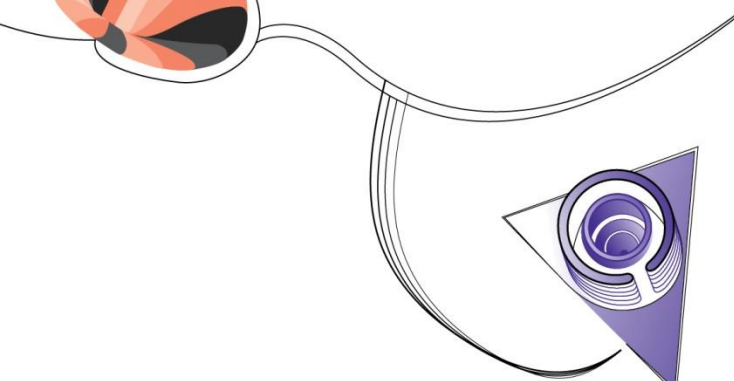
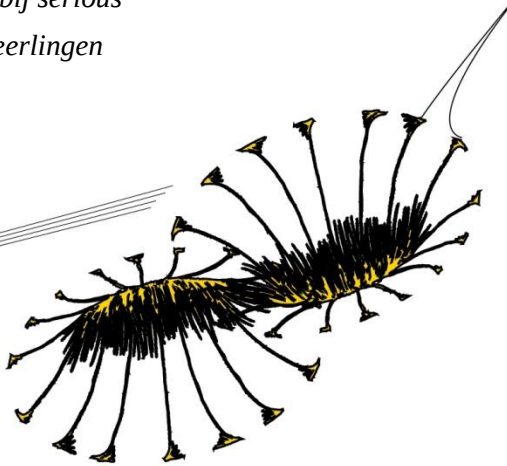


STRATEGIE-INSTRUCTIE BIJ SERIOUS GAMING: EXPLICIET VERSUS ADAPTIEF

*Een onderzoek naar de effecten van strategie-instructie bij serious
gaming op de domeinkennis en self-efficacy van vmbo-leerlingen*



Strategie-Instructie bij Serious Gaming: Expliciet versus Adaptief

Een onderzoek naar de effecten van strategie-instructie bij serious gaming op de domeinkennis en self-efficacy van vmbo-leerlingen

Kim Verhagen

Enschede, 22 september 2015

Universiteit Twente

Faculteit Gedragwetenschappen

Psychologie: Instructie, Leren en Ontwikkeling

Begeleidingscommissie

Eerste begeleider J. ter Vrugte, MSc

Tweede begeleider prof. Dr. A.J.M. de Jong

Samenvatting

Deze studie onderzocht de impact van strategie-instructie in combinatie met serious gaming op het verhoudingsgewijs rekenen van vmbo-leerlingen. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen *expliciete strategie-instructie* (het leren van een standaard operationele oplossingsmethode) en *adaptieve strategie-instructie* (het leren van meerdere oplossingsmethoden). De deelnemende vmbo-leerlingen kregen expliciete ($N = 30$) of adaptieve ($N = 41$) strategie-instructie over verhoudingsgewijs rekenen. Vervolgens speelden de leerlingen een serious game waarin ze werden geprompt tot het toepassen van de geleerde methode(n). De domeinkennis en self-efficacy van de leerlingen namen toe. Er was geen effect van conditie (expliciet en adaptief). Tegen de verwachting in voltooiden leerlingen uit de ASI-conditie meer sommen in de serious game dan leerlingen uit de ESI-conditie. Vervolgonderzoek dient uit te wijzen waaruit strategie-instructie inhoudelijk dient te bestaan om kennisverwerving met serious games te optimaliseren.

Abstract

This study measured the impact of strategy instruction in combination with serious gaming on the proportional reasoning of prevocational students (in Dutch: vmbo). A distinction was made between *explicit strategy instruction* (learning one standard operational solving strategy) and *adaptive strategy condition* (learning multiple solving strategies). Participating prevocational students received explicit ($N = 30$) or adaptive ($N = 41$) strategy instruction regarding proportional reasoning. Then, the students played a serious game in which they were prompted to apply the learned strategies. The domain knowledge and self-efficacy of the students improved. No effect of condition (explicit and adaptive) was found. Against expectations, students from the ASI-condition completed more problems in the serious game than students from the ESI-condition did. Follow-up research is needed to clarify how the content of strategy instruction needs to be designed to optimize learning with serious games.

Inhoudsopgave

Introductie	5
Serious Gaming	6
Instructieve ondersteuning	8
Huidig onderzoek	8
Methode	11
Participanten en Onderzoeksontwerp	11
Procedure	12
Domein	13
Methoden voor het Oplossen van Verhoudingssommen	15
Serious Game	18
Experimentele Manipulatie	21
Meetinstrumenten	23
Data-Analyse	26
Resultaten	29
Discussie en Conclusie	37
Limitaties en Aanbevelingen	40
Literatuur	43
Bijlagen	48

Bijlagen

Bijlage 1. Informatieve email aan docenten	48
Bijlage 2. Informatieve brief aan ouders/ verzorgers.....	50
Bijlage 3. Scoringsformulier TTR	53
Bijlage 4. Domeinkennistoets	54
Bijlage 5. Scoringsformulier Domeinkennistoets	62
Bijlage 6. Self-Efficacy Vragenlijst	67
Bijlage 7. Eerste lesuur	70
Bijlage 8. Tweede Lesuur voor Expliciete Conditie	77
Bijlage 9. Stroomdiagram voor Expliciete Conditie.....	85
Bijlage 10. Oefenopgaven voor Expliciete Conditie	86
Bijlage 11. Tweede Lesuur voor Adaptieve Conditie.....	87
Bijlage 12. Stroomdiagram voor Adaptieve Conditie.....	97
Bijlage 13. Oefenopgaven voor Adaptieve Conditie	98
Bijlage 14. Derde Lesuur	99
Bijlage 15. Vierde Lesuur	100

Tabellen

Tabel 1. Soorten Verhoudingssommen.....	14
Tabel 2. Samenvatting van Resultaten per Conditie.....	30
Tabel 3. Prestaties in de Serious Game per Conditie.....	31
Tabel 4. Percentage Toegepaste Oplossingsmethoden op Domeinkennistoets per Conditie ..	36

Figuren

Figuur 1. Onderzoeksprocedure.....	12
Figuur 2. Oplossingsmethoden voor Verhoudingssommen.....	16
Figuur 3. Refreshment Game in Hotel Zeldenrust.....	19
Figuur 4. Mix-It Game in Hotel Zeldenrust.....	20
Figuur 5. Prompts in Serious Game.....	22
Figuur 6. Voorbeeld van de Self-Efficacy Vragenlijst	25
Figuur 7. Ontwikkeling van Ontbrekende-Waarde Domeinkennis per Conditie	34
Figuur 8. Ontwikkeling van Transformatie Domeinkennis per Conditie	34
Figuur 9. Ontwikkeling van Transfer Domeinkennis per Conditie	34
Figuur 10. Ontwikkeling van Self-Efficacy per Conditie.....	35

Introductie

In Nederland is het voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs (vmbo) het onderwijsniveau waaraan de meeste leerlingen uit het voortgezet onderwijs deelnemen (Centraal Bureau van de Statistiek, 2015). Vmbo-leerlingen verschillen in leerstijl, leervoorkeuren, interesses en kwaliteiten (Hamstra & van den Ende, 2006). Tegelijkertijd toont onderzoek overeenkomsten tussen vmbo-leerlingen aan. Onderzoek van Den Boer, Mittendorf en Sjenitzer (1993) en Van der Sanden (2003) toont aan dat vmbo-leerlingen vaak toepassingsgericht zijn ingesteld, met een voorkeur voor leren door te doen (Hamstra & van den Ende, 2006). De voorkeur van deze leerlingen ligt bij werkvormen waarin leerstof concreet toe te passen is (Den Boer et al., 1993; Van der Sanden, 2003, zoals beschreven in Hamstra & van den Ende, 2006). Veel vmbo-leerlingen ervaren moeite met activiteiten waarin regulatie en motivatie een rol spelen (Hamstra & van den Ende, 2006).

Leren is een levenslang proces waarin een individu informatie en ervaringen verkrijgt, interpreteert, evalueert en vervolgens vertaalt naar kennis, vaardigheden, waarden en neigingen (Shute & Ke, 2012). Leren dient actief, doelgericht, gecontextualiseerd en interessant te zijn om leerprocessen te optimaliseren (Bransford, Brown, & Cocking, 2000; Quinn, 2005; Bruner, 1961; Vygotsky, 1987, zoals beschreven in Shute & Ke, 2012). Om leren actief en doelgericht te maken zijn interactieve leeromgevingen met de mogelijkheid tot voortdurende feedback wenselijk (Shute & Ke, 2012). Om leren interessant te maken dienen aangeboden probleemstellingen aan te sluiten op het leerniveau van de leerling (Shute & Ke, 2012). Tevens dienen leerlingen gestimuleerd te worden om de aandacht te richten op de leertaak, om effectief leren te realiseren (Shute & Ke, 2012). Mede om bovengenoemde leerbevorderende aspecten worden *serious games* als interessante leeromgevingen gezien.

Serious Gaming

Serious games zijn interactieve digitale spellen die spelenderwijs bijdragen aan het bereiken van educatieve doelstellingen (Ritterfeld, Cody & Vorderer, 2009, zoals beschreven in Deterding, Dixon, Khaled & Nacke, 2011). Tijdens het spelen van serious games (*serious gaming*) staan leren met plezier en leren door te doen centraal (Kirriemuir & McFarlane, 2004). In serious games zitten educatieve opdrachten verweven die de leerling individueel dient op te lossen. Het correct oplossen van opdrachten leidt tot positieve feedback, zoals het behalen van virtuele punten of het bereiken van een nieuw level. Het geven van een incorrect antwoord leidt veelal tot de digitale feedback om het opnieuw te proberen. Enerzijds brengen spelsituaties acties bij de leerling tot stand, zoals het maken van educatieve opdrachten in de serious game. Anderzijds brengen acties van de leerlingen gevolgen in de spelsituatie tot stand, zoals het krijgen van feedback. Om deze redenen kan worden gesteld dat serious games een interactieve leeromgeving creëren.

De interactiviteit van serious games biedt leerlingen de mogelijkheid om situaties te leren analyseren, beslissingen te nemen en de gevolgen te ervaren (Kebritchi & Hirumi, 2008). Onderzoek toont aan dat analytische en evaluatieve vaardigheden van leerlingen kunnen worden versterkt met serious gaming (Kebritchi & Hirumi, 2008; Erhel & Jamet, 2013; Wouters & van Oostendorp, 2013). Het kunnen versterken van deze vaardigheden biedt de potentie om leerprestaties te verbeteren. Analyseren en evalueren zijn namelijk metacognitieve vaardigheden: vaardigheden die benodigd zijn om inzicht te realiseren in de eigen informatieverwerking en leerprocessen, waarbij zelfregulatie een centrale rol speelt. Metacognitieve vaardigheden kunnen het leerproces van leerlingen versterken (Nietfeld & Shraw, 2002), waardoor het kunnen versterken van analytische en evaluatieve vaardigheden met serious gaming een belangrijke impact kan hebben op het leerproces van leerlingen.

Onderzoek toont aan dat serious gaming de motivatie van leerlingen kan verhogen (Kebritchi, Hirumi, & Bai, 2010; Liu, Horton, Olmanson, & Toprac, 2011; Wrzesien & Alcañiz Raya, 2010, zoals beschreven in ter Vrugte, de Jong, Wouters, Vandercruysse, Elen & van Oostendorp, 2015). Leren door te doen en leren met plezier worden door veel leerlingen als prettig ervaren, waardoor serious gaming een aantrekkelijke leeromgeving biedt. Het feit dat intrinsieke motivatie tot stand kan komen met serious gaming is positief met betrekking tot de self-efficacy van leerlingen. Self-efficacy is het hebben van vertrouwen in de eigen competenties en is een belangrijke voorspeller van succesvolle leerprestaties. Onderzoek toont aan dat serious gaming motivatie, zelfvertrouwen en competentiegevoelens van leerlingen kan versterken (Radford, 2000; Cunningham, 1994, zoals beschreven in Ku, Chen, Wu, Lao, & Chan, 2013).

Ook brengt serious gaming praktische voordelen met zich mee. Met serious games kunnen opdrachten relatief eenvoudig aan leerlingen worden aangeboden in verschillende contexten. Het maken van opdrachten in gevarieerde contexten kan het leerproces van leerlingen bevorderen (Lamon, 1999, zoals beschreven in Jitendra, Star, Starosta, Leh, Sood, Caskie, Hughes & Mack, 2009) en hiermee de toegankelijkheid van opgedane kennis vergroten (Liu et al., 2011). Op deze wijze wordt de *transfer* van leerlingen gestimuleerd: het kunnen toepassen van kennis in verschillende en nieuwe situaties.

Tot slot biedt serious gaming docenten de mogelijkheid om *alle* leerlingen in de klas van directe en individuele feedback te voorzien. Het realiseren van directe feedback is belangrijk voor het leerproces van de leerling, omdat het leerlingen bewust kan maken van datgene wat er goed gaat en datgene wat er beter kan. In traditioneel klassikaal onderwijs is er zelden tijd beschikbaar om een gehele klas van directe en tegelijkertijd individuele feedback te voorzien. De feedback van serious games kan een aanvulling vormen op de feedback van docenten, hiermee zowel docenten als leerlingen ondersteunend.

Instructieve ondersteuning

Hoewel serious gaming aangetoond kan bijdragen aan het realiseren van positieve cognitieve effecten, affectieve effecten en praktische voordelen, zijn serious games niet altijd effectief (Li & Tsai, 2013; Kebritchi et al., 2010; O'Neil, Wainess, & Baker, 2005; Vandercruysse, Vandewaetere, & Clarebout, 2010, zoals beschreven in Ter Vrugte et al., 2015). Veel leerlingen vinden het moeilijk om de kennis die ze met serious gaming hebben opgedaan te reproduceren en generaliseren (Ter Vrugte et al., 2015). De kennis die leerlingen opdoen met serious gaming is vaak intuïtief en impliciet in plaats van expliciet (Ter Vrugte et al., 2015). Opgedane kennis is hiermee niet daadkrachtig toe te passen in nieuwe situaties of op nieuwe probleemstellingen.

Instructieve ondersteuning is nodig om de educatieve functie van serious games tot zijn recht te laten komen (Garris, Ahlers, & Driskell, 2012; Leemkuil & de Jong, 2011; ter Vrugte & de Jong, 2012). Met instructieve ondersteuning worden leerlingen namelijk gestimuleerd om bewust en actief na te denken over de educatieve inhoud van serious games, met expliciete kennisverwerving als gevolg (Ke, 2008; Wouters, Paas, & van Merriënboer, 2008; Erhel & Jamet, 2013).

Huidig onderzoek

Onderzoek toont aan dat strategie-instructie kan bijdragen aan effectieve kennisverwerving en het effectief gebruiken van cognitieve capaciteiten (Swanson, Hoskyn & Lee, 1999; Tournaki, 2003; Larkin & Ellis, 2004, zoals beschreven in Hannink & Blik, 2009). Strategie-instructie bestaat uit het leren van een stappenplan om kennis concreet te leren toepassen. Op school leren leerlingen verschillende oplossingsmethoden om probleemstellingen op te lossen. Door het leren van verschillende methoden worden leerlingen gestimuleerd om actief na te denken over de overeenkomsten en verschillen tussen oplossingsmethoden. Door verschillende probleemstellingen en oplossingsmethoden te

analyseren wordt de leerling gestimuleerd om dieper inzicht te verkrijgen in de onderliggende structuur van probleemstellingen en oplossingsmethoden. Aangezien het uiteindelijke oplossingsproces van probleemstellingen met deze vorm van strategie-instructie afhankelijk is van de keuzes van de leerling, kan deze vorm van strategie-instructie *adaptief* worden genoemd. *Adaptieve strategie-instructie (ASI)* stimuleert leerlingen om actief te leren en heeft de potentie om kennis en inzicht bij de leerling te realiseren.

Uit onderzoek van Swanson (1989) komt naar voren dat niet alle leerlingen baat hebben bij het leren van meerdere oplossingsmethoden. Zo vinden leerlingen met leerproblemen het vaak moeilijk om een geschikte oplossingsmethode te selecteren, waardoor ze vastlopen bij het oplossen van probleemstellingen (Swanson, 1989). Deze leerlingen benötigen expliciete strategie-instructie om effectief leren te realiseren (Swanson, 1989). *Expliciete strategie-instructie (ESI)* bestaat uit het leren van een oplossingsmethode waarmee vrijwel alle probleemstellingen in een identiek domein oplosbaar zijn (een standaard operationele oplossingsmethode). Door het leren van een standaard operationele oplossingsmethode kunnen leerlingen hun volledige aandacht richten op het correct leren toepassen van *één* oplossingsmethode. Mogelijke verwarring met andere oplossingsmethoden wordt hiermee beperkt, het risico op vastlopen bij probleemstellingen voorkomend.

Onderzoek toont aan dat strategie-instructie kan bijdragen aan zowel kennisverwerving als het effectief gebruiken van cognitieve capaciteiten (Swanson et al., 1999; Tournaki, 2003; Larkin & Ellis, 2004, zoals beschreven in Hannink & Blik, 2009). Tegelijkertijd is nog weinig bekend over de exacte impact die de inhoud van strategie-instructie in combinatie met serious gaming op de leerprestaties van vmbo-leerlingen kan hebben. In het huidige onderzoek wordt de impact van strategie-instructie (expliciete en adaptief) in combinatie met serious gaming de ontwikkeling van domeinkennis en self-efficacy bij vmbo-leerlingen onderzocht.

Het leren van *één* oplossingsmethode om probleemstellingen op te lossen (ESI) wordt verwacht te leiden tot betere leerprestaties tijdens het serious gaming dan het leren van meerdere oplossingsmethoden (ASI). Met ESI hebben leerlingen namelijk de mogelijkheid om te leren door te doen, zonder eerst te hoeven analyseren welke oplossingsmethode het meest effectief is om een gegeven probleemstelling op te lossen. Onderzoek toont aan dat veel vmbo-leerlingen toepassingsgericht zijn ingesteld en leren het liefst door te doen (Den Boer et al., 1993; Van der Sanden, 2003, zoals beschreven in Hamstra & van den Ende, 2006). Vmbo-leerlingen worden daarom verwacht beter te presteren tijdens het serious gaming wanneer concreet met de leerstof gewerkt kan worden, dan wanneer theoretisch nadenken over de leerstof benodigd is.

Bovendien kunnen leerlingen die ESI krijgen zich tijdens het serious gaming richten op het leren toepassen van *één* oplossingsmethode en *één* soort prompt. Dit in tegenstelling tot het krijgen van ASI, waarbij meerdere oplossingsmethoden en prompts toegepast en geïnterpreteerd dienen te worden. Het krijgen van ESI wordt daarom verwacht te leiden tot betere prestaties tijdens het serious gaming dan het krijgen van ASI.

Het krijgen van ESI bij serious gaming biedt leerlingen de mogelijkheid om de aandacht richten op het realiseren van expliciete kennis, waarmee veel probleemstellingen op te lossen zijn. De domeinkennis van vmbo-leerlingen wordt verwacht meer toe te nemen met ESI dan met ASI. ESI biedt namelijk een oplossingsmethode aan waarmee effectieve kennisverwerving en effectief gebruik van cognitieve capaciteiten kan worden gestimuleerd (Swanson et al., 1999; Tournaki, 2003; Larkin & Ellis, 2004, zoals beschreven in Hannink & Blik, 2009).

