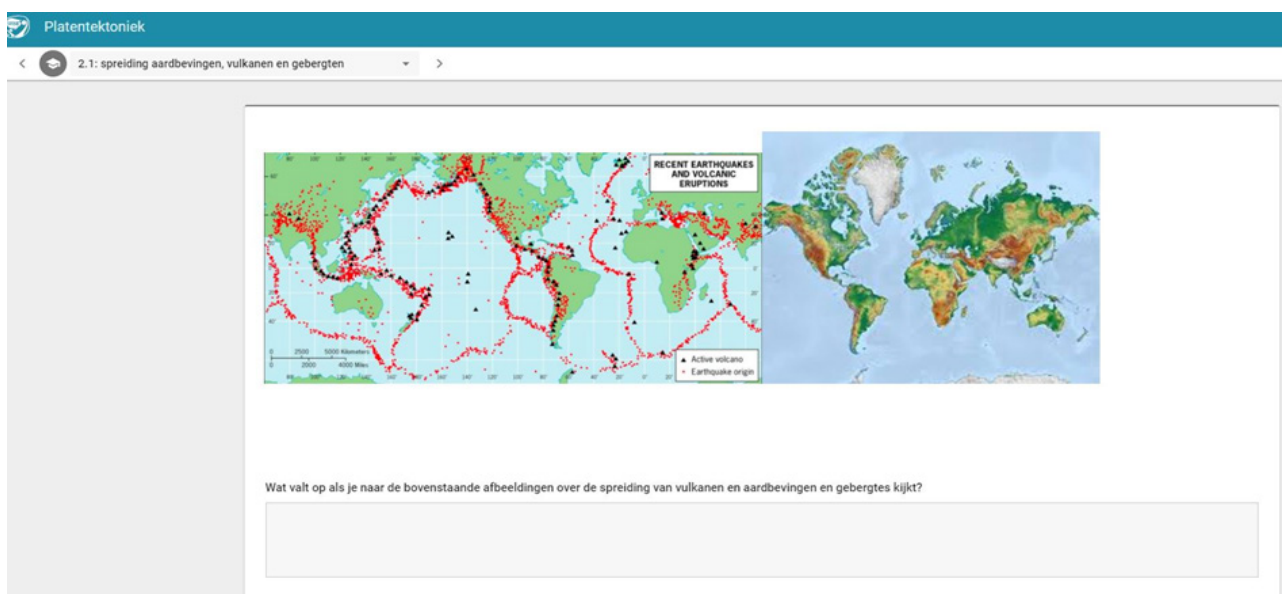
Figuur 3. *Onderzoeksdesign van het onderwijsexperiment*



doelstelling het beschrijven van de geofysische opbouw van de aarde en de platen tektoniek, was de groepsopdracht sterk gestructureerd doordat leerlingen stap voor stap vragen beantwoordden. Ze werden hierbij ondersteund door WISE, een online platform om onderzoekspaden voor wetenschapsonderwijs op te stellen (Raes, Schellens, & De Wever, 2010). De

leerlingen werkten voor de opdracht samen in groepjes van drie personen. Binnen het groepswerk werden tips en instructies gegeven om de samenwerking te optimaliseren, maar er werd vooraf geen taakverdeling vastgelegd. Figuur 4 visualiseert één van de vragen uit het digitale leerpad.

Figuur 4. *Screenshot van een vraag uit de eerste probleemoplossingsactiviteit in WISE. Overgenomen uit WISE, z.d. (<https://wise.berkeley.edu>).*



Het instructiemoment in de eerste fase werd gegeven aan de hand van een PowerPointpresentatie met een aantal figuren en richtlijnen. Hiermee werd getracht het instructiemoment zo gelijk mogelijk te houden. Naast de volgorde van instructie en probleemoplossende taak was er wel bewust één groot verschil tijdens het instructiemoment: bij de PO-I hield de leerkracht rekening met het werk van leerlingen uit de oefening die bijgehouden werd in de online leeromgeving en geraadpleegd kon worden door de leerkracht. De leerkracht werd gevraagd om tijdens de probleemoplossingsfase de antwoorden van leerlingen te lezen zodat de leerkracht zicht kreeg op de onderdelen waar meer of minder fouten gemaakt werden. Dit gaf ook een indicatie aan de leerkracht waar meer of minder aandacht aan geschonken

moest worden tijdens het instructiemoment.

Voor het tweede deel van de leerstof met als doelstelling het verklaren van gevolgen van de geofysische opbouw van de aarde en de platentektoniek, werd gekozen voor een meer open onderzoekstaak. Per groep van 4 tot 5 leerlingen (afhankelijk van de grootte van de klasgroep) kregen de leerlingen een videofragment toegewezen. De videofragmenten kwamen allemaal uit recente journaals of van nieuwssites. Leerlingen gingen in groep zelfstandig op zoek naar verklaringen voor het toegewezen natuurfenomeen (vulkaanuitbarsting, aardbeving, vorming van oceaan) aan de hand van een aantal open vragen opgenomen in tabel 2. Na de oefening moesten de leerlingen hun opdracht voorstellen aan de rest van de klas.

Tabel 2. *Opdracht bij leerstofonderdeel 2*

Opdracht deel 2: Beantwoord in groep onderstaande vragen en presenteer dit aan jullie klasgenoten.

