

Hints ter bevordering van metacognitieve vaardigheden

Nadja van Kessel (s0173819)

Onder begeleiding van Jan van der Meij, Henk Pol en Adam Handelzalts

Universiteit Twente
Faculteit Gedragwetenschappen
Onderwijskunde

20 december 2013

Samenvatting

In het huidige middelbare onderwijs wordt weinig aandacht besteed aan het bijbrengen van probleem oplossende vaardigheden. Leerlingen krijgen veel feitelijke kennis bijgebracht, maar leren niet om opgaven op te lossen waarvan ze geen routine weten om het op te lossen. Het is belangrijk dat leerlingen leren om het oplosproces te reguleren en te reflecteren op de uitvoer zodat hun metacognitie wordt bevorderd. In dit onderzoek is gekeken of metacognitieve vaardigheden bevorderd kunnen worden door regulerende hints. In totaal hebben 14 leerlingen uit vijf vwo deelgenomen aan het onderzoek en gedurende 45 minuten natuurkunde problemen opgelost. De controle groep heeft bij deze problemen inhoudelijke hints aangeboden gekregen die hen moeten helpen bij het oplossen van de problemen. De experimentele groep heeft bij de problemen naast dezelfde inhoudelijke hints ook regulerende hints ontvangen. De regulerende hints hebben betrekking op het monitoren van het oplosproces van de leerling. Aangezien mensen met meer metacognitieve vaardigheden vaker problemen goed oplossen was de verwachting in het onderzoek dat leerlingen uit de experimentele groep door de hints meer metacognitie zouden vertonen en de problemen vaker goed zouden oplossen.

De observaties zijn vastgelegd en vervolgens aan de hand van een codeboek gescoord. Per leerling is bepaald in hoeverre de verschillende metacognitieve vaardigheden zich hebben voor gedaan bij het oplossen van de opgaves. Ook het aantal hints dat is gebruikt en het aantal vragen dat is beantwoord zijn als gegevens gebruikt voor de analyse. Uit de resultaten blijkt dat de experimentele groep niet meer metacognitieve vaardigheden heeft vertoond en ook niet meer problemen goed heeft opgelost. De leerlingen die meer metacognitieve vaardigheden vertoonden, hebben wel significant meer problemen goed opgelost. Dat wil zeggen dat de hints niet voldoende metacognitie hebben bevorderd, want als dit het geval was zou de experimentele groep dus wel degelijk meer problemen goed opgelost hebben. Opvallend is wel dat binnen de experimentele groep is gebleken dat leerlingen die meer regulerende hints hebben gebruikt meer metacognitieve vaardigheden vertonen, vooral met betrekking tot het evalueren. Deze bevinding biedt mogelijkheden voor onderzoek in de toekomst en laat zien dat hints van invloed kunnen zijn op de metacognitieve vaardigheden.

Inleiding

De Online Leeromgeving (OLO) van Twente Academy helpt leerlingen bij het leren en begrijpen van examenstof op vwo-niveau. Voor de vakken natuurkunde, scheikunde, biologie, wiskunde, NLT, economie en M&O worden educatieve modules aangeboden die als extra uitleg dienen naast de uitleg die het lesboek en de docent geven. Leerlingen komen naar de OLO voor extra ondersteuning, maar de huidige ondersteuning besteedt weinig aandacht aan het probleem oplossend vermogen van de leerling. Na het bestuderen van een module is een leerling in staat om oefeningen uit de lesmethode op te lossen. Het toepassen van de opgedane kennis in een realistische probleemsituatie, waarbij de probleemsituatie verschilt van die waarin geoefend is, vergt echter meer en een andere soort inspanning (Hobden, 1998; Taconis, 1995; in Pol, 2009). Jonassen (2000) benadrukt dat het niet beschikken over een probleem oplossend vermogen er toe leidt dat leerlingen slecht voorbereid zijn op problemen die ze in hun toekomstige werk of in het dagelijks leven tegen zullen komen. Het is daarom belangrijk dat de leerling het probleem oplossend vermogen ontwikkelt en het heeft veel toegevoegde waarde om de ontwikkeling van deze vaardigheid binnen de Online Leeromgeving te stimuleren. In dit onderzoek zal onderzocht worden hoe het probleem oplossend vermogen van leerlingen vergroot kan worden door gebruik te maken van de OLO.

Aanleiding

Dat er binnen de OLO weinig aandacht is voor probleem oplossen is niet uniek. Volgens Foshay & Kirkley (2003; in Pate en Miller, 2011) wordt in het huidige onderwijs weinig tijd besteed aan het oplossen van problemen. De definitie van een probleem is echter binnen de literatuur niet eenduidig. Chi & Glaser (1985; in Pate en Miller, 2011) zeggen dat een probleem zich voordoet wanneer een individu een doel wil behalen, maar geen duidelijke manier heeft om het doel te behalen. Pol (2009) benoemt de ervaring van de persoon die het probleem wil oplossen, afhankelijk van de ervaring van de leerling maakt hij onderscheid tussen een oefening en een probleem. Een oefening is gestructureerd, iets waarbij de leerling een routine kan toepassen, en een probleem is voor de leerling niet gestructureerd en hij of zij zal er dan ook niet over een duidelijke aanpak beschikken om het probleem op te lossen.

Binnen dit onderzoek zal ingegaan worden op niet gestructureerde problemen waarbij de belangrijkste terugkerende eigenschap van een probleem is dat de leerling aan het begin van een onbekend proces staat. Binnen de natuurkunde wordt er te weinig aandacht besteed aan het oplossen van problemen (Pol, 2009). Pol (2009) stelt dat voor het oplossen van problemen in de natuurkunde twee typen kennis aan bod komen, namelijk domeinspecifieke en strategische kennis. Deze beide typen kennis worden ook weer opgesplitst in twee soorten kennis. Domeinspecifieke kennis wordt opgesplitst in declaratieve en procedurele kennis (Pol, 2009). Declaratieve kennis bevat de feitelijke kennis (Anderson, 1995; in Pol, 2009). Procedurele kennis betreft het manipuleren van de probleemsituatie, oftewel de huidige probleemsituatie veranderen in een nieuwe situatie door berekeningen uit te voeren (De Jong en Ferguson-Hessler, 1996). Strategische kennis bestaat uit een systematiek voor het oplossen van problemen en het monitoren van het oplosproces (Pol, 2009). Door te beschikken over strategische kennis wordt de leerling in staat gesteld om problemen op te lossen. Met alleen domeinspecifieke kennis is het wel mogelijk oefeningen op te lossen.

