

Verschillen in spontane probleemoplosvaardigheden tussen leerlingen van verschillende niveaus

Masterthese

Evelien Hannink, S1365371

Faculteit Gedrags-, Management- en Maatschappij wetenschappen

Psychologie

Instructie, Leren en Ontwikkeling

Universiteit Twente, Enschede

16 januari, 2015

Eerste begeleider:	Dr. P. Wilhelm	Universiteit Twente
Tweede begeleider:	Dr. T.H.S. Eysink	Universiteit Twente
Externe begeleider:	Dr. A.M. Thijs	Nationaal Expertisecentrum Leerplanontwikkeling (SLO)

Samenvatting

Probleemoplosvaardigheden zijn belangrijk in het onderwijs, omdat leerlingen in de 21^e eeuw out-of-the-box moeten kunnen denken. Standaardoplossingen voldoen niet meer in de snel veranderende context van de 21^e eeuwse samenleving (Thijs, Fisser, & Van der Hoeven, 2014). De vaardigheid problemen oplossen wordt, samen met zeven andere 21^e eeuwse vaardigheden, beschouwd als belangrijk voor het goed kunnen leren en werken in de toekomst.

In deze studie werd aan de hand van een onderzoekend leertaak onderzocht in hoeverre basisschoolleerlingen (n = 33) uit groep 7 spontaan gebruik maakten van probleemoplosvaardigheden. Hiervoor is gebruik gemaakt van een codeerschema waarmee de verschillende uitspraken gecodeerd konden worden. Om aanbevelingen voor ondersteuning met betrekking tot probleemoplosvaardigheden te kunnen geven, is er in dit onderzoek een onderscheid gemaakt tussen leerlingen van verschillende competentie niveaus. De probleemoplossende uitspraken van de leerlingen werden aan elkaar en aan leeropbrengst van de leerlingen gerelateerd.

Leerlingen uit groep 7 gebruiken spontaan verschillende probleemoplosvaardigheden. Uit dit onderzoek bleek dat er een verschil is in aantal uitspraken met betrekking tot de vaardigheid ‘experimenteren’ tussen bovengemiddelde en gemiddelde leerlingen. Op de vaardigheid ‘oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren’ en de deelvaardigheid ‘plannen’ zou eventueel ondersteuning ingezet kunnen worden omdat deze vaardigheden samenhangen met leeropbrengst bij gemiddelde leerlingen. De vaardigheid ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’ had de meeste samenhang met overige probleemoplosvaardigheden en is dus een vaardigheid waar ook mogelijk ondersteuning in het basisonderwijs op ingezet kan worden.

Het is mogelijk dat de hoeveelheid uitspraken in verschillende probleemoplosvaardigheden werden bepaald door de onderzoekend leertaak die in dit onderzoek gebruikt is en dit kan een verklaring zijn waarom de meeste probleemoplosvaardigheden niet tot uiting zijn gekomen in dit onderzoek. Het codeerschema behorend bij de probleemoplosvaardigheden zal in vervolg onderzoek gebruikt kunnen worden bij een taak waarin minder aandacht wordt gevraagd van de onderzoekend leerprocessen.

Summary

Students in the 21st century should learn to think out-of-the box to improve problem-solving skills in education. Standard solutions no longer suffice in the rapidly changing context of the 21st century society (Thijs, Fisser, & Van der Hoeven, 2014). Problem-solving skills, with

seven other 21st century skills, are considered important for being able to learn and work well in the future.

The aim of this study, was to examine to what extent primary school students (n = 33) took advantage of spontaneous problem-solving skills which was based on an inquiry learning task. Therefore, a coding scheme was used in which the various statements were coded. To provide recommendations for support regarding problem-solving skills, there is a distinction in this study between students of different levels of competence. The problem-solving statements of the students were related to each other and were also related to academic performance.

Students use spontaneous different problem-solving skills. This study shows that there is a difference in the number of statements regarding the problem-solving skill ‘experimenting’ between high ability and average students. This study also shows that average students appear to benefit from the problem solving skill ‘generate, analyze and select solution strategies’ and the part of the problem solving skill ‘planning’. These problem solving skills would possibly support average students, because these skills are related to their learning results. The skill ‘knowledge of strategies to deal with unfamiliar problems’ had the greatest association with other problem solving skills. Therefore, this skill can possibly also be used to support students in problem solving in primary schools.

It is possible that the amount of statements, in different problem-solving skills, were determined by the task which is used in this study. This may be a possible explanation why the most problem-solving skills are not found in this study. The coding scheme associated with the problem-solving skills can be used in further research, but it should be used with a task that requires less attention of the inquiry learning.

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	5
2 Methode	11
2.1 Proefpersonen	11
2.2 Materialen	11
2.2.1 Fysieke hellingbaan.....	12
2.2.2 Hardop-denk instructie.....	13
2.2.3 Opdrachtenblad	13
2.2.4 Scoringsprotocol	14
2.2.5 Posttest	15
2.3 Procedure	15
2.4 Scoring en data-analyse	15
3 Resultaten.	11
4 Conclusie en Discussie.	24
Referenties.....	29
Bijlagen	32

1. Inleiding

Het onderwijs zal nu, maar ook in de toekomst, moeten inspelen op een maatschappij die snel verandert en steeds complexer wordt. De samenleving is namelijk aan het veranderen van een industriële maatschappij naar een informatie- of kennismaatschappij (Voogt & Roblin, 2010). Deze verandering wordt onder andere veroorzaakt door ontwikkelingen in de technologie die ervoor zorgen dat informatie steeds makkelijker beschikbaar is.

Palfrey en Gasser (2008) stellen dat het leren van jongeren de afgelopen dertig jaar een transformatie heeft ondergaan. Vooral het internet heeft de wijze waarop leerlingen informatie verzamelen en verwerken in alle aspecten van hun leven veranderd, hierdoor zal een verschuiving in soort en uitvoering van banen op de arbeidsmarkt optreden. Het ontwikkelen van ‘apps’ is bijvoorbeeld tegenwoordig een beroep dat tien jaar geleden nog niet bestond. De doelen en inhoud van het onderwijs zullen aangepast moeten worden aan de kennismaatschappij, zodat leerlingen voorbereid worden om een effectieve en efficiënte bijdrage te kunnen leveren op de arbeidsmarkt. Het is de taak van het onderwijs om leerlingen voor te bereiden op het functioneren in deze samenleving, als lerende, als burger, maar ook als werknemer (Boswinkel & Schram, 2011). Ondersteuning van leerkrachten aan leerlingen om competenties te kunnen ontwikkelen in deze kennismaatschappij is daarom van belang. Volgens Boswinkel en Schram (2011) is het moeilijk te voorspellen welke nieuwe technologieën, vaardigheden en kennis precies nodig zullen zijn in toekomstige beroepen. Nieuwe normen voor wat leerlingen moeten kunnen, moeten de basisvaardigheden en kennis van het verleden vervangen (Binkley, Erstad, Herman, Raizen, Ripley, & Rumble, 2012).

Wereldwijd ontstaat er wel steeds meer overeenstemming over generieke vaardigheden welke leerlingen nodig zullen hebben om te kunnen functioneren in de informatie- en kennismaatschappij (Anderson, 2008; Binkley et al., 2010; Law, Pelgrum, & Plomp, 2008; OECD, 2004; Unesco, 2008; Voogt & Pareja Roblin, 2010 gelezen in Boswinkel & Schram, 2011). Door de technologische ontwikkelingen in de huidige maatschappij, zullen vakspecifieke competenties sneller aan veroudering onderhevig zijn dan generieke vaardigheden. De toekomstige samenleving vraagt daarom naar duurzame kerncompetenties (vaardigheden) die in een brede context op de arbeidsmarkt inzetbaar zijn. Voorbeelden van deze vaardigheden zijn: kwantitatieve gegevens kunnen analyseren en interpreteren of complexe problemen oplossen en daarbij op een inzichtelijke manier gebruik kunnen maken van de technologie (Boswinkel & Schram, 2011). Binnen verschillende en nieuwe soorten banen op de arbeidsmarkt zijn een aantal van deze vaardigheden in principe nodig. Deze banen vragen dus om andere, nieuwe competenties: de zogenoemde “21^e eeuwse vaardigheden” (Voogt & Roblin, 2010). In studies over het onderwerp 21^e eeuwse vaardigheden worden verschillende benamingen gebruikt voor de kennis en vaardigheden die

van belang zijn voor de toekomstige samenleving. Voorbeelden van benamingen zijn: 'life long learning competencies' (Law, Pelgrum, & Plomp, 2008 gelezen in Voogt & Roblin, 2010), 'key skills' (EU, 2002 gelezen in Voogt & Roblin, 2010) of 'kerncompetenties' (Onderwijsraad, 2000 gelezen in Voogt & Roblin, 2010). In dit onderzoek wordt aangesloten bij de benaming '21^e eeuwse vaardigheden' omdat, in deze benaming het accent ligt op het toekomstgerichte karakter van de vaardigheden. Onder het begrip 21^e eeuwse vaardigheden wordt verstaan: *“Generieke vaardigheden en daaraan te koppelen kennis, inzicht en houdingen die nodig zijn om te kunnen functioneren in en bij te dragen aan de toekomstige samenleving”* (Thijs & Loenen, 2013, p.4).

Één van de acht 21^e eeuwse vaardigheden is probleemoplossend vermogen en wordt onderzocht in dit onderzoek. Problemen kunnen omschreven worden als situaties zonder duidelijke oplossing, waarbij denken en leren in actie vereist wordt. Volgens Newell en Simon (1972) wordt een persoon geconfronteerd met een probleem als hij iets wil en niet direct weet welke reeks van acties hij moet ondernemen om dit te bereiken. Het oplossen van een probleem omvat de beginnende, meestal op basis van ingevingen of gevoelens, experimentele interacties met de omgeving om de aard van het probleem en de mogelijke oplossingen te verduidelijken. Degene die het probleem oplost kan op deze manier meer leren over de aard van het probleem en de effectiviteit van de probleemoplos strategieën. Vervolgens kunnen mensen hun gedrag aanpassen aan een nieuwe situatie en een nieuwe ronde van experimentele interacties met de omgeving starten (Raven, 2000).

Uit een enquête naar vaardigheden van volwassenen, blijkt dat één op de tien werknemers elke dag geconfronteerd wordt met complexe problemen die minstens 30 minuten oplossingstijd vereisen (OECD, 2013a, in OECD, 2014). Daarbij wijzen Palfrey en Gasser (2008) op het toenemende belang van het collectieve oplossingsvermogen als gevolg van de opkomst van digitale technologieën. Het uitvoeren van routine matige vaardigheden was tot voor kort voldoende om een probleem op te lossen. In de huidige maatschappij worden mensen echter geconfronteerd met complexe, niet-routine matige cognitieve uitdagingen (OECD, 2014). Dit geeft het belang aan dat mensen de vaardigheid problemen oplossen moeten beheersen. Bijna elke baan (ongeacht niveau) vraagt tegenwoordig, naast kennis, ook om vaardigheden op het gebied van probleemoplossend vermogen (Boswinkel & Schram, 2011). Het is hierdoor van belang om in het onderwijs probleemoplos-taken aan te bieden, zodat leerlingen kunnen oefenen in het oplossen van problemen en op deze manier voorbereid worden op het functioneren in de huidige arbeidsmarkt waar steeds meer gevraagd wordt naar het zelfstandig kunnen oplossen van problemen. Er wordt dus van docenten geacht dat ze de vaardigheid aanleren aan leerlingen, maar er is geen duidelijkheid hoe de vaardigheid aangeleerd moet worden (Voogt & Roblin, 2010). Het aanleren van probleemoplossend vermogen zorgt dus voor een didactische uitdaging voor docenten.