De self-efficacy van vmbo-leerlingen wordt verwacht toe te nemen na het serious gaming, omdat serious gaming zelfvertrouwen en competentiegevoelens van leerlingen kan versterken (Radford, 2000; Cunningham, 1994, zoals beschreven in Ku et al., 2013). Verwacht wordt

dat de self-efficacy van vmbo-leerlingen meer toeneemt van ESI bij serious gaming dan van ASI bij serious gaming. Leerlingen worden met ESI gestimuleerd om alle aangeboden probleemstellingen op te lossen met één methode, waardoor een leerling bij het oplossen van probleemstellingen zich niet eerst hoeft af te vragen welke methode er dient te worden toegepast. De leerling weet direct met welke methode de probleemstelling op te lossen is en zal hiermee het risico op het niet kunnen vinden van een antwoord verlagen. Met ASI daarentegen, worden leerlingen gestimuleerd om verschillende oplossingsmethoden toe te passen, waarmee verwarring en verminderde self-efficacy kan samengaan. Verwacht wordt dat de self-efficacy van vmbo-leerlingen meer toeneemt van ESI bij serious gaming dan van ASI bij serious gaming.

Methode

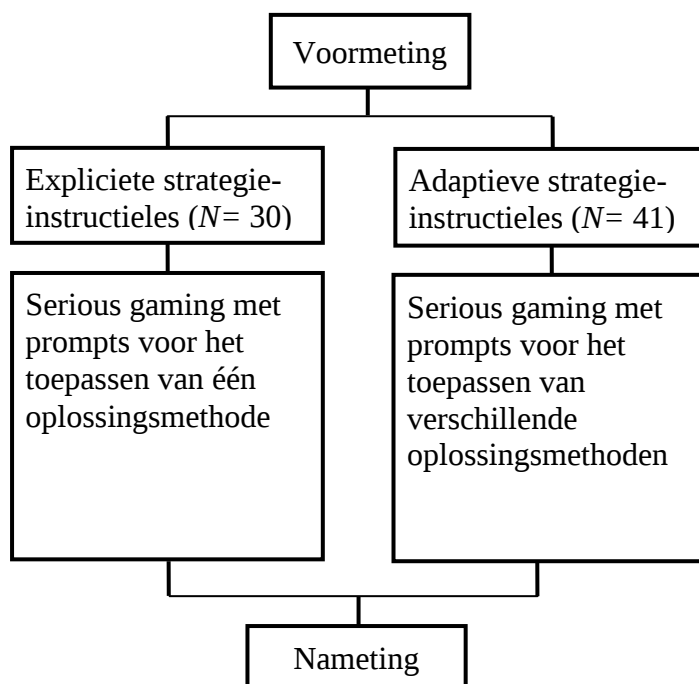
Participanten en Onderzoeksontwerp

Dit onderzoek werd uitgevoerd op twee middelbare scholen in de provincies Overijssel en Gelderland. Twee vmbo-klassen en twee combinatie-klassen (vmbo en havo-leerniveau) namen deel. Bij de vier onderzoekssessies waren 71 vmbo-leerlingen aanwezig met een leeftijd van 12.35-15.16 jaar ($M = 13.38$, $SD = 0.68$). Onder deze leerlingen bevonden zich 31 jongens en 40 meisjes, waarvan 33 eerstejaars leerlingen en 38 tweedejaars leerlingen.

Dit experimentele onderzoek benutte een *mixed design*. De leerlingen werden ingedeeld in de ESI-conditie of ASI-conditie. Alle leerlingen namen deel aan een voormeting, instructieles, serious gaming en nameting. De inhoud van de instructieles en het serious gaming verschilde tussen de condities. Leerlingen uit de ESI-conditie kregen strategie-instructie over een standaard operationele oplossingsmethode en leerlingen uit de ASI-conditie kregen strategie-instructie over meerdere oplossingsmethoden.

Procedure

Figuur 1 toont de toegepaste onderzoeksprocedure in dit onderzoek. Met een informatieve email werden 20 middelbare scholen in Overijssel en Gelderland geïnformeerd over het onderzoek en de mogelijkheid tot deelname (Bijlage 1). Voorwaarden voor deelname waren het ter beschikking stellen van vier uren en het aanwezig zijn tijdens deze lessen om een vertrouwde leeromgeving voor de leerlingen te realiseren. Met elke geïnteresseerde docent werd een persoonlijk kennismakingsgesprek ingepland. Met de docenten die aangaven daadwerkelijk deel te willen nemen, werd in overleg vastgelegd op welke data de uren zouden plaatsvinden. Aan de ouders van de deelnemende leerlingen in de deelnemende klassen werd een informatieve brief verstuurd (Bijlage 2), waarmee de mogelijkheid tot het maken van bezwaar werd gecreëerd. Geen van de ouders heeft bezwaar gemaakt.



Figuur 1. Onderzoeksprocedure

De eerste onderzoekssessie bestond uit een kennismaking tussen de leerlingen en de onderzoeker, waarbij leerlingen de mogelijkheid ontvingen tot het stellen van vragen. Tevens werden de rekenvaardigheid, domeinkennis en self-efficacy van de leerlingen gemeten

(Bijlage 3 tot en met Bijlage 6). Na deze sessie (Bijlage 7) werden de klassen ingedeeld in de ESI-conditie of ASI-conditie.

Leerlingen uit de ESI-conditie kregen instructie over het oplossen van probleemstellingen met één oplossingsmethode (Bijlage 8) aan de hand van een schriftelijk stroomdiagram (Bijlage 9). Vervolgens maakten de leerlingen zelfstandig schriftelijke oefensommen (Bijlage 10). Leerlingen uit de ASI-conditie kregen instructie over het oplossen van probleemstellingen met verschillende oplossingsmethoden (Bijlage 11) aan de hand van een bijpassend schriftelijk stroomdiagram (Bijlage 12). Vervolgens maakten de leerlingen zelfstandig schriftelijke oefensommen (Bijlage 13).

De derde onderzoekssessie bestond uit het spelen van een serious game met ingebouwde prompts, waarmee leerlingen werden gestimuleerd tot het toepassen van de door hen geleerde oplossingsmethode(n). Tot slot vond de nameting plaats, waarin de domeinkennis en self-efficacy van de leerlingen opnieuw werden gemeten om een vergelijking met de scores op de voormeting te maken.

Domein

Het domein van het onderzoek is *verhoudingsgewijs rekenen*. Veel kinderen, maar ook adolescenten vinden verhoudingsgewijs rekenen moeilijk, omdat hiervoor diep wiskundig nadenken nodig is (Fujimura, 2001, zoals beschreven in Jitendra et al., 2009). Zo zijn veel leerlingen geneigd om verhoudingssommen *optellend* in plaats van *vermenigvuldigend* op te lossen. Bij sommen waarin gevraagd wordt om een getal te verdubbelen hoeft dit niet tot een incorrect antwoord te leiden. Het verdubbelen van een getal kan namelijk zowel door middel van vermenigvuldiging met de factor 2 (bv. $4 \times 2 = 8$) als door een getal bij zichzelf op te tellen (bv. $4 + 4 = 8$). Echter, het kunnen oplossen van verhoudingssommen door middel van optelling is eerder een uitzondering dan een regel (Nesher, 1988, 1992; Vergnaud, 1988, zoals beschreven in Fernández, Llinares, van Dooren, de Bock, & Verschaffel, 2012).

In de literatuur worden vaak drie soorten verhoudingssommen onderscheiden, namelijk vergelijkingssommen, ontbrekende-waarde sommen en transformatie sommen (Harel & Behr, 1989; Kaput & West, 1994; Tourniaire & Pulos, 1985, zoals beschreven in Ter Vrugte et al., 2015), zoals weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1

Soorten Verhoudingssommen

Vergelijking	Pastasaus smaakt extra kruidig met basilicum. In pastasaus A zit 9 gram basilicum per 3 tomaten. In pastasaus B zit 12 gram basilicum per 6 tomaten. Welke pastasaus smaakt het meest kruidig?
Ontbrekende-waarde	Een schilder heeft 5 kwasten nodig om 10 muren te schilderen. Hoeveel kwasten heeft de schilder nodig om 30 muren te schilderen?
Transformatie	Voor een sportdag zijn 2 begeleiders nodig per 20 leerlingen. Aan de sportdag doen 40 leerlingen mee. Er zijn al 3 begeleiders ingeschreven. Hoeveel begeleiders zijn er nog nodig om de sportdag te laten doorgaan?

Vergelijkingssom. Vergelijkingssommen noemen twee ratio's en vragen de leerling om aan te geven op welke ratio een genoemde stelling het meest van toepassing is (Tabel 1). Indien de noemers van de twee ratio's identiek zijn (bv. 1:3 versus 2:3) dan is met redenering te bepalen welke ratio het juiste antwoord is. Indien de twee ratio's in een vergelijkingssom zeer van elkaar afwijken (bv. 1:200 versus 40:3), dan is door middel van schatting het antwoord te vinden. Indien de twee ratio's in een vergelijkingssom niet door middel van redeneren of schatting op te lossen zijn, dan is exact rekenen benodigd (bv. 14:63 versus 18:81).

Ontbrekende-waarde som. In ontbrekende-waarde sommen worden twee ratio's genoemd met een onderlinge ratio. Deze ratio dient ook tussen de andere twee eenheden uit de ontbrekende-waarde som gerealiseerd te worden. De leerling dient de ontbrekende waarde van deze eenheid te herleiden uit de ratio tussen de genoemde basiseenheden (Tabel 1).

Transformatie som. In transformatie sommen worden twee basiseenheden genoemd met een onderlinge ratio. Deze ratio dient ook tussen de andere twee eenheden uit de transformatie som te worden gerealiseerd. Echter, de ratio tussen de genoemde eenheden komt niet overeen met de ratio van de basiseenheden. De leerling dient te berekenen welke ratio van toepassing kan zijn op alle eenheden. Vervolgens dient de leerling deze ratio op alle eenheden in de transformatie som toe te passen (Tabel 1).

Methoden voor het Oplossen van Verhoudingssommen

Om verhoudingssommen op te lossen wordt door leerlingen veelal een verhoudingstabel getekend (Figuur 2). Een verhoudingstabel bestaat uit een horizontale lijn met loodrechte verticale lijnen. De twee rijen met meerdere kolommen die als gevolg van deze lijnen ontstaan, maken het mogelijk om verhoudingssommen gestructureerd op te lossen. De wijze waarop de verhoudingstabel wordt benut om verhoudingssommen op te lossen, wordt toegelicht aan de hand van een voorbeeldsom. Stel dat de probleemstelling als volgt is: Een schilder benötigt 5 kwasten om 10 muren te schilderen. Hoeveel kwasten benötigt de schilder om 30 muren te schilderen? (Figuur 2).

Eerst wordt een horizontale lijn getekend met loodrechte verticale lijnen. Vervolgens worden de namen van de eenheden uit de som in de eerste kolom van de verhoudingstabel genoteerd. In de voorbeeldsom betreft het de namen *kwasten* en *muren*. Vervolgens worden in de tweede kolom de waarden genoemd, die behoren tot de eenheden uit de eerste kolom. In de voorbeeldsom betekent dit het noteren van de waarde 5 in de bovenste rij, aangezien deze waarde behoort tot de eenheid *kwasten*. De waarde 10 wordt genoteerd in de onderste rij,

aangezien deze waarde betrekking heeft op de eenheid muren. De overige getallen worden in de derde kolom genoemd. In de voorbeeldsom betekent dit dat de waarde 30 in de onderste rij genoteerd wordt, omdat deze waarde betrekking heeft op de eenheid muren. Aangezien het voorbeeld een ontbrekende-waarde som betreft, ontbreekt de vierde waarde. Op de plaats van deze waarde wordt een vraagteken genoteerd (Figuur 2). Vervolgens wordt er veelal de *methode van interne ratio*, de *methode van externe ratio* of de *methode van vereenvoudigen* toegepast om de som op te lossen.

Een Schilder benodigt 5 kwasten om 10 muren te schilderen.
Hoeveel kwasten benodigt de Schilder om 30 muren te schilderen?

verhoudingstabel

methode van interne ratio

	5	?
	10	30

$\begin{matrix} \nearrow \times 3 \\ \searrow \times 3 \end{matrix}$

methode van externe ratio

	5	?
	10	30

$\begin{matrix} \nearrow \times 2 \\ \searrow \times 2 \end{matrix}$

methode van vereenvoudigen

	5	1	?
	10	2	30

$\begin{matrix} \nearrow :5 & \nearrow \times 15 \\ \searrow :5 & \searrow \times 15 \end{matrix}$

Figuur 2. Oplossingsmethoden voor Verhoudingssommen

Methode van interne ratio. Met de methode van interne ratio zoekt de leerling naar een horizontale verhouding in de verhoudingstabel (Figuur 2). Dit betekent dat de leerling zoekt naar de ratio tussen de waarde van een eenheid in de beginverhouding en de waarde van dezelfde eenheid in de eindverhouding. In de voorbeeldsom betekent dit dat de leerling zoekt

naar de ratio tussen de hoeveelheid *muren* in de beginverhouding (met de waarde 10) en de hoeveelheid *muren* in de eindverhouding (met de waarde 30). Deze ratio dient namelijk ook gerealiseerd te worden tussen de waarden van de andere eenheid. In de voorbeeldsom zijn er drie keer meer muren in de eindverhouding dan in de beginverhouding (ratio 1:3). Deze ratio dient ook gerealiseerd te worden tussen de hoeveelheid kwasten in de beginverhouding en de hoeveelheid kwasten in de eindverhouding. Om deze reden dient het aantal kwasten in de eindverhouding ook drie keer zoveel te zijn als het aantal kwasten in de beginverhouding. Het aantal kwasten wordt daarom vermenigvuldigd met de waarde 3, om het getal op de plek van het vraagteken te berekenen (Figuur 2). Als antwoord wordt genoteerd dat de schilder 15 kwasten nodig heeft om 30 muren te schilderen.

Methode van externe ratio. Met de methode van externe ratio zoekt de leerling naar een verticale verhouding in de verhoudingstabel (Figuur 2). Dit betekent dat de leerling zoekt naar de ratio tussen de twee eenheden in de beginverhouding. In de voorbeeldsom betekent dit dat de leerling zoekt naar de ratio tussen de hoeveelheid *kwasten* (met de waarde 5) ten opzichte van *muren* (met de waarde 10) in de beginverhouding. Deze ratio dient namelijk ook gerealiseerd te worden tussen de waarden in de eindverhouding. In de voorbeeldsom zijn er twee keer meer muren dan kwasten in de beginverhouding (ratio 1:2). Deze ratio dient ook gerealiseerd te worden tussen de hoeveelheid kwasten en muren in de eindverhouding. Om deze reden dient het aantal muren in de eindverhouding ook twee keer zoveel te zijn als het aantal kwasten in de eindverhouding. Het aantal muren wordt daarom gedeeld door de waarde 2, om het getal op de plek van het vraagteken te berekenen (Figuur 2). Als antwoord wordt genoteerd dat de schilder 15 kwasten nodig heeft om 30 muren te schilderen.

Methode van vereenvoudigen. Soms is een som niet direct op te lossen met de methode van interne ratio of de methode van externe ratio. Dan dient de methode van vereenvoudigen te worden toegepast. De methode van vereenvoudigen is een standaard operationele

oplossingsmethode, waarmee elke verhoudingssom op te lossen is. In de methode van vereenvoudigen zoekt de leerling naar het grootste getal waardoor de ingrediënten in de beginverhouding deelbaar zijn. Op deze wijze wordt de beginverhouding proportioneel verkleind, leidend tot een tussenverhouding. In deze tussenverhouding is veelal gemakkelijker een ratio te vinden, zodat de methode van interne ratio of de methode van externe ratio gemakkelijker kan worden toegepast. Zoals zichtbaar in Figuur 2 zijn beide eenheden in de beginverhouding deelbaar door het getal 5. Het getal 5 is de grootste gemeenschappelijke deler, omdat het de grootste factor is waardoor beide getallen deelbaar zijn. Door de beginverhouding om te vormen tot de tussenverhouding 1:2, kan er makkelijker een verhouding worden gevonden tussen de eenheden. De methode van interne ratio of de methode van externe ratio kan vervolgens gemakkelijker worden toegepast, om het ontbrekende getal op de plek van het vraagteken te berekenen.

Serious Game

Het leren oplossen van verhoudingssommen aan de hand van de omschreven oplossingsmethoden is mogelijk met de serious game *Hotel Zeldenrust*. Door middel van een geanimeerde vormgeving, motiverende missie, praktijk gerelateerde oefeningen en ingebouwde prompts stimuleert Hotel Zeldenrust vmbo-leerlingen om verhoudingssommen te maken. Leerlingen ontvangen een individuele inlogcode. Na het inloggen, opent er een beginscherm, waarin de leerling dient te kiezen uit een van de vier spelkarakters. Hierna wordt de spelmissie geïntroduceerd aan de hand van een geanimeerde introductie. Met deze introductie komt de leerling te weten dat het spelkarakter beoogt om vakantiegeld te verdienen door in een hotel van familieleden te werken. De leerling kan de spelmissie behalen door verhoudingssommen in de *refreshment game* (Figuur 3) en *mix-it game* (Figuur 4) op te lossen.

Refreshment Game. De refreshment game (Figuur 3) bestaat uit ontbrekende-waarde sommen. De leerling dient te berekenen hoeveel cola-flesjes er benodigd zijn ten opzichte van het aantal fanta-flesjes in de koelkast. Het vervolgens slepen van de juiste hoeveelheid cola-flesjes naar de koelkast resulteert in het verdienen van fictief vakantiegeld. Bij het geven van een incorrect antwoord wordt de leerling gestimuleerd het opnieuw te proberen met behulp van aangeboden feedback. Bij twee incorrecte antwoorden gaat de leerling door naar de volgende som. Na het maken van vier sommen opent er zich een overzichtsscherm, waarin de leerling de mix-it game kan starten.



Figuur 3. Refreshment Game in Hotel Zeldenrust

Mix-It Game. De mix-it game (Figuur 4) bestaat uit transformatie sommen. In dit spel wordt de leerling gevraagd de onjuiste verhouding tussen het ingrediënt aardbeiensap en het ingrediënt yoghurt te herstellen. De leerling dient te berekenen hoeveel er van een ingrediënt aan de blender dient te worden toegevoegd om het recept kloppend te maken. Door de juiste hoeveelheid aardbeiensap of yoghurt naar de geanimeerde blender te slepen wordt er geld voor het spelkarakter verdiend. Een incorrect antwoord leidt tot het ontvangen van de

feedback om het opnieuw te proberen. Na het correct beantwoorden van de som of het geven van twee incorrecte antwoorden gaat het spel verder met de volgende som.

De refreshment game en mix-it game bestaan ieder uit vier levels, oplopend in moeilijkheidsgraad. Hoe meer sommen de leerling correct beantwoordt, hoe meer vakantiegeld er voor het spelkarakter wordt verdiend. Vanaf het moment dat de eerste level voltooid is heeft de leerling de mogelijkheid om de landkaart met vakantiebestemmingen te openen. Op deze kaart is te zien naar welke vakantiebestemmingen het spelkarakter kan reizen met het verdiende fictieve geld. De vakantiebestemmingen die door andere leerlingen zijn behaald met fictief geld worden tevens getoond. Daarnaast kan de leerling met verdiend fictief vakantiegeld de rekenmachine in het spel activeren om rekensommen met behulp van de rekenmachine op te lossen. Met het boek-icoon rechtsboven in het spel kunnen leerlingen te allen tijde strategie-instructie opvragen over het oplossen van verhoudingssommen in het spel. De inhoud van de aangeboden strategie-instructie in de serious game werd afgestemd op de conditie waarin de leerlingen zich bevonden (ESI-conditie versus ASI-conditie).