Onderdeel van de strategische kennis is het structureren van het probleem-oplosproces door de leerling een systematiek bij te brengen, dit is grondig onderzocht door Pol (2009). In zijn onderzoek beschrijft hij het probleem oplossende vermogen en onderzoekt of dit gestimuleerd kan worden door middel van hints binnen een computer gestuurd instructiesysteem. De invulling van deze hints komt voort uit onderzoek van Schoenfeld (1992). Schoenfeld (1992) stelt dat experts een probleem zeer anders aanpakken dan beginners. Ook Pate & Miller (2011) benoemen dat verschil en beschrijven dat, waar experts beginnen vanuit de gegeven informatie, de beginner vooral gericht op het einddoel, wat niet effectief blijkt door een gebrek aan informatie en inzicht in het probleem. Schoenfeld (1992) benoemt de fases, in zijn onderzoek 'episodes' genoemd, die een expert doorloopt tijdens het oplossen van een

probleem. Er worden vijf fases onderscheiden die samen de probleem-oplossystematiek beschrijven:

1. Breng het probleem in kaart (lees, analyseer).
2. Activeer de voorkennis (onderzoeken).
3. Maak een plan van aanpak (plannen).
4. Voer het plan uit (implementeren).
5. Controleer de uitkomst (controleren).

Deze systematiek is slechts een deel van de strategische kennis. Het andere deel wordt ingevuld door metacognitie. De systematiek betreft de stappen die men neemt op bij de oplossing te komen. Metacognitie betreft het deel dat deze uitvoering controleert en monitort. Dat houdt in dat mensen die metacognitieve vaardigheden vertonen niet alleen een plan van aanpak maken, maar ook na de uitvoer controleren of deze aanpak gehanteerd is gebleven en of deze effectief was. De term metacognitie is in de literatuur een veelomvattend begrip en wordt veelal verwisseld met termen als zelfregulatie, reflectie, cognitie, (meta)motivatie, controle, planning en wil(skracht) (Boekaerts, 1996). In dit artikel gaan we uit van metacognitie als bewustzijn, kennis en regulatie van zijn/haar eigen denkprocessen (Brown, 1987; in González, 2013).

Het ontwikkelen van metacognitie heeft veel voordelen. Het monitoren van je eigen proces (metacognitie) heeft allereerst een positief effect op het terughalen van je kennis (Nelson, 1989; in Pol, 2009). Door metacognitie te combineren met een systematiek voor problemen oplossen worden de voordelen nog groter. Door vanuit een uitgebreide oriëntatie een plan van aanpak op te stellen volgt de mogelijkheid om te reflecteren op het proces. Door terug te blikken op de systematisch uitgewerkte oplossing is het gemakkelijker om denkfouten of fouten in de berekening te traceren (Veenman et. al, 2005). Waar de cognitieve strategieën, zoals het hanteren van een systematiek, ervoor zorgen dat de leerling een bepaald probleem oplost, zijn de metacognitieve strategieën er om ervoor te zorgen dat het doel ook daadwerkelijk behaald is (González, 2013). Dat houdt in dat er geëvalueerd wordt of de oplossing klopt en of de persoon wel duidelijk had wat het probleem was. De vaardigheid binnen de metacognitie die vooral zorgt voor deze voordelen is de regulering van het denkproces. Boekaerts (1996) benoemt de zelfstandigheid waarmee de leerling kan werken als een groot voordeel van zelfregulerend leren, de manier van leren maakt leerlingen minder afhankelijk van hun docent in het verbreden en vergroten van de kennis basis. Volgens Cardelle-Elawar (1995; in Pate en Miller, 2011) leidt metacognitieve training door zelfbevraging bij de leerling tot het reguleren van hun eigen leren. Aangezien metacognitie een breed begrip is, wordt er niet verwacht alle pijlers van de vaardigheid tegelijk te kunnen stimuleren. Daarom zal er in dit onderzoek de nadruk liggen op de regulerende en monitorende vaardigheid. Over het bijbrengen van probleem oplossende vaardigheden als geheel is er nog geen eenduidigheid, en de reden daarvoor is de complexiteit van het cognitieve proces, waar relatief gezien weinig over bekend is (van Merriënboer, 2013).

Ondanks een gebrek aan eenduidigheid zijn er al wel instructievormen effectief gebleken. Pol (2009) en Jacobse & Harskamp (2009) zijn er in geslaagd om probleem oplossende vaardigheden bij leerlingen te vergroten door via hints de probleem-oplossystematiek te bevorderen. Hier moet echter wel een kanttekening bij gemaakt worden. De hints vergroten in het algehele beeld het probleem oplossende vermogen van de leerling, dit gebeurt echter vooral door de leerling een systematiek bij te brengen. De metacognitieve vaardigheden worden niet gestimuleerd door de hints. Er is wel onderzoek gedaan naar het stimuleren van metacognitieve vaardigheden door middel van hints. Veenman en collega's (2005) onderzoeken bij leerlingen van 12 en 13 jaar die al metacognitieve vaardigheden hebben ontwikkeld op school of deze vaardigheden geprikkeld kunnen worden door middel van hints. Er is gebleken dat leerlingen met hints de opgave veel vaker goed oplosten dan leerlingen zonder de hints. Dit bevestigt dat hints een effect kunnen hebben op het wel of niet vertonen van metacognitie. Pate & Miller (2011) hebben de mogelijkheden onderzocht voor het

inzetten van een regulerende checklist, met zelfbevraging, om de metacognitieve vaardigheden te ontwikkelen. De checklist is te allen tijde beschikbaar en stelt de leerling vragen als ‘welke informatie heb ik gekregen?’ en ‘gebruik ik de strategie die ik van plan was te gebruiken?’. Het helpt de leerling met het continue bijhouden van de voortgang, maar stimuleert ook het proces, doordat de vragen ook gericht zijn op het probleem helder krijgen en het activeren van voorkennis. Deze regulerende vragenlijst bevordert deels het gebruik van een systematiek, omdat leerlingen verschillende fases doorwerken, maar het gaat ook in op de metacognitieve vaardigheden.