Voor de vaardigheden welke onder probleemoplossend vermogen vallen is in dit onderzoek aangesloten bij de specificatie van SLO (Thijs & Loenen, 2013). Het gaat bij probleemoplossend vermogen om de volgende kennis, (deel) vaardigheden en houdingen: 1) een probleem kunnen signaleren, analyseren en definiëren, 2) kennis van strategieën hebben om met onbekende problemen om te gaan, 3) oplossingsstrategieën kunnen generen, analyseren en selecteren, 4) een beargumenteerde beslissing kunnen nemen met betrekking tot het probleem en 5) patronen en modellen kunnen creëren om een probleem op te lossen (Thijs & Loenen, 2013).

In dit onderzoek wordt geprobeerd inzicht te krijgen in het probleemoplossend vermogen van leerlingen in het basisonderwijs. Gezien de variatie van leerlingen in een klas en de verschillen in ondersteuningsbehoeften wordt er ook onderzocht of die probleemoplosvaardigheden zich verschillend uiten bij leerlingen van verschillende competentie niveaus.

Een veel gestelde vraag vanuit de onderwijs praktijk is: ‘Hoe moeten leerkrachten omgaan met verschillen tussen leerlingen?’ Het antwoord daarop is differentiatie. Om als leerkracht aan te kunnen sluiten bij de verschillen tussen leerlingen in het oplossen van problemen moeten leerlingen ongelijk behandeld worden op grond van kennis die de leerkracht heeft over relevante verschillen (Bosker, 2005). De manier waarop leerlingen doorgaans in het basisonderwijs worden benaderd is gericht op het gemiddelde leerniveau van een leerling uit een betreffende klas (Mooij, Hoogeveen, Driessen, van Hell & Verhoeven, 2006). Er kan gedifferentieerd worden door ondergemiddelde leerlingen meer instructies te geven, in een lager tempo te laten werken of andere leerstof aan te bieden (Bosker, 2005). Bij hoogbegaafde leerlingen kan er gedifferentieerd worden door hen versneld door de stof te laten gaan en hen minder instructies en meer uitdagende opdrachten te geven (Doolaard & Oudbier, 2010). Goed onderwijs sluit aan en speelt in op de mogelijkheden van leerlingen en daarmee op niveau verschillen tussen leerlingen. Belangrijk zijn daarbij het cognitieve niveau en het potentieel van de leerling (Doolaard & Oudbier, 2010). Rekening houden met niveau verschillen is van belang om gericht aandacht te kunnen besteden aan de probleemoplosvaardigheden om uiteindelijk leerlingen te kunnen ondersteunen.

Wanneer er in dit onderzoek inzicht verkregen wordt in probleemoplosvaardigheden van leerlingen van verschillende competentieniveaus kan er advies voor ondersteuning worden gegeven en aangesloten worden bij het leerproces van leerlingen. Om na te gaan of er verschillen tussen leerlingen in probleemoplossend vermogen zijn, wordt in dit onderzoek ten eerste geprobeerd een antwoord te geven op de vraag in hoeverre probleemoplosvaardigheden spontaan gebruikt worden. Ten tweede kan er op basis van verschillen in probleemoplosvaardigheden mogelijk advies gegeven worden voor verschillende typen ondersteuning op basis van niveau. Tot slot kan er naar de behaalde leeropbrengst van de

leerlingen gekeken worden, wanneer de behaalde leeropbrengst samenhangt met bepaalde probleemoplosvaardigheden kan er gericht advies gegeven worden voor vormen van proces georiënteerde instructie (Oostdam, Peetsma, & Blok, 2007).

Een type taak waarin probleemoplosvaardigheden geobserveerd kunnen worden is onderzoekend leren en zal ingezet worden in dit onderzoek. Onderzoekend leren kan gebruikt worden om dieper begrip te bevorderen en leerlingen voor te bereiden hun kennis toe te passen in nieuwe situaties (OECD, 2014). Leerlingen kunnen tijdens het onderzoekend leren de 21^e eeuwse vaardigheden welke onder probleemoplossend vermogen horen toepassen. Tijdens het onderzoekend leren zal een leerling ‘een probleem signaleren, analyseren en definiëren’ door zich te oriënteren op de leeromgeving. Bij het oplossen van problemen moeten leerlingen ook ‘kennis van strategieën hebben om met onbekende problemen om te gaan’. Het basisprincipe van onderzoekend leren is voor leerlingen om kennis uit een taak of domein af te leiden waar ze relatief onbekend mee zijn (Lazonder, Wilhelm, & Van Lieburg, 2009). Door kennis van strategieën om met onderzoekend leerproblemen om te gaan zal de leerling hypothetiseren, experimenteren en hier vervolgens conclusies aan verbinden. De leerling zal tijdens het oplossen van het probleem ‘oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren’ door het eigen handelen tijdens het experimenteren in de gaten te houden. In een onderzoekend leertaak is dit door het plannen, monitoren en evalueren van het probleem. Zodat de leerling uiteindelijk een conclusie kan trekken wat er tijdens het probleem oplossen gebeurde, dat geformuleerd wordt als ‘een beargumenteerde beslissing met betrekking tot het probleem’. Tijdens het ‘creëren van patronen en modellen’ om een probleem op te lossen zijn leerlingen in een onderzoekend leertaak aan het experimenteren. Probleem oplossen is dus een vaardigheid welke geoperationaliseerd kan worden in een onderzoekend leertaak (Boswinkel & Schram, 2011).

De onderzoeksvraag die beoogd wordt te beantwoorden in dit onderzoek is als volgt: *“In hoeverre worden probleemoplosvaardigheden spontaan gebruikt bij onder gemiddelde, gemiddelde en bovengemiddelde basisschool leerlingen tijdens het werken met een onderzoekend leertaak?”* De mate waarin probleemoplosvaardigheden spontaan worden gebruikt en of er verschillen in probleemoplosvaardigheden tussen leerlingen van verschillende competentieniveaus zijn wordt onderzocht. Er zijn op basis van literatuur onderzoek vijf hypotheses opgesteld waardoor wordt verwacht dat er verschillen in probleemoplosvaardigheden tussen leerlingen van verschillende competentieniveaus zijn.

Om te beoordelen of leerlingen de probleemoplosvaardigheid ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’ beheersen, kan in een onderzoekend leertaak onder andere gekeken worden naar het aantal hypotheses die leerlingen opstellen. Hypotheses kunnen door leerlingen opgesteld worden op basis van voorkennis of kunnen verkregen worden uit experimentele data (Lazonder, Wilhelm, & Hagemans, 2008). Uit onderzoek van

Lazonder, Wilhem en Van Lieburg (2009) blijkt dat het aantal hypothesen de sterkste voorspeller is van leeropbrengst. Bovengemiddelde leerlingen zijn beter in het genereren van hypothesen op basis van experimentele data. Daarnaast beschikken bovengemiddelde leerlingen over meer voorkennis dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen (Pashler, McDaniel, Rohrer, & Bjork, 2009). Meer voorkennis over het te onderzoeken domein en het beter kunnen genereren van hypothesen op basis van verkregen data, kan een bijdrage leveren aan het gebruik van onderzoeksstrategieën in een onbekend domein. Op basis van deze bevindingen wordt er ten eerste verwacht dat bovengemiddelde leerlingen meer ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’ dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen zullen hebben.

Volgens van Kessels (2009) genereren hoogbegaafde leerlingen binnen een taak eerder ideeën en bedenken ze oplossingen in plaats van stapsgewijs een probleem op te lossen. Stap voor stap werken naar het einddoel is voor hoogbegaafde leerlingen namelijk saai en vervelend omdat ze de tussenliggende stappen vaak al weten. Op basis van deze bevinding is een tweede verwachting in dit onderzoek dat bovengemiddelde leerlingen meer ‘oplossingsstrategieën zullen genereren, analyseren en selecteren’ dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen.

Voorkennis heeft een positieve invloed op de leeropbrengst in een taak. Leerlingen die meer voorkennis hebben zullen waarschijnlijk verder komen in een taak dan leerlingen die geen voorkennis hebben. Volgens Pashler, McDaniel, Rohrer en Bjork (2009) bezitten bovengemiddelde leerlingen meer voorkennis in vergelijking met gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen. Als voorkennis wordt ingezet bij de onderzoekend leertaak die in deze studie wordt gebruikt, dan zal het niveau van voorkennis bij bovengemiddelde leerlingen er toe leiden dat zij vaker hun conclusies zullen onderbouwen. Op basis van deze bevinding wordt er ten derde verwacht dat bovengemiddelde leerlingen meer beargumenteerde beslissingen zullen nemen dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen.

Uit de literatuur blijkt dat ondergemiddelde leerlingen meer tijd nodig hebben om zich een domein eigen te maken dan gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen (Gable, Hendrickson, Tonelson, & van Acker, 2000). Daarom wordt er ten vierde verwacht dat ondergemiddelde leerlingen langer met de taak aan het werk zijn dan gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen om het betreffende probleem op te kunnen lossen.

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat wanneer leerlingen zelf op zoek gaan naar het onderliggende principe van een domein, dit vervolgens positieve invloed heeft op leeropbrengst van de leerlingen. De actieve leerhouding bij onderzoekend leren zorgt voor het genereren van meer en diepere kennis en dit kan leiden tot betere leeropbrengst (Manlove, Lazonder, & de Jong, 2009; Van Joolingen, 1999; Minner, Levy & Century, 2010). Volgens Pashler et al. (2009) hebben vooral ondergemiddelde leerlingen behoefte aan een

gestructureerde vorm van onderwijs. Aangezien er in dit onderzoek geen taakstructurering wordt gegeven tijdens het zelfstandig op zoek gaan naar het onderliggende principe van het domein, wordt er tot slot verwacht dat leerlingen met een bovengemiddeld competentieniveau over het algemeen een hogere leeropbrengst behalen dan gemiddelde en onder gemiddelde leerlingen.

2. Methode

2.1 Proefpersonen

Aan het onderzoek hebben 36 proefpersonen deelgenomen, 34 proefpersonen hebben het gehele onderzoek uiteindelijk afgerond, één proefpersoon moest achteraf om privacy redenen uit het onderzoek gehaald worden. De data van 33 proefpersonen is gebruikt voor de uitkomsten van het onderzoek. Er hebben 20 jongens en 13 meisjes deelgenomen aan dit onderzoek. De gemiddelde leeftijd was 11,71 jaar ($SD = 0.57$), range 10-12.

De proefpersonen die deelgenomen hebben aan dit onderzoek waren basisschoolleerlingen uit groep 7 van drie verschillende basisscholen uit Enschede. De scholen zijn geselecteerd op basis van contacten met leerkrachten en geografische factoren, dat wil zeggen dat alle scholen in de buurt van Enschede gevestigd zijn. Dit zijn pragmatische redenen, er is daarom in dit onderzoek sprake van convenience sampling. Er hebben vijf verschillende groepen 7 van de betreffende basisscholen meegewerkt aan het onderzoek. Alle ouders/verzorgers van de deelnemers hebben voorafgaand aan het onderzoek toestemming gegeven voor deelname.