Figuur 4. Mix-It Game in Hotel Zeldenrust

Experimentele Manipulatie

Leerlingen die deelnamen aan de ESI-conditie kregen een andere instructieles dan leerlingen uit de ASI-conditie. De instructielessen voor beide condities zijn ontwikkeld op basis van het Activerende Directe Instructie (ADI-model). Het ADI-model stelt actief leren, interactiviteit en kennisconstructie centraal (Kerpel, n.d.). Instructielessen gebaseerd op het ADI-model benutten de fases terugblik, oriëntatie, instructie, begeleide in-oefening, zelfstandige verwerking, evaluatie en terug- en vooruitblik in de les (Kerpel, n.d.; Veenman, 2001). Het benutten van deze zeven fases bij het ontwikkelen van instructielessen is aangetoond succesvol in het voortgezet onderwijs (Veenman, 2001). Het ADI-model includeert interactiviteit in instructielessen, waardoor het ADI-model zeer geschikt werd geacht voor het ontwikkelen van instructielessen voor de vmbo-leerlingen in dit onderzoek.

Expliciete conditie. In de instructieles voor de ESI-conditie werd een terugblik gemaakt naar de inhoud van de voormeting (Bijlage 7), waarbij het belang van verhoudingsgewijs rekenen in de praktijk werd herhaald. Vervolgens werd het lesdoel geïntroduceerd, namelijk het leren oplossen van verhoudingssommen met de methode van vereenvoudigen (*oriëntatie*). Hierna werd klassikale instructie gegeven (Bijlage 8) over het oplossen van verhoudingssommen met de methode van vereenvoudigen (*instructie*). Door klassikaal voorbeeldsommen te bespreken, maakten de leerlingen onder begeleiding kennis met het oplossen van de aangeboden probleemstellingen. Aan de leerlingen werd uitgelegd hoe verhoudingssommen zelfstandig op te lossen zijn met het aangeboden stroomdiagram (Bijlage 9). De leerlingen maakten vervolgens zelfstandig schriftelijke oefensommen (Bijlage 10), door de verhoudingssommen op te lossen aan de hand van het aangeboden stroomdiagram (*zelfstandige verwerking*). Na 10 minuten werden de oefensommen klassikaal besproken, om doelen te stellen voor volgende les (*evaluatie*). Nieuw verkregen kennis werd

in context geplaatst met het belang van verhoudingsgewijs rekenen in de praktijk, waardoor nieuwe kennis betekenisvol aan voorkennis werd gekoppeld (*terug- en vooruitblik*).

In de derde sessie nam de ESI-conditie deel aan de expliciete versie van Hotel Zeldenrust. De leerlingen werden met de expliciete versie van Hotel Zeldenrust geprompt om verhoudingssommen op te lossen met de methode van vereenvoudigen (Figuur 5).



Figuur 5. Prompts in Serious Game

Adaptieve conditie. Klassikaal werd een terugblik gemaakt naar de inhoud van de voormeting (Bijlage 7). Herhaald werd wat verhoudingssommen zijn en wat het belang van verhoudingsgewijs rekenen is in de praktijk. Vervolgens werd het lesdoel geïntroduceerd, namelijk het leren oplossen van verhoudingssommen met verschillende oplossingsmethoden: de methode van interne ratio, de methode van externe ratio en de methode van vereenvoudigen (*oriëntatie*). Hierna werd klassikale instructie gegeven (Bijlage 11) over het oplossen van verhoudingssommen met de methode van interne ratio, de methode van externe ratio en de methode van vereenvoudigen (*instructie*). Door klassikaal voorbeeldsommen te

bespreken, maakten de leerlingen onder begeleiding kennis met het oplossen van de aangeboden probleemstellingen (*begeleide in-oefening*). Aan de leerlingen werd uitgelegd hoe verhoudingssommen zelfstandig op te lossen zijn met het aangeboden stroomdiagram (Bijlage 12). De leerlingen maakten vervolgens zelfstandig schriftelijke oefensommen (Bijlage 13), door de verhoudingssommen op te lossen aan de hand van het aangeboden stroomdiagram (*zelfstandige verwerking*). Na 10 minuten werden de oefensommen klassikaal besproken, om doelen te stellen voor volgende les (*evaluatie*). Nieuw verkregen kennis werd in context geplaatst met het belang van verhoudingsgewijs rekenen in de praktijk, waardoor nieuwe kennis betekenisvol aan voorkennis werd gekoppeld (*terug- en vooruitblik*).

In de derde sessie nam de ASI-conditie deel aan de adaptieve versie van de serious game Hotel Zeldenrust. In de adaptieve versie van Hotel Zeldenrust werden leerlingen geprompt om verhoudingssommen op te lossen met de methode van interne ratio (Level 1), de methode van externe ratio (Level 2) en de methode van vereenvoudigen (Level 3). In Level 4 werden geen prompts aangeboden, zodat de leerling gestimuleerd werd om zelf de meest effectieve methode toe te passen. De vormgeving van de prompts is zichtbaar in Figuur 5.

Meetinstrumenten

Tempo-Test-Rekenen. De Tempo-Test-Rekenen (TTR) heeft als doel om de geautomatiseerde rekenvaardigheid van leerlingen te meten om eventuele leerachterstanden te signaleren. De TTR ($\alpha = .88$) is individueel of groepsgewijs af te nemen met pen en papier (de Vos, 1992). De leerling ontvangt een document met 40 rekensommen verdeeld over 5 kolommen met plussommen, minsommen, keersommen, deelsommen en gemengde sommen. De leerling heeft per kolom een minuut de tijd om zoveel mogelijk sommen te maken. Antwoorden worden genoteerd op het invulblad zonder een rekenmachine of kladpapier te gebruiken. De totaalscore van de leerling wordt berekend door het aantal correcte antwoorden per kolom te sommeren. Vervolgens worden de waarden van de kolommen gesommeerd. Een

score onder de 100 wordt geïnterpreteerd als rekenachterstand (van de Bosch, Jager, Langstraat, Versteeg, & de Vries, zoals beschreven in Ter Vrugte et al., 2015). Een minimale score van 0 en een maximale score van 200 kan worden behaald.

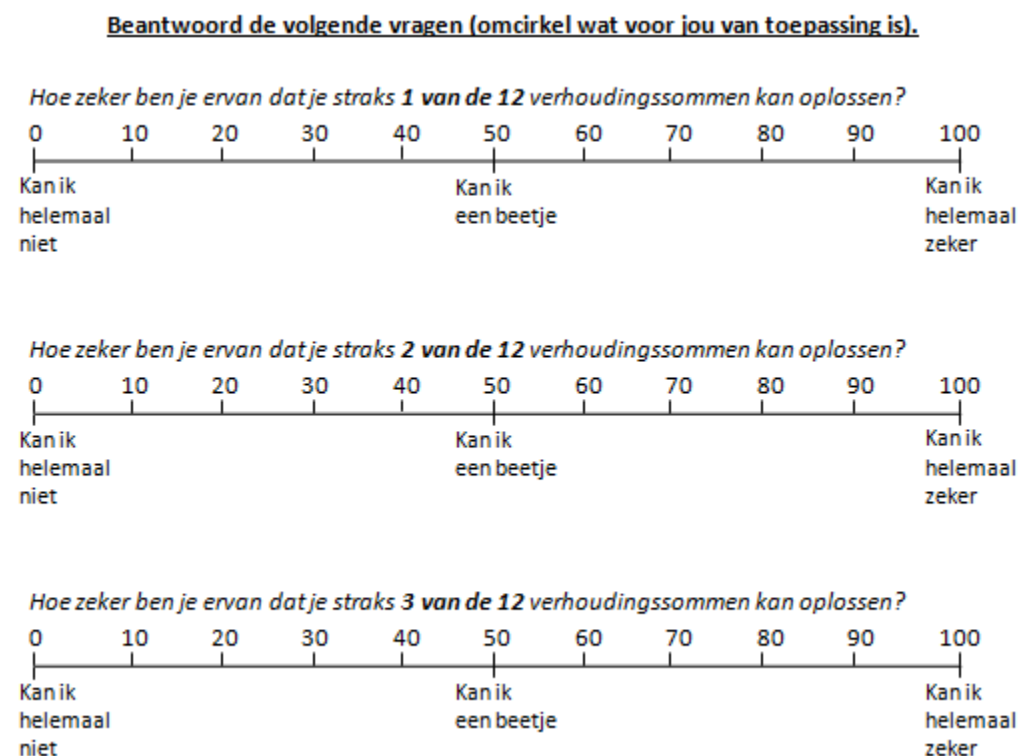
Domeinkennistoets. De Domeinkennistoets heeft als doel om de vaardigheid verhoudingsgewijs rekenen te meten bij leerlingen (Bijlage 4). De Domeinkennistoets ($\alpha = .74$) is individueel of groepsgewijs met pen en papier af te nemen. Deze toets bestaat uit een instructieformulier met 12 verhoudingssommen. Som 1 tot en met som 4 zijn ontbrekende-waarde sommen ($\alpha = .57$), zoals ‘Om een bananenmilkshake te maken gebruik je 28 bananen en 48 bollen ijs. Hoeveel bollen ijs moet je gebruiken als je 56 bananen gaat gebruiken en dezelfde verhouding wilt behouden?’. Som 5 tot en met som 8 zijn transformatie sommen ($\alpha = .66$), zoals ‘In de frisdrankautomaat staan per 24 flesjes water altijd 36 flesjes cola. De automaat bevat al 72 flesjes water en 100 flesjes cola. Hoeveel flesjes cola moeten er nog bij als je dezelfde verhouding wilt behouden?’. Som 9 tot en met som 12 zijn transfer sommen ($\alpha = .43$), bestaande uit twee ontbrekende-waarde sommen en twee transformatie sommen in een nieuwe context, zoals ‘Een wandelaar loopt een berg op. Over 80 meter doet hij 60 seconden. Hoelang zal de wandelaar nodig hebben om 120 meter af te leggen?’.

De leerling heeft 20 minuten de tijd om de Domeinkennistoets te maken. Berekeningen dienen zonder rekenmachine te worden verkregen. In de linker kolom van het antwoordblad dient de berekening te worden genoteerd en in de rechterkolom het antwoord. De score van een leerling op ontbrekende-waarde domeinkennis, transformatie domeinkennis en transfer domeinkennis wordt berekend door het aantal correcte antwoorden per subschaal te sommeren. Per subschaal is een minimale score van 0 en een maximale score van 4 mogelijk.

Self-Efficacy Vragenlijst. Self-efficacy dient te worden gemeten met een vragenlijst die aansluit op de doelgroep en het gemeten domein (Bandura, 2006). Aangezien er geen

specifieke self-efficacy vragenlijst beschikbaar is voor vmbo-leerlingen met betrekking tot verhoudingssommen, werd voor dit onderzoek een self-efficacy vragenlijst ontwikkeld.

Het doel van de ontwikkelde Self-Efficacy Vragenlijst is het meten van de mate waarin leerlingen zichzelf in staat achten om de aangeboden verhoudingssommen te kunnen oplossen. De Self-Efficacy Vragenlijst (Bijlage 6) is individueel af te nemen met pen en papier. De Self-Efficacy Vragenlijst ($\alpha = .95$) bestaat uit een instructieblad en 12 inschattingbalken (Figuur 6). Bij elke balk staan 11 waarden genoteerd, gelijkmatig oplopend in waarde van 0 tot 100. De leerling wordt gevraagd om bij elke balk het getal te omcirkelen waarmee het zelfvertrouwen van de leerling het beste gerepresenteerd wordt. Hoe hoger de waarde van het omcirkelde getal, hoe hoger de ervaren zekerheid van de leerling om de bijbehorende hoeveelheid verhoudingssommen op te kunnen lossen.



Figuur 6. Voorbeeld van de Self-Efficacy Vragenlijst

De leerling kijkt eerst 1 minuut de Domeinkennistoets door. Vervolgens dient de leerling de Domeinkennistoets te sluiten en de Self-Efficacy Vragenlijst erbij te pakken. Bij de eerste balk dient de leerling het getal te omcirkelen dat de zekerheid van de leerling representeert. Gevraagd wordt hoe zeker de leerling ervan is één verhoudingssom uit de Domeinkennistoets te kunnen oplossen. Bij de tweede balk wordt gevraagd hoe zeker de leerling ervan is *twee* van de verhoudingssommen uit de Domeinkennistoets te kunnen oplossen. Elke balk betreft een andere hoeveelheid Domeinkennistoets-vragen, waarbij de laatste balk vraagt hoe zeker de leerling ervan is *alle* verhoudingssommen correct te kunnen oplossen (Bijlage 6). De score van een leerling op self-efficacy wordt bepaald door de omcirkelde waarden bij de balken te sommeren. Hoe hoger de eindscore van een leerling, hoe hoger de self-efficacy van deze leerling is met betrekking tot het kunnen oplossen van de aangeboden verhoudingssommen.

Data-Analyse

In IBM SPSS Statistics Data Editor 18 zijn de demografische gegevens en testcores van de leerlingen op de TTR, Domeinkennistoets en Self-Efficacy Vragenlijst ingevoerd. De logfiles van het serious gaming zijn geïmporteerd. Met SPSS-functie *compute* zijn op basis van de geregistreerde data variabelen berekenend om de hypothesen te toetsen.

Rekenvaardigheidsscore. Het aantal correct beantwoorde TTR-sommen van een leerling werd per subschaal gesommeerd. Als resultaat werd per leerling het aantal correct beantwoorde plus-, min-, keer-, deel- en mixsommen berekend. Deze scores werden gesommeerd om voor iedere leerling de totaalscore op rekenvaardigheid te berekenen.

Domeinkennisscore. Het aantal correct beantwoorde verhoudingssommen op de Domeinkennistoets is per subschaal gesommeerd. Als resultaat werd per leerling het aantal correct beantwoorde ontbrekende-waarde sommen, transformatie sommen en transfer sommen berekend. Vervolgens is met SPSS berekend (*count values*) met welke frequentie

elke oplossingsmethode op de ontbrekende-waarde sommen, transformatie sommen en transfer sommen in de Domeinkennistoets is toegepast.

Toegepaste oplossingsmethoden. Een specifiek scoringsformulier (Bijlage 5) is ontwikkeld om de berekeningen van leerlingen op de Domeinkennistoets te kunnen analyseren. Op dit scoringsformulier staat genoteerd hoe elke som op de Domeinkennistoets op te lossen is met de methode van interne ratio, methode van externe ratio en methode van vereenvoudigen. Per som werd voor iedere leerling gecodeerd of er geen oplossingsmethode is genoteerd (Categorie 0), of de oplossingsmethode niet te herleiden is (Categorie 1), of de methode van interne ratio (Categorie 2), de methode van externe ratio (Categorie 3) of de methode van vereenvoudigen (Categorie 4) is genoteerd. Vervolgens is met SPSS berekend (count values) hoe vaak iedere leerling een bepaalde oplossingsmethode toepaste bij het oplossen van ontbrekende-waarde sommen, transformatie sommen of transfer sommen.

Self-efficacy score. Voor iedere leerling werd de self-efficacy score berekend door de omcirkelde waarden op de Self-Efficacy Vragenlijst te sommeren.

Totaal aantal gemaakte sommen in serious game. Voor iedere leerling werd het totaal aantal gemaakte sommen per level berekend, door met de SPSS-functie count values te tellen in welke sommen de leerling minstens een poging heeft gedaan om de som op te lossen. De resulterende scores zijn gesommeerd om de prestaties in de refreshment game en mix-it game afzonderlijk te meten. Deze scores zijn vervolgens gesommeerd om per leerling het aantal gemaakte sommen in de totale serious game te berekenen.

Percentage correcte sommen. Voor iedere leerling werd het aantal correct beantwoorde sommen in de serious game berekend. Om het percentage correcte sommen te berekenen, werd het *totaal aantal correct beantwoorde sommen in de serious game* gedeeld door het *totaal aantal gemaakte sommen in de serious game*. De resulterende waarde werd vermenigvuldigd met het getal 100, om het percentage correcte antwoorden te berekenen.

Uitschieters. In beide condities bevonden zich leerlingen met in verhouding hoge testcores. In de ESI-conditie waren er uitschieters met hoge scores op rekenvaardigheid ($N = 1$), transformatie domeinkennis ($N = 3$) en transfer domeinkennis ($N = 4$). In de ASI-conditie waren er uitschieters op ontbrekende-waarde domeinkennis ($N = 4$). Geen van deze uitschieters betrof dezelfde leerling. Bovendien zijn er geen uitschieters met extreem lage testcores in verhouding tot andere leerlingen in de steekproef. Vrijwel alle leerlingen scoorden laag op rekenvaardigheid, domeinkennis en self-efficacy, waardoor de leerlingen met correct beantwoorde sommen zeer snel uitschietende scores hadden. De resultaten van alle leerlingen werden meegenomen in de data-analyse.

Normaalverdeling. Er is sprake van een normaalverdeling op rekenvaardigheid en self-efficacy, zoals aangetoond met de Shapiro Wilk test ($p > .05$). Op ontbrekende-waarde domeinkennis, transformatie domeinkennis en transfer domeinkennis is er geen sprake van een normaalverdeling ($p < .01$). Aan de vuistregel van de centrale limietstelling wordt voldaan, aangezien er zich in beide condities minimaal 30 leerlingen bevinden.

Homogeniteit van variantie. Er is sprake van homogeniteit van variantie op rekenvaardigheid, $F(1, 69) = 1.06, p > .05$, ontbrekende-waarde domeinkennis, $F(1, 69) = 0.12, p > .05$, self-efficacy, $F(1, 69) = 0.06, p > .05$, het aantal gemaakte sommen in de refreshment game, $F(1, 69) = 1.57, p > .05$, het percentage correct beantwoorde sommen in de refreshment game, $F(1, 69) = 0.59, p > .05$, het percentage correct beantwoorde sommen in de mix-it game, $F(1, 69) = 3.16, p > .05$, het percentage correct beantwoorde sommen in de totale serious game, $F(1, 69) = 1.66, p > .05$. Tevens is er sprake van homogeniteit van variantie op de toegepaste oplossingsmethoden, zoals de mate waarin de methode van interne ratio, $F(1, 69) = 2.20, p > .05$, de methode van externe ratio, $F(1, 69) = 1.80, p > .05$, en de methode van vereenvoudigen, $F(1, 69) = 0.16, p > .05$, zijn toegepast.

Er is geen sprake van gelijkheid van variantie op transformatie domeinkennis, $F(1, 69) = 6.18, p < .05$, transfer domeinkennis, $F(1, 69) = 5.99, p < .05$, het aantal gemaakte sommen in de mix-it game, $F(1, 69) = 6.28, p > .05$, en het aantal gemaakte sommen in de totale serious game, $F(1, 69) = 5.86, p > .05$. Bij grote steekproefgroottes heeft Levene's test veelal een hoge gevoeligheid en hiermee veelal een onterechte aantoning van heterogeniteit van variantie (Field, 2014). Desondanks is er sprake van homogeniteit van variantie op rekenvaardigheid, ontbrekende-waarde domeinkennis, transformatie domeinkennis en self-efficacy. De populaties worden om deze reden verondersteld uit de dezelfde populatie te komen. Er wordt parametrisch getoetst om de opgestelde hypothesen te toetsen.

Resultaten

De scores van de leerlingen op rekenvaardigheid, domeinkennis en self-efficacy zijn weergegeven per conditie (Tabel 2). De leerlingen uit de expliciete conditie (ESI-conditie) en adaptieve conditie (ASI-conditie) scoorden op de voormeting vergelijkbaar op rekenvaardigheid, $t(69) = -1.59, p = .12$, ontbrekende-waarde domeinkennis, $t(69) = -1.20, p = .23$, self-efficacy, $t(69) = -0.20, p = .84$, het percentage correcte antwoorden in de refreshment game, $t(69) = 0.42, p = .34$, het percentage correcte antwoorden in de mix-it game, $t(69) = 0.42, p = .68$, en het percentage correcte antwoorden in de serious game als geheel, $t(69) = 0.25, p = .80$. In vergelijkbare mate werden de methode van interne ratio, $t(69) = -1.34, p = .19$, methode van externe ratio, $t(69) = -0.76, p = .45$, en methode van vereenvoudigen, $t(69) = -0.71, p = .48$ toegepast op de Domeinkennistoets. Leerlingen uit de ESI-conditie scoorden op de voormeting gemiddeld hoger op transformatie domeinkennis, $t(69) = -2.63, p = .01$, en transfer domeinkennis, $t(69) = -3.47, p < .01$, dan leerlingen uit de ASI-conditie.