Het aanbieden van hints is een mogelijke manier om het probleem oplossende vermogen te vergroten, gericht op het hanteren van een oplossystematiek (Pol, 2009). Daarnaast blijkt uit Veenman et. al (2005) dat het ook een goede manier is om leerlingen te stimuleren om metacognitieve vaardigheden waar ze al over beschikken te gebruiken. Door deze combinatie is het interessant om te onderzoeken of hints de metacognitieve vaardigheden kunnen bevorderen bij leerlingen waarvan nog onbekend is of ze over metacognitieve vaardigheden beschikken. De eerste vraag die dan beantwoord dient te worden is wat de invulling voor de hints moet zijn om de metacognitie te stimuleren bij leerlingen. De invulling van de regulerende checklist in Pate & Miller (2011) lijkt hiervoor zeer geschikt, omdat het de leerling bevordert om zichzelf kritische vragen te stellen over het proces. Daarnaast zal het scoringsschema uit Jacobse & Harskamp (2012) worden gebruikt als aanvulling, om een completer beeld van de vaardigheden in kaart te kunnen brengen.

Er wordt onderzocht of leerlingen door middel van zelf bevragende, reflectieve hints gestimuleerd kunnen worden om hun leerproces te reguleren. Aangezien de inhoudelijke hints in het onderzoek van Pol (2009) effectief zijn gebleken voor het probleem oplossend vermogen zullen deze hints ook gebruikt worden in dit onderzoek. De controle groep ontvangt de opgaven met de inhoudelijke hints. De experimentele groep ontvangt bovenop deze inhoudelijke hints ook de regulerende hints. Door deze regulerende hints in de vorm van Pol (2009) in te voeren zou verwacht worden dat de leerling zich deze zelfbevraging eigen maakt en de metacognitieve vaardigheden in het leerproces gereguleerd worden. Voordat het effect op lange termijn bepaald wordt lijkt het verstandig om eerst te onderzoeken of een dergelijke hint de zelfbevraging en daarmee de metacognitieve vaardigheden stimuleert.

Onderzoeksvragen

De onderzoeksvraag luidt *‘In hoeverre kunnen metacognitieve vaardigheden gestimuleerd worden door regulerende hints aan te bieden bij het oplossen van problemen?’*. Om een antwoord op deze vraag te kunnen geven, zullen de volgende deelvragen beantwoord worden:

1. In hoeverre wordt er gebruik gemaakt van de inhoudelijke hints?
2. In hoeverre wordt er gebruik gemaakt van de regulerende hints?
3. Is de conditie van invloed op het aantal goed beantwoorde opgaven?
4. Is de conditie van invloed op het vertonen van metacognitieve vaardigheden?

Het onderzoek is opgezet volgens een gerandomiseerd na-test controle groep ontwerp. De respondenten uit de controle groep proberen twee examenopgaven, elk bestaande uit drie vraagstukken, op te lossen. Bij elk vraagstuk wordt per fase één inhoudelijke hint aangeboden in de categorieën; oriëntatie, gereedschap en aanpak. Per vraagstuk worden in totaal drie hints beschikbaar gesteld. De experimentele groep krijgt naast deze inhoudelijke hints per vraagstuk ook één reflectieve hint in de categorieën; oriëntatie, proces en evaluatie. Per vraagstuk worden in totaal zes hints beschikbaar gesteld.

De verwachting is dat leerlingen in de experimentele groep meer zelfbevraging zullen uitvoeren en bewuster hun leerproces reguleren door de stimulans van de regulerende hints. Dit kan leiden tot betere resultaten, doordat een leerling kritischer en bewuster bezig is met het oplossen van het probleem en daardoor nauwkeuriger te werk zal gaan. Nauwkeuriger en systematischer werken leidt tot minder fouten en dus betere oplossingen.

Methode

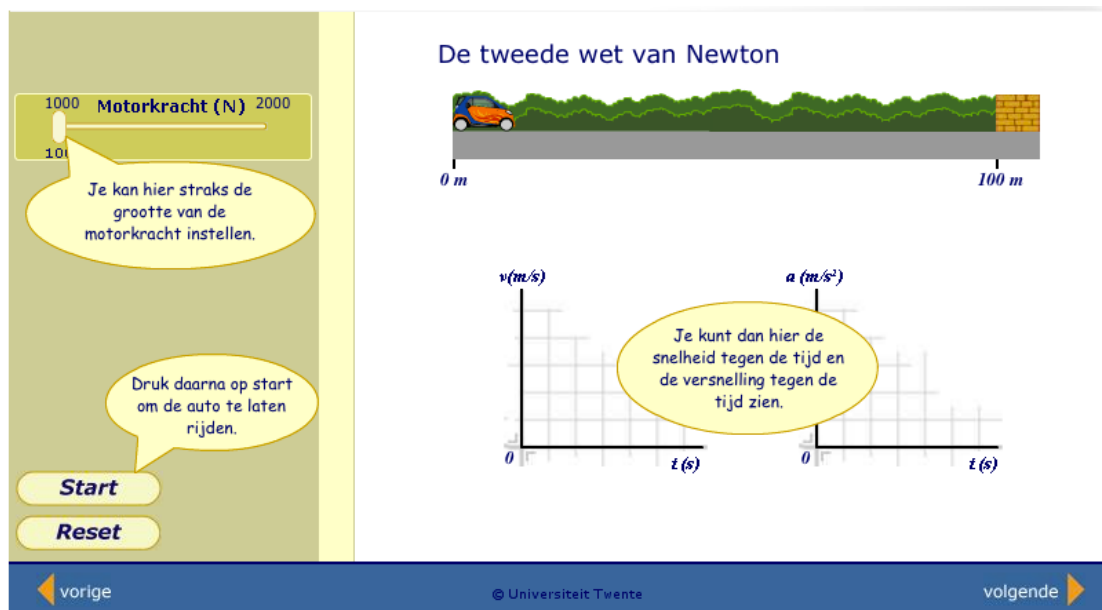
Respondenten

Het onderzoek is uitgevoerd met middelbare schoolleerlingen uit vijf vwo met natuurkunde in hun profiel. In totaal hebben 16 leerlingen deelgenomen aan het onderzoek. Aangezien de eerste twee observaties gebruikt zijn om de opgaves en hints te testen zijn deze niet meegenomen in de resultaten. De leerlingen van de overige 14 observaties zijn opgedeeld in een experimentele groep en een controle groep die elk bestond uit zeven leerlingen, waarvan vijf jongens en twee meisjes. Er hebben leerlingen meegedaan van drie verschillende middelbare scholen, twee scholen in Enschede en een school in Emmen. De leerlingen zijn willekeurig verdeeld over de twee condities.