1. Situeer de gebeurtenis op kaart.
 2. Welke soort platen bewegen er (oceanische of continentale) en in welke richting?
 3. Leg deze beweging duidelijk uit.
 4. Geef nog een andere locatie op aarde waar deze beweging zich voordoet.
 5. Wat zijn mogelijke gevolgen? (welk soort vulkaan? Sterkte van bevingen? Welke reliëfvormen?) Geef een duidelijke uitleg.
-

Het instructiemoment voor de I-PO groep werd opnieuw gegeven aan de hand van een PowerPointpresentatie met een aantal figuren en richtlijnen. Er werden voorbeelden van plaatbewegingen aangehaald,

maar niet dezelfde die in de probleemoplossende taak aan bod kwamen. Via de probleemoplossende taak kon de leerkracht nagaan of de leerlingen de kennis die ze opdeden tijdens de instructie

konden toepassen op nieuwe situaties. Het instructiemoment voor de PO-I-groep werd geïntegreerd in de presentaties van de leerlingen. Daar waar de leerlingen onvolledig, onduidelijk of fout waren, vulde de leerkracht aan en illustreerde met de figuren die gebruikt werden in het instructiemoment van de I-PO-groep.

Dataverzameling

Bij de start van het experiment vulden de leerlingen een pretest (zie bijlage 1) in om te peilen naar hun voorkennis met betrekking tot de te behalen eindtermen over platentektoniek (Het verband tussen de spreiding van vulkanisme, aardbevingen, gebergten en gesteentecyclus enerzijds, en anderzijds de platentektoniek kunnen afleiden uit kaarten en verklaren aan de hand van doorsneden.). Zowel na lesfase 1 als lesfase 2 vulden de leerlingen een

posttest in (zie bijlagen: posttest 1 en posttest 2) om de leerwinst na te gaan met betrekking tot beide leerstofonderdelen. Om het volgorde-effect van de interventie na te gaan met betrekking tot de motivatie binnen de les en het eventuele effect van de sturing bij de taak, werd na beide lesfasen ook een motivatievragenlijst afgenomen bij de leerlingen. Deze vragenlijst was een vertaling van de *Intrinsic Motivation Inventory* (Deci & Ryan, 2000), een gevalideerde vragenlijst gebaseerd op de zelfdeterminatietheorie die gebruikt wordt om naar motivatie te peilen. De vragenlijst peilt naar de volgende zeven factoren: intrinsieke motivatie, inspanning, druk, waarde, autonomie, competentie of verbondenheid. Enkel intrinsieke motivatie en waarde zullen binnen deze bijdrage besproken worden.

Tabel 3. *Motivatieschalen afgenomen in aansluiting bij posttest 1 en posttest 2*

Schaal	Items
Intrinsieke motivatie	Ik vond het saai (N).
	Ik beleefde plezier gedurende de voorbije les/ groepswerk.
	Ik kon mijn aandacht niet houden bij de voorbije les/groepswerk.
Autonomie	Ik vond het een interessant(e) les/groepswerk.
	Ik had het gevoel dat ik dingen kon doen die bij me passen.
	Ik voelde me vrij in de dingen die ik deed.
Waardevol	Ik voelde een externe druk om zaken te doen die ik liever niet deed. (N)
	Ik voelde dat ik kon beslissen voor mezelf hoe ik dingen aanpakte.
	Ik vond het waardevol.
	Deze activiteit was bruikbaar voor mijn leerproces.
	Deze activiteit was tijdsverlies (N).
	Ik hoop meer van dergelijke activiteiten te mogen doen in de toekomst.

(N): Negatief geformuleerde items werden gespiegeld.

Logdata

In *WISE* werden zowel de tijd die aan een opdracht besteed werd alsook de antwoorden die leerlingen gaven tijdens de probleemoplossingsfase geregistreerd. De antwoorden kregen een score toegekend op juistheid met behulp van een score-rubric die opgesteld werd op basis van het *Knowledge Integration Framework*. Dit *framework* wordt gebruikt bij opdrachten waarbij leerlingen een oplossing moeten zoeken op vragen waar geen eenvoudig antwoord op bestaat (Liu, Lee, Hofstetter & Linn, 2008). Voor iedere vraag uit *WISE* werd een codeboek opgesteld: antwoorden die irrelevant of fout waren kregen een 0-score, oplossingen die volledig correct en gedetailleerd omschreven werden kregen de maximumscore. Antwoorden die slechts gedeeltelijk de vraag beantwoordden kregen een score tussen 0 en de maximumscore. Hiervoor werd op voorhand duidelijk bepaald welke mogelijke antwoorden welke score kregen (Zie bijlage 4).

Audiovisueel materiaal

Tijdens de instructie werd telkens de volledige klasgroep gefilmd waardoor we in staat waren de interactie tijdens het lesgebeuren te analyseren. Binnen deze studie werd gefocust op de leerkracht-leerling interactie in de vorm van vragen stellen. Tijdens de probleemoplossende opdracht werd de camera telkens op één groepje gericht, maar de analyse van het groepswork en de interactie tussen leerlingen

valt buiten de scope van deze bijdrage. Het videomateriaal werd geanalyseerd en gecodeerd aan de hand van het softwarepakket Limecraft, zie Figuur 5. De instructiemomenten in beide lesfasen werden bekeken en er werd gecodeerd wanneer vragen gesteld werden en door wie. Er werd ook bijgehouden hoelang de presentatie (deel 2) van ieder groepje afzonderlijk duurde en wat de totale duurtijd van de instructiemomenten en de presentatielessen was. Daarnaast werd er geluisterd naar opmerkingen van leerlingen die betrekking hadden op de onderwijsmethode. Deze gegevens werden schematisch samengevat, aangevuld met de bevindingen van de leerkracht en daarna grondig geanalyseerd.