De proefpersonen werden verdeeld over drie condities op basis van CITO gegevens. De volgende CITO onderdelen werden hiervoor gebruikt: begrijpend lezen, drie minuten toets (DMT), rekenen, spelling en woordenschat. De proefpersonen zijn op basis van deze CITO gegevens ingedeeld in een boven gemiddelde, gemiddelde en onder gemiddelde conditie. De drie condities bestonden elk uit 11 proefpersonen. De indeling is gemaakt door punten op basis van een 5-punt schaal aan de CITO scores van de 33 proefpersonen toe te kennen. De CITO scores leveren de volgende niveaus op: I+, I, II, III, IV/V en V-. Wanneer een proefpersoon de score I op een CITO onderdeel scoort is dit ver boven het gemiddelde en een V score is een score ver onder het gemiddelde. Wanneer een proefpersoon een I+ of I op een CITO onderdeel had gescoord werd hier 1 punt aan toegekend. Bij een II op een CITO onderdeel kreeg een proefpersoon 2 punten, bij een III op een CITO onderdeel 3 punten, bij een IV score op de CITO 4 punten en tot slot bij een V of V- kreeg een leerling 5 punten. Op deze manier werd een cijfer toegekend aan de totale CITO score per proefpersoon. De laagste totaal score wat een proefpersoon kon halen was 5 punten en de hoogste totaal score 25 punten. Scores van 5 tot en met 9 op deze variabele werden aangemerkt als bovengemiddeld, scores 10 tot en met 14 als gemiddeld en scores 15 tot en met 24 als ondergemiddeld. De grenzen van de categorieën zijn bepaald zodat iedere conditie evenveel proefpersonen zou krijgen. Uit een variantieanalyse (One-Way ANOVA) blijkt dat er significant verschil zit tussen de gemiddelde 'CITO scores' per conditie ($F_{(2, 30)} = 84.32, p < .05$). De bovengemiddelde groep scoort gemiddeld het hoogst op de CITO scores ($M = 6.90, SD = 1.30$) en de ondergemiddelde groep scoort het laagst op de CITO score ($M = 18.81, SD$

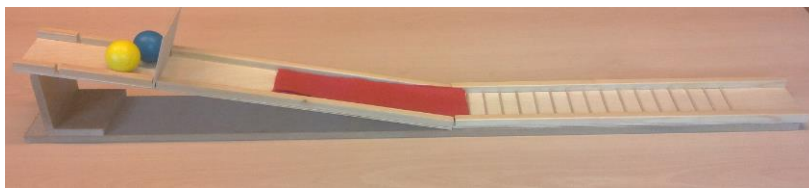
=3.12). De gemiddelde groep scoort gemiddeld ten opzichte van de bovengemiddelde en ondergemiddelde groep ($M = 12.36$, $SD = 1.57$). Om te kijken waar het verschil zat in 'CITO score' tussen de drie condities is een *post hoc* procedure uitgevoerd. Uit de resultaten van de Bonferroni, Scheffe en Tukey blijkt dat de bovengemiddelde en gemiddelde groep significant van elkaar verschillen ($p = .000$), dat de bovengemiddelde en ondergemiddelde groep significant van elkaar verschillen ($p = .000$), en dat de gemiddelde en ondergemiddelde groep significant van elkaar verschillen ($p = .000$).

2.2 Materialen

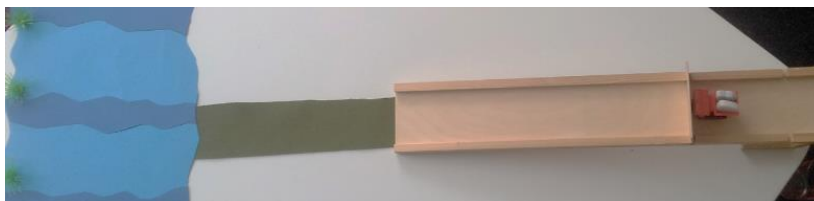
2.2.1 Fysieke hellingbaan

Het probleem dat de proefpersonen op moesten lossen was om Stef zo dicht mogelijk naar de vijver te laten rijden met zijn graafmachine. Om inzicht te krijgen in probleemoplossend vermogen moesten de proefpersonen hardop denken en tegelijk het probleem oplossen. Proefpersonen konden dit onderzoeken door gebruik te maken van een onderzoekend leertaak, de hellingbaan (zie Figuur 1) waarin ze verschillende variabelen konden variëren. De onderzoekend leertaak is in navolging van Chen en Klahr (1999) en Triona en Klahr (2003) weergegeven in een fysieke omgeving. Met deze hellingbaan kunnen proefpersonen onderzoeken hoe verschillende factoren van invloed zijn op hoe ver een bal van een helling afrolt. De proefpersonen kunnen deze onafhankelijke variabelen naar eigen inzicht veranderen. De oorspronkelijke vier onafhankelijke variabelen zijn in dit onderzoek in een betekenisvolle context geplaatst (zie Figuur 2). De proefpersonen moesten in deze betekenisvolle context uitzoeken op welke manieren Stef met zijn graafmachine van de helling af kan rijden. Ten eerste kan Stef van een hoge of lage helling rijden. Het verschil in hoogte van de hellingshoek ligt namelijk in de keuze tussen twee paden op de heuvel om Stef met zijn graafmachine naar beneden te laten rijden, het ene pad is steiler dan het andere. Ten tweede is er een keuze in de plek van de heuvel waar Stef met zijn graafmachine af kan rijden. Hij kan namelijk vanaf het hoogste punt van de heuvel naar beneden rijden, maar hij kan ook op de helft van de heuvel in zijn graafmachine naar beneden rijden. Ten derde kan Stef over een ruw of glad oppervlak rijden. Stef kan namelijk met zijn graafmachine over een oppervlak naar beneden rijden waar gras ligt of over een oppervlak rijden waar geen gras ligt. Tot slot kan Stef met een zware of lichte graafmachine naar beneden rijden. Dit kan door Stef met of zonder stenen in de laadbak van de graafmachine naar beneden te laten rijden.

Figuur 1: Hellingbaan origineel



Figuur 2: Hellingbaan in betekenisvolle context



2.2.2 Hardop-denk instructie

Proefpersonen in alle drie de niveau condities kregen dezelfde instructievideo te zien. Tijdens de instructievideo is een hardop-denk protocol te horen van ongeveer anderhalve minuut waarin een persoon een probleemtaak met lucifers aan het oplossen is. Tijdens het hardop denken van deze persoon is tegelijk te zien wat deze persoon met de lucifers doet. Na de video wordt het voorbeeld van het hardop denken nabesproken door de onderzoeker met de proefpersoon. Tijdens het nabespreken krijgt de proefpersoon de stappen van hardop denken tijdens het oplossingsproces van de taak op papier te zien en wordt er per stap besproken wat de persoon tijdens het hardop denken zegt. Daarna krijgt de proefpersoon de mogelijkheid om te oefenen met het hardop denken om hieraan gewend te raken. Dit oefenen gebeurt aan de hand van een tangram puzzel, elke proefpersoon krijgt ongeveer twee minuten de tijd om de puzzel op te lossen en daarbij hardop te denken. Het hardop denken van de proefpersoon wordt na het oplossen van de puzzel met de proefpersoon besproken. Hierbij krijgt de proefpersoon de mogelijkheid om aan te geven wat hij/zij van het hardop denken vindt. Het doel van het nabespreken is om de proefpersoon inzicht te geven in wat goed en wat minder goed aan het hardop denken ging, zodat de proefpersoon hier rekening mee kan houden tijdens het hardop denken bij het oplossen van het probleem met de hellingbaan.

2.2.3 Opdrachtenblad

Alle proefpersonen kregen dezelfde opdracht op papier aangeboden (zie Bijlage A). Hierin staat een verhaal over Stef beschreven. Stef rijdt met zijn graafmachine in de wijk waarin hij woont. Hij wil zo dicht mogelijk bij de vijver terecht komen en om dit te realiseren is het mogelijk om verschillende instellingen, (of variabelen) te veranderen aan de hellingbaan. De proefpersonen lezen in het verhaal dat Stef bij het rijden van de heuvel altijd een paar keuzes kan maken voordat hij naar beneden rijdt. De proefpersonen proberen uit te zoeken wat die

keuzes te maken hebben met de afstand die Stef aflegt nadat hij met zijn graafmachine van de helling is afgereden. Dit moet de proefpersoon uitzoeken door Stef zijn graafmachine steeds op een andere manier van de heuvel te laten rijden.

2.2.4 Scoringsprotocol

Het scoringsprotocol is afgeleid van probleemoplosvaardigheden welke geformuleerd zijn door het SLO (Stichting Leerplanontwikkeling, Thijs & Loenen, 2013), zie Bijlage C. Er is gekeken wat deze probleemoplosvaardigheden betekenen in de context van de onderzoekend leertaak welke gebruikt is in dit onderzoek. De vaardigheden opgesteld door het SLO zijn generiek, waarvan de toepassing op allerlei domeinen mogelijk is. Om deze generieke vaardigheden betekenis te kunnen geven in de context van dit onderzoek, is er gebruik gemaakt van kennis over onderzoekend leerprocessen. Elke code uit het scoringsprotocol uit dit onderzoek verwijst dus naar een probleemoplosvaardigheid welke door SLO is opgesteld. Sommige generieke probleemoplosvaardigheden konden één op één worden geoperationaliseerd, andere probleemoplosvaardigheden behoefden wat meer aanscherping om ze te kunnen scoren. Vaardigheden welke onder codes 2.1 en 3.1 vallen zijn één op één van SLO overgenomen en verwijzen naar de onderzoekend leerprocessen. Deelvaardigheden welke hier weer onder vallen: 2.1.1 / 2.1.2 / 2.1.3 en 3.1.1 / 3.1.2 / 3.1.3, zijn geoperationaliseerd om de onderzoekend leerprocessen te kunnen scoren in de context van de taak. Wanneer de proefpersonen vragen hadden (code 5.1) of uitspraken hadden die niet onder een van de probleemoplosvaardigheden vielen (code 6.1) werd dit ook gecodeerd. Door middel van het scoren van de ‘Control of Variables Strategy’ (CVS) is het gedrag van de proefpersonen geobserveerd. Bij deze vaardigheid worden de variabelen die de proefpersonen aan de hellingbaan veranderen genoteerd en wordt nader toegelicht onder het kopje ‘scoring en data-analyse’. Uit handelingen kunnen naast uitspraken ook probleemoplosvaardigheden afgeleid worden, dit kan daarom een toevoeging zijn aan de uitspraken van de proefpersonen. De uitspraken van de proefpersonen zijn ingedeeld in de volgende vaardigheden:

- problemen kunnen signaleren, analyseren en definiëren (1.1);
- kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan (2.1);
 - hypothetiseren (2.1.1);
 - experimenteren (2.1.2);
 - concluderen (2.1.3);
- oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren (3.1);
 - plannen (3.1.1);
 - monitoren (3.1.2);
 - evalueren (3.1.3);
- kunnen nemen van beargumenteerde beslissingen (4.1);

- vragen aan onderzoeker (5.1);
- Overige uitspraken (6.1);
- het creëren van patronen en modellen (CVS).

2.2.5 Posttest

Na het experimenteren werden er vier vragen aan de proefpersonen gesteld, één passend bij elke onafhankelijke variabele. De gehele test bestond uit vier open vragen (zie Bijlage B). De volgende vragen werden gesteld: 1) Maakt het uit of de heuvel hoog of laag is voor de afstand die de graafmachine rijdt? 2) Maakt het uit vanaf hoe hoog de graafmachine van de helling rijdt voor de afstand die de graafmachine rijdt? 3) Maakt het uit of er wel of geen stenen in de laadbak van de graafmachine liggen voor de afstand die de graafmachine rijdt? 4) Maakt het uit of er wel of geen gras ligt voor de afstand die de graafmachine rijdt?

2.3 Procedure

Proefpersonen werden voorafgaand aan het onderzoek door de onderzoeker uit de klas gehaald. Alle proefpersonen hebben individueel deelgenomen aan het onderzoek. Het onderzoek is uitgevoerd in sessies welke ongeveer 30 minuten per proefpersoon duurde. De sessies hebben plaatsgevonden onder schooltijd in aparte ruimtes. Tijdens elke sessie was alleen de onderzoeker aanwezig.