Materialen

Online Leeromgeving

De Online Leeromgeving helpt leerlingen bij het leren en begrijpen van examenstof op vwo-niveau. Voor de vakken natuurkunde, scheikunde, biologie, wiskunde, NLT, economie en management & organisatie worden educatieve modules aangeboden die als extra uitleg dienen naast de uitleg die het lesboek en de docent geven. Leerlingen komen naar de OLO voor extra ondersteuning. Dit onderzoek richt zich op modules en problemen uit het vak natuurkunde, aangezien dit een vak is waarbij het oplossen van problemen een grote rol speelt.



Figuur 1. Voorbeeld uit 'Wetten van Newton'

Voor dit onderzoek is gekozen voor de uitleganimaties 'Wetten van Newton' en 'Krachten als vectoren'. In figuur 1 wordt een voorbeeld gegeven uit de 'Wetten van Newton'. Figuur 2 laat een uitleg zien van de animatie 'Krachten als vectoren'. In 'Wetten van Newton' wordt ingegaan op de eerste en tweede wet van Newton, die gaan over de traagheid van massa en het voorspellen van bewegingen door de invloed van krachten. 'Krachten als vectoren' biedt uitleg over het bepalen van het aangrijpingspunt van een object. Daarnaast worden manieren aangereikt om krachten te ontbinden in vectoren. Na het doorlopen van een uitleganimatie biedt de Online Leeromgeving examenopgaven aan over dit onderwerp. In dit onderzoek worden de examenopgaven 'Bungee-trampoline' uit het eindexamen van 2011 en 'Bergtrein' uit het eindexamen van 2004 behandeld. Beide opgaven bestaan uit drie vragen. De leerlingen

werken in totaal dus zes vragen uit, dit doen ze op papier en uitwerkbijlagen. De opgaven zijn weergegeven in figuren 3 en 4.

Krachten als vectoren

De som van de twee vectoren kunnen we nu tekenen. Deze **somvector** loopt van het aangrijpingspunt van de twee vectoren naar de tegenoverstaande hoek van de **parallelogram**.

Vectoren kunnen worden ontbonden in nieuwe vectoren.

◀ vorige
© Universiteit Twente
volgende ▶

Figuur 2. Voorbeeld uit ‘Krachten als vectoren’

Opgave 4 Bungee-trampoline

Lisa gaat trampolinespringen op een bungee-trampoline. Zie figuur 1.

figuur 1



Lisa krijgt een tuigje om waaraan twee elastische koorden zijn vastgemaakt. De elastische koorden zitten vast aan staalkabels. Deze kabels worden door een elektromotor om een haspel gewonden. Daardoor wordt Lisa langzaam verticaal omhooggetrokken totdat ze een flink stuk boven de trampoline stil hangt.

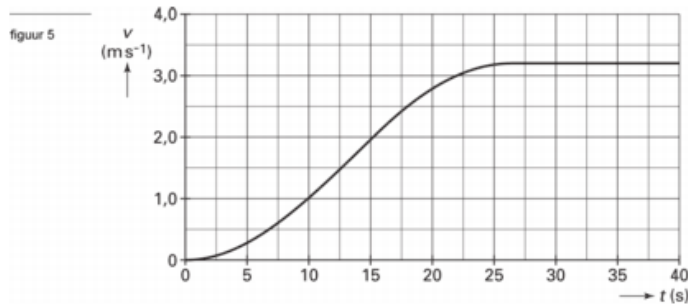
Elk elastisch koord heeft een veerconstante van 120 Nm^{-1} en wordt vanuit ontspannen toestand $3,1 \text{ m}$ uitgerekt. Het zwaartepunt van Lisa gaat hierbij $2,3 \text{ m}$ omhoog. De massa van Lisa met haar tuigje is 48 kg .

Figuur 3. Eindexamenopgave Bungee-trampoline

Opgave 2: Bergtrein

Enkele onderdelen van deze opgave kun je beantwoorden met behulp van de grafische mogelijkheden van je rekenmachine. Als je dit doet, moet je noteren welke stappen je genomen hebt. De antwoorden kunnen ook zonder grafische rekenmachine worden gevonden.

In een bergachtig gebied kunnen toeristen met een bergtrein naar een mooi uitzichtpunt reizen. De trein wordt aangedreven door een elektromotor en begint aan een rit naar boven. In figuur 5 is het (v,t) -diagram van de eerste 40 seconden weergegeven.



Figuur 4. Eindexamenopgave Bergtrein

Hints

Bij het maken van de opgaven werden hints aangeboden. Zowel de experimentele als de controle groep ontving hints die inhoudelijke ondersteuning boden. De experimentele groep werd daar bovenop regulerende hints aangeboden om de metacognitieve vaardigheden te stimuleren. Beide type hints bieden ondersteuning in drie fases. De inhoudelijke hints zijn ingedeeld in oriëntatie, gereedschap en aanpak. De reflecterende hints onderscheiden oriëntatie, proces en evaluatie. Voor elke vraag werd één hint beschikbaar gesteld per fase. De hints bestaan uit een gesloten en een open kant. De gesloten kant lag tijdens het onderzoek naar boven, op deze zijde staat welke fase de hint betreft voor die vraag. De open kant bevat de inhoud van de hint.