Onderzoekresultaten

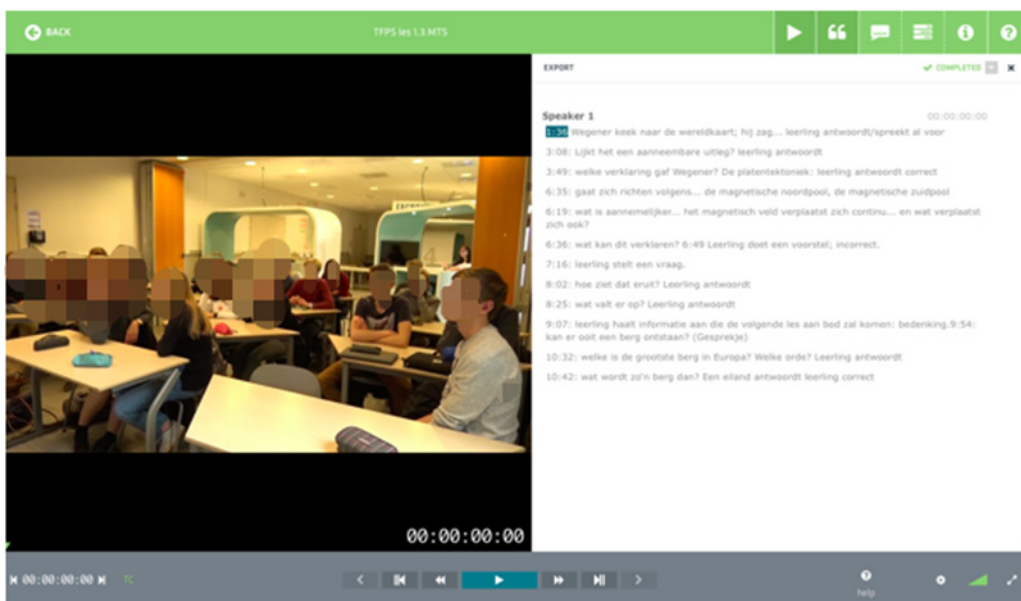
OV1 en OV: Effecten op het gebied van leerwinst en invloed van taakkenmerken?

Om een antwoord te bieden op de vraag of de volgorde van de probleemoplossingsfase en de instructie de leerwinst zou beïnvloeden vergelijken we de scores op de kennistesten na de gestructureerde en de meer open opdracht. Zoals weergegeven in tabel 3, zijn de scores op de pretest gelijk voor beide condities, maar duidt de standaarddeviatie op een grote spreiding in scores. Wanneer we de scores op beide posttesten onder de loep nemen, merken we dat alle leerlingen leerwinst halen. Op beide posttesten behaalden de PO-I-leerlingen een hogere score dan de I-PO-leerlingen. Het verschil is echter alleen

significant voor posttest 2, de posttest afgenomen na de open taak. PO-L-leerlingen ($M = 5.84$, $SD = 2.03$) halen een significant hogere score dan I-PO leerlingen ($M = 4.76$, $SD = 2.20$), $t(38) = -1,931$, $p =$

0.061. Ook bij de tweede posttest was er geen significant verschil tussen de I-PO-leerlingen ($M = 2.04$, $SD = 0.33$) en de PO-I-leerlingen ($M = 3.33$, $SD = 0.23$), $t(71) = -2,173$, $p = 0.03$).

Figuur 5. Screenshot uit Limecraft: analyse van een deel van een instructiemoment. Overgenomen uit Limecraft, z.d. (<http://limecraft.com>). Copyright, 2016, Limecraft.



Tabel 4. Scores pre- en posttests voor beide condities

	I-PO conditie	PO-I conditie	Significantie-waarde
Pretest 1	$M = 3.41$, $SD = 2.70$	$M = 3.43$, $SD = 3.31$	$P=0.97$
Posttest 1	$M = 4.67$, $SD = 2.75$	$M = 4.71$, $SD = 2.16$	$P=0.98$
Pretest 2	$M = 2.31$, $SD = 2.5$	$M = 2.34$, $SD = 2.00$	$P=0.96$
Posttest 2	$M = 4.76$, $SD = 2.20$	$M = 5.84$, $SD = 2.03$	$p=0.03^*$

Noot. Testen werden op 10 gescoord. *Significant op het 0.05 level

OV1: Effecten op het gebied van motivatie?
Tabel 5, 6 en 7 geven de resultaten weer voor de affectieve variabelen: intrinsieke motivatie, autonomiesatisfactie en het waardeoordeel van de leerlingen met betrekking tot de verschillende lesfasen in

beide conditie. De resultaten tonen aan dat leerlingen een significant hogere motivatie hebben wanneer de instructie volgt op de probleemoplossingsfase, zowel bij een gesloten als bij een open leertaak. Wat de autonomiesatisfactie betreft,

tonen onze resultaten dat leerlingen een significant hogere autonomie ervaren wanneer de taak voor de instructie

gegeven wordt. In lijn met deze resultaten krijgt de instructie een significant hogere waarde wanneer deze na de taak volgt.

Tabel 5. Resultaten voor de zelf gerapporteerde intrinsieke motivatie tijdens de verschillende Lesfasen

	I-PO conditie	PO-I conditie	Significantie-waarde
Intrinsieke motivatie in-structie deel 1	$M = 3.91, SD = 1.09$	$M = 4.72, SD = 0.60$	$P < 0.01^*$
Intrinsieke motivatie in-structie deel 2	$M = 3.60, SD = 1.05$	$M = 4.37, SD = 1.01$	$P = 0.003^*$
Intrinsieke motivatie bij PO deel 1 (gesloten taak)	$M = 3.92, SD = 1.06$	$M = 3.82, SD = 0.92$	$P = 0.68$
Intrinsieke motivatie bij PO deel 2 (open taak)	$M = 3.77, SD = 1.03$	$M = 4.02, SD = 1.02$	$P = 0.32$

Noot. Motivatie werd gescoord op een 6-punts Likertschaal. * Significant op het 0.05 level

Tabel 6. Resultaten voor de autonomiesatisfactie m.b.t. de verschillende lesfasen