Tabel 2

Samenvatting van Resultaten per Conditie

Variabele	Expliciete conditie ^a			Adaptieve conditie ^b		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Range</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Range</i>
Leeftijd	13.38	0.12	12–14	13.80	0.10	12–15
Rekenvaardigheid ^c	110.13	17.63	77–151	117.34	19.99	74–168
Ontbrekende-waarde domeinkennis ^d						
Voormeting	1.40	1.07	0–3	1.73	1.21	0–4
Nameting	2.50	1.28	0–4	2.76	1.04	0–4
Transformatie domeinkennis ^d						
Voormeting	0.60	1.07	0–4	1.37	1.41	0–4
Nameting	2.03	1.87	0–4	2.29	1.27	0–4
Transfer domeinkennis ^d						
Voormeting	0.33	0.61	0–2	1.02	0.17	0–4
Nameting	1.10	1.19	0–4	1.49	1.29	0–4
Self-efficacy ^e						
Voormeting	54.22	18.46	21–90	55.15	19.66	4–92
Nameting	57.92	16.98	72–13	61.64	17.14	3–92

Opmerking. ^a*N* = 30. ^b*N* = 41.

^cPotentiële range = 0–200. ^dPotentiële range = 0–4. ^ePotentiële range = 0–100

Hypothese 1

De eerste hypothese was dat vmbo-leerlingen beter presteren tijdens het serious gaming na het krijgen van ESI na het krijgen van ASI. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen het aantal gemaakte sommen in de serious game en het percentage correct beantwoorde sommen in de serious game. Tabel 3 toont per conditie de prestaties in de serious game.

Tabel 3

Prestaties in de Serious Game per Conditie

<i>Prestaties serious gaming</i>	Expliciete conditie ^a			Adaptieve conditie ^b		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Range</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Range</i>
Aantal gemaakte sommen ^c						
Refreshment game	7.93	3.21	4-14	10.22	2.56	4-16
Mix-It game	6.47	3.37	1-16	8.90	2.30	4-12
Gehele game	14.40	6.30	5-30	19.12	4.40	12-28
Percentage correct ^d						
Refreshment game	90.33	11.87	56-95	93.04	11.49	56-95
Mix-It game ^g	65.99	29.42	0-100	62.70	35.45	0-100
Gehele game ^h	79.59	16.96	38-100	78.49	18.77	38-100

Opmerking. ^a*N* = 30. ^b*N* = 41.

^cPotentiële range = 0–16. ^dPotentiële range = 0–100.

Aantal gemaakte sommen. Een Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) is uitgevoerd met conditie (expliciet en adaptief) als *fixed factor*. Het aantal gemaakte sommen in de refreshment game, het aantal gemaakte sommen in de mix-it game en het aantal gemaakte sommen in de serious game als geheel zijn de afhankelijke variabelen.

De MANOVA toont een multivariaat hoofdeffect van conditie op het aantal gemaakte sommen in de serious game, *Wilks's lambda* = .83, $F(2, 68) = 6.91$, $p < .01$, $\eta^2 = .17$.

Univariate effecten tonen dat de condities significant verschillend scoren met betrekking tot het aantal gemaakte sommen in de refreshment game, $F(1, 69) = 90.55$, $p < .01$, $\eta^2 = .14$,

mix-it game, $F(1, 69) = 102.78$, $p < .01$, $\eta^2 = .16$, en de serious game als geheel,

$F(1, 69) = 13.86$, $p < .01$, $\eta^2 = .17$. In de ASI-conditie werden meer sommen gemaakt dan in de ESI-conditie.

De condities scoren significant verschillend op de voormeting met betrekking tot transformatie domeinkennis en transfer domeinkennis. Om meer inzicht te verkrijgen in de mogelijke effecten van covariaten op de prestaties tijdens het serious gaming, werden eerst correlaties berekend. Indien covariaten niet samenhangen met de onafhankelijke variabele maar wel samenhangen met de afhankelijke variabelen, dan mag een Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA) worden uitgevoerd. De correlatie tussen de onafhankelijke variabele (conditie) en transformatie domeinkennis (covariaat) is zwak ($r = .29$). Conditie hangt tevens zwak samen met transfer domeinkennis ($r = .36$). De correlaties tussen transformatie domeinkennis (covariaat) en het aantal gemaakte sommen in de refreshment game ($r = .34$), mix-it game ($r = .23$) en serious game als geheel ($r = .30$) zijn laag. De correlatie tussen transfer domeinkennis (covariaat) en het aantal gemaakte sommen in de refreshment game ($r = .45$), mix-it game ($r = .45$) en serious game als geheel ($r = .48$) is laag. Aangezien de covariaten niet samenhangen met de afhankelijke variabelen wordt er geen MANOVA met covariaten (MANCOVA) uitgevoerd.

Percentage correct. Een Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) is uitgevoerd met conditie (expliciet en adaptief) als *fixed factor*. Het percentage correct beantwoorde sommen in de refreshment game, het percentage correct beantwoorde sommen in de mix-it game en het percentage correct beantwoorde sommen in de serious game als geheel zijn de afhankelijke variabelen.

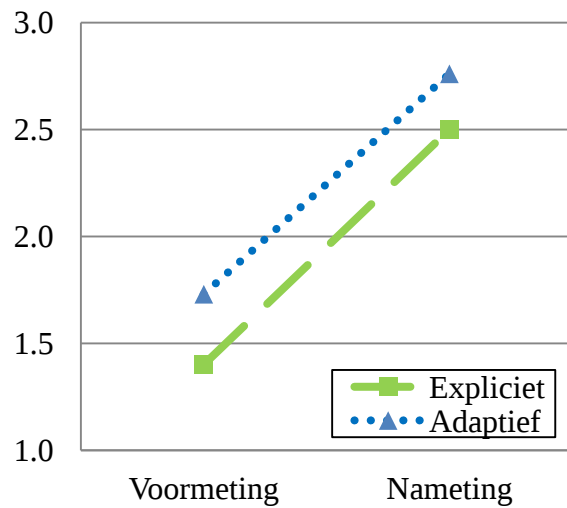
De MANOVA toont geen multivariaat hoofdeffect van conditie op het percentage correct beantwoorde sommen in de serious game, $Wilks's\ \lambda = .96$, $F(3, 65) = 0.88$, $p = .46$, $\eta^2 = .04$. Het is mogelijk dat de hogere voorkennis van de ASI-conditie ten opzichte van de ESI-conditie met betrekking tot transformatie domeinkennis en transfer domeinkennis leidde tot het niet vinden van een effect van conditie. Zoals eerder berekend is de correlatie tussen de onafhankelijke variabele (conditie) en transformatie domeinkennis zwak ($r = .29$). Tevens

is de correlatie tussen conditie en transfer domeinkennis zwak ($r = .36$). De correlatie tussen transformatie domeinkennis (covariaat) en het percentage correcte antwoorden in de refreshment game ($r = .02$), mix-it game ($r = .34$) en serious game als geheel ($r = .30$) is laag. De correlatie tussen transfer domeinkennis (covariaat) en het percentage correcte antwoorden in de refreshment game ($r = .15$), mix-it game ($r = .07$) en serious game als geheel ($r = .15$) is tevens laag. Aangezien de covariaten niet samenhangen met de afhankelijke variabelen wordt er geen MANOVA met covariaten (MANCOVA) uitgevoerd.

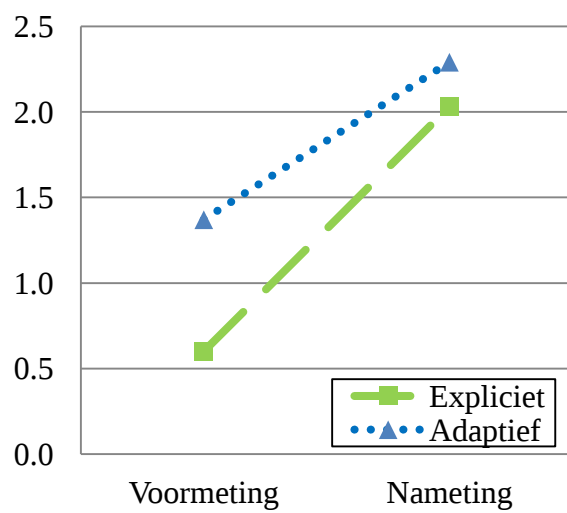
Hypothese 2

De tweede hypothese was dat vmbo-leerlingen meer toenemen in domeinkennis na het krijgen van ESI bij serious gaming dan na het krijgen van ASI bij serious gaming. Een Mixed Design Multivariate Analysis of Variance (Mixed Design MANOVA) is uitgevoerd met tijd (voormeting domeinkennis en nameting domeinkennis) als *within subjects variabele*. Conditie (expliciet en adaptief) vormt de *between-subjects variabele*. Figuur 7, Figuur 8 en Figuur 9 tonen de ontwikkeling van domeinkennis per conditie.

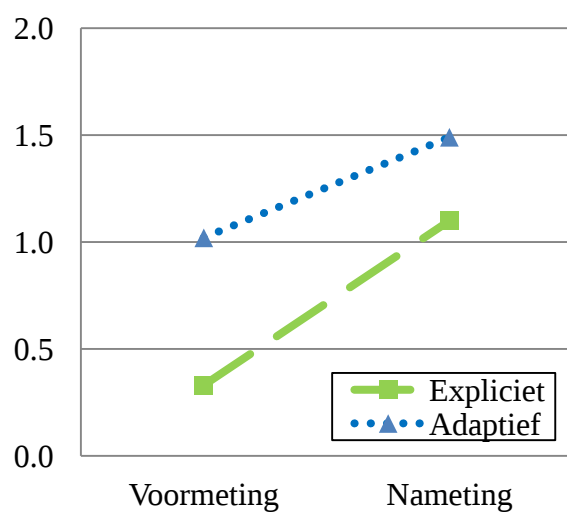
Er is een multivariaat hoofdeffect van tijd op de ontwikkeling van leerlingen gedurende het onderzoek, *Wilks's lambda* = .51, $F(3, 67) = 21.17$, $p < .01$, $r = .49$. Univariate effecten tonen aan dat deelname aan het onderzoek een significant effect heeft op ontbrekende-waarde domeinkennis, $F(1, 69) = 44.34$, $p < .01$, $r = .63$, transformatie domeinkennis, $F(1, 69) = 31.21$, $p < .01$, $r = .56$, en transfer domeinkennis, $F(1, 69) = 22.73$, $p < .01$, $r = .50$. Er is geen multivariaat hoofdeffect van conditie, *Wilks's lambda* = .91, $F(3, 67) = 2.20$, $p = .10$, $r = .18$. Tevens is er geen interactie effect tussen tijd en conditie, *Wilks's lambda* = .96, $F(3, 67) = 0.98$, $p = .41$, $r = .12$. ESI bij serious gaming had geen significant verschillend effect op domeinkennis dan ASI bij serious gaming.



Figuur 7. Ontwikkeling van Ontbrekende-Waarde Domeinkennis per Conditie



Figuur 8. Ontwikkeling van Transformatie Domeinkennis per Conditie

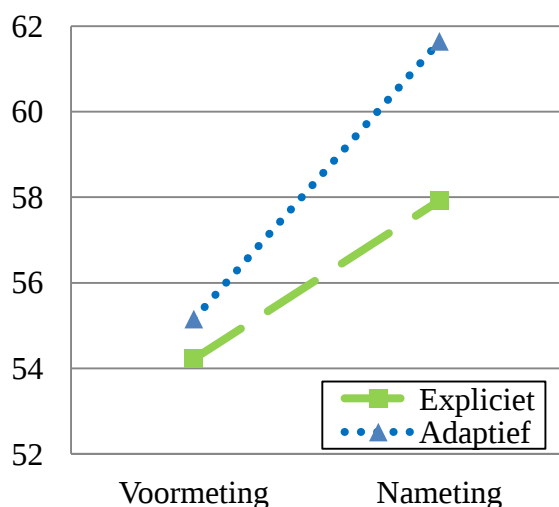


Figuur 9. Ontwikkeling van Transfer Domeinkennis per Conditie

Hypothese 3

De derde hypothese was dat vmbo-leerlingen meer toenemen in domeinkennis na het krijgen van ESI bij serious gaming dan na het krijgen van ASI bij serious gaming. Een Mixed Design Analysis of Variance (Mixed design ANOVA) is uitgevoerd met tijd (voormeting self-efficacy en nameting self-efficacy) als within subjects variabele en conditie als between-subjects variabele.

Er is een hoofdeffect van tijd op de self-efficacy van de leerlingen gedurende het onderzoek, $F(1, 69) = 9.51, p < .01, r = .35$. Er is geen hoofdeffect van conditie op de self-efficacy van leerlingen, $F(1, 69) = 0.33, p = .57, r = .07$. Tevens is er geen interactie effect tussen tijd en conditie op de ontwikkeling van self-efficacy gedurende het onderzoek, $F(1, 69) = 0.72, p = .40, r = .10$. In Figuur 10 is de ontwikkeling van self-efficacy gedurende het onderzoek per conditie grafisch weergegeven.



Figuur 10. Ontwikkeling van Self-Efficacy per Conditie

Hypothese 4. Tot slot werd kwalitatief geanalyseerd of de aangeboden strategie-instructie bij serious gaming leidde tot de beoogde effecten (manipulatie effect). Per conditie werd het percentage berekend waarmee elke oplossingsmethode is toegepast op de Domeinkennistoets (voormeting en nameting). Tabel 4 toont het percentage toegepaste oplossingsmethoden op de Domeinkennistoets per conditie.

Tabel 4

Percentage Toegepaste Oplossingsmethoden op Domeinkennistoets per Conditie

	Expliciete conditie	Adaptieve conditie
Toegepaste methode	%	%
Voormeting		
Methode ontbreekt	62.22	43.29
Methode onherkenbaar	10.56	21.75
Methode van interne ratio	6.94	9.76
Methode van externe ratio	0.83	1.42
Methode van vereenvoudigen	19.44	23.78
Nameting		
Methode ontbreekt	39.72	32.11
Methode onherkenbaar	2.50	5.49
Methode van interne ratio	5.83	12.20
Methode van externe ratio	0.00	7.72
Methode van vereenvoudigen	51.94	42.48

Leerlingen uit beide condities noteerden vaker een oplossingsmethode in de Domeinkennistoets op de nameting dan in de Domeinkennistoets op de voormeting. Tevens noteerden de leerlingen uit beide condities op de nameting vaker een methode die te herleiden was tot de methode van interne ratio, methode van externe ratio of de methode van vereenvoudigen dan op de voormeting.

Leerlingen uit de ESI-conditie hebben de methode van interne ratio en de methode van externe ratio op de nameting minder vaak toegepast dan op de voormeting. De methode van vereenvoudigen werd door de leerlingen uit de ESI-conditie veel vaker toegepast op de

nameting dan op de voormeting. Leerlingen uit de ASI-conditie hebben de methode van interne ratio, de methode van externe ratio en de methode van vereenvoudigen vaker toegepast op de nameting dan op de voormeting. Vooral de methode van vereenvoudigen werd door de leerlingen uit de ASI-conditie vaker toegepast op de Domeinkennistoets van de voormeting dan op de Domeinkennistoets van de nameting.

Discussie en Conclusie

Deze studie onderzocht de impact van strategie-instructie in combinatie met serious gaming op het verhoudingsgewijs rekenen en de self-efficacy van vmbo-leerlingen. Onderscheid werd gemaakt tussen expliciete strategie-instructie (ESI) en adaptieve strategie-instructie (ASI). Met ESI werd geleerd hoe probleemstellingen op te lossen zijn met één standaard operationele oplossingsmethode. Met ASI werd geleerd hoe probleemstellingen op te lossen zijn met meerdere methoden. Verwacht werd dat vmbo-leerlingen meer domeinkennis en self-efficacy zouden kunnen verwerven van ESI bij serious gaming dan van ASI bij serious gaming.

Na het meten van de rekenvaardigheid, domeinkennis en self-efficacy van de vmbo-leerlingen, kregen de vmbo-leerlingen strategie-instructie (ESI of ASI). Leerlingen uit de ESI-conditie kregen strategie-instructie over het oplossen van verhoudingssommen met de methode van vereenvoudigen. Met deze standaard operationele oplossingsmethode zijn alle verhoudingssommen op te lossen. Leerlingen uit de ASI-conditie kregen strategie-instructie over het oplossen van verhoudingssommen met de methode van interne ratio, de methode van externe ratio en de methode van vereenvoudigen.

Na de instructie namen de leerlingen deel aan een serious game. In deze serious game werden de leerlingen geprompt om verhoudingssommen in het spel op te lossen met de door hen geleerde oplossingsmethode(n). Na het serious gaming vond de nameting plaats, waarin de domeinkennis en self-efficacy van de leerlingen werden gemeten.

Als *eerste hypothese* werd gesteld dat vmbo-leerlingen beter zouden presteren tijdens het serious gaming na het krijgen van ESI dan na het krijgen van ASI. Hierbij werd verwacht dat er meer sommen in de serious game gemaakt zouden worden door leerlingen uit de ESI-conditie dan door leerlingen uit de ASI-conditie. Op basis van de verkregen resultaten wordt deze hypothese verworpen. Leerlingen die ESI kregen maakten niet meer sommen in de serious game dan leerlingen die ASI kregen. Het tegendeel is waar: leerlingen die ASI kregen maakten meer sommen in de serious game dan leerlingen die ESI kregen. Deze bevinding is verrassend, omdat het krijgen van expliciete instructie het effectief gebruiken van cognitieve capaciteiten kan versterken (Swanson et al, 1999; Tournaki, 2003; Larkin & Ellis, 2004, zoals beschreven in Hannink & Blik, 2009). Het krijgen van instructie en prompts over één oplossingsmethode werd daarom verwacht te leiden tot meer gemaakte sommen en een hoger percentage correct beantwoorde probleemstellingen in de serious game. Veel vmbo-leerlingen hebben voorkeur voor leersituaties waarin leerstof concreet toe te passen is (Den Boer et al., 1993; Van der Sanden, 2003, zoals beschreven in Hamstra & van den Ende, 2006), waardoor het krijgen van ESI werd verwacht te leiden tot meer gemaakte sommen in het spel dan het krijgen van ASI.

Als *tweede hypothese* werd gesteld dat de domeinkennis van vmbo-leerlingen meer zou toenemen van ESI bij serious gaming dan van ASI bij serious gaming. Op basis van de verkregen resultaten wordt deze hypothese gedeeltelijk ondersteund. Zowel de domeinkennis van de vmbo-leerlingen die ESI kregen als de domeinkennis van de leerlingen die ASI kregen nam significant toe na deelname aan de instructieles en het serious gaming. Er was echter geen significant effect van conditie, wat betekent dat het krijgen van ESI niet leidde tot meer domeinkennis dan het krijgen van ASI. Deze bevinding is verrassend, aangezien het krijgen van ESI bij serious gaming leerlingen de mogelijkheid biedt om volledige aandacht richten op leren toepassen van één methode. Verwacht werd dat deze focus op één methode zou

leiden tot meer expliciete kennis en daarom meer transfer, dan het dienen te verspreiden van aandacht over meerdere oplossingsmethoden. Vmbo-leerlingen werden verwacht beter te presteren tijdens het serious gaming wanneer concreet met de leerstof gewerkt kan worden, dan wanneer theoretisch nadenken over de leerstof benodigd is. Voormalig onderzoek toonde namelijk aan dat veel vmbo-leerlingen toepassingsgericht zijn ingesteld en leren het liefst door te doen (Den Boer et al., 1993; Van der Sanden, 2003, zoals beschreven in Hamstra & van den Ende, 2006). De bevinding dat strategie-instructie bij serious gaming leidde tot een toename in domeinkennis in beide condities sluit aan op onderzoeksresultaten uit voormalig onderzoek, stellend dat strategie-instructie kan bijdragen aan effectieve kennisverwerving en het effectief gebruiken van cognitieve capaciteiten (Swanson et al., 1999; Tournaki, 2003; Larkin & Ellis, 2004, zoals beschreven in Hannink & Blik, 2009).