Voorbeelden van inhoudelijke hints

- Oriëntatie** Als de snelheid van het meisje nul is, hangt ze op het hoogste of laagste punt.
- Gereedschap** De versnelling is het verschil in snelheid gedeeld door het verschil in tijd. Oftewel $a = \Delta v / \Delta t$.
- Aanpak** De opgave biedt al twee manieren. Of je vult de formule in de grafische rekenmachine in en berekent het oppervlak. Of je meet het oppervlak in de tabel.

Voorbeelden van regulerende hints

- Oriëntatie** Om meer begrip te krijgen van het probleem is het goed om te bedenken wat een verandering in de gegevens zou betekenen voor de probleemsituatie. Hoe zou de grafiek veranderen als de snelheid waarmee de sprong genomen wordt groter wordt? Of verander eens een andere waarde.
- Proces** Is je aanpak in de loop van het oplossen veranderd? Zo ja, waarom? Zo nee, zou dat nodig zijn?
- Evaluatie** Vond je dit moeilijk? Probeer het dan eens met de formule: $v(t) = 2.1 - 1.6 \cos(0.14 t)$ en meet de afstand bij $t = 13$. Of maak zelf een oefenopgave hiervoor.

Coceboek

De observaties zijn opgenomen op video, zodat het materiaal achteraf per leerling volledig uitgeschreven kon worden. Aan de hand van deze uitgewerkte versie is de data gecodeerd. De leerlingen werd gevraagd hardop te lezen en denken tijdens het oplossen van de eindexamenopgaven. De leerling diende alle gedachten tijdens het oplossen van de

vraagstukken te verbaliseren. Deze methode is effectief gebleken wanneer men inzicht wil krijgen in de metacognitieve vaardigheden van een student (Jacobse en Harskamp, 2012). Een dergelijk protocol verschaft de onderzoeker met rijke informatie over het metacognitieve proces tijdens het uitvoeren van een probleem (Schraw, 2010; Veenman, 2005; in Jacobse en Harskamp, 2012).

Om te bepalen in hoeverre de conditie van invloed is op het vertonen van metacognitieve vaardigheden is er een codeboek ontwikkeld. Dit codeboek is gebruikt om de uitgetypte observaties te coderen op verschillende metacognitieve vaardigheden. Hierdoor kon bepaald worden in hoeverre een leerling over metacognitie beschikt. Dit codeboek is samengesteld uit kenmerken van de regulerende checklist uit Pate & Miller (2011) en eigenschappen die in het scoringsschema in Jacobse en Harskamp (2012) worden benoemd. Daarnaast is code '2e' toegevoegd door de onderzoeker, aangezien de vaardigheid van het tussentijds controleren van uitkomsten en stappen niet specifiek werd benoemd in beide artikelen. Het definitieve codeboek is weergegeven in lijst 1.

Om een beeld te krijgen van wat de vaardigheden in de praktijk inhouden zijn er een aantal voorbeelden gegeven van uitspraken en codes die daar aan toegekend zouden worden. Wanneer een leerling zegt: "Hoe ga ik dit doen?" is dit gecodeerd als 1f. Hij of zij is op dat moment bewust aan het bedenken welke stappen gezet moeten worden. Een andere leerling is halverwege het beantwoorden van een vraag en zegt: "Heb ik het nu al fout gedaan, omdat ik de constructie niet heb gebruikt?". Aangezien de leerling halverwege het proces terugblijkt op zijn gemaakte werk en in dit geval ook nog reflecteert op wat er nu eigenlijk gevraagd werd, wordt er de code 2e toegekend. Een voorbeeld uit de categorie evaluatie is een leerling die tijdens het nakijken stelt: "Als ik op significantie had gelet, dan had ik het wel goed gehad.". Dit valt onder code 3c. De leerling beseft dat het antwoord niet goed is, maar trekt ook conclusies over zijn eigen uitvoering.

1. Plannen
 - a. Goed lezen
 - b. Wat is het probleem? Probleembepaling
 - c. Visualiseer het probleem. Schetsen.
 - d. Welke gegevens zijn er?
 - e. Welke gegevens zijn relevant?
 - f. Welke aanpak ga ik gebruiken?
 - g. Is er nog een aanpak die ik kan gebruiken?
2. Proces monitoren
 - a. Werk ik nauwkeurig?
 - b. Noteer ik alles netjes en systematisch?
 - c. Heb ik toch een andere aanpak nodig?
 - d. Wat moet ik nog doen om bij het antwoord te komen?
 - e. Tussentijdse reflectie en controle op de uitvoering
3. Evalueren
 - a. Antwoord controleren
 - b. Conclusie met betrekking tot het antwoord
 - c. Reflecteren op het antwoord en eigen uitvoering en aanpak

Lijst 1. Codeboek metacognitieve vaardigheden

Oriëntatie

Aangezien er weinig bekend is over het gebruik van OLO door leerlingen hebben er eerst oriënterende observaties plaatsgevonden om de behoefte voor hints te bepalen. Twee leerlingen zijn geobserveerd terwijl ze twee uitleganimaties op de OLO hebben doorlopen en vervolgens twee eindexamenopgave, elk bestaande uit drie vragen, hebben opgelost. Aan de hand van de bevindingen zijn de inhoudelijke en metacognitieve hints ontwikkeld voor dit onderzoek. De inhoudelijke hints bevatten informatie, zoals in het onderzoek van Pol (2009).

Procedure

In een individuele sessie van een uur doorliep een leerling twee uitleganimaties en probeerde de leerling de twee eindexamenopgave op te lossen. Bij binnenkomst ontving de leerling een A5 met daarop uitleg over het onderzoek. In de uitleg werd het belang van een systematiek en van reflectie toegelicht. Daarnaast werd duidelijk gemaakt welke taken ze moesten uitvoeren en of ze hierbij inhoudelijke en/of metacognitieve hints aangeboden kregen. Als laatste werd nogmaals benadrukt dat tijdens het oplossen van de opgaven hardop gelezen en gedacht moest worden.