	I-PO conditie	PO-I conditie	Significantie-waarde
Autonomie instructie deel 1	$M = 3.43, SD = 0.84$	$M = 3.78, SD = 0.70$	$P = 0.70$
Autonomie instructie deel 2	$M = 3.97, SD = 0.92$	$M = 4.18, SD = 0.70$	$P = 0.31$
Autonomie bij PO deel 1 (gesloten taak)	$M = 3.41, SD = 1.05$	$M = 4.06, SD = 0.79$	$P = 0.003^*$
Autonomie bij PO deel 2 (open taak)	$M = 3.75, SD = 0.95$	$M = 4.29, SD = 0.81$	$P = 0.015^*$

Noot. Autonomie werd gescoord op een 6-punts Likertschaal. * Significant op het 0.05 level

Tabel 7. Resultaten voor de gescoorde waarde m.b.t. de verschillende lesfasen

	I-PO conditie	PO-I conditie	Significantie-waarde
Waarde instructie deel 1	$M = 3.73, SD = 1.21$	$M = 4.77, SD = 0.85$	$P < 0.01^*$
Waarde instructie deel 2	$M = 3.69, SD = 1.26$	$M = 4.25, SD = 1.01$	$P = 0.04^*$
Waarde bij PO deel 1 (ge-sloten taak)	$M = 3.60, SD = 1.15$	$M = 3.49, SD = 1.19$	$P = 0.70$
Waarde bij PO deel 2 (open taak)	$M = 3.46, SD = 1.18$	$M = 3.83, SD = 1.16$	$P = 0.20$

Noot. Waarde werd gescoord op een 6-punts Likertschaal. * Significant op het 0.05 level

OV 3: Effect op onderwijsleerproces?

In twee van de vier groepen (zie Tabel 1) werd naast de kwantitatieve gegevens, ook kwalitatieve data verzameld aan de hand van video-analyses. Bij deze groepen werden voor alle lesfasen de interventies van leerlingen zorgvuldig gecodeerd. Zoals opgenomen in Tabel 8 valt op dat er meer vragen werden gesteld in de PO-I conditie en dat meer leerlingen vragen stelden. Bij de PO-I was er meer interactie tijdens het eerste instructiemoment en waren er opmerkelijk meer leerlingen die in interactie traden (75%) dan bij de I-PO conditie (39%). Tijdens de presentaties was dit verschil nog groter: leerlingen uit de I-PO conditie stelden tweemaal op eigen initiatief een vraag terwijl door de PO-I groep 38 vragen werden gesteld. Tijdens het instructiemoment dat vooraf ging aan de probleemoplossingstaak kwamen de vragen voornamelijk van de leerkracht die de leerstof diepgaander wou bespreken en fouten wou verduidelijken.

Discussie

In deze discussie zullen de resultaten per onderzoeksvraag besproken worden met de terugkoppeling naar de literatuurstudie. Tot slot worden de implicaties voor de praktijk, de beperkingen van het huidige onderzoek en enkele voorstellen voor vervolgonderzoek beschreven.

Dit onderwijsexperiment bestudeerde de effecten van de volgorde waarin instructie en het oplossen van problemen aangeboden werd. In de eerste plaats werd onderzocht wat het effect was op de leer- en onderwijsmechanismen. In de tweede plaats werd het effect op de motivatie van de leerlingen bestudeerd. Tot slot werd onderzocht of de aard van de probleemoplossingstaak die tijdens de probleemoplossingsfase aangeboden werd de effecten beïnvloedde. De literatuurstudie toonde dat er nood was aan meer onderzoek om de leer- en onderwijsprocessen van PO-I in kaart te brengen (Loibl & Rummel, 2014; Kapur, 2016). Dankzij het audiovisuele materiaal – alle fasen werden

gefilmd – en de gedetailleerde logdata uit *WISE* kon het verloop van de leer- en onderwijsprocessen in detail geanalyseerd worden. Door gebruik te maken van pre- en posttesten kon zowel de conceptuele kennis als ook de motivatie van de leerlingen gemeten worden. De kwalitatieve data van de leerkracht zorgden tot slot voor een verdieping van de onderzoeksresultaten. Ondanks deze rijke dataset

willen we de kleinschaligheid van het onderzoek benadrukken waardoor voorzichtigheid geboden is m.b.t. generaliseerbaarheid van de resultaten. Toch zien we onze resultaten bevestigd in een recente reviewstudie die het belang van verschillende kleinschalige onderzoeken binnen verschillende contexten benadrukt (Sinha & Kapur, 2021).

Tabel 8. *Overzicht van het leer- en onderwijsproces bij I-PO en PO-I*

	I-PO	PO-I
PO-fase 1 in WISE		
Totale duurtijd	01:21:15	01:22:47
Aantal opgeloste vragen ($n = 10$)	Min. 4 Max. 10 Gem. 8,2	Min. 4 Max. 10 Gem. 7,5
Gemiddelde score van de antwoorden	5,6/15 (37,3%)	4,88/15 (32,5%)
Instructie deel 1		
Totale duurtijd	00:23:34	00:24:50
Aantal interacties	26	32
Aantal leerlingen dat aan bod kwamen	9 op 23 leerlingen (39%)	12 op 16 leerlingen (75%)
Instructie deel 2		
Totale duurtijd	00:34:07	00:37:28
Gemiddelde duurtijd presentatie	00:03:06	00:01:28
Vragen door de leerlingen	2	38
Vragen door de leerkracht	18	13
Antwoorden door de leerlingen	17	23
Antwoorden door de leerkracht	13	35

Onderzoeksvraag 1

Het eerste doel van deze studie was om na te gaan in welke mate PO-I of uitgestelde

instructie leidt tot een hogere leerwinst en tot hogere motivatie en waardering van het onderwijsgebeuren.