Er werd als eerst uitleg over het doel van het onderzoek gegeven en daarnaast stelde de onderzoeker zich voor. Vervolgens werd er instructie over het hardop denken gegeven zoals beschreven in de methode sectie. Na deze instructie moest de proefpersoon de opdracht over Stef en zijn graafmachine lezen. De proefpersoon kreeg de mogelijkheid om dit hardop of in het hoofd te lezen. Na het lezen van de opdracht kreeg de proefpersoon instructie van de onderzoeker over hoe er met de verschillende variabelen van de hellingbaan gewerkt moest worden. De onderzoeker deed hierbij de handelingen behorende bij de uitleg over de hellingbaan één keer voor. Er werd geen uitleg gegeven over het effect van de variabelen. Tot slot kon de proefpersoon beginnen met het experimenteren. De proefpersoon kreeg ongeveer 20 minuten de tijd om met de hellingbaan te werken. De proefpersoon moest zelf aangeven wanneer er volgens hem of haar voldoende geëxperimenteerd was. Tijdens het experimenteren hadden de proefpersonen de mogelijkheid om het verhaal, of delen uit het verhaal, van het opdrachtenblad nog eens te lezen. De proefpersonen mochten geen aantekeningen maken.

2.4 Scoring en data-analyse

De uitspraken en handelingen van de proefpersonen zijn opgenomen met een video camera. De uitspraken van de proefpersonen zijn in een tabel voor uitspraken gezet en de handelingen

zijn beschreven in een tabel voor handelingen, zie Bijlage D. Elke zin werd in een aparte kolom in de tabel gezet. Wanneer de proefpersoon meerdere uitspraken met betrekking tot eenzelfde variabele had, bijvoorbeeld drie uitspraken over de hoogte van de helling, dan werden deze uitspraken als één betekenisvolle eenheid gezien. De zinnen werden vervolgens gecodeerd aan de hand van het codeerschema, zie Bijlage E. De handelingen werden in een tweede tabel gezet, elke verandering aan één van de variabelen werd gemarkeerd in een nieuwe kolom.

Om na te gaan of een leerling effectief kon experimenteren werd naar de handelingen gekeken om te beoordelen of en in hoeverre de proefpersoon de ‘Control of Variables Strategy’ (CVS) toepaste (Chen & Klahr, 1999). Als een proefpersoon deze strategie toepast, varieert de proefpersoon systematisch één van alle mogelijke variabelen per experiment. Hoe dichter een gemiddelde CVS score bij 1.0 ligt hoe minder variabelen per experiment zijn gemanipuleerd, dat wil zeggen dat de strategie goed is toegepast. Hoe meer de gemiddelde CVS score van 1.0 afwijkt, hoe meer variabelen per experiment zijn gevarieerd en hoe minder goed de strategie is toegepast.

De mate van overeenstemming met betrekking tot het codeerschema voor uitspraken is nagegaan door twee onafhankelijke beoordelaars de uitspraken te laten coderen. Met behulp van Cohen’s kappa is de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid vastgesteld, deze waarde bedroeg .77. De tweede onafhankelijke beoordelaar heeft 10% van het totaal aantal uitspraken gecodeerd.

De antwoorden op de posttest werden gescoord aan de hand van vier open vragen, zie Bijlage B. Proefpersonen konden op elke vraag maximaal één punt scoren, waarbij vier punten de hoogste score was en nul punten de laagste score. Hierbij was het niet nodig om een inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid te berekenen omdat de antwoordmogelijkheden op deze vragen alleen juist of onjuist konden zijn en een tweede beoordelaar geen toegevoegde waarde zou zijn voor de betrouwbaarheid van het codeerschema.

3. Resultaten

Tabel 1 laat de gemiddelde frequenties en standaarddeviaties van de soorten uitspraken van de bovengemiddelde (BG), gemiddelde (G) en ondergemiddelde (OG) condities zien. Daarnaast geeft deze tabel een overzicht van het gemiddelde en de standaarddeviatie van het totaal aantal uitspraken binnen de verschillende condities. In de laatste kolom van Tabel 1 is het gemiddeld aantal uitspraken van alle proefpersonen af te lezen.

Aan de scores van de resultaten uit Tabel 1 is te zien in hoeverre probleemoplosvaardigheden spontaan gebruikt werden in de verschillende condities. Uit de resultaten is af te lezen dat de meeste uitspraken onder de vaardigheid ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’ (code 2.1) vielen. De minste uitspraken vielen

onder de vaardigheid ‘problemen kunnen signaleren, analyseren en definiëren’ (code 1.1) en onder de deelvaardigheid ‘plannen’ (code 3.1.1). In de tabel is te zien dat bovengemiddelde leerlingen in twee van de tien categorieën de meeste uitspraken hebben vergeleken met gemiddelde en onder gemiddelde leerlingen, namelijk ‘hypothetiseren’ (code 2.1.2) en ‘overige uitspraken’ (code 6.1). Gemiddelde leerlingen hebben in vijf van de tien categorieën de meeste uitspraken, namelijk ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’ (code 2.1) en ‘experimenteren’ (code 2.1.2), ‘oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren’ (code 3.1), ‘monitoren’ (code 3.1.2) en tot slot ‘het kunnen nemen van beargumenteerde beslissingen’ (code 4.1). Onder gemiddelde leerlingen hadden in twee van de tien categorieën de meeste uitspraken, ten eerste de deelvaardigheid ‘evalueren’ (code 3.1.3) en ten tweede stelden ondergemiddelde leerlingen de meeste vragen tijdens het onderzoeken (code 5.1).

Tabel 1. *Gemiddelde frequenties en standaarddeviaties van de uitspraken in de verschillende condities met het werken met de hellingbaan.*

Uitspraken	Conditie							
	BG (<i>n</i> = 11)		G (<i>n</i> = 11)		OG (<i>n</i> = 11)		Totaal (<i>n</i> = 33)	
	<i>M</i>	(<i>SD</i>)	<i>M</i>	(<i>SD</i>)	<i>M</i>	(<i>SD</i>)	<i>M</i>	(<i>SD</i>)
Code 1.1	0.09	(0.30)	0.27	(0.65)	0.27	(0.47)	0.21	(0.48)
Code 2.1	17.45	(10.09)	24.81	(9.00)	19.81	(11.48)	20.70	(10.39)
Code 2.1.1	0.91	(1.04)	0.80	(0.63)	0.80	(1.32)	0.84	(1.00)
Code 2.1.2	7.10*	(5.13)	14.00*	(7.24)	9.91	(5.56)	10.44	(6.53)
Code 2.1.3	10.09	(7.50)	10.09	(4.30)	9.18	(6.85)	9.79	(6.18)
Code 3.1	2.90	(2.17)	4.81	(3.57)	3.45	(2.34)	3.72	(2.80)
Code 3.1.1	0.09	(0.30)	0.27	(0.47)	0.27	(0.47)	0.21	(0.42)
Code 3.1.2	2.27	(1.90)	3.36	(2.77)	1.45	(1.29)	2.36	(2.16)
Code 3.1.3	0.55	(0.69)	1.18	(1.66)	1.55	(1.69)	1.09	(1.44)
Code 4.1	2.36	(2.25)	2.60	(1.78)	1.20	(4.71)	2.06	(1.95)
Code 5.1	2.36	(1.62)	1.89	(1.27)	3.27	(1.85)	2.55	(1.67)
Code 6.1	2.27	(2.61)	1.81	(1.25)	2.18	(2.23)	2.09	(2.05)
Totaal	32.36	(24.36)	39.72	(17.15)	32.0	(14.34)	34.7	(18.83)

Noot: BG = bovengemiddeld; G = gemiddeld; OG = onder gemiddeld; 1.1 Problemen kunnen signaleren, analyseren en definiëren; 2.1 Kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan; 2.1.1 Hypothetiseren; 2.1.2 Experimenteren; 2.1.3 Concluderen; 3.1 Oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren; 3.1.1 Plannen; 3.1.2 Monitoren; 3.1.3 Evalueren; 4.1 Kunnen nemen van beargumenteerde beslissingen; 5.1 Vragen aan onderzoeker; 6.1 Overige uitspraken; * statistisch significant met $\alpha = 0,05$.

Er is een variantieanalyse (One-Way ANOVA) uitgevoerd met daarin de verschillende condities als factor en uitspraken als afhankelijke variabelen. Uit de resultaten bleek dat de verschillende condities niet significant van elkaar verschillen op het totaal aantal onderzochte uitspraken ($F_{(2, 30)} = 0.57, p = .569$). Aangezien er weinig proefpersonen hebben deelgenomen aan dit onderzoek is het mogelijk dat extreme scores van enkele proefpersonen de resultaten sterk kunnen beïnvloeden. De proefpersonen die per probleemoplosvaardigheid drie standaarddeviaties boven of onder het gemiddelde verwijderd lagen in aantal uitspraken, zijn daarom als uitschieters behandeld en niet meegenomen in de overige analyses.

De verschillen tussen de condities, welke gerelateerd waren aan de vooropgestelde hypothesen, zijn vervolgens getoetst door middel van een variantieanalyse (One-Way ANOVA). Er werd ten eerste verwacht dat bovengemiddelde leerlingen vaker spontaan uitspraken hadden met betrekking tot de vaardigheid ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’ dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen. Uit de resultaten bleek dat bovengemiddelde leerlingen bij twee van de drie deelvaardigheden welke onder ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’ vielen niet significant meer uitspraken hadden dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen. Namelijk ‘hypothetiseren’ ($F_{(2, 28)} = .039, p = .962$) en ‘concluderen’ ($F_{(2, 28)} = .039, p = .962$). Uit de resultaten bleek dat bovengemiddelde, gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen wel significant van elkaar verschillen in de derde deelvaardigheid. Dit zijn uitspraken die betrekking hebben op ‘experimenteren’ ($F_{(2, 29)} = 3.44, p < 0,05$). Om te onderzoeken waar het verschil zat in experimenteren tussen de drie condities is een *post hoc* procedure uitgevoerd. Aan de hand van de Bonferroni toets is nagegaan welke condities van elkaar verschilden. Uit de toets gegevens blijkt dat de bovengemiddelde en gemiddelde groep ($p = .044$) significant van elkaar verschilden. Aangezien gemiddelde leerlingen gemiddeld de meeste uitspraken hebben met betrekking tot het ‘experimenteren’ kan deze hypothese niet bevestigd worden.

Ten tweede werd er verwacht dat bovengemiddelde leerlingen meer uitspraken met betrekking tot de vaardigheid ‘genereren, analyseren en selecteren van oplossingsstrategieën’ zouden hebben. Het bleek dat bovengemiddelde leerlingen in dit onderzoek niet significant meer uitspraken hebben met betrekking tot één van de deelvaardigheden welke onder het ‘genereren, analyseren en selecteren van oplossingsstrategieën’ vielen vergeleken met de overige condities. De categorieën die hieronder vielen zijn: plannen ($F_{(2, 30)} = .69, p = .510$); monitoren ($F_{(2, 30)} = 2.34, p = .114$); en evalueren ($F_{(2, 30)} = 1.38, p = .266$).

Ten derde werd verwacht dat bovengemiddelde leerlingen meer beargumenteerde beslissingen zouden nemen dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen. Er werd echter geen significant verschil gevonden tussen de condities ($F_{(2, 28)} = 1.55, p = .231$).

De vierde hypothese stelde dat ondergemiddelde leerlingen langer met de taak zouden werken dan gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen. In Tabel 2 is in de bovenste rij de gemiddelde onderzoekstijd en standaarddeviatie van de bovengemiddelde (BG), gemiddelde (G) en ondergemiddelde leerlingen (OG) te zien. Aan de resultaten is te zien dat de leerlingen met een bovengemiddeld competentieniveau gemiddeld het snelst klaar waren met experimenteren, dit verschil is echter niet significant ($F_{(2, 30)} = 1.38, p = .268$).