De opgaven zijn op papier en uitwerkbijlagen uitgewerkt. Tijdens het uitwerken was de leerlingen vrij om hints te pakken, dit zijn kaartjes die met de uitleg naar beneden op het bureau beschikbaar waren. Ze startten met het doorlezen op eigen tempo van de uitleganimaties 'Wetten van Newton' en 'Krachten als vectoren'. Hierna startten ze met het uitwerken van de examenopgave 'Bungee-trampoline'. De opgave bestaat uit drie subvragen. Na elke vraag werd gekeken of er tijd beschikbaar was voor de volgende vraag. Indien dit het geval was werden de hints van de vorige vragen van het bureau gehaald en de nieuwe hints met uitleg naar beneden beschikbaar gesteld. Dit bleef zich herhalen tot 50 minuten vol waren. De onderzoeker heeft tijdens de observaties, wanneer nodig geacht, de respondent gevraagd hard op te blijven denken en lezen. Daarnaast was op willekeurige momenten gevraagd of de respondenten in de experimentele groep behoefte hadden aan een regulerende hint.

Analyse

De hoeveelheid inhoudelijke hints die zijn gebruikt door de leerlingen zijn bekeken en vergeleken aan de hand van gemiddelden en standaarddeviaties voor beide conditie. Er is een ANOVA gebruikt om te bepalen of er een conditie is die significant meer of minder gebruik heeft gemaakt van de inhoudelijke hints. De regulerende hints zijn op dezelfde manier bekeken voor de experimentele groep. Per respondent is genoteerd hoeveel vragen ze hebben beantwoord, hoeveel vragen daarvan goed zijn beantwoord en vervolgens is het gemiddelde aantal goed beantwoorde vragen bepaald. Er is een ANOVA toegepast op het gemiddelde aantal goed beantwoorde vragen per conditie. Dit geeft weer of er tussen de condities een verschil in resultaat zit.

Vervolgens werden de metacognitieve vaardigheden in beeld gebracht aan de hand van het codeboek. Eerst werd per respondent geturfd hoe vaak een vaardigheid vertoond werd per opgave. Wanneer dit voor alle opgaves was gedaan kon bepaald worden hoe goed een leerling scoort op de verschillende codes. De geturfd codes zijn omgezet in scores volgens de methode van Veenman et. al (2005). Een 0 is gegeven wanneer de vaardigheid nooit tot sporadisch gebruikt werd bij de opgaves. Een 1 werd toegekend wanneer een vaardigheid bij sommige vragen volledig ingezet was, maar niet altijd. Een 2 was gegeven wanneer een vaardigheid bij bijna alle vragen volledig werd gebruikt. Dit resulteerde in een score van 0, 1 of 2 voor elke vaardigheid uit het codeboek per respondent. De score van de categorieën; planning, proces monitoren en evalueren zijn de som van de scores van de vaardigheden die binnen de categorie vallen. Het scoringsproces is uitgevoerd door de auteur. Vervolgens is het scoringsproces voor vier respondenten nogmaals uitgevoerd door twee collega's. Na de controle was er een overeenkomst van 50% bij de ene collega en 65% bij de andere. Vervolgens is er gediscussieerd over de verschillen, op basis waarvan de collega's de data hebben aangepast. Na de discussie en aanpassingen is er een overeenkomst van minimaal 80% behaald. Er hebben geen aanpassingen plaatsgevonden in de coderingen na de beoordeling van de collega's. Na al deze stappen werd er een ANOVA uitgevoerd die vergelijkt of er een significant verschil is tussen de condities op het gebied van metacognitieve vaardigheden. Er zijn vergelijkingen gemaakt voor de metacognitieve categorieën. Als laatste zijn er correlaties uitgevoerd aan de hand van de gebruikte hints, het

aantal gemaakte vragen, het aantal goed beantwoorde vragen en het gemiddelde goed beantwoorde vragen. Er is gekeken naar de invloed die deze eigenschappen hebben op de metacognitieve vaardigheden.

Resultaten

In hoeverre wordt er gebruik gemaakt van de inhoudelijke hints?

Tabel 1 geeft het gemiddelde gebruik en de standaarddeviatie van de inhoudelijke hints weer per conditie. Er is binnen de categorieën gereedschap en aanpak g een significant verschil gemeten. De gegevens voor gereedschap zijn, voor gereedschap $F(1,12) = 0.22$ en $p = 0.65$, voor aanpak zijn deze $F(1,12) = 0.16$ en $p = 0.69$. Het significantieniveau van de oriëntatie is beduidend beter, de gegevens zijn $F(1,12) = 3.37$ en $p = 0.09$.

Tabel 1. Vergelijking gebruik inhoudelijk hints

Conditie	Mean	SD
Controle groep (7)		
Oriëntatie	1.29	1.60
Gereedschap	1.14	1.46
Aanpak	1.86	0.69
Experimentele groep (7)		
Oriëntatie	0.14	0.38
Gereedschap	0.86	0.69
Aanpak	2.14	1.78

In hoeverre wordt er gebruik gemaakt van de reflecterende hints?

De experimentele groep heeft naast de inhoudelijke hints ook reflecterende hints aangeboden gekregen. Het gemiddelde gebruik hiervan en de standaarddeviatie zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Gebruik reflecterende hints

Conditie	Mean	SD
Experimentele groep (7)		
Oriëntatie	0.57	0.79
Proces monitoren	0.57	0.79
Evalueren	0.86	1.07

Is de conditie van invloed op het aantal goed beantwoorde vragen?

Doordat niet elke leerling hetzelfde aantal vragen heeft beantwoord worden niet de aantal goed beantwoorde vragen vergeleken per groep, het gemiddelde aantal goed beantwoorde vragen. Tabel 3 geeft de gemiddeldes en standaarddeviaties van het aantal gemaakte en aantal goed beantwoorde vragen weer. Uit een ANOVA blijken er geen significante verschillen gevonden, niet voor het aantal beantwoorde vragen, het aantal vragen dat goed is beantwoord en ook niet voor het gemiddelde aantal goed beantwoorde vragen, respectievelijk zijn dit $F(1,12) = 0.73$ en $p = 0.41$, $F(1,12) = 0.26$ en $p = 0.62$ en $F(1,12) = 1.34$ en $p = 0.27$.