Op basis van de kennistesten die afgenomen werden als pretest en na elke lesfase konden we besluiten dat alle leerlingen, ongeacht de conditie leerwinst geboekt hebben. In de lesfase met gestructureerde taak werd geen verschil gevonden tussen de condities, maar in de lesfase met de open taak vonden we een significant hogere leerwinst in het voordeel van de PO-I conditie. Deze bevinding gaf ons een antwoord op onderzoeksvraag 2 en wordt verder dieper besproken. Daarnaast wilden we ook effecten op de affectieve variabelen nagaan. Deze studie vond dat leerlingen significant hoger scoorden op intrinsieke motivatie en hogere autonomie-satisfactie tijdens de instructiefasen in de PO-I conditie, dus wanneer de instructie volgt op het probleemoplossen. Deze kwantitatieve resultaten werden bevestigd in het kwalitatief interview met de leerkracht, PO-I-leerlingen vertelden namelijk aan de leerkracht dat ze plezier hadden tijdens de instructie. Deze verhoogde intrinsieke motivatie kan een gevolg zijn van de autonomie die geboden werd in de PO-fase (Sierens & Vansteenkiste, 2009). PO-I-leerlingen zouden tijdens de PO-fase hun voorkennis geactiveerd hebben en tekorten opgemerkt hebben waardoor ze doelgericht vragen konden stellen tijdens de les (zie onderzoeksvraag 3). Dankzij de PO-fase had de leerkracht inzicht in de problemen van de leerlingen waardoor zij hierop kon inspelen. De instructiefase werd bij de PO-I-conditie bijgevolg geleid door de voorkennis en de vragen van de

leerlingen, wat het verhoogde gevoel van autonomie kan verklaren. Doordat de problemen behandeld werden, konden PO-I-leerlingen tot een beter begrip van de leerstof komen en een dieper conceptueel begrip ontwikkelen dan de I-PO-leerlingen. Naast de intrinsieke motivatie, was ook het waardeoordeel omtrent de instructie significant hoger voor de PO-I leerlingen. Hieruit blijkt het belang van de instructiefase, zonder deze fase zouden leerlingen geen antwoorden krijgen op hun vragen en zouden tekorten niet weggewerkt kunnen worden. De leerkracht beaamde dat de probleemoplossingsfase geen vervanging is voor de les, maar wel een uitstekende voorbereiding is op de instructie. Bij de PO-I-conditie was het doel om nieuwe leerstof creatief te exploreren, om de voorkennis bij de leerlingen te activeren, om problemen en tekorten bloot te leggen en de motivatie van leerlingen te prikkelen tijdens de PO-fase (Glogger-Frey, Gaus & Kenkl, 2017; Kapur, 2016; Loibl & Rummel, 2014; Loibl, Roll & Rummel, 2017). De daaropvolgende instructiefase werd waardevoller omdat leerlingen hun tekorten konden opvullen en hun conceptuele kennis verder kon groeien. Instructie gebaseerd op oplossingen van leerlingen en in dialoog met de leerlingen heeft een positief leereffect, dat werd ook bevestigd in een recente reviewstudie (Sinha en Kapur, 2021).

Onderzoeksvraag 2

De eerste taak in *WISE* liet leerlingen slechts in beperkte mate toe om op zoek te gaan naar antwoorden en creatief te exploreren en door een sterkere sturing was de kans op fouten ook kleiner. De tweede taak was een open taak waarbij leerlingen hun presentatie naar eigen keuze konden voorbereiden. De keuzevrijheid die ze hierbij kregen kan deels het verhoogde gevoel van autonomie zowel in de taak als de instructiefase in de PO-I conditie verklaren (Ryan & Deci, 2000). Er werd ook een hogere autonomie satisfactie gevonden in de open taak vergeleken met de gesloten taak.

Wanneer we de instructiemomenten tussen de twee lesfasen vergelijken, viel op dat bij de instructie na de gesloten taak veel interactie was, maar dat deze voornamelijk vertrok vanuit vragen van de leerkracht. Bij het tweede instructiemoment, na de open taak, viel op dat PO-I-leerlingen vragen stelden over nieuwe voorbeelden die ze zelf aanhaalden, iets wat bij het eerste instructiemoment niet gebeurde. Dit impliceert dat leerlingen die een open opdracht krijgen creatiever nadenken, wat eerder door onderzoek van Kapur (2016) en Loibl, Roll & Rummel (2017) werd aangetoond. In de recente review paper van Sinha en Kapur (2021) wordt benadrukt dat *productive failure* ook kan falen wanneer het taakdesign niet optimaal is en er te weinig ruimte geboden wordt om fouten te kunnen maken. Hoewel het 'meer falen' bij de tweede

lesfase niet in absolute cijfers kon worden gemeten is er wel een implicatie dat leerlingen meer tekorten opmerkten tijdens de tweede groepsopdracht. Leerlingen stelden namelijk veel meer vragen tijdens de presentatieles, wat kan aangeven dat ze tijdens de tweede probleemoplossings-taak een beter inzicht kregen in hun tekorten. Onze resultaten zijn in lijn met Schalk et al. (2018) die aantoonde dat hoe ondersteund wordt en hoe problemen gepresenteerd worden een rol spelen in het succes van PO-I.