Tot slot werd er verwacht dat leerlingen met een bovengemiddeld competentieniveau over het algemeen een hogere leeropbrengst zouden behalen dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen (zie Tabel 2). Het bleek dat de leeropbrengst significant verschilt tussen de drie condities ($F_{(2, 30)} = 4,114, p < 0.05$). Om te kijken waar het verschil zat in leeropbrengst tussen de drie condities is een *post hoc* procedure uitgevoerd, aan de hand van Bonferroni, Scheffe en Tukey-toetsen. Alleen uit de resultaten van de Tukey blijkt dat de bovengemiddelde en gemiddelde groep significant van elkaar verschillen ($p = .048$) en dat de bovengemiddelde en ondergemiddelde groep significant van elkaar verschillen ($p = .048$).

Tabel 2. *Gemiddelde scores en standaarddeviaties van de onderzoekstijd, de CVS, het aantal experimenten en de leeropbrengst per conditie tijdens het werken met de hellingbaan.*

	Conditie							
	BG (n = 11)		G (n = 11)		OG (n = 11)		Totaal (n=33)	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Onderzoekstijd	7.19	4.16	11.12	6.94	9.76	5.47	9.35	5.7
Leeropbrengst	3.45*	0.82	2.36	0.92	2.36	1.29	2.72	1.13
CVS	1.56	0.27	1.50	0.17	1.55	1.24	1.54	0.23
Experimenten	19.81	15.54	22.72	8.90	23.45	22.03	22.00	15.94

Noot: BG = bovengemiddeld; G = gemiddeld; OG = onder gemiddeld; * statistisch significant met $\alpha = 0,05$.

In de derde rij van Tabel 2 worden gemiddelde scores en standaarddeviaties van CVS (Control of Variables Strategy) weergegeven. Hoe dicht de CVS score bij 1.0 ligt, hoe minder variabelen er per experiment zijn aangepast, dat wil zeggen dat de CVS strategie dan goed toegepast is, zoals eerder in dit onderzoek toegelicht is. Als er gekeken wordt naar de CVS scores liggen deze in alle drie de condities vrij dicht bij elkaar, de verschillen waren dan ook niet significant ($F_{(2, 30)} = 0.21, p = .812$). In de laatste rij van Tabel 2 worden de gemiddelde scores en standaarddeviaties van het aantal experimenten per conditie weergegeven, deze verschillen waren ook niet significant ($F_{(2, 30)} = 0.15, p = .860$).

Probleem oplossen is op zichzelf als vaardigheid belangrijk maar dit proces is vaak ook gericht op een oplossing. Probleem oplossen wordt namelijk ingezet bij leren, leerlingen moeten iets oplossen of een oplossing vinden en dus iets bereiken, een leeropbrengst. Tijdens

dit onderzoek is de onderzoekend leertaak als leeropdracht ingezet, waarbij de probleemoplosvaardigheden ingezet worden om een leeropbrengst te halen. Er werd onderzocht of en in hoeverre de ingezette probleemoplosvaardigheden samenhangen met de behaalde leeropbrengst. Probleemoplosvaardigheden welke zorgen voor een hoge leeropbrengst kunnen als zinvolle vaardigheden gezien worden. De reden dat de leeropbrengst in verband is gebracht met de probleemoplosvaardigheden is om te onderzoeken of er bepaalde vaardigheden zijn waarop specifiek ondersteuning ingezet kan worden in het onderwijs. De leeropbrengst uit Tabel 2 is door middel van een correlatieanalyse gerelateerd aan de frequenties van de verschillende probleemoplossende uitspraken die tijdens het leerproces zijn genoemd door de leerlingen. De resultaten in Tabel 3 laten geen significante correlaties zien tussen de leeropbrengst van de condities samengenomen en de verschillende uitspraken. Wanneer er gekeken wordt naar de verschillende condities zijn er echter een aantal significante relaties tussen de leeropbrengst en probleemoplosvaardigheden gevonden. In de gemiddelde groep is een significante correlatie gevonden ($r = .66, p = .028$) tussen de scores van de vaardigheid 'oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren' (code 3.1) en leeropbrengst. Daarnaast is in de gemiddelde groep een significante correlatie gevonden ($r = .67, p = .023$) tussen de scores op de deelvaardigheid 'plannen' (code 3.1.1) en leeropbrengst.

Tabel 3. *Correlaties tussen frequenties in leeropbrengst en uitspraken*

	Conditie			
	Totaal (n = 33)	BG (n=11)	G (n=11)	OG (n=11)
Code 1.1	-.18	-.59	-.18	.15
Code 2.1	.09	.15	.19	.29
Code 2.1.1	.06	.05	-.62	.23
Code 2.1.2	-.01	.20	.22	.15
Code 2.1.3	.20	.14	.07	.33
Code 3.1	.12	.19	.66*	-.09
Code 3.1.1	.06	.22	.67*	-.18
Code 3.1.2	.21	.11	.45	.25
Code 3.1.3	-.06	.23	.47	-.24
Code 4.1	.23	.44	.01	.17
Code 5.1	-.02	.01	-.18	.08
Code 6.1	-.02	.40	-.20	-.34
Totaal uitspraken	.19	.31	.28	.28

Noot: 1.1 Problemen kunnen signaleren, analyseren en definiëren; 2.1 Kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan; 2.1.1 Hypothetiseren; 2.1.2 Experimenteren; 2.1.3 Concluderen; 3.1 Oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren; 3.1.1 Plannen; 3.1.2 Monitoren; 3.1.3 Evalueren; 4.1 Kunnen nemen van beargumenteerde beslissingen; 5.1 Vragen aan onderzoeker; 6.1 Overige uitspraken; * statistisch significant met $\alpha = 0,05$.

Vervolgens is er onderzocht of er correlaties te vinden zijn tussen de leeropbrengst en onderzoekstijd ($r = .12$, $p = .503$), tussen leeropbrengst en het aantal experimenten ($r = .25$, $p = .162$) en tussen leeropbrengst en het gebruik van de CVS strategie ($r = -.03$, $p = .858$), deze resultaten waren niet significant. Er is een correlatie gevonden tussen onderzoekstijd en het aantal experimenten ($r = .80$, $p < .001$). Deze resultaten zijn in Tabel 4 weergegeven.

Tabel 4. *Correlaties tussen de frequenties in onderzoekstijd, leeropbrengst, CVS en experimenten.*

	Onderzoekstijd	Leeropbrengst	CVS	Experimenten
Onderzoekstijd	-	.21	.15	.80**
Leeropbrengst	.21	-	-.03	.25
CVS	.15	-.03	-	-.03
Experimenten	.80**	.25	-.03	-

Noot: * statistisch significant met $\alpha = 0,05$. ** statistisch significant met 0,01.

Er is door middel van een correlatie analyse onderzocht in hoeverre de frequenties van verschillende categorieën probleemoplosvaardigheden met elkaar samenhangen. Wanneer iemand een hypothese stelt, kan het misschien voorkomen dat deze persoon ook eerder een conclusie trekt. Met deze achterliggende gedachte is een correlatieanalyse tussen de verschillende categorieën uitgevoerd om vervolgens te kunnen beschrijven of er patronen in de data op te merken zijn. Wanneer het blijkt dat probleemoplosvaardigheden met elkaar samenhangen kan het vervolgens zinvol zijn om op beide vaardigheden in te zetten in het basisonderwijs. In Tabel 5 is te zien dat er een significante correlatie te vinden is tussen de vaardigheid ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’ (code 2.1) en de vaardigheid ‘oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren’ (code 3.1) ($r = .44, p = .010$). De vaardigheid ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’ (code 2.1) correleert ook met ‘monitoren’ (code 3.1.2) ($r = .46, p = .008$). Daarnaast is er een significante relatie gevonden ($r = .48, p = .006$) tussen de deelvaardigheden ‘experimenteren’ (code 2.1.2) en ‘concluderen’ (code 2.1.3). En tussen ‘experimenteren’ (code 2.1.2) en ‘monitoren’ (code 3.1.2) is ook een significante correlatie gevonden ($r = .39, p = .028$). Bij ‘experimenteren’ (code 2.1.2) en de vaardigheid ‘oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren’ (code 3.1) is ook een significante relatie gevonden ($r = .48, p = .005$). Wanneer er gekeken wordt naar de correlaties tussen de vaardigheid ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’ en bijbehorende deelvaardigheden, is er een correlatie te vinden met experimenteren (code 2.1.2) ($r = .87, p < .001$) en concluderen (code 2.1.3) ($r = .80, p < .001$). Wanneer er gekeken wordt naar de correlaties tussen de vaardigheid ‘oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren’ zijn er significante correlaties te vinden met de deelvaardigheden plannen (code 3.1.1) ($r = .51, p = .003$), monitoren (code 3.1.2) ($r = .81, p < .001$) en evalueren (code 3.1.3) ($r = .59, p < .001$).

Tabel 5. *Correlaties tussen de frequenties in categorieën probleemoplosvaardigheden*

	Categorieën											
	1.1	2.1	2.1.1	2.1.2	2.1.3	3.1	3.1.1	3.1.2	3.1.3	4.1	5.1	6.1
1.1	-	-.01	-.19	.08	-.09	-.00	-.08	-.08	.15	.13	.01	-.27
2.1	-.01	-	.15	.87**	.80**	.44**	.24	.46**	.12	.17	-.08	.18
2.1.1	-.19	.15	-	-.12	.33	-.02	-.15	-.04	.10	.01	.14	.18
2.1.2	.08	.87**	-.12	-	.48**	.48**	.32	.39*	.26	.16	-.15	.21
2.1.3	-.09	.80**	.33	.48**	-	.20	.07	.33	-.13	.18	-.02	.24
3.1	-.00	.44**	-.02	.48**	.20	-	.51**	.81**	.59**	.22	-.05	.06
3.1.1	-.08	.24	-.15	.32	.07	.51**	-	.26	.33	-.19	-.11	.12
3.1.2	-.08	.46**	-.04	.39*	.33	.81**	.26	-	.02	.30	.06	-.02
3.1.3	.15	.12	.10	.26	-.13	.59**	.33	.02	-	.09	-.03	.06
4.1	.13	.17	.01	.16	.18	.22	-.19	.30	.09	-	-.08	.18
5.1	.01	-.08	.14	-.15	-.02	-.05	-.11	.06	-.03	-.08	-	-.15
6.1	-.27	.18	.18	.21	.24	.06	.12	-.02	.06	.18	-.15	-

Noot: BG = bovengemiddeld; G = gemiddeld; OG = onder gemiddeld; 1.1 Problemen kunnen signaleren, analyseren en definiëren; 2.1 Kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan; 2.1.1 Hypothetiseren; 2.1.2 Experimenteren; 2.1.3 Concluderen; 3.1 Oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren; 3.1.1 Plannen; 3.1.2 Monitoren; 3.1.3 Evalueren; 4.1 Kunnen nemen van beargumenteerde beslissingen; 5.1 Vragen aan onderzoeker; 6.1 Overige uitspraken * statistisch significant met $\alpha = 0,05$; ** statistisch significant met 0,01.

Op basis van de vaardigheden die met elkaar correleren uit Tabel 5, zijn nieuwe codes gemaakt. De scores van de vaardigheden welke significant met elkaar correleren (codes 2.1.2 met 2.1.3, codes 2.1.2 met 3.1.2, codes 2.1 met 3.1, codes 2.1 met 3.1.2 en codes 3.1 met 2.1.2) zijn bij elkaar opgeteld. Probleemoplosvaardigheden die hoog correleren in frequentie zijn wellicht samen te beschouwen als een complexere vaardigheid. Dit is op deze manier onderzocht om meer zicht te krijgen in probleemoplosvaardigheden die mogelijk gerelateerd zijn aan leeropbrengst. Wanneer de combinatie van codes gerelateerd aan leeropbrengst een significante correlatie hebben, zouden deze vaardigheden eventueel gezamenlijk in plaats van afhankelijk van elkaar ondersteund kunnen worden in het basisonderwijs. Uit de resultaten blijkt dat de opgetelde scores niet significant correleren met leeropbrengst.