Als *derde hypothese* werd gesteld dat de self-efficacy van vmbo-leerlingen meer zou toenemen van ESI bij serious gaming dan van ASI bij serious gaming. Op basis van de verkregen resultaten wordt deze hypothese gedeeltelijk ondersteund. De self-efficacy van de vmbo-leerlingen nam toe, ongeacht de strategie-instructie en serious game waaraan de leerlingen deelnamen. Er was geen significant effect van conditie, wat betekent dat het krijgen van ESI bij serious gaming niet leidde tot meer self-efficacy dan het krijgen van ASI bij serious gaming.

De bevinding dat de self-efficacy van de leerlingen toenam na deelname aan de instructieles en het serious gaming sluit aan op resultaten uit voormalig onderzoek, stellend dat serious gaming zelfvertrouwen en competentiegevoelens van leerlingen kan versterken (Radford, 2000; Cunningham, 1994, zoals beschreven in Ku et al., 2013). De self-efficacy van de leerlingen werd echter verwacht meer toe te nemen van ESI bij serious gaming dan van ASI bij serious gaming, omdat het leren toepassen van een strategie die op elke

probleemstelling toe te passen is werd verwacht te leiden tot meer zelfvertrouwen en vertrouwen in de eigen competenties.

Tot slot werd geëvalueerd of de aangeboden strategie-instructie en het serious gaming leidden tot de beoogde effecten. Leerlingen uit beide condities noteerden na de instructieles en het serious gaming vaker een oplossingsmethode op de Domeinkennistoets dan dat ze dit deden alvorens deelname aan het onderzoek. Tevens noteerden de leerlingen uit beide condities op de nameting vaker een methode die te herleiden was tot de methode van interne ratio, methode van externe ratio of de methode van vereenvoudigen dan op de voormeting. Leerlingen die ESI kregen noteerden op de nameting vaker de methode van vereenvoudigen. De methode van interne ratio en externe ratio werden door deze leerlingen beduidend minder toegepast na deelname aan de instructieles en het serious gaming. Leerlingen die ASI kregen namen toe in het toepassen van de methode van interne ratio, methode van externe ratio en methode van vereenvoudigen. De aangeboden strategie-instructie en het serious gaming hebben daarom het beoogde effect bereikt.

Deze resultaten sluiten aan op literatuur over het Activerende Directe Instructie model. Het ADI-model includeert interactiviteit in instructielessen, waardoor het ADI-model zeer geschikt werd geacht voor het ontwikkelen van de instructieles voor de vmbo-leerlingen in dit onderzoek. De bevinding dat de instructieles leidde tot de beoogde leerresultaten sluit aan op de theorie dat het benutten van de fases ‘terugblik, oriëntatie, instructie, begeleide inoefening, zelfstandige verwerking, evaluatie en terug- en vooruitblik’ in instructielessen tot succesvolle leerprestaties leidt (Kerpel, n.d.; Veenman, 2001).

Limitaties en Aanbevelingen

Een aantal factoren kunnen van invloed zijn geweest op de gevonden resultaten. Zo hebben niet alle leerlingen de serious game kunnen uitspelen. Niet alle leerlingen zijn hierdoor in staat geweest om de geleerde oplossingsmethode(n) volledig toe te passen. Als

gevolg hiervan zijn de leerlingen wellicht minder toegenomen in domeinkennis en self-efficacy dan het geval zou zijn geweest wanneer de leerlingen het volledige spel hadden uitgespeeld. Aanbevolen wordt om leerlingen in vervolgonderzoek meer tijd te geven om de serious game uit te spelen.

Leerlingen die ESI kregen werden gestimuleerd om de standaard operationele oplossingsmethode toe te passen tijdens het oplossen van verhoudingssommen. Leerlingen die ASI kregen werden voor een keuze gesteld: het toepassen van de standaard operationele oplossingsmethode of het toepassen van andere oplossingsmethoden. De resultaten tonen aan dat de standaard operationele oplossingsmethode vaker werd toegepast door leerlingen die ESI kregen dan door leerlingen die ASI kregen. Echter, deze standaard operationele oplossingsmethode was tevens de meest toegepaste oplossingsmethode van leerlingen die ASI kregen. De mogelijkheid bestaat dat vmbo-leerlingen een voorkeur hebben voor het toepassen van een oplossingsmethode waarmee alle sommen op te lossen zijn. Doordat de meeste leerlingen kozen voor deze methode, werden de methode van interne ratio en de methode van externe ratio wellicht te weinig toegepast om tot een zichtbaar effect te leiden. Ook kan het zijn dat de methode van interne ratio of de methode van externe ratio te moeilijk of onbekend zijn voor de leerlingen, waardoor deze methoden minder zijn toegepast dan de standaard operationele oplossingsmethode.

Opvallend is dat het krijgen van ESI niet leidde tot meer toegenomen domeinkennis en self-efficacy dan het krijgen van ASI, terwijl de leerlingen ondersteund werden in het toepassen van de verwachte voorkeursstrategie. Mogelijk waren de prompts om de standaard operationele oplossingsstrategie toe te passen minder duidelijk dan de prompts om verscheidene methoden toe te passen. Het kan zijn dat er hierdoor geen verschillend effect van ESI versus ASI bij serious gaming is gevonden op de domeinkennis en self-efficacy van

de vmbo-leerlingen. Aanbevolen wordt om vervolgonderzoek te richten op het onderzoeken van de verschillende effecten van de aangeboden prompts bij het serious gaming.

Gedurende het onderzoek behaalden leerlingen in de ESI-conditie gemiddeld lagere scores op rekenvaardigheid, domeinkennis en self-efficacy dan leerlingen in de ASI-conditie.

Mogelijk is dit het gevolg van verschillende steekproefgroottes per conditie. Aanbevolen wordt om vervolgonderzoek te realiseren met meer leerlingen per conditie. Ook wordt aanbevolen om in elke conditie een balans in leerjaar, leeftijd en geslacht te realiseren.

Literatuur

- Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. In Pajares, F. & Urdan, T. (Red.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (pp. 307-337).
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academies Press.
- Centraal Bureau voor de Statistiek (2015). *VO; examenkandidaten en gediplomeerden, onderwijssoort en leeftijd*. Den Haag/ Heerlen.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: how students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145–182. [http://dx.doi.org/10.1016/0364-0213\(89\)90002-5](http://dx.doi.org/10.1016/0364-0213(89)90002-5)
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining gamification. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference* (pp. 9–15). <http://dx.doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Erhel, S., & Jamet, E. (2013). Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers & Education*, 67, 156-167. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.019>
- Fernández, C., Llinares, S., Van Dooren, W., De Bock, D., & Verschaffel, L. (2012). The development of students' use of additive and proportional methods along primary and secondary school. *European journal of psychology of education*, 27, 421-438. <http://dx.doi.org/10.1007/s10212-011-0087-0>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics: and sex and drugs and rock 'n' roll*. London: Sage publications.
- Fuson, K. C., & Abrahamson, D. (2005). Understanding ratio and proportion as an example of the Apprehending Zone and Conceptual-Phase problem-solving models. In Campbell, J.I.D. (Red.). *Handbook of mathematical cognition* (pp. 213-234).

- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & gaming*, 33, 441-467. <http://dx.doi.org/10.1177/1046878102238607>
- Greitzer, F. L., Kuchar, O. A., & Huston, K. (2007). Cognitive science implications for enhancing training effectiveness in a serious gaming context. *Journal on Educational Resources in Computing*, 7, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1145/1281320.1281322>
- Hamstra, D. G., & Van den Ende, J. (2006). *De vmbo-leerling: onderwijspedagogische- en ontwikkelingspsychologische theorieën*. Amersfoort: CPS.
- Hannink, G. J., & Blik, H. (2009). *Effecten van strategie-instructie versus directe instructie in het Praktijkonderwijs*. Groningen: GION/ Rijksuniversiteit Groningen.
- Jitendra, A. K., Star, J. R., Starosta, K., Leh, J. M., Sood, S., Caskie, G., Hughes, C. L., & Mack, T. R. (2009). Improving seventh grade students' learning of ratio and proportion: The role of schema-based instruction. *Contemporary Educational Psychology*, 34, 250-264. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cedpsych.2009.06.001>
- Ke, F. (2008). A case study of computer gaming for math: Engaged learning from gameplay? *Computers & Education*, 51, 1609-1620. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2008.03.003>
- Kebritchi, M., Hirumi, A., & Bai, H. (2008). The effects of modern math computer games on learners' math achievement and math course motivation in a public high school setting. *British Journal of Educational Technology*, 38, 49-259.
- Kebritchi, M., Hirumi, A., & Bai, H. (2010). The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. *Computers & education*, 55, 427-443. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.02.007>
- Kerpel, A. (n.d.). *Effectieve instructie met het directe instructiemodel*. Verkregen via <http://wij-leren.nl/directe-instructie-model.php>

- Kirriemuir, J., & McFarlane, A. (2004). Literature review in games and learning. A Graduate School of Education, University of Bristol: Futurelab.
- Ku, O., Chen, S. Y., Wu, D. H, Lao, A. C. C., & Chan, T. W. (2014). The effects of game-based learning on mathematical confidence and performance: High ability vs. low ability. *Educational Technology & Society*, 17, 65–78.
- Leemkuil, H., & de Jong, T. (2011). Instructional support in games. In S. Tobias & J. D. Fletcher (Red.), *Computer games and instruction* (pp. 353-369). Scottsdale: IAP Inc.
- Li, M. C., & Tsai, C. C. (2013). Game-based learning in science education: A review of relevant research. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 877–898. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-013-9436-x>
- Liu, M., Horton, L., Olmanson, J., & Toprac, P. (2011). A study of learning and motivation in a new media enriched environment for middle school science. *Educational Technology Research and Development*, 59, 249–265. <http://dx.doi.org/10.1007/s11423-011-9192-7>
- Mayer, R. E. & Johnson, C. L. (2010). Adding instructional features that promote learning in a game-like environment. *Journal of Educational Computing Research*, 42, 241–265. <http://dx.doi.org/10.2190/EC.42.3.a>
- Nietfeld, J. L. & Shraw, G. (2002). The effect of knowledge and strategy training on monitoring accuracy. *The Journal of Educational research*, 95, 131-142. <http://dx.doi.org/10.1080/00220670209596583>
- Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (2003). *Leren voor het leven. Welke aanpak hanteren leerlingen om te leren? Resultaten van PISA 2000. Samenvattend overzicht van de bevindingen.*
- O'Neil, H. F., Wainess, R., & Baker, E. L. (2005). Classification of learning outcomes: evidence from the computer games literature. *Curriculum Journal*, 16, 455–474. doi:10.1080/09585170500384529

- Quinn, C. (2005). *Engaging learning: Designing e-learning simulation games*. San Francisco: Pfeiffer.
- Radford, A. (2000). Games and learning about form in architecture. *Automation in Construction*, 9, 379–385. doi 10.1016/S0926-5805(99)00021-7
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology*, 25, 54–67. <http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Ryan, R. M., Rigby, C. S., & Przybylski, A. (2006). The motivational pull of video games: A selfdetermination theory approach. *Motivation and Emotion*, 30, 344–360. <http://dx.doi.org/10.1007/s11031-006-9051-8>
- Shute, V. J. & Ke, F. (2012). Games, learning and assessment. In Ifenthaler, D., Eseryel, D. & Ge, X. (Red.), *Assessment in Game-Based Learning* (pp. 43–58). Springer New York. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-3546-4>
- Swanson, H. L. (1989). Strategy instruction: Overview of principles and procedures for effective use. *Learning Disability Quarterly*, 12, 3–14. <http://dx.doi.org/10.2307/1510248>
- Swanson, H. L., Hoskyn, M., & Lee, C. (1999). *Interventions for Students with Learning Disabilities*. New York/London: The Guilford Press
- Ter Vrugte, J., de Jong, T., Wouters, P., Vandercruysse, S., Elen, J. & van Oostendorp, H (2015). When a game supports prevocational math education but integrated reflection does not. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31, 462–480. <http://dx.doi.org/10.1111/jcal.12104>

- Tournaki, N. (2003). The Differential Effects of Teaching Addition Through Strategy Instruction Versus Drill and Practice to Students With and Without Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 36(5), 449-458. <http://dx.doi.org/10.1177/00222194030360050601>
- Vandercruysse, S., Vandewaetere, M., & Clarebout, G. (2012). Game-based learning: A review on the effectiveness of educational games. In M. M. Cruz-Cunha (Red.). *Handbook of Research on Serious Games as Educational, Business, and Research Tools*, (pp. 628-647). Hershey, PA: IGI Global.
- Veenman, S. (2001). *Directe instructie. Paper ten behoeve van de cursus Instructievaardigheden*. Sectie Onderwijs en Educatie. Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Vos, T. de (1992). *Tempo test rekenen handleiding en verantwoording [tempo test arithmetic manual and justification]*. Pearson, Amsterdam.
- Wouters, P., Paas, F. & van Merriënboer, J.G. (2008). How to optimize learning from animated models: A review of guidelines based on cognitive load. *Review of Educational Research*, 78, 645–675. <http://dx.doi.org/10.3102/0034654308320320>
- Wouters, P. & van Oostendorp, H. (2013). A meta-analytic review of the role of instructional support in game-based learning. *Computers & Education*, 60(1), 412–425. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.07.018>

Bijlagen

Bijlage 1. Informatieve email aan docenten

Beste mevrouw, meneer,

Graag neem ik contact met u op naar aanleiding van een lopend onderzoek bij Universiteit Twente. Dit onderzoek heeft als doel om in kaart te brengen hoe educatieve computerspellen bijdragen aan de rekenkundige vaardigheden van vmbo-leerlingen. Meer informatie over dit onderzoek, het overkoepelende project 'Play your way into math' en de voordelen van deelname staat in deze email.

Informatie

De Universiteit van Twente is in samenwerking met de Universiteit van Utrecht en de Universiteit van Leuven gestart met het project “Play your way into math”. Het doel van dit project is te onderzoeken hoe educatieve computerspellen kunnen bijdragen aan de rekenkundige vaardigheden van vmbo-leerlingen.

Als studente psychologie aan Universiteit Twente richt ik mijn afstudeeronderzoek op dit project. Om bij te dragen aan dit project en wetenschappelijk onderzoek, ben ik op zoek naar vmbo scholen die een samenwerking willen aangaan. Deze samenwerking bestaat uit het vinden van leerkrachten (wiskunde of rekenen) die met hun klas(sen) kunnen deelnemen aan dit onderzoek. De voorkeur gaat uit naar vmbo G/T klassen (1^e, 2^e en 3^e leerjaar), maar in overleg is deelname van kader klassen eventueel ook mogelijk.

Voorgaand onderzoek toont veelbelovende resultaten: leerlingen blijken de stof na deelname aan het educatieve spel beter te beheersen. Meer informatie over dit project, afstudeeronderzoek en de betekenis van uw eventuele deelname treft u in de bijlage.

Lessen

Deelname houdt in dat er vier reken-wiskundelessen worden aangeboden over verhoudingssommen met de volgende indeling:

Les 1: kennismaking, uitleg over onderzoek en vragenlijst

Les 2: instructie over verhoudingssommen

Les 3: spelen van het educatieve computerspel in computerlokaal

Les 4: nabespreking, vragenlijst en vragenronde.

Tijdens deze lessen hoeft u geen instructie te geven, de lessen worden volledig verzorgd. Wel is het prettig om tijdens de lessen aanwezig te zijn: het is erg leuk om leerlingen bezig te zien met verhoudingssommen en het educatieve computerspel in les 3. Ook is het prettig om aanwezig te zijn om bij te dragen aan de klassenmanagement.

Mogelijkheden

De lessen zouden kunnen plaatsvinden in april, mei of juni 2015. Deelnemen is mogelijk met een of meerdere klassen uit de onderbouw van het vmbo.

Staat u open voor meer informatie en/of eventuele deelname?

Met vriendelijke groet,

Kim Verhagen BSc

Bijlage 2. Informatieve brief aan ouders/ verzorgers

Enschede, 25 maart 2015

Beste ouder/ verzorger,

Om bij te dragen aan de ondersteuning en ontwikkeling van hun leerlingen, neemt *(schoolnaam en plaatsnaam)* deel aan een afstudeeronderzoek. In deze brief vindt u informatie over dit onderzoek.

De Universiteit van Twente is in samenwerking met de Universiteit van Utrecht en de Universiteit van Leuven gestart met het project ‘Play your way into math’. Het doel van dit project is om te onderzoeken hoe leerzame computerspellen kunnen bijdragen aan de rekenkundige vaardigheden van vmbo-leerlingen.

Om aan dit project bij te dragen, richt ik mijn afstudeeronderzoek op het vinden van een antwoord op de volgende vraag: *hoe kan een leerzaam computerspel met bijpassende instructie bijdragen aan de rekenkundige vaardigheden van leerlingen?*

(Schoolnaam en plaatsnaam) neemt deel aan dit afstudeeronderzoek om bij te dragen aan de ondersteuning en ontwikkeling van hun leerlingen. Dit betekent dat de leerlingen van *(naam wiskundedocent)* tussen *(datum eerste les)* en *(datum vierde les)* vier wiskundelessen zullen krijgen over verhoudingssommen. Deze lessen vinden plaats tijdens de reguliere wiskundelessen van docent *(achternaam wiskundedocent)* en worden door mij aangeboden. Leerlingen krijgen op deze manier de mogelijkheid om verhoudingssommen uitgebreid te oefenen met een leerzaam computerspel. Voorgaand onderzoek is veelbelovend: leerlingen blijken de lesstof na deelname aan het spel beter beheersen.

De prestaties van de groep worden niet per individuele leerling, maar als geheel bekeken.

Conclusies worden getrokken op basis van de gehele groep. Ook worden resultaten anoniem en vertrouwelijk verwerkt.

Meer informatie over mijn afstudeeronderzoek en het project ‘Play your way into math’ vindt u op de achterzijde van deze brief. Als u, om welke reden dan ook, liever niet heeft dat de resultaten van uw kind worden meegenomen in dit onderzoek, wilt u dit dan vóór (*datum eerste les*) doorgeven aan docent (*achternaam wiskundedocent*)? Voor meer informatie kunt u mij mailen via het emailadres: (*emailadres van onderzoeker*)

Bij deze hoop ik u voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

(*naam onderzoeker*)

Informatie project

WAT?



Subgame waarbij dranken in de juiste verhouding worden gemengd.

'Play your way into math' is een wetenschappelijk onderzoeksproject dat zich richt op **game based learning** ofwel het leren met behulp van educatieve spellen.

Het project is een **samenwerkingsverband** tussen de Universiteit van Utrecht, de Universiteit van Twente en de KU Leuven.

Met behulp van een speciaal voor dit onderzoek ontwikkeld spel proberen onderzoekers effecten van verschillende spel- en instructiecomponenten te duiden. Daarnaast zal een effectiviteitsstudie uit moeten wijzen hoe game based learning en traditionele instructie zich ten opzichte van elkaar verhouden.