Onderzoeksvraag 3

In de derde onderzoeksvraag wilden we nagaan in welke mate de volgorde van instructie en probleemoplossen een invloed had op het onderwijs- en leerproces, met name het aandeel fouten tijdens probleemoplossen en de interactie tijdens de instructiemomenten. Uit de analyse van de kwalitatieve data bleken wat frustraties bij de PO-I-leerlingen na de PO-fase, maar de kwantitatieve data bevestigden deze frustraties niet. Deze frustraties kunnen volgens Kirschner, Sweller en Clark (2006) te wijten zijn aan de PO-I, deze methode vraagt veel tijd en leerlingen vinden meestal niet alle correcte antwoorden. Leerlingen uit de PO-I-conditie werkten inderdaad trager tijdens de PO-fase en werden hier volgens de leerkracht soms onzeker door. De oplossingen die ze vonden waren kwalitatief minder goed dan de oplossingen van de leerlingen uit de I-PO-conditie. Onderzoek van Kapur

(2016) toonde aan dat leerlingen in een PO-I-conditie een grotere kans maken om te falen en sneller fouten zullen maken. Het is belangrijk te weten dat PO-I niet aangeboden wordt om de juiste oplossingen te vinden, dit wordt pas beoogd tijdens de instructiefase. De PO-fase wil de voorkennis activeren en de leerlingen nieuwsgieriger maken om zo de inzet tijdens de instructiefase te verhogen (Kapur, 2016; Loibl, Roll & Rummel, 2017, Rotgans & Schmidt, 2012). Zowel uit de analyse van de motivatieschalen in de post-testen als ook uit de audiovisuele analyse bleek dat PO-I-leerlingen veel vaker in interactie traden, ze stelden veel meer vragen en werkten actiever mee tijdens de presentaties. Dit was vooral het geval tijdens het instructiemoment in deel 2, aansluitend op de presentaties van de leerlingen. Tijdens het eerste instructiemoment traden 75% van de PO-I-leerlingen in interactie met de leerkracht, tegenover 39% van de leerlingen in de I-PO-conditie. Volgens Hung (2015) kan dit een gevolg zijn van de menselijke nieuwsgierigheid en het verlangen om een probleem op te lossen, twee zaken die geprikkeld werden in de PO-fase. Leerlingen wilden hun tekorten wegwerken en namen actiever deel aan de instructie. Het aanpassen van de presentaties tijdens de presentatie zelf en de vele vragen die leerlingen uit de PO-I-conditie stelden lijken dit te bevestigen. Daarnaast stelden leerlingen zelf vragen over extra voorbeelden, wat volgens de literatuur leidt tot een diepgaand

conceptueel begrip (Kapur, 2013; Vosniadou, 1994). Uit het bovenstaande blijkt dat de PO-I-leerlingen hun eigen ideeën en voorkennis continu aftoetsten aan wat gezegd werd tijdens de instructie. Het *mental-repair-model* van Chi (2000) omschreef dat leerlingen eerst hun fouten moeten ontdekken voor ze deze kunnen oplossen. De PO-fase leek haar nut te bewijzen, de leerlingen hadden nagedacht over de opgave, hun voorkennis werd geactiveerd en tenslotte kwamen hun tekorten bloot te liggen.

Loibl, Roll en Rummel (2017) en Kapur (2016) benadrukten dat het belangrijk is om tijdens de instructiefase expliciet gebruik te maken van de problemen en de oplossingen uit de PO-fase. De leerkracht uit dit onderzoek besteedde in de PO-I-conditie meer tijd aan de leerstof waar leerlingen het moeilijk mee hadden en de delen waar leerlingen geen of weinig problemen ondervonden werden sneller behandeld. Dit is de kracht van de PO-fase, zowel de leerlingen als de leerkracht kregen inzicht in de tekorten (*knowledge gaps*) en konden deze tijdens de instructiefase doelgericht behandelen (Loibl & Rummel, 2014; Kapur, 2016). Volgens Vosniadou (1994) zorgt dit soort aanpak voor een vlottere overgang van intuïtieve ideeën naar diepe conceptuele kennis, door de oplossingen van leerlingen te bespreken tijdens de les kon ingespeeld worden op foute ideeën en dankzij de vragen konden leerlingen zich een beter beeld vormen van de concepten. In

dit onderzoek blijkt PO-I een positief effect te hebben op de leer- en onderwijsprocessen: PO-I-leerlingen waren actiever, er was meer interactie en de leerkracht kon doelgericht werken tijdens de instructiefasen

Implicaties voor de praktijk

Tijdens het interview gaf de leerkracht aan dat de PO-I-methode misschien geschikt zou zijn om (deels) buiten de lesuren te gebruiken. De PO-fase heeft in principe geen onmiddellijke begeleiding van de leerkracht nodig en zou zelfs op een andere locatie kunnen plaatsvinden. Om dit te realiseren moet er rekening gehouden worden met het groepswerk, groepsleden moeten een locatie ter beschikking hebben waar ze samen aan de slag kunnen. De leerkracht stelde voor om de PO-fase bijvoorbeeld tijdens

een vrij studie-uur te laten uitvoeren.

Het bovengenoemde voorstel kan de tijd die PO-I nodig heeft in de klas beperken. Belangrijk is dat leerkrachten zich niet mogen vastpinnen op 'voldoende tijd om de juiste oplossing te vinden'. Bij PO-I moeten leerlingen voldoende tijd krijgen om te exploreren tijdens de probleemoplossingsfase, ze hoeven niet te zoeken tot ze een correct antwoord gevonden hebben (Kapur, 2016; Loibl & Rummel, 2014; Loibl & Rummel, 2015).

Bij het huidige onderzoek waren er twee leerkrachten aanwezig om het onderwijsleerproces te begeleiden, de hoofdverantwoordelijke gaf aan dat het opvolgen van

de probleemoplossingsfase bij PO-I moeilijk zal zijn wanneer je er alleen voor staat. Je moet op verschillende plaatsen tegelijk zijn, je moet luisteren naar leerlingen en tegelijk moet het leerpad goed opgevolgd worden zodat je tijdens het instructiemoment gebruik kan maken van de oplossingen. Leerkrachten hebben in WISE wel de mogelijkheid om het leerproces achteraf te analyseren en zo de nodige informatie uit de PO-fase te verzamelen. Dit zorgt mogelijk voor extra belasting van de leerkracht na de lesuren, anderzijds is het een hulpmiddel om het instructiemoment optimaal voor te bereiden doordat onduidelijkheden meteen zichtbaar worden. Co-teaching zou een mogelijke oplossing zijn omdat de taken op die manier verdeeld kunnen worden en de druk op de individuele leerkracht hierdoor zou afnemen.