4. Conclusie en Discussie

Het doel van dit onderzoek was om te inventariseren in hoeverre probleemoplosvaardigheden spontaan gebruikt worden bij leerlingen van verschillende competentieniveaus. En op basis van de onderzochte hypothesen daarnaast advies te kunnen geven voor ondersteuning voor probleemoplossend vermogen. De onderzoeksvraag die hierbij gesteld is, luidt als volgt: *"In hoeverre worden probleemoplosvaardigheden spontaan gebruikt bij onder gemiddelde, gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen tijdens het werken met een onderzoekend leertaak?"*

Ten eerste wordt er beschreven in hoeverre de probleemoplosvaardigheden uit dit onderzoek spontaan gebruikt worden tijdens het werken met de onderzoekend leertaak. Leerlingen met een gemiddeld competentieniveau, vergeleken met bovengemiddelde en onder gemiddelde leerlingen, hebben de meeste uitspraken wanneer er gekeken wordt naar het totaal aantal uitspraken met betrekking tot het oplossen van het probleem en leerlingen met een ondergemiddeld competentieniveau hebben de minste uitspraken. De vaardigheid 'kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan' komt het meest voor wanneer uitspraken van de drie competentieniveaus samen zijn genomen. De vaardigheid 'problemen kunnen signaleren, analyseren en definiëren' en uitspraken behorend bij de deelvaardigheid 'plannen' komen het minst voor in het gehele onderzoek. Bovengemiddelde leerlingen hebben bij de vaardigheid 'hypothetiseren' de meeste uitspraken en daarnaast bij de categorie 'overige uitspraken'. Gemiddelde leerlingen hebben bij vijf vaardigheden de meeste uitspraken, namelijk 'kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan', 'experimenteren', 'oplossingsstrategieën kunnen generen, analyseren en selecteren', 'monitoren' en 'het kunnen nemen van beargumenteerde beslissingen'. Onder gemiddelde leerlingen hadden bij 'evalueren' de meeste uitspraken en stelden de meeste vragen tijdens het onderzoeken.

Naast het spontaan gebruik van probleemoplosvaardigheden is er onderzocht welke vaardigheden significant van elkaar verschilden in de verschillende condities, gemiddelde leerlingen hadden significant meer uitspraken met betrekking tot experimenteren dan bovengemiddelde en ondergemiddelde leerlingen. In de overige probleemoplosvaardigheden is geen significant verschil gevonden in spontane uitspraken bij leerlingen van verschillende competentieniveaus.

Uit de resultaten blijkt dat de eerste hypothese niet bevestigd kan worden door de data. Er werd namelijk gesteld dat bovengemiddelde leerlingen vaker spontaan uitspraken hebben met betrekking tot de vaardigheid 'kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan'. Deze vaardigheid bestaat uit het hypothetiseren, concluderen en experimenteren. Uit de resultaten blijkt dat er verschil is gevonden tussen verschillende

condities in het experimenteren. Maar gemiddelde leerlingen, in plaats van bovengemiddelde leerlingen, hebben in dit onderzoek significant meer uitspraken met betrekking tot experimenteren dan boven gemiddelde leerlingen.

Uit de resultaten blijkt dat ook de tweede hypothese niet bevestigd kan worden door de data. Dit betekent dat bovengemiddelde leerlingen in deze onderzoek setting niet meer uitspraken hebben met betrekking tot de vaardigheid ‘genereren, analyseren en selecteren van oplossingsstrategieën’.

Daarnaast blijkt dat de derde en de vierde hypothese niet uit de data bevestigd kunnen worden. Bovengemiddelde leerlingen hebben niet meer beargumenteerde beslissingen vergeleken met gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen. En ondergemiddelde leerlingen werken niet langer met de onderzoekend leertaak dan gemiddelde en bovengemiddelde leerlingen.

De laatste hypothese stelde dat leerlingen met een bovengemiddeld competentieniveau over het algemeen een hogere leeropbrengst zouden behalen dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen. Uit de resultaten blijkt dat bovengemiddelde leerlingen significant een hogere leeropbrengst behalen dan gemiddelde en onder gemiddelde leerlingen.

In dit onderzoek is de onderzoekend leertaak als leeropdracht ingezet. Het inzicht van leerlingen in de onderzoekend leertaak is gerelateerd aan een leeropbrengst score. Er kan gesteld worden dat probleemoplosvaardigheden die weinig voorkomen misschien moeilijk voor leerlingen zijn of niet door de taak opgeroepen worden of misschien ondersteuning vereisen. Wanneer er echter onderzocht wordt welke specifieke probleemoplosvaardigheden gerelateerd zijn aan een hoge leeropbrengst, kan er gesteld worden dat deze vaardigheden misschien belangrijk zijn om extra aandacht aan te besteden in het onderwijs. De resultaten laten zien dat wanneer leerlingen uit de gemiddelde conditie een hoge leeropbrengst hebben, deze leerlingen ook meer uitspraken met betrekking tot de vaardigheid ‘oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren’ hebben. Wanneer er naar de deelvaardigheden behorend bij deze vaardigheid wordt gekeken, blijkt dat bij gemiddelde leerlingen ‘plannen’ en leeropbrengst met elkaar samenhangen. Voor bovengemiddelde en ondergemiddelde leerlingen is het op basis van dit onderzoek moeilijk om ondersteuningsadvies te geven met betrekking tot ‘oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren en ‘plannen’, dit komt omdat er geen verband is gevonden tussen deze vaardigheden en een hoge leeropbrengst bij bovengemiddelde en ondergemiddelde leerlingen. Gezien de resultaten van dit onderzoek is er weinig verschil in resultaten met betrekking tot de deelvaardigheid ‘plannen’ en leeropbrengst tussen de gemiddelde en ondergemiddelde groep en zou het misschien voor ondergemiddelde leerlingen ook effectief kunnen zijn om ondersteuning in te zetten op het plannen. De mate van het toepassen van de CVS strategie, het aantal

experimenten of de tijd dat een leerling aan het onderzoeken was heeft in dit onderzoek geen invloed op de leeropbrengst.

Vervolgens is onderzocht of en in hoeverre er samenhang in de probleemoplosvaardigheden te vinden is. Wanneer leerlingen meer uitspraken behorend bij de vaardigheid 'kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan' hebben, hebben ze ook meer uitspraken behorend bij vaardigheid 'oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren' en behorend bij de deelvaardigheid 'monitoren'. Wanneer leerlingen meer uitspraken behorend bij de deelvaardigheid 'experimenteren' hebben, zullen ze ook meer uitspraken met betrekking tot de deelvaardigheden 'concluderen' en 'monitoren' en met de vaardigheid 'oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren' hebben. Vervolgens is er onderzocht of de combinaties van probleemoplosvaardigheden een verband hebben met leeropbrengst. Dit leverde geen nieuwe inzichten op, er werden geen significante verbanden gevonden.

Leerlingen uit groep 7 gebruiken dus spontaan verschillende probleemoplosvaardigheden. Sommige leerlingen gebruiken deze vaardigheden meer dan andere leerlingen. Gemiddelde leerlingen hebben significant meer uitspraken met betrekking tot experimenteren dan bovengemiddelde leerlingen. Bovengemiddelde leerlingen hebben een hogere leeropbrengst vergeleken met de overige condities. Een verklaring kan zijn dat bovengemiddelde leerlingen minder hoeven te experimenteren dan gemiddelde en ondergemiddelde leerlingen om een probleem te begrijpen. Terwel (1994) stelt dat hoe adequater het onderwijs is afgestemd op de leerstijlen van leerlingen des te beter de kwaliteit van het leerproces en leerresultaat is. Door de afwezigheid van een duidelijk referentiekader en de mogelijkheid dat de onderzoekend leertaak specifieke probleemoplosvaardigheden opwekt is het moeilijk om een eenduidig antwoord om advies voor ondersteuning te kunnen geven op basis van dit onderzoek.

De vaardigheid 'oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren' en de deelvaardigheid 'plannen' hebben bij gemiddelde leerlingen een positief verband met leeropbrengst. Bij deze leerlingen kan het mogelijk effectief zijn om ondersteuning in te zetten op de vaardigheid 'oplossingsstrategieën genereren, analyseren en selecteren' en in een onderzoekend leertaak de nadruk te leggen op de deelvaardigheid 'plannen'. De vaardigheid 'kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan' en de daarbij horende deelvaardigheid 'experimenteren' hangen samen met een aantal andere probleemoplosvaardigheden. In het geval van dit onderzoek zijn de vaardigheden 'oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren' bij gemiddelde leerlingen, en 'kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan' in het algemeen, ondersteunings potentiëlen voor het basisonderwijs, wat logisch is gezien de aard van de taak.

De aard van de taak vernauwt het zicht op de spontaan gebruikte probleemoplosvaardigheden. Hierdoor zijn algemene uitspraken ten aanzien van de hoofdvraag ook moeilijk aan te geven. Een discussiepunt met betrekking tot het codeerschema is dat het codeerschema is geoperationaliseerd op basis van door de SLO geformuleerde kennis, (deel)vaardigheden en houdingen welke onder probleemoplosvaardigheden vallen (Thijs & Loenen, 2013). Hiervoor is gebruik gemaakt van verschillende beschrijvingen en modellen met betrekking tot 21^e eeuwse vaardigheden. Het kan namelijk voorkomen dat op basis van de aard en het doel van het probleem bepaalde uitspraken meer aan de orde komen dan andere uitspraken. Gezien de keuze van de taak waar de leerlingen mee moesten werken, lokte deze taak over het algemeen eerder uitspraken uit met betrekking tot onderzoekend leren (welke onder code 2.1 en 3.1 vielen) dan de overige uitspraken. De vaardigheid ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’, komt het meest voor wanneer er naar het totaal aantal uitspraken gekeken wordt. Een dergelijke verklaring hiervoor kan zijn dat de leerlingen tijdens het werken met de taak uitgelokt werden om te experimenteren en hier dus veel uitspraken over hadden. Daarnaast hadden veel proefpersonen vaak een conclusie over dat wat ze zagen na het experimenteren en ‘concluderen’ is ook een deelvaardigheid van de vaardigheid ‘kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan’. De vaardigheden ‘problemen kunnen signaleren, analyseren en definiëren’ en ‘uitspraken m.b.t. plannen’ komen het minst voor wanneer er naar het totaal aantal uitspraken wordt gekeken. Een verklaring dat er weinig uitspraken in de vaardigheid ‘problemen kunnen signaleren, analyseren en definiëren’ voorkomen kan zijn dat het probleem al beschreven was in de opdracht. Hierdoor werden de leerlingen minder snel uitgelokt om het probleem te verwoorden. Een verklaring dat er weinig uitspraken in de deelvaardigheid ‘plannen’ voorkomen is moeilijker te herleiden uit de resultaten van dit onderzoek. ‘Plannen’ hielp gemiddelde leerlingen namelijk in het leren. Een reden dat plannen minder voorkwam, kan zijn dat bovengemiddelde leerlingen misschien uit zichzelf plannen en dit niet benoemen tijdens het onderzoeken. Dit kan eventueel een oorzaak zijn voor een lage score met betrekking tot plannen bij bovengemiddelde leerlingen.