Het uiteindelijke **doel** is om ontwikkelaars en docenten handvatten te geven voor de ontwikkeling, inrichting en implementatie van effectieve educatieve spellen voor het onderwijs.

VOOR WIE?

Wanneer wetenschappelijk onderzoek zich richt op het secundair onderwijs, vergeet men vaak de leerlingen uit het **VMBO** (Nederland) of het **beroeps secundair onderwijs** (België). Het huidige project richt zich juist op deze doelgroep omdat wij het idee hebben dat game based learning juist voor deze leerlingen, die vaak met motivatiekortoren en weerstand tegen scholing kampen, een uitkomst kan bieden.

HOE?

Speciaal voor dit project is er een **spel** ontwikkeld. Door middel van testen in de praktijk willen we nu onderzoeken wat de effecten van het spel zijn. Tijdens het onderzoek wordt bijvoorbeeld met **kennistoetsen** bepaald of leerlingen vooruitgang boeken en met **vragenlijsten** bekeken hoe leerlingen het spel ervaren. Met behulp van een **logsysteem** krijgen we bovendien zicht op de prestaties en het gedrag van de leerlingen tijdens het spel.



Subgame waarbij koelkasten in de juiste verhouding worden gevuld.

Het spel dat voor dit onderzoeksproject ontwikkeld werd, sluit aan bij de beleavingswereld van de doelgroep. Tijdens het spel krijgen de leerlingen de opdracht om zoveel mogelijk geld te verdienen voor hun vakantie. Deze opdracht vervullen ze door kussens in '**Hotel Zeldenrust**' zo goed en efficiënt mogelijk uit te voeren.

De **leerstof** die in het spel geïmplementeerd is richt zich op het rekendomein van **verhoudingen**. De leerstof is zo geïntegreerd dat de leerlingen hun score alleen kunnen optimaliseren door effectief gebruik te maken van verhoudingen tijdens het uitvoeren van de klussen in het spel. Zo zetten we leerlingen aan om 'spelenderwijs' kennis van verhoudingen te verwerven en onderliggende rekenvaardigheden te trainen.

DE PLANNING

Het project is gestart in 2011 en bestaat uit drie fasen: 1. de ontwikkeling van een prototype en het testen hiervan, 2. onderzoek naar de effectiviteit van verschillende spelelementen en instructiecomponenten en 3. onderzoek naar de (meer)waarde van het educatieve spel ten opzichte van traditionele instructie.

De **eerste fase** (2011-2013) heeft geleid tot een prototype van het **spel**. Dit prototype is in samenwerking met leerkrachten, leerlingen en onderzoekers ontwikkeld en getest. Resultaten zijn positief; het spel helpt leerlingen **meer inzicht** in de **verhoudingsproblematiek** te krijgen. Daarnaast zijn ze geruime tijd intensief taakgericht en vakinhoudelijk bezig en ervaren ze het spelen van het spel als **nuttig**.



Subgame waarbij kussens met de beste verhouding op het dienblad worden geplaatst.

De **tweede fase** (2013-2015), richt zich op onderzoek naar de beste integratie van spel-elementen en leerinhoud. Hierbij worden, tijdens **klassikale testen**, verschillende spel-elementen en instructie-componenten gemanipuleerd. Zo proberen we na te gaan wat de impact is van deze elementen en componenten op de prestatie en motivatie van leerlingen.

Tijdens de **derde fase** (2015-2016) zal gekeken worden hoe het educatieve spel het best **geïntegreerd** kan worden in het **onderwijs**. Daarnaast wordt onderzocht of het spelen van een educatief spel een meerwaarde heeft ten opzichte van traditionele instructie.

Bijlage 3. Scoringsformulier TTR

Plus	Min	Keer	Delen	Mix
2	1	4	2	3
3	1	4	5	1
3	2	7	6	10
5	3	0	5	2
5	3	8	2	5
5	5	30	2	4
8	6	18	10	3
7	7	16	8	20
7	2	40	6	9
10	2	0	3	4
10	3	40	4	3
7	1	9	9	27
10	2	18	7	7
9	5	21	3	9
7	1	16	4	25
15	12	36	7	13
12	6	20	9	6
8	12	32	7	8
12	7	45	7	28
13	13	42	8	3
20	12	72	9	11
17	12	28	3	48
19	8	64	7	19
24	11	56	9	6
19	12	30	3	15
25	23	48	12	18
21	12	39	11	22
23	20	49	3	52
17	17	28	12	3
25	17	64	18	22
23	18	66	12	12
30	25	84	4	84
33	7	69	14	27
35	12	81	4	64
51	5	68	12	65
49	25	92	4	8
55	17	64	3	3
61	44	72	4	60
85	18	84	3	91
98	16	85	3	2
94				
81				

Bijlage 4. Domeinkennistoets**Versie A****Pre. A**

Naam:.....

geboortedatum:.....

Geslacht: man / vrouw

School:.....

Klas:.....

Datum: :.....

Leerweg:

- ☐ basisberoepsgerichte leerweg
- ☐ kaderberoepsgerichte leerweg
- ☐ gemengde leerweg
- ☐ theoretische leerweg

Leerjaar:

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3

- ☐ Dyscalculie
- ☐ Dyslexie



Deze toets bestaat uit 12 rekenproblemen.

Per vraag is er ruimte om je berekening te noteren, je antwoord zet je in de laatste kolom (onder antwoord). Zo is het duidelijk wat je antwoord is.

Vul bij alle problemen een berekening en een antwoord in. Bij het nakijken zal er zowel naar je berekening als naar het antwoord worden gekeken.

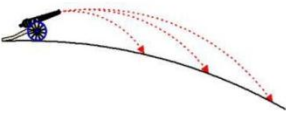
Succes!



In samenwerking met Universiteit Twente, Universiteit Utrecht en Katholieke Universiteit Leuven

berekening	antwoord
1. Om een bananenmilkshake te maken gebruik je 28 bananen en 48 bollen ijs. Hoeveel bollen ijs moet je gebruiken als je 56 bananen gaat gebruiken en dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____	
2. In een drankenautomaat staan per 7 flesjes cola altijd 56 flesjes water. Hoeveel flesjes water moeten er in de automaat als er 10 flesjes cola staan en je dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____	
3. In een koelkast staan per 4 flesjes cola altijd 6 flesjes fanta. Hoeveel flesjes fanta moeten er in de koelkast als er 6 flesjes cola staan en je dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____	
4. In een supermarktschap staan per 54 blikken doperwten altijd 36 blikken worteltjes. Hoeveel blikken worteltjes moeten er in het schap als er 12 blikken doperwten staan en je dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____	

5. In de frisdrankautomaat staan per 24 flesjes water altijd 36 flesjes cola. De automaat bevat al 72 flesjes water en 100 flesjes cola. Hoeveel flesjes cola moeten er nog bij als je dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____ _____	
6. In de koelkasten van een café, staan per 12 flesjes cola altijd 72 flesjes fanta. Eén koelkast bevat momenteel 9 flesjes cola en 44 flesjes Fanta. Hoeveel flesjes fanta moeten er nog bij als je dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____ _____	
7. In een kantine staan twee kannen citroensap. De eerste kan bevat 4 dl citroensap en 10 dl water. In de tweede kan zit al 6 dl citroensap en 12 dl water. Hoeveel water moet nog bij de tweede kan om de smaken gelijk te maken? _____ _____ _____ _____ _____ _____	
8. In een klas staan twee kannen drinkyoghurt. De eerste kan bevat 45 dl yoghurt en 18 dl vruchtensap. De tweede kan bevat 50 dl yoghurt en 10 dl vruchtensap. Hoeveel vruchtensap moet nog bij de tweede kan om de smaken gelijk te maken? _____ _____ _____ _____ _____ _____	

Vraag	Berekening	Antwoord
9. Een vliegtuig doet gemiddeld 120 minuten over 480 kilometer. De totale vliegtijd van het vertrekpunt naar je bestemming is 90 minuten. De piloot vertelt dat je al 260 km hebt afgelegd. Hoeveel kilometer moet je nog vliegen? 		
10. Een luchtballon daalt gemiddeld 27 meter per 18 seconden. Toen de ballon zijn daling begon zat hij op 300 meter hoogte. De ballon is al 100 seconden aan het dalen. Hoelang duurt het nog voor hij op de grond staat?		
11. Een wandelaar loopt een berg op. Over 80 meter doet hij 60 seconden. Hoelang zal de wandelaar nodig hebben om 120 meter af te leggen?		
12. Om een kanonskogel 54 meter ver te schieten heb je 45 gram buskruit nodig. Hoeveel gram buskruit heb je nodig als je de kanonskogel 12 meter ver wilt schieten? 		

Versie B**Pre. B****Naam:**.....**geboortedatum:**.....**Geslacht:** man / vrouw**School:**.....**Klas:**.....**Datum:** :**Leerweg:**

- ☐ basisberoepsgerichte leerweg
- ☐ kaderberoepsgerichte leerweg
- ☐ gemengde leerweg
- ☐ theoretische leerweg

Leerjaar:

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3

☐ Dyscalculie☐ Dyslexie

Deze toets bestaat uit 12 rekenproblemen.

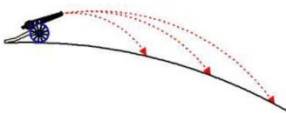
Per vraag is er ruimte om je berekening te noteren, je antwoord zet je in de laatste kolom (onder antwoord). Zo is het duidelijk wat je antwoord is.

Vul bij alle problemen een berekening en een antwoord in. Bij het nakijken zal er zowel naar je berekening als naar het antwoord worden gekeken.

Succes!

berekening	antwoord
1. Om bananenmilkshakes te maken gebruik je 24 bananen en 32 bollen ijs. Hoeveel bollen ijs moet je gebruiken als je 72 bananen gaat gebruiken en dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____	
2. In een drankenautomaat staan per 7 flesjes cola altijd 49 flesjes water. Hoeveel flesjes water moeten er in de automaat als er 10 flesjes cola staan en je dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____	
3. In een koelkast staan per 8 flesjes cola altijd 6 flesjes fanta. Hoeveel flesjes fanta moeten er in de koelkast als er 12 flesjes cola staan en je dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____	
4. In een supermarktschap staan per 54 blikken doperwten altijd 45 blikken worteltjes. Hoeveel blikken worteltjes moeten er in het schap als er 12 blikken doperwten staan en je dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____	

5. In de frisdrankautomaat staan per 32 flesjes water altijd 36 flesjes cola. De automaat bevat al 96 flesjes water en 100 flesjes cola. Hoeveel flesjes cola moeten er nog bij als je dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____	
6. In de koelkasten van een café, staan per 12 flesjes cola altijd 48 flesjes fanta. Eén koelkast bevat momenteel 9 flesjes cola en 26 flesjes Fanta. Hoeveel flesjes fanta moeten er nog bij als je dezelfde verhouding wilt behouden? _____ _____ _____ _____ _____ _____	
7. In een kantine staan twee kannen citroenwater. De eerste kan bevat 6 dl citroensap en 10 dl water. In de tweede kan zit al 9 dl citroensap en 12 dl water. Hoeveel water moet nog bij de tweede kan om de smaken gelijk te maken? _____ _____ _____ _____ _____ _____	
8. In een klas staan twee kannen drinkyoghurt. De eerste kan bevat 27 dl yoghurt en 18 dl vruchtensap. De tweede kan bevat 30 dl yoghurt en 10 dl vruchtensap. Hoeveel vruchtensap moet nog bij de tweede kan om de smaken gelijk te maken? _____ _____ _____ _____ _____ _____	

Vraag	Berekening	Antwoord
9. Een vliegtuig doet gemiddeld 120 minuten over 720 kilometer. De totale vliegtijd van het vertrekpunt naar je bestemming is 90 minuten. De piloot vertelt dat je al 440 km hebt afgelegd. Hoeveel kilometer moet je nog vliegen? 		
10. Een luchtballon daalt gemiddeld 45 meter per 18 seconden. Toen de ballon aan zijn daling begon zat hij op 500 meter hoogte. De ballon is al 100 seconden aan het dalen. Hoelang duurt het nog voor hij op de grond staat?		
11. Een wandelaar loopt een berg op. Over 40 meter doet hij 60 seconden. Hoelang zal de wandelaar nodig hebben om 60 meter af te leggen?		
12. Om een kanonskogel 54 meter ver te schieten heb je 36 gram buskruit nodig. Hoeveel gram buskruit heb je nodig als je de kanonskogel 12 meter ver wilt schieten? 		

Bijlage 5. Scoringsformulier Domeinkennistoets

Scoringsformulier versie A

A	Methode van interne ratio				Methode van externe ratio				Methode van vereenvoudigen						
1	Banaan	28	→x2	56	-				Banaan	28	→:4	7	→ x8	56	
	IJs	48	→x2	96					IJs	48	→:4	12	→ x8	96	
2	-								Cola	7	→:7	1	→ x10	10	
									Water	56	↓ x8	80	Water	56	→:7
3	Cola	4	→x1,5	6					Cola	4	→:2	2	→ x3	6	
	Fanta	6	→ x1,5	9					Fanta	6	→:2	3	→ x3	9	
4	Doperwtten	54	→:4,5	12					Doperwtjes	54	→:18	3	→ x4	12	
	Wortel	36	→ :4,5	8					Wortel	36	→:18	2	→ x4	8	
5	Water	24	→ x3	72	-				Water	24	→:12	2	→x36	72	+0
	Cola	36	→ x3	100					+8	Cola	36	→:12	3	→x36	100
6	Cola	12	→ x0,75	9					Cola	12	→:12	1	→x9	9	+0
	Fanta	72	→ x0,75	44					+10	Fanta	72	→:12	6	→x9	44

A	Methode van interne ratio					Methode van externe ratio					Methode van vereenvoudigen																	
7	<table><tr><td>Citroen</td><td>4</td><td>→ x1,5</td><td>6</td><td>+0</td></tr><tr><td>Water</td><td>10</td><td>→ x1,5</td><td><u>12</u></td><td>+3</td></tr></table>	Citroen	4	→ x1,5	6	+0	Water	10	→ x1,5	<u>12</u>	+3	-		<table><tr><td>Citroen</td><td>4</td><td>→:2</td><td>2</td><td>→x3</td><td>6</td><td>+0</td></tr><tr><td>Water</td><td>10</td><td>→:2</td><td>5</td><td>→x3</td><td><u>12</u></td><td>+3</td></tr></table>	Citroen	4	→:2	2	→x3	6	+0	Water	10	→:2	5	→x3	<u>12</u>	+3
Citroen	4	→ x1,5	6	+0																								
Water	10	→ x1,5	<u>12</u>	+3																								
Citroen	4	→:2	2	→x3	6	+0																						
Water	10	→:2	5	→x3	<u>12</u>	+3																						
8	-	-		<table><tr><td>Yoghurt</td><td>45</td><td>→:9</td><td>5</td><td>→x10</td><td>50</td><td>+0</td></tr><tr><td>Vruchtensap</td><td>18</td><td>→:9</td><td>2</td><td>→x10</td><td><u>10</u></td><td>+10</td></tr></table>	Yoghurt	45	→:9	5	→x10	50	+0	Vruchtensap	18	→:9	2	→x10	<u>10</u>	+10										
Yoghurt	45	→:9	5	→x10	50	+0																						
Vruchtensap	18	→:9	2	→x10	<u>10</u>	+10																						
9	<table><tr><td>Minuten</td><td>120</td><td>→ x0,75</td><td>90</td><td>+0</td></tr><tr><td>Kilometer</td><td>480</td><td>→ x0,75</td><td><u>260</u></td><td>+100</td></tr></table>	Minuten	120	→ x0,75	90	+0	Kilometer	480	→ x0,75	<u>260</u>	+100	-		<table><tr><td>Minuten</td><td>120</td><td>→:12</td><td>10</td><td>→x9</td><td>90</td><td>+0</td></tr><tr><td>Kilometer</td><td>480</td><td>→:12</td><td>40</td><td>→x9</td><td><u>260</u></td><td>+100</td></tr></table>	Minuten	120	→:12	10	→x9	90	+0	Kilometer	480	→:12	40	→x9	<u>260</u>	+100
Minuten	120	→ x0,75	90	+0																								
Kilometer	480	→ x0,75	<u>260</u>	+100																								
Minuten	120	→:12	10	→x9	90	+0																						
Kilometer	480	→:12	40	→x9	<u>260</u>	+100																						
10	-	-		<table><tr><td>Meter</td><td>27</td><td>→:9</td><td>3</td><td>→x100</td><td>300</td><td>+0</td></tr><tr><td>Seconden</td><td>18</td><td>→:9</td><td>2</td><td>→x100</td><td><u>100</u></td><td>+100</td></tr></table>	Meter	27	→:9	3	→x100	300	+0	Seconden	18	→:9	2	→x100	<u>100</u>	+100										
Meter	27	→:9	3	→x100	300	+0																						
Seconden	18	→:9	2	→x100	<u>100</u>	+100																						
11	<table><tr><td>Meter</td><td>80</td><td>→ x 1,5</td><td>120</td></tr><tr><td>Seconden</td><td>60</td><td>→ x 1,5</td><td>90</td></tr></table>	Meter	80	→ x 1,5	120	Seconden	60	→ x 1,5	90	-		<table><tr><td>Meter</td><td>80</td><td>→:20</td><td>4</td><td>→x30</td><td>120</td></tr><tr><td>Seconden</td><td>60</td><td>→:20</td><td>3</td><td>→x30</td><td>90</td></tr></table>	Meter	80	→:20	4	→x30	120	Seconden	60	→:20	3	→x30	90				
Meter	80	→ x 1,5	120																									
Seconden	60	→ x 1,5	90																									
Meter	80	→:20	4	→x30	120																							
Seconden	60	→:20	3	→x30	90																							
12	<table><tr><td>Meter</td><td>54</td><td>→:4,5</td><td>12</td></tr><tr><td>Gram</td><td>45</td><td>→ :4,5</td><td>10</td></tr></table>	Meter	54	→:4,5	12	Gram	45	→ :4,5	10	-		<table><tr><td>Meter</td><td>54</td><td>→:9</td><td>6</td><td>→x2</td><td>12</td></tr><tr><td>Gram</td><td>45</td><td>→:9</td><td>5</td><td>→x2</td><td>10</td></tr></table>	Meter	54	→:9	6	→x2	12	Gram	45	→:9	5	→x2	10				
Meter	54	→:4,5	12																									
Gram	45	→ :4,5	10																									
Meter	54	→:9	6	→x2	12																							
Gram	45	→:9	5	→x2	10																							

Scoringsformulier versie B

B	Methode van interne ratio				Methode van externe ratio				Methode van vereenvoudigen					
1	Banaan	24	→x3	72	-				Banaan	24	→:8	3	→x24	72
	IJs	32	→ x3	96					IJs	32	→:8	4	→x24	96
2	-				Cola	7	↓ x7	10	Cola	7	→:7	1	→x10	10
					Water	49		70	Water	49	→:7	7	→x10	70
3	Cola	8	→x1,5	12	-				Cola	8	→:2	4	→x3	12
	Fanta	6	→x1,5	9					Fanta	6	→:2	3	→x3	9
4	Doperwten	54	→:4,5	12	-				Doperwten	54	→:9	6	→x2	12
	Wortels	45	→:4,5	10					Wortels	45	→:9	5	→x2	10
5	Water	32	→ x3	96	-				Water	32	→:4	8	→x12	96
	Cola	36	→ x3	100					Cola	36	→:4	9	→x12	100
6	Cola	12	→ x0,75	9		Cola	12	9	Cola	12	→:12	1	→x9	9
	Fanta	48	→ x0,75	26					Fanta	48	→:12	4	→x9	26

B	Methode van interne ratio					Methode van externe ratio					Methode van vereenvoudigen						
7	Citroen	6	→ x1,5	9	+0	-					Citroen	6	→:2	3	→x3	9	+0
	Water	10	→ x1,5	<u>12</u>	+3						Water	10	→:2	5	→x3	<u>12</u>	+3
8	-					-					Yoghurt	27	→:3	9	→x2	18	+0
											Vruchtensap	30	→:3	10	→x2	<u>10</u>	+10
9	-										Minuten	120	→:120	1	→x90	90	+0
											Kilometer	720	→:120	6	→x90	<u>440</u>	+100
10	-					-					Meter	45	→:9	5	→x100	500	+0
											Seconden	18	→:9	2	→x100	<u>100</u>	+100
11	Meter	40	→x1,5	60							Meter	40	→:20	2	→x30	60	
	Seconden	60	→x1,5	90							Seconden	60	→:20	3	→x30	90	
12	Meter	54	→:4,5	12							Meter	54	→:18	3	→x4	12	
	Gram	36	→:4,5	8							Gram	36	→:18	2	→x4	8	

Notatie in SPSS

	0	1	2	3	4
Is er een tabel getekend?	Nee, er is geen tabel getekend.	Ja, er is een tabel getekend.			
Is er een berekening genoteerd?	Nee, er is niets genoteerd in het berekeningsvak.	Ja, het berekeningsvak is benut. Voorbeelden zijn een getekende tabel, een met woorden omschreven berekening of gebruikte getallen.			
Welke strategie is toegepast? (tabel wordt niet meegerekend als strategie)	Er is geen strategie zichtbaar.	Er is een strategie zichtbaar, maar het is onduidelijk welke strategie of de strategie is onjuist toegepast.	De methode van interne ratio is toegepast.	De methode van externe ratio is toegepast.	De methode van vereenvoudigen is toegepast.
Wat is het genoteerde antwoord ?	Het concrete antwoord van de leerling wordt genoteerd als scale-variabele. Het ontbreken van een antwoord of het enkel noteren van een berekening in het antwoordvak (zoals 'maal 2' of 'gedeeld door 5') wordt gezien als <i>ontbrekend antwoord</i> (missing value=999).				
Is het antwoord juist ?	Nee, het antwoord is incorrect.	Ja, het antwoord is correct.	Het antwoord is correct, maar de laatste stap ontbreekt: er is niet genoteerd hoeveel er van het ingrediënt moet worden toegevoegd.		