PO-I-leerlingen maakten veel fouten bij de probleemoplossingsactiviteit, dit toont het belang van de instructiefase aan. Zowel de probleemoplossingsfase als de instructiefase moeten doorlopen worden om van PO-I een succes te maken. Tijdens de instructiefase moeten de concepten verduidelijkt worden aan de hand van de oplossingsmodellen, de voorkennis en de intuïtieve ideeën van de leerlingen uit de probleemoplossingsfase om de positieve effecten van PO-I te bekomen (Loibl & Rummel, 2015). De probleemoplossingsactiviteit wordt ingezet om de voorkennis te activeren, de motivatie bij leerlingen aan te wakkeren en zowel de leerkracht als leerlingen bewust te maken van

tekorten. Bij leren door problemen op te lossen vervalt de instructie dus niet, ze wordt enkel op een ander moment aangeboden.

Bij het aanbieden van een probleemoplossingsfase voorafgaand aan de instructie moet de probleemoplossingstaak in acht genomen worden. Dit onderzoek toonde dat een taak met meer keuzevrijheid ervoor zorgt dat leerlingen tot meer ideeën komen en een beter zicht krijgen op hun tekorten dan bij een meer gestuurde taak. De meer open taak zorgde eveneens voor meer interactie tijdens de instructiefase waardoor het groepsgevoel en het gevoel van autonomie toenamen. Eerder onderzoek toonde al aan dat PO-I vlotter verloopt wanneer leerlingen een hoge kans hebben om fouten te maken tijdens de probleemoplossingsactiviteit (Kapur, 2016). Vragen die eenduidig theoretisch kunnen beantwoord worden zijn niet geschikt om een concept te verkennen bij PO-I omdat het de leerlingen niet toelaat om creatief te exploreren en voorkennis te activeren (Kapur, 2016). Met deze factoren moet dus rekening gehouden worden bij het opstellen van een probleemoplossingstaak.

Beperkingen en suggesties voor vervolgonderzoek

Een eerste beperking is de timing van het onderzoek. Doordat de examenperiode zeer kort na het onderzoek volgde, kon er geen retentietest worden afgenomen. Het was dus niet mogelijk om te controleren

of er een effect op conceptuele kennis was op lange termijn. De timing speelde eveneens een rol tijdens de verschillende fasen, leerlingen kregen geen aansluitende lesblokken waardoor aan het begin van de les steeds een deel herhaald moest worden, leerlingen bleken volgens de leerkracht snel te vergeten. Misschien heeft de PO-I-aanpak nood aan langere lesblokken wat in toekomstig onderzoek zou dit kunnen bestudeerd worden.

Een tweede limitatie is de kleinschaligheid van het gevoerde onderzoek waarbij de kwalitatieve analyse slechts op 2 van de 4 klasgroepen gebaseerd is. Daarnaast moet er ook stil gestaan worden bij de mogelijke diversiteit binnen klassen. De standaarddeviaties gepresenteerd in de resultatensectie gaven blijk van een aanzienlijke spreiding binnen de cognitieve en affectieve variabelen. Binnen deze studie hebben we niet onderzocht of de ene of andere benadering beter of minder goed werkt voor leerlingen met een hogere of lagere voorkennis of motivatie (ook wel aptitude-treatment interactie genoemd). Dit zou echter wel een interessante piste zijn voor vervolgonderzoek aangezien de recente review studie van Sinha en Kapur (2021) duidde op een verschillende resultaten voor verschillende doelgroepen. Een andere piste voor vervolgonderzoek betreft de vraag hoeveel ondersteuning leerlingen precies nodig hebben en vooral welke leerlingen nood hebben aan welk soort ondersteuning. Te veel ondersteuning kan bijvoorbeeld het creatief

exploreren belemmeren waardoor de sterktes van PO-I verloren gaan. We weten vanuit de zelfdeterminatietheorie (Deci & Ryan, 2000) ook dat te weinig ondersteuning ook tot competentiefrustratie kan leiden en bijgevolg demotiverend kan werken. Dit onderzoek toonde aan dat het soort taak de motivatie van leerlingen kan beïnvloeden doordat ze bijvoorbeeld meer autonomie ervaren bij een open taak, maar het is belangrijk waakzaam te blijven voor de balans tussen autonomiesatisfactie en competentiefrustratie. Zoals Kapur (2016) in zijn onderzoek vermeldde zijn er veel mogelijkheden die ergens tussen *un-guided problem solving* en *guided problem solving* liggen (zie figuur 2). Schalk et al. (2018) toonden aan dat hoe ondersteund wordt en hoe problemen gepresenteerd worden een rol spelen in het succes van PO-I. Deze kwesties moeten verder onderzocht worden om een stevige theoretische basis te leggen om van PO-I een methode te maken die geschikt is voor alle leerlingen, met of zonder veel voorkennis. Het effect op lange termijn kan ook verder onderzocht worden: wat gebeurt er wanneer leerlingen geregeld aan het werk gezet worden met de PO-I-methode? Blijft het effect van de motivatie en de leerwinst dan hetzelfde of gaan bepaalde leerlingen het patroon herkennen en vervallen in een passieve houding waarin gewacht wordt op de instructiefase?