Er is nauwelijks verband gevonden tussen leeropbrengst en probleemoplosvaardigheden van de leerlingen. Aangezien het niveau van voorkennis niet gemeten is, kunnen de correlaties tussen leeropbrengst en probleemoplosvaardigheden en ook de correlaties tussen de probleemoplosvaardigheden onderling, moeilijk geïnterpreteerd worden. Er kan namelijk niet met zekerheid gesteld worden dat het niveau van voorkennis overeenkomt met het competentieniveau gemeten aan de hand van CITO in dit onderzoek. Het meten van voorkennis in hetzelfde domein kan echter de resultaten in het experimenteel gedrag en dus in uitspraken beïnvloeden.

Er zijn een aantal aanbeveling met oog op vervolgonderzoek. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van een posttest door leerlingen achteraf vragen te stellen met betrekking tot de effecten van de verschillende variabelen behorend bij de onderzoekend leertaak. In feite worden in deze onderzoekend leertaak de verschillende probleemoplosvaardigheden ingezet om de taak goed uit te kunnen voeren. Waarbij een relatief hoge leeropbrengst is behaald. Om te kunnen onderzoeken of de probleemoplosvaardigheden iets te maken hebben met het bereiken van het doel van de taak, is een eerste aanbeveling voor vervolgonderzoek om gebruik te maken van zowel een pre-als een posttest. Hiermee kan uitgesloten worden of leerlingen iets geleerd hebben van de betreffende taak.

De 21^e eeuwse vaardigheid probleemoplossend vermogen vraagt om een andere vorm van probleemoplossend vermogen dan tot op heden het geval was (Thijs, Fisser & Van der Hoeven, 2014). Dit onderzoek vroeg onder andere van de leerlingen om out-of-the-box te denken en om nieuwe samenhangen te kunnen zien. Probleem oplossen is in dit onderzoek geoperationaliseerd in een onderzoekend leertaak, hierdoor hebben leerlingen misschien niet alle probleemoplosvaardigheden kunnen uiten die ze misschien wel beheersen. Daarnaast zijn er in dit onderzoek nauwelijks verschillen gevonden tussen leerlingen in probleemoplosvaardigheden. Bepaalde probleemoplosvaardigheden komen wel minder voor tijdens het onderzoeken, dus er zou gesteld kunnen worden dat deze vaardigheden meer aandacht in het onderwijs nodig hebben, maar aan de andere kant kunnen deze vaardigheden ook minder uitgelokt zijn gezien de aard van de taak. Het lijkt erop dat bepaalde vaardigheden wel meer aandacht behoeven, maar dit kan niet uitgesloten worden. De tweede aanbeveling voor vervolgonderzoek is daarom om gebruik te maken van een taak die meer beroep doet op probleemoplossen. Als dit gedaan wordt kan het zijn dat er op basis van de koppeling tussen leeropbrengst en probleemoplosvaardigheden er wel iets gezegd kan worden over welke vaardigheden specifiek aandacht behoeven.

Referenties

- Bannert, M., & Mengelkamp, C. (2008). Assessment of metacognitive skills by means of instruction to think aloud and reflect when prompted. Does the verbalisation method affect learning?. *Metacognition and Learning*, 3(1), 39-58.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Springer Netherlands.
- Bosker, R. (2005). De grenzen van gedifferentieerd onderwijs. Oratie. Groningen: Faculteit der Psychologische, Pedagogische en Sociologische Wetenschappen van de Rijksuniversiteit Groningen. Via: <http://redes.eldoc.ub.rug.nl/FILES/root/2005/r.j.bosker/bosker.pdf>.
- Boswinkel, N., & Schram, E. (2011). De Toekomst Telt. Ververs Foundation & SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling.
- Coleman, E.B., & Shore, B. M. (1991) Problem solving processes of high and average performers in physics. *Journal for the Education of the Gifted*, 14, 366-379.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120.
doi:10.1111/1467-8624.00081
- Doolaard, S. & Oudbier, M. (2010). Onderwijsaanbod aan (hoog)begaafde leerlingen in het basisonderwijs. Groningen: GION.
- Gable, R. A., Hendrickson, J. M., Tonelson, S. W., & van Acker, R. (2000). Changing disciplinary and instructional practices in the middle school to address IDEA. *The Clearing House*, 73, 205-208.
- Kessels, A. van (2009). *Topdown leren onmogelijk uit te leggen; als je niet weet wat bottom-up leren is*. Geraadpleegd op 16 oktober 2014 van: http://home.planet.nl/*heuve533/topdown.pdf.

- Lazonder, A. W., & Kamp, E. (2012). All at once or bit by bit? Splitting up the inquiry task to promote children's scientific reasoning. *Learning and Instruction*, 22, 458-464.
- Lazonder, A. W., Wilhelm, P., & Hagemans, M. G. (2008). The influence of domain knowledge on strategy use during simulation-based inquiry learning. *Learning and Instruction*, 18, 580-592. doi: 10.1016/j.learninstruc.2007.12.001 .
- Lazonder, A. W., Wilhelm, P., & Van Lieburg, E. (2009). Unraveling the influence of domain knowledge during simulation-based inquiry learning. *Instructional Science*, 37, 437-451. doi: 10.1007/s11251-008-9055-8 .
- Manlove, S., Lazonder, A.W., & De Jong, T. (2009). Trends and issues of regulative support use during inquiry learning: Patterns from three studies. *Computers in Human Behavior*, 25, 795-803.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474-496. doi: 10.1002/tea.20347.
- Mooij, T., Hoogeveen, L., Driessen, G., Hell, J. van, & Verhoeven, L. (2006). *Eindverslag van het onderzoek naar succescondities voor onderwijs aan hoogbegaafde leerlingen*. Nijmegen: Radboud Universiteit, Instituut voor Toegepaste Sociale wetenschappen / Centrum voor Begaafdheidsonderzoek / Afdeling Orthopedagogiek.
- Newell A., & Simon H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- OECD (2014), PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems (Volume V), PISA, OECD Publishing.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264208070-en>
- Oostdam, R., Peetsma, Th. & Blok, H. (2007). *Het nieuwe leren in basisonderwijs en voortgezet onderwijs nader beschouwd: een verkenningsnotitie voor het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap*. Amsterdam: SCO Kohnstamm Instituut.

- Palfrey, J., & U. Gasser (2008). *Born digital. Understanding The First Generation of Digital Natives*. New York: Basic Books.
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2009). Learning styles concepts and evidence. *Psychological science in the public interest*, 9, 105-119.
- Raven, J. (2000), "Psychometrics, cognitive ability, and occupational performance", *Review of Psychology*, Vol. 7, pp. 51-74.
- Terwel, J. (1994). *Samen onderwijs maken. Over het ontwerpen van adaptief onderwijs*. Wolters-Noordhoff/Universiteit van Amsterdam.
- Thijs, A., Fisser, P., & Hoeven, M. van der (2014). *21^{ste} eeuwse vaardigheden in het curriculum van het funderend onderwijs*. Enschede: SLO.
- Thijs, A., & Loenen, S. (2013). 21e eeuwse vaardigheden in het funderend onderwijs: een verkenning. SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling.
- Triona, L. M., & Klahr, D. (2003). Point and click or grab and heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, 21(2), 149-173.
- van Joolingen, W. R. (1999). Cognitive tools for discovery learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10, 385-39.
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2010). 21st century skills. [Discussienota].

Bijlagen

Bijlage A: Opdrachtenblad

Stef en zijn graafmachine

Stef is 11 jaar en zit in groep 7. Na schooltijd rijdt hij vaak met zijn graafmachine door de wijk waarin hij woont. In de buurt is een hoge heuvel en een vijver. Stef weet dat hij moet oppassen bij de heuvel want onderaan de heuvel ligt de vijver. Maar meestal als hij van de heuvel rijdt dan komt hij met zijn graafmachine in het water terecht en dat is natuurlijk niet goed voor zijn graafmachine. Hij wil dus proberen zo dicht mogelijk bij de vijver te komen zodat het wel spannend blijft om naar beneden te rijden. Als hij onderaan de heuvel tussen de 0 – 25 meter naar beneden rijdt met zijn graafmachine vindt Stef het niet spannend. Stef vindt het het spannendst om zo dicht mogelijk bij de vijver te komen dit is als hij tussen de 25 – 45 meter komt met zijn graafmachine. En als Stef verder dan 45 meter rijdt, rijdt hij met zijn graafmachine in de vijver.

Stef heeft een paar dingen bedacht die misschien iets te maken hebben waardoor zijn graafmachine wel of niet in de vijver rijdt. Stef rijdt meestal met twee grote stenen in de laadbak van de graafmachine maar die stenen kan hij er ook uithalen. Er zijn twee paden op de heuvel om met de graafmachine vanaf te rijden, het ene pad is veel steiler dan het andere pad, hij kan kiezen vanaf welk pad op de heuvel hij naar beneden rijdt. Hij kan er ook nog voor kiezen vanaf welke plek hij van de heuvel af wil rijden, bijvoorbeeld vanaf het hoogste punt van de heuvel, maar hij kan ook pas op de helft van de heuvel in zijn graafmachine stappen en dan naar beneden rijden. Het verschilt ook of er wel of geen gras op de plek is waar hij naar beneden rijdt, hij kan kiezen om naar beneden te rijden op plekken waar wel gras is maar ook op plekken waar geen gras ligt.

Voor je staat een helling, dit is de heuvel waar Stef zijn graafmachine af wil laten rijden. Je hebt net gelezen dat Stef bij het rijden van de heuvel altijd een paar keuzes kan maken voordat hij naar beneden rijdt. Wat jij gaat proberen uit te zoeken is wat die keuzes te maken hebben met de afstand die de graafmachine van de heuvel rijdt. Dit ga je doen door Stef zijn graafmachine steeds op een andere manier van de heuvel te laten rijden. **Er zijn meerdere mogelijkheden.**



Bijlage B: Posttest

TABEL 3 - Vragen achteraf		
Vragen:	Voorbeelden van mogelijke antwoorden van een proefpersoon:	Score:
1.Maakt het uit of de heuvel hoog of laag is voor de afstand die de graafmachine rijdt? Zo ja/nee, waarom wel/niet?	<i>Oh ja..... denk het wel. Want als hij lager is dan gaat hij denk ik wat minder snel naar beneden.</i>	1
2.Maakt het uit vanaf hoe hoog de graafmachine van de helling rijdt voor de afstand die de graafmachine rijdt?	<i>Ja als die op de helft (korte afstand) is dan gaat ie minder snel, dus dan gaat ie ook minder ver.</i>	1
3.Maakt het uit of er wel of geen stenen in de laadbak van de graafmachine liggen, voor de afstand die de graafmachine rijdt?	<i>Nou als je met stenen en gras doet lukt het bij allebei echt niet.</i>	0
4.Maakt het uit of er wel of geen gras ligt, voor de afstand die de graafmachine rijdt? Zo ja/nee, waarom wel/niet?	<i>Als het gras er ligt dan gaat de graafmachine toch wat langzamer.</i>	1
Totaal score leeropbrengst:		3

Bijlage C: Verantwoording probleemoplosvaardigheden in de context van een onderzoekend leertaak.