Tabel 3. Vergelijking gemaakte vragen

Conditie	Mean	SD
Controle groep (7)		
Aantal vragen beantwoord	4.29	1.70
Aantal vragen goed beantwoord	1.29	0.95
Gemiddelde aantal vragen goed	0.34	0.21
Experimentele groep (7)		
Aantal vragen beantwoord	5.00	1.41
Aantal vragen goed beantwoord	1.00	1.15
Gemiddelde aantal vragen goed	0.21	0.23

4. Is de conditie van invloed op het vertonen van metacognitieve vaardigheden?

Tabel 4 geeft een overzicht van de metacognitieve vaardigheden die per categorie vertoond zijn tijdens het onderzoek. Voor het plannen was een maximale score te behalen van 12, voor het proces monitoren is dit 10 en voor het evalueren 6. In de tabel zijn de gemiddelde scores per respondent en de standaarddeviatie weergegeven. Met een ANOVA is gebleken dat er geen significante verschillen zijn tussen de condities met betrekking tot het plannen, het proces monitoren en het evalueren, respectievelijk levert het de gegevens $F(1,12) = 1.05$ en $p = 0.33$, $F(1,12) = 0.00$ en $p = 1.00$ en $F(1,12) = 0.02$ en $p = 0.91$.

Tabel 4. Vergelijking metacognitieve vaardigheden per categorie

Conditie	Mean	SD
Controle groep (7)		
Plannen	6.00	2.23
Proces monitoren	3.00	1.91
Evalueren	1.14	2.04
Experimentele groep (7)		
Plannen	5.00	1.29
Proces monitoren	3.00	2.24
Evalueren	1.29	2.36

Een correlatieanalyse moet uitwijzen of er nog andere factoren van invloed zijn op elkaar. Er is gekeken naar de correlaties tussen het gemiddelde aantal goed beantwoorde antwoorden en de metacognitieve vaardigheden per categorie, de uitkomsten zijn weergegeven in tabel 5.1. De tabel maakt duidelijk dat leerlingen met gemiddeld meer vragen goed beschikken over meer metacognitieve vaardigheden in de categorie evalueren, dan leerlingen die gemiddeld minder vragen goed hebben beantwoord. Ook voor de categorie proces monitoren is deze tendens te zien.

Tabel 5.1 Correlatie tussen gemiddelde aantal goed beantwoorde vragen en de metacognitieve vaardigheden.

Correlaties	Plannen	Proces monitoren	Evalueren
Gemiddelde aantal goed beantwoorde vragen (14)	0.29; $p = 0.31$	0.46; $p = 0.09$	0.58; $p = 0.03$

In tabel 5.2 is weergegeven in hoeverre er een correlatie is tussen het aantal beantwoorde vragen en de metacognitieve categorieën. Er is een negatieve correlatie tussen het aantal gemaakte opgaves en de metacognitieve vaardigheden in de categorie plannen.

Tabel 5.2 Correlatie tussen het aantal beantwoorde vragen en de metacognitieve vaardigheden

Correlaties	Plannen	Proces monitoren	Evalueren
Aantal beantwoorde vragen (14)	-0.69; p = 0.01	0.05; p = 0.87	0.00; p = 0.99

Als laatste is gekeken naar het gebruik van de hints, inhoudelijk en regulerend, en het effect op de metacognitieve vaardigheden, de uitkomsten zijn weergegeven in tabel 5.3. Er is ook een correlatie uitgevoerd tussen

Tabel 5.3 Correlatie tussen het gebruik van de hints en de metacognitieve vaardigheden

Correlaties	Plannen	Proces monitoren	Evalueren
Aantal gebruikte inhoudelijke hints (14)	-0.56; p = 0.04	-0.36; p = 0.20	0.34; p = 0.23
Aantal gebruikte regulerende hints (7)	-0.42; p = 0.34	0.53; p = 0.22	0.81; p = 0.03

Conclusie en discussie

Dit onderzoek is uitgevoerd om de mogelijkheden te bekijken om door middel van hints metacognitieve vaardigheden te stimuleren. Het onderzoek is belangrijk, omdat meer metacognitieve vaardigheden een grote bijdrage kunnen leveren bij het probleem oplossende vermogen van leerlingen en daarmee het verbeteren van leerprestaties. Het bijbrengen via hints zou van meerwaarde zijn, omdat de leerling op deze manier zelf controle heeft over de leeromgeving, wat een belangrijke eigenschap is van metacognitie. Uit de resultaten blijkt of de hints een positief effect hebben op de metacognitieve vaardigheden van de leerlingen.

Over het algemeen zijn de hints met regelmaat ingezet door de respondenten, met name de inhoudelijke hints. Uit de observaties bleek dat leerlingen zelden zelf geneigd zijn om een regulerende hint te gebruiken. Dit kan komen doordat ze het nut van de vaardigheden nog niet goed inzien. Ze geven vaak aan niet stil te willen staan bij het proces, omdat ze het gevoel hebben dat ze goed bezig zijn en door het bewust worden vooral gaan twijfelen aan zichzelf.

Er zijn geen verschillen tussen de condities gevonden op het gebied van behaalde resultaten. Het is wel opvallend dat de experimentele groep een lager gemiddelde goed beantwoorde vragen heeft dan de controle groep. De conditie, en dus het beschikbaar stellen van regulerende hints, en het behaalde resultaat hebben geen verband met elkaar. Uit de correlaties blijkt dat de vertoonde metacognitie wel een correlatie heeft met het gemiddelde aantal goed beantwoorde vragen. Daarmee is bevestigd dat betere metacognitieve vaardigheden in de categorieën proces monitoren en evalueren een positief effect hebben op de leerprestaties. Deze bevindingen sluiten aan op de onderzoeken van onder andere Siegel (2012), die stelt dat metacognitie essentieel is voor het oplossen van problemen.

Er is geen effect gevonden tussen de condities met betrekking tot het vertonen van metacognitieve vaardigheden. Binnen de experimentele groep is er echter wel een duidelijk effect te zien van de regulerende hints. Hoe meer regulerende hints de leerling gebruikt, hoe meer hij of zij metacognitieve vaardigheden in de categorie evalueren vertonen. Over het

geheel kan gesteld worden dat de regulerende hints niet voldoende metacognitieve vaardigheden hebben gestimuleerd. Wanneer dit wel het geval was geweest, hadden deze leerlingen betere resultaten moeten boeken of meer metacognitie moeten vertonen.