Bijlage 6. Self-Efficacy Vragenlijst

Naam:..... **Klas:**.....

Geslacht: man / vrouw

Datum:.....

Er komen straks 12 rekensommen over verhoudingen.

Hoeveel van deze 12 verhoudingssommen denk je te kunnen oplossen?

Bij elke vraag geef je aan hoe zeker je ervan bent dat je de verhoudingssommen kunt oplossen. Teken op elke lijn een **rondje** om het cijfer dat het beste bij jouw gevoel past.

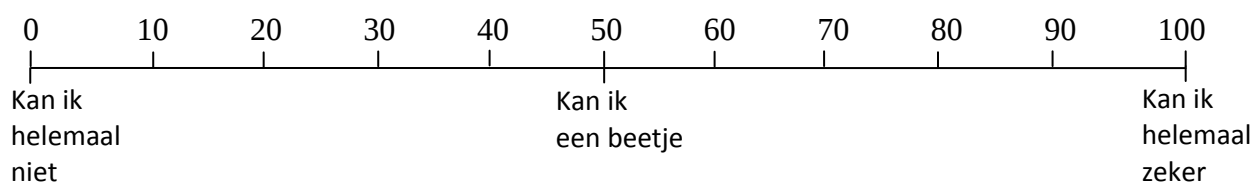
Teken een rondje om het cijfer dat het beste bij jouw gevoel past.

- Een rondje om de 0 betekent dat je denkt het helemaal niet te kunnen.
- Een rondje om de 50 betekent dat je denkt het een beetje te kunnen.
- Een rondje om de 100 betekent dat je denkt het helemaal zeker te kunnen.
- Een rondje tussen deze cijfers in, betekent dat jouw gevoel tussen de twee gevoelens in zit.

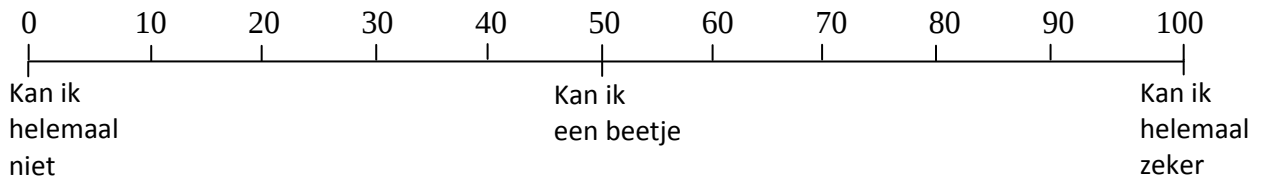
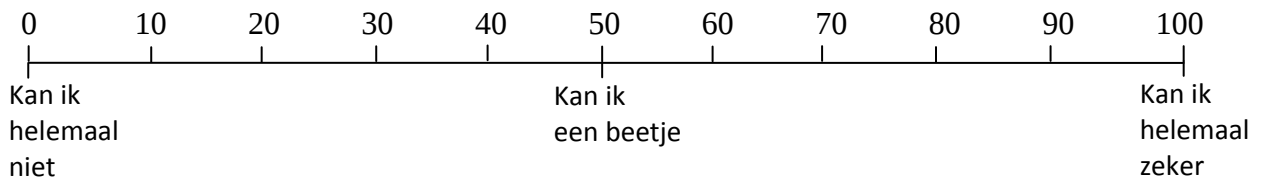
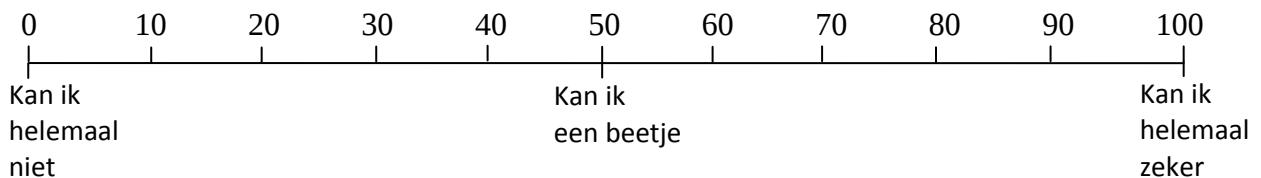
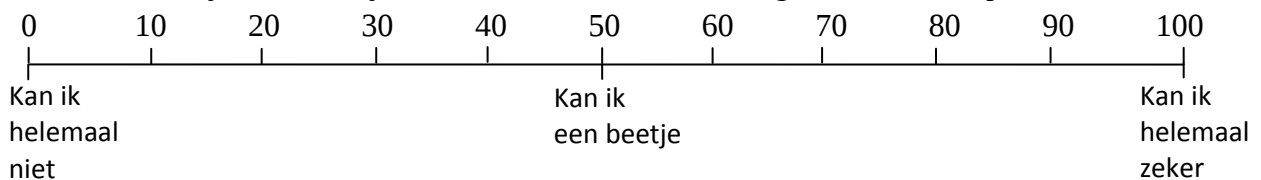
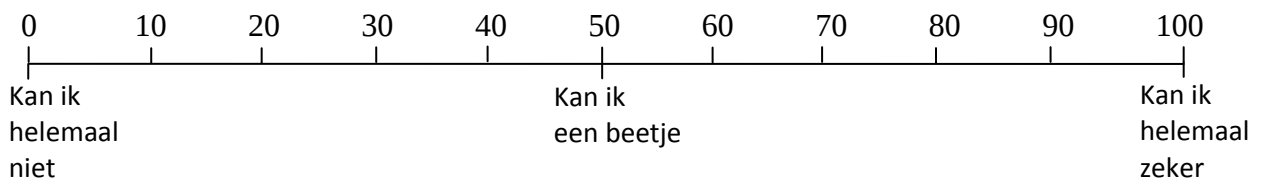
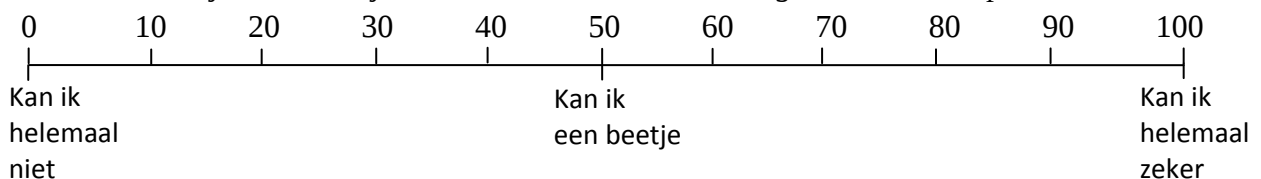
Bijvoorbeeld, stel je voor dat de volgende vraag wordt gesteld:

Hoe zeker denk je het antwoord te kunnen geven op deze vraag?

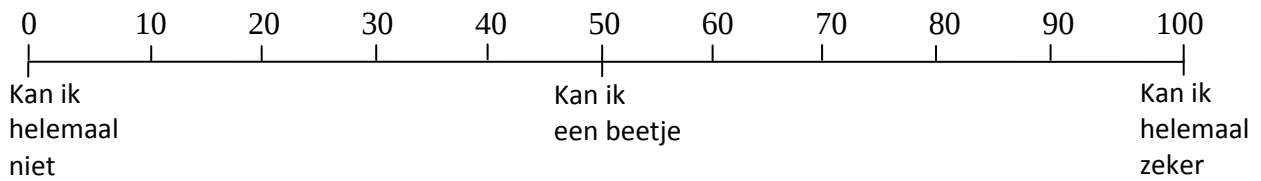
Teken een rondje om het cijfer dat het beste bij jouw gevoel past.



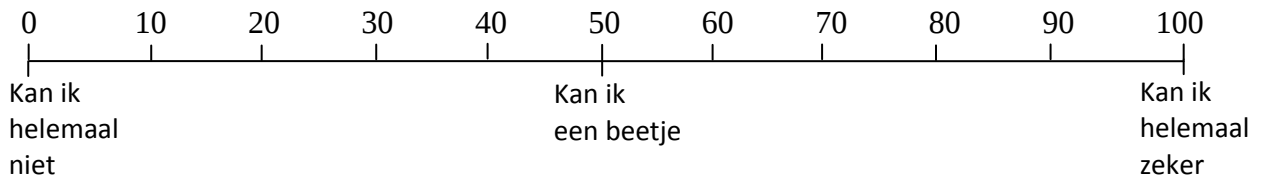
- Een rondje om de 0 betekent dat je denkt het helemaal niet te kunnen.
- Een rondje om de 50 betekent dat je denkt het een beetje te kunnen.
- Een rondje om de 100 betekent dat je denkt het helemaal zeker te kunnen.
- Een rondje tussen deze cijfers in, betekent dat je gevoel er tussenin zit.

Beantwoord de volgende vragen (omcirkel wat voor jou van toepassing is).*Hoe zeker ben je ervan dat je straks **1 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?**Hoe zeker ben je ervan dat je straks **2 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?**Hoe zeker ben je ervan dat je straks **3 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?**Hoe zeker ben je ervan dat je straks **4 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?**Hoe zeker ben je ervan dat je straks **5 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?**Hoe zeker ben je ervan dat je straks **6 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?*

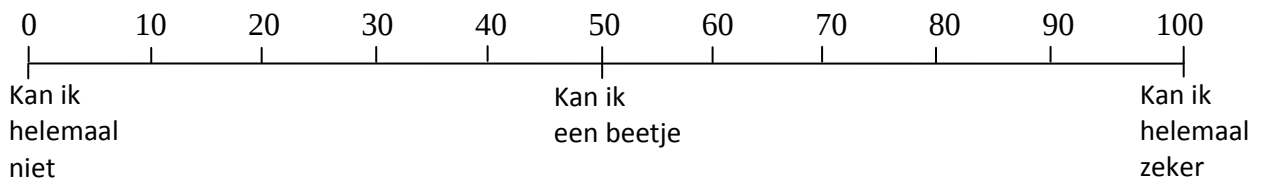
*Hoe zeker ben je ervan dat je straks **7 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?*



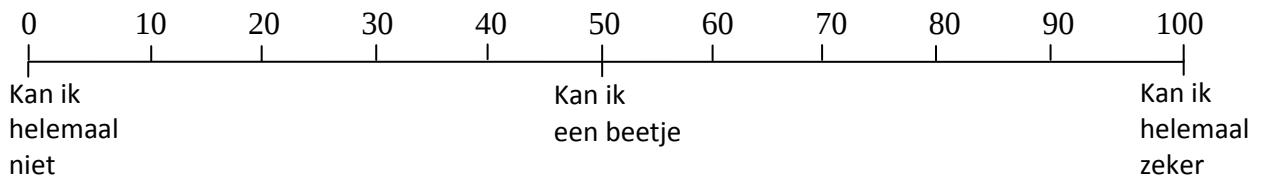
*Hoe zeker ben je ervan dat je straks **8 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?*



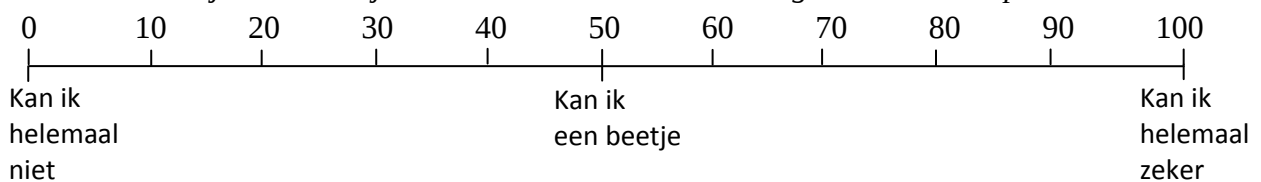
*Hoe zeker ben je ervan dat je straks **9 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?*



*Hoe zeker ben je ervan dat je straks **10 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?*



*Hoe zeker ben je ervan dat je straks **11 van de 12** verhoudingssommen kan oplossen?*



*Hoe zeker ben je ervan dat je straks **alle** verhoudingssommen kan oplossen?*



Bijlage 7. Eerste lesuur

Voorstellen	“Hallo, leuk om jullie te ontmoeten. Ik ben (naam) en ik doe onderzoek naar leerzame computerspellen.”
Terugblik	“Wat weten jullie van leerzame computerspellen? Hebben jullie weleens een leerzaam computerspel gespeeld? Wat leerde je hierbij?” <i>(Doorvragen om interactiviteit en activering van voorkennis te stimuleren)</i>
Oriëntatie	“Leerzame computerspellen zijn spellen waarbij je actief en spelenderwijs kunt leren. Deze spellen kunnen verschillende onderwerpen hebben. Het computerspel dat ik onderzoek is speciaal gemaakt voor leerlingen van de middelbare school. Het spel is mooi vormgegeven en een leuke manier om te leren. Goed nieuws! Over een paar dagen gaan we het spel spelen met deze klas. De dagen voordat we het spel gaan spelen, hebben we eerst twee lessen. In de derde les spelen we het spel, en daarna komt nog één les. Dus in totaal hebben we samen vier lessen. Ik stel voor dat we nu de planning gaan bespreken, zodat we weten waar deze lessen over gaan. Ok, wat gaan we doen vandaag en wat leren we in de volgende lessen? Vandaag gaan we het hebben over verhoudingssommen. Wie weet wat verhoudingssommen zijn? Verhoudingssommen maken het mogelijk om bijvoorbeeld uit te rekenen welke kleding of gadgets in verhouding het goedkoopst zijn, maar ook om lekkere recepten te maken. En om ervoor te zorgen dat je tosti's de juiste verhouding hebben tussen brood, ham en kaas. Verhoudingssommen zijn gemaakt om te leren hoeveel je van het ene nodig hebt en hoeveel je van het andere nodig hebt, om een mooi geheel te maken. Het maken van verhoudingssommen is dus heel handig en het kan je veel opleveren. Vandaag gaan we kijken wat we al weten over verhoudingssommen. Want dan kunnen we van daaruit verder werken. Dit doen we met een soort vragenlijst. Hoe

	dit precies werkt ga ik zo vertellen, maar eerst even een overzicht van wat we de volgende lessen gaan doen. De volgende keer dat we elkaar zien is (datum). Die les gaan we het hebben over de manier waarop we verhoudingssommen kunnen oplossen. De derde keer dat we elkaar zien is (datum). Die les gaan we naar het computerlokaal om het computerspel te spelen. De vierde keer dat we elkaar zien gaan is (datum). Die les gaan we verhoudingssommen maken en bespreken hoe we de lessen vonden. Als je het gevoel hebt dat er iets onduidelijk is mag je hand opsteken en vragen stellen. Ook in de vierde les is er tijd voor vragen. Ook mag je altijd na de les naar mij of (naam van docent) toekomen om je vraag te stellen. Zijn er nu vragen? En vragen over de planning? Ok, dan gaan we nu aan de slag met de eerste les.”
TTR √ Instructie, √ Begeleide in-oefening √ Zelfstandige verwerking	Tempo-Test Rekenen “Om te kijken of het spel leerzaam is, gaan we nu eerst kijken wat jullie al weten. Daarom gaan we nu eerst een soort warming-up doen. We gaan zometeen vijf minuten rekensommen maken, zoals optellen en delen. Dit gaan we als volgt doen: zometeen krijgt iedereen een vel papier uitgedeeld. Deze laten we liggen met de lege kant naar boven, en we wachten even met omdraaien totdat iedereen een papier heeft. Dit doen we, zodat iedereen een eerlijke en rustige start heeft. Als iedereen een vel papier heeft dan geef ik het aan, en dan kan iedereen zijn papier omdraaien. Dan mag je je papier omdraaien en beginnen met het invullen van je naam, geboortedatum, de datum van vandaag, je school en klas” (<i>Schrijf op het bord de datum van vandaag</i>). “Als je dit gedaan hebt, dan wacht je even totdat iedereen klaar is. Als ik het aangeef, dan slaat iedereen de bladzijde om, en dan zeg ik start. Iedereen maakt dan zelfstandig sommen van boven naar beneden.” (<i>Laat de TTR zien en wijs aan dat er sommen gemaakt gaan worden van boven naar beneden</i>). “In een minuut probeer je

	zoveel mogelijk sommen te maken van boven naar beneden. Ik zal op de tijd letten. Als er een minuut voorbij is, dan zeg ik stop. Je zet dan gelijk een streep onder je laatst gemaakte som en als ik start zeg dan gaan we gelijk door naar de volgende kolom met sommen van boven naar beneden.” (<i>Wijs de volgende kolom aan</i>). “Het maakt niet uit hoeveel sommen je af hebt, maar zet een streep als ik stop zeg en begin dan bij start met de volgende kolom. Je begint daar weer bovenaan, en probeert zoveel mogelijk sommen te maken van boven naar beneden. Als er een minuut voorbij is, dan zeg ik stop. Je zet een streep onder je laatst gemaakte som en als ik start zeg dan ga je gelijk door met de volgende kolom.” (<i>Wijs de volgende kolom aan</i>). “Het maakt niet uit hoe ver je bent, maar bij stop zet je een streep en bij start ga je naar de volgende kolom. In totaal doen we dit met vijf kolommen, dus een minuut per rij. Als we alle rijen hebben gemaakt dan leg je de pen neer en je papier omdraaien. Dan kom ik ze ophalen en ondertussen kunnen jullie even tot rust komen. De sommen maken we uit ons hoofd, dus we gebruiken geen rekenmachine of kladpapier. Dus samengevat: je krijgt zo een vel papier, laat deze liggen totdat iedereen er een heeft en ik aangeef dat we hem kunnen omdraaien. Vul dan je naam in, en als iedereen dit heeft gedaan dan geef ik het aan. We draaien dan het vel om, en je begint bij start met het maken van sommen van boven naar beneden. Na een minuut zeg ik stop, je stopt dan gelijk met die kolom. Je zet een streep onder je laatst gemaakte som en ik zeg dan start: je gaat dan gelijk door naar de volgende kolom (<i>wijs aan</i>). Het maakt niet uit hoe ver je bent. Je maakt in die kolom weer sommen van boven naar beneden, na een minuut zeg ik stop, je zet een streep onder je laatst gemaakte som, en bij start ga je door naar de volgende kolom. Als alle vijf minuten om zijn, dan leggen we de pennen neer, draaien we de blaadjes om, en dan kom ik de blaadjes ophalen. Dan nemen we een korte pauze. Zijn er vragen? Kom even tot rust terwijl ik de papieren uitdeel.”
--	---