Probleemoplosvaardigheden gedefinieerd door SLO:	Probleemoplosvaardigheden omgezet naar de context van de onderzoekend leertaak:
Problemen kunnen signaleren, analyseren en definiëren;	1.1 De proefpersoon brengt het probleem of deelprobleem in kaart door de inhoud van het probleem of deelprobleem in eigen woorden te herhalen. Dit kan door het oriënteren op de taak door de onderzoeksvraag te definiëren of door het identificeren van deelproblemen.
Kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan;	2.1 Wat moet je doen om een onderzoekend leertaak aan te pakken? Deze vaardigheid is gesplitst in transformatieve processen: 2.1.1 hypothetiseren; 2.1.2 experimenteren; 2.1.3 concluderen.
Oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren;	3.1 Plannen maken voor het oplossen van het probleem en bij houden of het goed of fout gaat (Eigen handelen m.b.t. de variabelen). Deze vaardigheid is gesplitst in regulatieve processen: 3.1.1 plannen; 3.1.2 monitoren; 3.1.3 evalueren.
Kunnen nemen van beargumenteerde beslissingen;	4.1 Beslissing met betrekking tot het nemen van een conclusie over de variabelen, dit kan tijdens het gehele proces. Dus een uiteindelijke oplossing van het (deel)probleem met uitleg. Meestal de uitleg van het ‘waarom’ achter een handeling.
-	5.1 Vragen aan onderzoeker;
-	6.1 Overige uitspraken;
Het creëren van patronen;	Er wordt gekeken in hoeverre er sprake is van het creëren van patronen tijdens het uitvoeren van de experimenten. Er wordt aan de hand van de handelingen beoordeeld in hoeverre CVS toegepast wordt.

Bijlage D: Voorbeeld van een hardop-denken protocol

TABEL 1		
Leerling 1: XXXXXXXXXX School: XXXXXXXXXX Tijd: 12,13 – 29,49 Score tijd: 17:36		
Exp:	Uitspraken	Code
	Bij geen uitspraak of handeling wordt er geen code toegekend: <i>Proefpersoon heeft geen uitspraken.</i> <i>Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden.</i>	
1	- <u>Um</u> , als je hem hier neer zet (lange afstand).	2.1.2
	- De stenen moeten er ook in he? Of niet?	5.1
	- De stenen erin, en het gras eronder, zodat hij niet heel ver in de vijver komt. Dat dat afremt.	4.1
	<i>Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden.</i>	-
2	- En nu hier en dan het gras weg.	2.1.2
	<i>Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden.</i>	-
	- <u>Hmm</u>	6.1
3	- <u>Um</u> kijken of hij zo wat zachter gaat zodat hij dan misschien niet in de vijver gaat.	2.1.2
	<i>Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden.</i>	-
4	- En nu met het gras. Het gras eronder.	2.1.2
	<i>Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden.</i>	-
5	-Ja <u>um</u> , kijken of die van de hoge en dat dan ook <u>um</u> niet over daar precies, weer daar in de vijver komt.	2.1.2
	<i>Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden.</i>	-
6	- <u>Um</u> en nu kijken of die van de lage zonder het gras ook niet in de vijver gaat.	2.1.2
	<i>Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden.</i>	-
7	- En nu met stenen kijken of die dan zachter gaat.	2.1.2
	<i>Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden.</i>	-
8	-Nu <u>um</u> , of die dan iets zachter gaat en niet weer helemaal in de vijver gaat.	2.1.2
	<i>Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden.</i>	-

TABEL 2			
Leerling 1: XXXXXXXXXX School: XXXXXXXXXX 7B Tijd: 12,13 – 29,49			
Ex p.:	Handelingen:	Strategie:	Aantal:
4	<i>Proefpersoon laat de volgende variabelen aan de hellingbaan staan:</i> Helling hoog / laag, Afstand lang / kort. <i>En past Gras wel / niet, Stenen wel / niet aan.</i>	EERSTE HANDELING VAN VARIABELEN	-
2	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet	Geen CVS aangezien de afstand en het gras aangepast worden	2
3	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet.	Wel CVS alleen de helling.	1
4	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet.	Wel CVS gras.	1
5	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet	Geen CVS, drie variabelen namelijk helling, stenen en de afstand.	3
6	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet	Geen CVS twee variabelen aangepast namelijk helling en het gras.	2
7	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet	Wel CVS.	1
8	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet	Wel CVS.	1
9	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet	Wel CVS.	1
10	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet	Geen CVS	3
11	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet	Wel CVS	1
12	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet	geen CVS	2
13	Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet	Wel CVS	1

Bijlage E: Codeerschema

Probleemoplosvaardigheden

UITSPRAKEN

1.1 Problemen kunnen signaleren, analyseren en definiëren;

Uitleg definitie: De proefpersoon brengt het probleem of deelprobleem in kaart door de inhoud in eigen woorden te herhalen. Dit kan door het oriënteren op de taak, door de onderzoeksvraag te definiëren, of door het identificeren van deelproblemen.

- Probleem: 'Ik moet bedenken welke manieren er zijn hoe Stef zijn graafmachine niet in de vijver terecht komt'
- Probleem: 'Ik moet onderzoeken hoe de graafmachine van Stef droog blijft.'
- Deelprobleem: 'Ik moet dus kijken of het gras de graafmachine afremt.'
- Deelprobleem: 'Ik moet kijken of de hoogte effect heeft.'

2.1 Kennis van strategieën om met onbekende problemen om te gaan;

Uitleg definitie: Wat moet je doen om een onderzoekend leertaak aan te pakken?

Transformatieve processen: Hypothetiseren, experimenteren en concluderen (Inhoudelijke uitleg bij wat de proefpersoon ziet over het experimenteren. (LET OP: wanneer het een grondige oplossing m.b.t. waarom iets wel of niet werkt of m.b.t. meerdere variabelen is, dan 1.4 coderen)

2.1.1 Uitspraken m.b.t. hypothetiseren: Proefpersoon geeft aan dat hij denkt dat er gebeurt.

- Hypothetiseren: 'Ik ga het gras weghalen en dan denk ik dat de graafmachine in de vijver rijdt.'
- Hypothetiseren: 'Met twee stenen ga ik het nu proberen, vanaf de wat minder steile weg, vanaf de lage, zonder gras, volgens mij moet het nu wel lukken'.

2.1.2 Uitspraken m.b.t. experimenteren:

- Experimenteren / Hypothetiseren: Nou dan zet ik hem lager want misschien als ik dan bij de bovenste afstand (hoge afstand) dat hij misschien dezelfde snelheid heeft.'
- Experimenteren: 'Ik ga nu de hoogte veranderen.'

2.1.3 Uitspraken m.b.t. concluderen: (Meestal na: Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden.)

- Concluderen: 'De stenen moeten toch niet in de laadbak.'
- Concluderen: 'Hmm gras remt wel heel erg af.'
- Concluderen: 'Zonder de stenen (het) lukt het wel / niet.'
- Concluderen: 'Oke, dat ging goed / niet goed. Dit werkt wel / niet.'
- Concluderen: 'Ik denk dat die het spannendste is, die ik als laatst deed.'
- Concluderen: 'Alweer te ver / te dichtbij / niet goed / zo lukt het dus ook.'
- Concluderen: Proefpersoon laat de graafmachine van de helling rijden. 'Bijna.... / Ja dit is goed / niet goed / het lukt niet'

3.1 Oplossingsstrategieën kunnen genereren, analyseren en selecteren;

Uitleg definitie: Plannen maken voor het oplossen van het probleem en bij houden of het goed of fout gaat (Eigen handelen m.b.t. de variabelen).

Regulatieve processen: Plannen, monitoren (inhoudelijke analyse van de geschiktheid van de strategie) en evalueren (hoe de proefpersoon vond dat het ging).

3.1.1 Uitspraken m.b.t. plannen:

- Plannen: 'Ik ga nu eerst de lage afstand proberen en dan straks de hoge afstand.'
- Plannen: 'Ik probeer nu elke keer deze variabele (...) hetzelfde te houden'
- Plannen: 'Ik lees de tekst nog een keer.' (vaak is dit op de volgende manier beschreven : handeling / proefpersoon leest het verhaal.)
- Plannen: 'Ik denk dat ik het nog een keer probeer.'

3.1.2 Uitspraken m.b.t. monitoren:

- Monitoren: 'Ik heb nu teveel aangepast.'

- Monitoren: 'Ik heb nu bijna alles wel geprobeerd denk ik.'
- Monitoren: 'Heb ik wel de goede variabele gebruikt?'
- Monitoren: 'Het was niet handig wat ik net gedaan heb.'
- Monitoren: 'Ik doe het nog een keer om het zeker te weten.'
- Monitoren: 'Ik heb eigenlijk geen idee wat ik nu verder moet doen. Ik denk dat er niet echt meer opties zijn.'
- Monitoren: 'Ik heb al een paar oplossingen gevonden.'

3.1.3 Uitspraken m.b.t. evalueren:

- Evalueren: 'Wat ik net heb gedaan met de variabele ging wel/niet goed omdat ik...'
- Evalueren: 'Nu snap ik het nog steeds niet.'
- Evalueren: 'Ik keek niet goed.'
- Evalueren: 'Ik had ook kunnen doen.'
- Evalueren: 'Het is leuk, gek, lastig, saai, moeilijk.'

4.1 Kunnen nemen van beargumenteerde beslissingen;

Uitleg definitie: Beslissing met betrekking tot het nemen van een conclusie over de variabelen, dit kan tijdens het gehele proces. Dus een uiteindelijke oplossing van het (deel)probleem met uitleg. Dus meestal het 'waarom' achter een handeling. Het maakt niet uit of de uitspraak wel of niet klopt.

- 'De stenen zorgen er niet voor dat de graafmachine voor de vijver terecht komt, dan moet ik toch het grasweghalen zodat het meer afremt.'
- Ik moet zodat het Minder / meer afremt.
- Dus eigenlijk gaat ie met de stenen harder dan zonder de stenen.'
- Hij (graafmachine) moet geen bocht maken want anders komt hij niet in het water.

5.1 Vragen aan onderzoeker;

- 'Proefpersoon stelt een vraag: Mag ik dit.. ook veranderen?.'
- 'Proefpersoon stelt een vraag: De stenen moeten er ook in he? Of niet?.'

6.1 Overige uitspraken;

- 'Ik heb geen zin meer.'
- 'Proefpersoon stelt een vraag: Mag ik dit.. ook veranderen?.'
- 'Hmm, ja, um, nee... etc.'
- 'um even zo...'

HANDELINGEN

Het creëren van patronen;

Uitleg definitie: de handelingen worden niet gecodeerd omdat er geen verschillende codes aan het creëren van patronen worden toegekend er wordt gekeken in hoeverre er sprake is van het creëren van patronen tijdens het uitvoeren van de experimenten.

→ CVS

Mogelijke variabelen:

- Helling: hoog / laag
- Afstand: lang / kort
- Gras: wel / niet (soms wordt het gras aangepast door de keuze te maken het gras korter te maken).
- Stenen wel / niet (soms worden de stenen aangepast door de keuze te maken om 1 steen in de laadbak te plaatsen).

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet

→ Hier zie je dat de afstand is aangepast dus CVS = 1

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet

→ Hier zie je dat de helling, de afstand en de stenen zijn aangepast dus CVS = 3

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet

→ Hier zie je dat tijdens het tweede experiment alle variabelen op dezelfde manier staan, dit is dus een controle van het experiment er is dus geen sprake van CVS.

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet,

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet, CVS = 1 (afstand)

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet, CVS = 2 (afstand en stenen)

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet, CVS = 1 (afstand)

Helling hoog / laag, Afstand lang / kort, Gras wel / niet, Stenen wel / niet, CVS = 2 (helling en stenen)

→ Van alle experimenten wordt er gekeken in hoeverre er CVS plaatsvindt, de uiteindelijke CVS aantallen worden bij elkaar opgeteld, deze score wordt gedeeld door het aantal experimenten.

in dit geval: $CVS = 6 / \text{Aantal experimenten} = 5$ dus CVS score: 1,2

Hoe dichterbij 1 is hoe minder vaak de variabelen zijn aangepast en dat betekent dat de strategie goed is toegepast. Hoe hoger de CVS score (afwijkend van 1,0) hoe vaker de variabelen zijn toegepast en hoe minder goed de strategie is toegepast.