Referenties

- Ah-Nam, L., & Osman, K. (2017). Developing 21st Century Skills through a Constructivist-Constructionist Learning Environment. *K-12 STEM Education*, 3(2), 205-216.
- AHOVOKSa. (z.d.). *Zestien sleutelcompetenties*. Kwalificaties en Curriculum. <https://www.kwalificatiesencurriculum.be/zestien-sleutelcompetenties>
- AHOVOKSb. (z.d.). *Uitgangspunten*. Onderwijsdoelen. <https://onderwijsdoelen.be/uitgangspunten/4860>
- Bialik, M., & Fadel, C. (2015). *Skills for the 21st Century: What should Students Learn?* Center for Curriculum Redesign. https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/CCR-Skills_FI-NAL_June2015.pdf
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining: The dual processes of generating inference and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science*, Vol. 5, pp. 161-238. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Choo, S. S. Y. (2012). Scaffolding in Problem-based Learning. In G. O'Grady, E. H. J. Yew, K. P. L. Goh, & H. G. Schmidt (Eds.), *One-Day, One-Problem: An Approach to Problem-based Learning* (pp. 167-184). Singapore: Springer Singapore

- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268.
- Glogger-Frey, I., Gaus, K., & Renkl, A. (2017). Learning from direct instruction: Best prepared by several self-regulated or guided invention activities? *Learning and Instruction*, 51, 26-35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.11.002>
- Hardiman, P. T., Pollatsek, A., & Well, A. D. (1986). Learning to Understand the Balance Beam. *Cognition and Instruction*, 3(1), 63-86.
- Hooghuis, F., van der Schee, J., van der Velde, M., Imants, J., & Volman, M. (2014). The adoption of Thinking Through Geography strategies and their impact on teaching geographical reasoning in Dutch secondary schools. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 23(3), 342-258. <https://doi.org/10.1080/10382046.2014.927168>
- Kapur, M. (2016). Examining Productive Failure, Productive Success, Unproductive Failure, and Unproductive Success in Learning. *Educational Psychologist*, 51(2), 289-299. <https://doi.org/10.1080/00461520.2016.1155457>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2010). Educational Psychologist 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*, 42(2), 75-86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kirschner, P. A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano, J. R. (2018). From Cognitive Load Theory to Collaborative Cognitive Load Theory. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(2), 213-233. <https://doi.org/10.1007/s11412-018-9277-y>
- Lester, F. K., & Cai, J. (2016). Can Mathematical Problem Solving Be Taught? Preliminary Answers from 30 Years of Research. In P. Felmer, E. Pehkonen, & J. Kilpatrick (Eds.), *Posing and Solving Mathematical Problems: Advances and New Perspectives* (pp. 117-135). Cham: Springer International Publishing.
- Liu, O. L., Lee, H.-S., Hofstetter, C., & Linn, M. C. (2008). Assessing Knowledge Integration in Science: Construct, Measures, and Evidence. *Educational Assessment*, 13(1), 33-55.
- Loibl, K., Roll, I. & Rummel, N. (2017). Towards a Theory of When and How Problem Solving Followed by Instruction

Supports Learning. *Educational Psychology Review*, 29, 693–715 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9379-x>

Loibl, K., & Rummel, N. (2014). Knowing what you don't know makes failure productive. *Learning and Instruction*, 34, 74–85. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.08.004>

Raes, A., Schellens, T., & De Wever, B. (2010). Wetenschapsonderwijs in het secundair onderwijs: samen met WISE op onderzoek binnen het World Wide Web. *Ict en Onderwijsvernieuwing: Schoolleiding en Begeleiding*, 24, 75-95.

Raes, A., Schellens, T., De Wever, B., & Vanderhoven, E. (2012). Scaffolding information problem solving in web-based collaborative inquiry learning. *Computers and Education*, 59(1), 82-94. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.010>

Rotgans, J. I., & Schmidt, H. G. (2012). Problem-based Learning and Student Motivation: The Role of Interest in Learning and Achievement. In G. O'Grady, E. H. J. Yew, K. P. L. Goh, & H. G. Schmidt (Eds.), *One-Day, One-Problem: An Approach to Problem-based Learning* (pp. 85–101). Singapore: Springer.

Rummel, N. (2018). One framework to rule them all? Carrying forward the

conversation started by Wise and Schwarz. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(1), 123-129.

<https://doi.org/10.1007/s11412-018-9273-2>

Sierens, E., & Vansteenkiste, M. (2009). Wanneer “meer minder betekent”: motivatieprofielen van leerlingen in kaart gebracht. *Begeleid Zelfstandig Leren*, 24(December), 17–36

Sinha, T., & Kapur, M. (2021). When Problem Solving Followed by Instruction Works: Evidence for Productive Failure. *Review of Educational Research*. <https://doi.org/10.3102/00346543211019105>

Schalk, L., Schumacher, R., Barth, A., & Stern, E. (2018). When problem-solving followed by instruction is superior to the traditional tell-and-practice sequence. *Journal of Educational Psychology*, 110(4), 596-610.

<http://dx.doi.org/10.1037/edu0000234>

Schwartz, D. L., Chase, C. C., Oppezzo, M. A., & Chin, D. B. (2011). Practicing Versus Inventing With Contrasting Cases: The Effects of Telling First on Learning and Transfer. *Journal of Educational Psychology*, 103(4), 759–775. <https://doi.org/10.1037/a0025140>

Sweller, J., & Chandler, P. (1991). Evidence for Cognitive Load Theory. *Cognition and Instruction*, 8(4), 351-362. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_5

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.

Bijlagen

De volgende bijlagen zijn op te vragen bij de auteurs.

Bijlage 1: Pretest

Bijlage 2: posttest 1

Bijlage 3: Posttest 2

Bijlage 4: Scorerubric voor de antwoorden uit WISE, eerste probleemoplossingsfase