Een onverwacht effect betreft de inhoudelijke hints. Hoe meer inhoudelijke hints een leerling toepast, hoe slechter hij of zij scoort op de metacognitieve vaardigheden binnen de categorie plannen. Met deze resultaten zijn de gegevens nogmaals bekeken. Wat opvalt bij de leerlingen die de meeste inhoudelijke hints hebben gebruikt is dat ze snel handelen. Dat wil zeggen, bij vragen waarvan ze denken het antwoord te weten kiezen ze een aanpak en voeren deze uit. Er vindt weinig zelfbevraging plaats. Voor vragen waarbij ze geen aanpak kunnen bedenken, twijfelen ze niet lang en kiezen voor een hint die de aanpak voor ze beschrijft. Ze zijn dus weinig tijd kwijt aan het plannen van het proces. Dit sluit aan bij het effect dat te zien is bij leerlingen die meer vragen hebben beantwoord en daarmee ook minder metacognitieve vaardigheden vertonen in de categorie plannen. Dit zijn leerlingen die niet lang stilstaan bij het proces, de aanpak uitvoeren en daardoor meer vragen kunnen beantwoorden in dezelfde tijd als andere respondenten die wel stil staan bij het proces.

Een beperking van het onderzoek is dat er een vergelijking is gedaan onder slechts 14 respondenten. Ondanks de kleine steekproef kunnen de resultaten wel serieus genomen worden, de tendens die het onderzoek laat zien komt veel overeen met bevindingen uit eerdere onderzoeken. Het nadeel van een kleine steekproef is dat de uitkomsten niet goed te generaliseren zijn. Voor het onderzoek zijn een middelbare school uit Emmen en uit Enschede benaderd, dit geeft geen representatief beeld voor Nederland.

Hoewel het stimuleren van metacognitieve vaardigheden door deze regulerende hints niet effectief is gebleken, kan niet uitgesloten worden dat metacognitie niet bevorderd kan worden door middel van hints. Leerlingen hebben in dit onderzoek één moment gehad om problemen op te lossen en de hints toe te passen, een onderzoek van langere duur zou meer resultaten kunnen boeken doordat leerlingen wennen aan het toepassen van hints en de systematiek er in kunnen ontdekken. Daarnaast zou het ook van toegevoegde waarde zijn om de leerlingen voor het onderzoek meer kennis te laten maken met metacognitie en het belang en nut er van. Leerlingen hebben de hints vaak niet gebruikt doordat ze bang waren er door te gaan twijfelen, terwijl dit ook deels de bedoeling is. Wanneer de leerling beter begrijpt waarom hij of zij iets moet doen, zal de leerling er ook sneller gebruik van maken en dus meer effect hebben van de hints.

Referenties

- Anderson, J. R. (1995). *Learning and Memory*. New York: John Wiley & Sons. (in Pol, 2009)
- Boekaerts, M. (1996). Self-regulated Learning at the Junction of Cognition and Motivation. *European Psychologist*, 1(2), 100-112.
- Brown, A. (1987). Meta-cognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert, & R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation and understanding* (pp. 65-116). Hillsdale, N. J.: Erlbaum. (in González, 2013)
- Cardelle-Elawar, M. (1995). Effects of metacognitive instruction on low achievers in mathematics problems. *Teaching and Teacher Education*, 11, 81-95. (in Pate & Miller, 2011)
- Chi, M. T. H., & Glaser, R. (1985). Problem-solving ability. In R. J. Sternberg (Ed.), *Human abilities: An information-processing approach* (pp. 227-250). New York, NY: Freeman. (in Pate & Miller, 2011)
- De Jong, T., & Ferguson-Hessler, M. G. M. (1996). Types and qualities of knowledge. *Educational psychologist*, 31(2), 105-113.
- Foshay, R., & Kirkley, J. (2003) Principles for Teaching Problem Solving. Technical Paper 4, PLATO Learning, Inc. (In Pate & Miller, 2011)
- González, M. L. G. (2013). Learning Goals and Strategies in the Self-regulation of Learning. *US-China Education Review*, 3(1), 46-50.
- Hobden, P. (1998). The role of routine problem tasks in science teaching. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (Part 1, pp. 219-231). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic. (in Pol, 2009)
- Jacobse, A. E., & Harskamp, E. G. (2009). Student-controlled metacognitive training for solving word problems in primary school mathematics. *Educational Research and Evaluation*, 15(5), 447-463.
Doi: 10.1080/13803610903444519
- Jacobse, A. E., & Harskamp, E. G. (2012). Towards efficient measurement of metacognition in mathematical problem solving. *Metacognition Learning*, 7, 133-149.
Doi: 10.1007/s11409-012-9088-x
- Jonassen, D.H. (1997). Instructional design model for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development* 45(1), 65-95.
- Nelson, K. (1989). Remembering: A Functional Developmental Perspective. In P. R. Solomon, G. R. Goethals, C. M. Kelley, & B. R. Stephens (Eds.), *Memory: Interdisciplinary Approaches* (pp. 127-150). New York: Springer. (in Pol, 2009)
- Pate, M. L., & Miller, G.M. (2011). Effects of regulatory self-questioning on secondary-level student's problem-solving performance. *Journal of Agricultural Education*, 52, 72-84.
doi: 10.5032/jae.2011.01072
- Pol, H.J. (2009). Computer based instructional support during physics problem solving: A case for Student Control. Proefschrift: Rijksuniversiteit Groningen.

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 334-370). New York: MacMillan.

Schraw, G. (2010). Measuring self-regulation in computer-based learning environments. *Educational Psychologist*, 45, 258–266. (in Jacobse & Harskamp, 2012)

Siegel, M. A. (2012). Filling in the distance between us: Group metacognition during problem solving in a secondary education course. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 325–341.

Taconis, R. (1995). *Understanding Based Problem Solving*. Eindhoven, The Netherlands: University of Eindhoven. (in Pol, 2009)

Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Perspectives on problem solving and instruction. *Computers & Education*, 64, 153-160.

Doi: 10.1016/j.compedu.2012.11.025

Veenman, M. V. J., Kok, R., & Blöte, A. W. (2005). The relation between intellectual and metacognitive skills in early adolescence. *Instructional Science*, 33, 193-211. doi: 10.1007/s11251-004-2274-8