	<i>“Bij elke vraag geef je aan hoe zeker je ervan bent dat je de verhoudingssommen kunt oplossen. Teken op elke lijn een rondje om het cijfer dat het beste bij jouw gevoel past.</i> • <i>Een rondje om de 0 betekent dat je denkt het helemaal niet te kunnen.</i> • <i>Een rondje om de 50 betekent dat je denkt het een beetje te kunnen.</i> • <i>Een rondje om de 100 betekent dat je denkt het helemaal zeker te kunnen.</i> • <i>Een rondje tussen deze cijfers in, betekent dat je gevoel er tussenin zit.</i> Omcirkel per vraag het cijfer dat het beste bij jouw gevoel past. Voor het invullen van deze vragenlijst hebben we 7 minuten. Als je klaar bent, dan leg je het papier met de onderkant naar boven in de bovenhoek van je tafel. Blijf even rustig wachten, en als iedereen klaar is dan geef ik het aan. Dan pakken we allemaal het andere papier erbij met de 12 verhoudingssommen erop. We wachten dan even totdat iedereen zijn papier erbij heeft gepakt, en als dat zover is dan geef ik het aan. Dan begint iedereen met het maken van deze sommen zonder rekenmachine. In deze vakken schrijf je je berekening (<i>wijs de invulkolom op de Domeinkennistoets aan</i>) en in deze vakken schrijf je de antwoorden (<i>wijs de antwoordkolom op de Domeinkennistoets aan</i>). Hiervoor nemen we twintig minuten de tijd. Ik zal de tijd bijhouden en als de tijd voorbij is dan geef ik het aan. Dan mag je je pen neerleggen en je papier omdraaien. Dan kom ik ze ophalen en dan gaan we een nabespreking doen. Dit zijn de laatste sommen van deze les. Dus samengevat: je krijgt zo twee vellen papier, en deze laat je even rustig liggen. In de tussentijd pak je een pen uit je tas. Als iedereen het papier op zijn tafel heeft liggen dan zal ik het zeggen, en dan draaien we het papier om. Vul dan alvast op allebei de papieren je naam, geboortedatum en leerweg in. Als je daarmee klaar bent dan wacht je even stil totdat iedereen dat gedaan heeft, en dan pakken we het papier met de kleurtjes op de voorkant erbij (<i>laat Domeinkennistoets zien</i>). Hierop staan de 12 sommen en die kijken we gezamenlijk door, zonder dat we ze gaan
--	--

maken. Je kijkt even wat je van de vragen vindt en na een minuutje leggen we dit papier aan de bovenkant van onze tafel. Dan pakken we het andere papier erbij, en daarop vul je in hoeveel van de 12 sommen jij denkt te kunnen oplossen. Zet bij elke lijn een rondje om het cijfer dat het beste bij jouw gevoel past. Als je klaar bent met alle vragen, dan leg je je papiertje in de bovenhoek van de tafel en dan wachten we even tot iedereen daarmee klaar is. Als het zover is, dan beginnen we met het maken van de sommen op het andere papier (*laat Domeinkennistoets zien*). Hiervoor nemen we 20 minuten de tijd, en we maken deze sommen zonder rekenmachine. De berekeningen schrijf je hier op (*wijs aan*), en de antwoorden schrijf je hier op (*wijs aan*). Als je hiermee klaar bent, dan leg je het papier op de hoek van je tafel. Als er twintig minuten om zijn, dan geef ik dit aan. Dan leggen we de pennen neer, draaien we de blaadjes om, en dan kom ik de blaadjes ophalen. Dan gaan we even rustig de les afsluiten. Zijn er vragen? Ok, de papieren komen er nu aan.”

(Deel de Domeinkennistoets en Self-Efficacy Vragenlijst uit en geef het aan als iedereen zijn papieren kan omdraaien om de demografische gegevens in te vullen. Als iedereen daarmee klaar is door iedereen het papier met de kleurtjes erbij laten pakken (Domeinkennistoets). Laat de leerlingen deze sommen 1 minuut zelfstandig doorkijken en geef aan dat de sommen nog niet opgelost hoeven te worden. Laat iedere leerling bepalen hoeveel sommen er zelfstandig correct kunnen worden opgelost. Gebruik een stopwatch en laat de leerlingen na 1 minuut stoppen. Laat dan het papier in de bovenhoeken van de tafels plaatsen en het andere papier (Self-Efficacy Vragenlijst) erbij pakken. Laat de leerlingen deze vragen in 7 minuten invullen en hierna het papier in de bovenhoek van de tafel plaatsen. Laat dan de Domeinkennistoets in 20 minuten maken zonder rekenmachine. Laat de leerlingen na 20 minuten stoppen en haal de papieren op).

Evaluatie	“Vandaag zijn we bezig geweest met het ontdekken wat jullie op dit moment allemaal al weten over verhoudingssommen. Dit doen we, zodat we weten waar we ons de volgende keer op kunnen richten. Wat vonden jullie van de sommen? Wat ging er goed? Wat kan er nog beter?”
Terug- en vooruitblik	“Vandaag zijn we bezig geweest met vragenlijsten en verhoudingssommen over datgene wat jullie op dit moment allemaal al weten. Dit doen we, zodat we weten waar we ons de volgende keer op kunnen richten. De volgende keer zullen we bespreken hoe we verhoudingssommen kunnen oplossen. Verhoudingssommen zijn gemaakt om te leren hoeveel je van het ene nodig hebt en hoeveel je van het andere nodig hebt, om een mooi geheel te maken. Het maken van verhoudingssommen is dus heel handig en het kan je veel opleveren. Dit doen we, zodat we goed kunnen uitrekenen welke kleding of gadgets in verhouding het goedkoopst zijn, maar ook te berekenen hoe we het beste lekkere kookcreaties kunnen maken, zoals lekkere tosti's. We zien elkaar op (datum), tot de volgende keer.”

Bijlage 8. Tweede Lesuur voor Expliciete Conditie

Terugblik	“De vorige les hebben we met vragenlijsten gekeken wat jullie op dit moment allemaal al weten over verhoudingssommen. We hebben dit gedaan, zodat we weten waar we ons vandaag op kunnen richten. Wat is het doel van verhoudingssommen ook alweer?” (<i>Doorvragen om interactiviteit en activering van voorkennis te stimuleren</i>).
Oriëntatie	“Verhoudingssommen zijn gemaakt om te leren hoeveel je van het ene onderdeel nodig hebt ten opzichte van het andere onderdeel, om een mooi geheel te maken. Het maken van verhoudingssommen zorgt ervoor dat je bijvoorbeeld kunt berekenen welke gadgets in verhouding het goedkoopste zijn, bij welke bijbaan je in verhouding tot het aantal uren dat je werkt het meeste verdient, en welke milkshakes het lekkerst zijn. Het maken van verhoudingssommen is dus heel handig en het kan je veel opleveren. Vandaag gaan we het hebben over een methode waarop we verhoudingssommen kunnen oplossen.”
Vereenvoudigen ✓ Instructie, ✓ Begeleide in-oefening	“De methode die we vandaag gaan bespreken, is de methode van het ‘kleiner maken’. Deze methode is te gebruiken om verhoudingssommen op te lossen. Ok, laten we deze methode eens gebruiken. Stel je voor, je wilt een bananenmilkshake maken. Om een bananenmilkshake te maken heb je volgens het recept 12 bananen en 6 bollen ijs nodig (<i>schrijf de som in woorden – zonder tabel – op het bord</i>). Hoeveel bollen ijs moet je gebruiken als je 24 bananen gebruikt en dezelfde verhouding wilt behouden? Hoe los je deze som op? Met de methode van het ‘kleiner maken’ kun je met een tussenstap op het antwoord komen. Om dit te doen, maak je eerst verhoudingstabel. Teken een lange lijn op het papier van links naar rechts, en teken daarop korte lijnen van boven naar beneden (<i>teken op het bord</i>). Wat vullen we in deze tabel in? Juist, de informatie uit de som. Bovenaan zet je de verhouding van het ene ingrediënt, in dit geval de bollen ijs. En onderaan de tabel zet je de verhouding van het andere

ingrediënt, in dit geval de bananen. Hierachter zet je de getallen die in de som staan. Links de hoeveelheden van de beginverhouding, en rechts de hoeveelheden van de eindverhouding. Tussen de begin en eindverhouding hou je een lege kolom, zodat je hierin de tussenstap kunt maken.

Bollen ijs	6		?
Bananen	12		24

Nu gaan we proberen te dezelfde verhouding milkshake te maken, door in deze tabel een tussenstap te maken. Dit kun je doen door de begingetallen kleiner te maken met een gemeenschappelijke tafel. Dit betekent, dat je probeert een tafel te zoeken waarin zowel het getal boven de streep (in dit geval '6') als het getal onder de streep (in dit geval '12') voorkomt. Wie weet in welke tafel deze getallen allebei voorkomen? Juist, dat is de tafel van 6 (*toelichten hoe beide getallen in de tafel voorkomen*).

Er is een regel met de verhoudingstabel, die zegt dat als je het getal boven de streep deelt door een getal, dat je het getal onder de streep ook door dit getal moet delen. Want als je bijvoorbeeld de helft van de bollen ijs gebruikt, dan gebruik je ook de helft van de bananen. Dus als je zes keer minder bollen ijs gebruikt, dan gebruik je ook zes keer minder bananen. Boven de tabel zet je pijlen neer, met het getal waardoor je allebei de ingrediënten kunt delen. Je krijgt dan de volgende tabel.

		:6	
Bollen ijs	6	1	?
Bananen	12	2	24
		:6	

Je hebt de beginverhouding nu 'kleiner gemaakt' naar de verhouding 1/2. In de nieuwe kolom staat dezelfde milkshakeverhouding als in de eerste kolom. De som vraagt hoeveel bollen ijs je nodig voor 24 bananen. Dus gaan we verder. We willen namelijk weten wat er op de plek van het vraagteken komt te staan. De

regel wordt weer toegepast: als we het getal in de onderste rij met een getal vermenigvuldigen, dan moeten we het getal in de bovenste rij met hetzelfde getal vermenigvuldigen. Dus kun je kijken hoe vaak het getal '2' in het eindgetal '24' past. Hoeveel is dat? 2 maal '12' is 24. Als je het onderste getal maal 12 doet, dan moet je het bovenste getal ook maal 12 doen. Je krijgt dan de volgende tabel.

Bollen ijs	6	1	?
Bananen	12	2	24

Hoeveel is 1×12 ? Juist. In de tabel is nu te zien dat je voor 24 bananen 12 bollen ijs nodig hebt om dezelfde verhouding van de milkshake te maken.

Dan doen we nu nog een voorbeeld samen. Stel je voor: je hebt een hele lekkere smoothie gedronken met daarin 4 kopjes aardbeiensap en 12 kopjes yoghurt. Je wilt weten hoeveel kopjes aardbeiensap je moet toevoegen aan 9 kopjes yoghurt om dezelfde verhouding smoothie te maken. Hoeveel kopjes aardbeiensap heb je dan nodig?

Wat doe je eerst als je deze som wilt oplossen met de methode van het 'kleiner maken'? Juist, je tekent eerst een verhoudingstabel (*teken op het bord*). Wat zet je waar? Juist, links zet je de ingrediënten, daarnaast de beginverhouding uit de som, daarnaast lege vakjes en helemaal rechts de getallen waar naartoe je wilt rekenen.

De tabel komt er dan zo uit te zien:

Kopjes aardbeiensap	4		?
Kopjes yoghurt	12		9

Nu gaan we proberen te dezelfde verhouding smoothie te maken, door in deze tabel een tussenstap te maken. Dit kun je doen door de begingetallen kleiner te maken met een gemeenschappelijke tafel. Dit betekent, dat je probeert een tafel te zoeken waarin zowel het getal boven de streep (in dit geval '4') als het getal onder de streep (in dit geval '12') voorkomt. Wie weet in welke tafel deze getallen allebei voorkomen? Juist, de tafel van 4.

Wat is de regel van de verhoudingstabel? Juist, als je het getal boven de streep deelt door een getal, dan deel je het getal onder de streep door hetzelfde getal. Dus als je het getal '4' door de gemeenschappelijke tafel van '4' deelt ($4:4=1$), dan deel je het getal '12' ook door de gemeenschappelijke tafel van '4' ($12:4=3$). Dit schrijf je dan in de lege kolom. Je krijgt dan de volgende tabel.



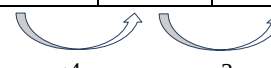
Aardbeiensap	4	1	?
Yoghurt	12	3	9



Je hebt de beginverhouding nu 'kleiner gemaakt' naar de verhouding $1/3$. In de nieuwe kolom staat dezelfde cocktailverhouding als in de eerste kolom. De som vraagt hoeveel eenheden aardbeiensap je nodig voor 9 eenheden yoghurt. Dus gaan we verder. We willen namelijk weten wat er op de plek van het vraagteken komt te staan. De regel wordt weer toegepast: als we het getal in de onderste rij met een getal vermenigvuldigen, dan moeten we het getal in de bovenste rij met hetzelfde getal vermenigvuldigen. Dus kun je kijken hoe vaak het getal '3' in het eindgetal '9' past. Hoeveel is dat? 3 maal '3' is 9. Als je het onderste getal maal 3 doet, dan moet je het bovenste getal ook maal 3 doen. Je krijgt dan deze tabel.



Aardbeiensap	4	1	3
Yoghurt	12	3	9



In de tabel is nu te zien dat je voor 9 eenheden yoghurt 3 eenheden aardbeiensap nodig hebt om dezelfde cocktail-verhouding te maken.

Dan nu de laatste som voordat we zelfstandig aan de slag gaan. Stel je voor, je geeft een groot feest en je wilt de koelkast vullen met genoeg cola en fanta. Je had op je vorige feestje 12 flessen cola en 8 flessen fanta, en dit was toen precies genoeg. Nu geef je een groter feest, dus je wilt meer cola en fanta, maar wel

dezelfde verhouding behouden. Je hebt nu 14 flessen fanta en 18 flessen cola in de koelkast staan, en je merkt dat de verhouding bijna hetzelfde is. Je weet dat je wat flessen te kort hebt, en je wilt weten of je het beste cola of fanta erbij kan halen. Om deze som op te lossen gebruiken we de methode van het kleiner maken. Het werkt hetzelfde als net, maar om het op te lossen houden we er een stappenplan naast. Dit stappenplan zal ik nu uitdelen, zodat we deze kunnen toepassen (*deel stroomdiagram met expliciete strategie-instructie uit*). Ok, wat doe je als eerst? Juist een tabel maken. Je ziet dit in het eerste vak op het stappenplan staan. En dan? Juist, de informatie uit de som invullen, zoals te zien is in het tweede blok op het stappenplan. Welke informatie zetten we waar? Juist, je krijgt dan deze tabel.

Flessen cola	12		18
Flessen fanta	8		14

En nu? Juist, het kleiner maken van de beginverhouding. Hoe doen we dat? Juist, het zoeken van een gemeenschappelijke tafel. Dit is zichtbaar in het derde blok. Waar zet je pijlen neer? Inderdaad, (*zet bijbehorende pijlen neer bij de tabel*) En waardoor kun je zowel 12 als 8 delen? Inderdaad, door 4. Wat krijg je dan? Juist, de volgende tabel.

Flessen cola	12	3	18
Flessen fanta	8	2	14

Zie je nu een verhouding tussen de getallen in de middelste kolom en de getallen in de laatste kolom? Tussen de 2 en de 14 misschien? Juist, 2 maal 7 is 14. Als je het getal onderin vermenigvuldigt met 7, wat doe je dan aan de bovenkant? Ook maal 7 inderdaad. Hoeveel is 3 maal 7? Juist, 21. Als je dat in de tabel zou invullen, hoe zou die tabel er dan uitzien? Juist, zoals de volgende tabel.

Flessen cola	12	3	18 21
Flessen fanta	8	2	14

	In de tabel is nu te zien dat je voor 14 flessen fanta, 21 flessen cola nodig hebt als je dezelfde verhouding wilt behouden als op je andere feest. Dat betekent dat je nu te weinig flessen cola in de koelkast hebt staan, want je hebt er 18 en je hebt er volgens de verhouding 21 nodig. Om meer drankjes te hebben, en dezelfde verhouding te behouden, heb je dus nog 3 flessen cola nodig in je koelkast.”
Zelfstandige verwerking	“Dan gaan we nu zelfstandig aan de slag, we gaan tien minuten verhoudingssommen maken met de methode van het ‘kleiner maken’. Dit gaan we als volgt doen: iedereen krijgt een vel papier uitgedeeld en laat deze met de witte kant naar boven liggen. Pak in de tussentijd even een pen uit je tas. Als iedereen een vel papier heeft, dan geef ik het aan en dan draaien we het papier om, zodat iedereen rustig kan beginnen. Zodra iedereen zijn papier omdraait gaan we zelfstandig werken. Er zijn in totaal 3 sommen zoals in de voorbeelden die we samen hebben gemaakt, deze gaat iedereen zelfstandig maken zonder rekenmachine. Als je klaar bent dan mag je je pen neerleggen en even rustig wachten tot iedereen klaar is. Als iedereen klaar is dan gaan we samen een nabespreking doen. Dit zijn dus de laatste sommen van deze les. Dus samengevat: je krijgt zo een papiertje, laat deze liggen totdat iedereen een papier heeft en ik aangeef dat we hem kunnen omdraaien. Pak ondertussen even rustig je pen en draai je papier om als ik het aangeef. Maak dan zelfstandig de sommen. Als er tien minuten voorbij zijn geef ik het aan, dan leggen we de pen neer en gaan we de sommen bespreken. Daarna gaan we de les rustig afsluiten, zijn er vragen?”
Evaluatie	<i>(Zodra de tien minuten voorbij zijn wordt oefensom 2 klassikaal besproken. Hierna volgt de evaluatie).</i> Wat goed dat jullie zo hard hebben gewerkt <i>(spreek de leerlingen aan op hun inzet)</i>, de tien minuten zijn voorbij. Leg je pen daarom maar neer en pak som 2 er even bij, dan gaan we deze klassikaal bespreken. In een recept voor milkshakes

staat dat er per 40 dl yoghurt, 15 dl vruchtensap toegevoegd moet worden. Iemand heeft al 16 dl yoghurt en 4 dl vruchtensap gemengd. Hoeveel vruchtensap moet er nog bij om het recept af te maken? Ok, als je deze som wilt oplossen met de methode van het kleiner maken, wat doe je dan als eerst? Juist een tabel maken.

En dan? Juist, de informatie uit de som invullen, je krijgt dan deze tabel:

Yoghurt in dl	40		16
Vruchtensap in dl	15		4

En nu? Juist, het kleiner maken van de beginverhouding. Hoe doen we dat? Dat klopt, we gaan zoeken naar een gemeenschappelijke tafel. Waardoor kun je zowel 40 als 15 delen? Inderdaad, door 5. Wat krijg je dan? Juist, de volgende tabel.

Yoghurt in dl	40	8	16
Vruchtensap in dl	15	3	4

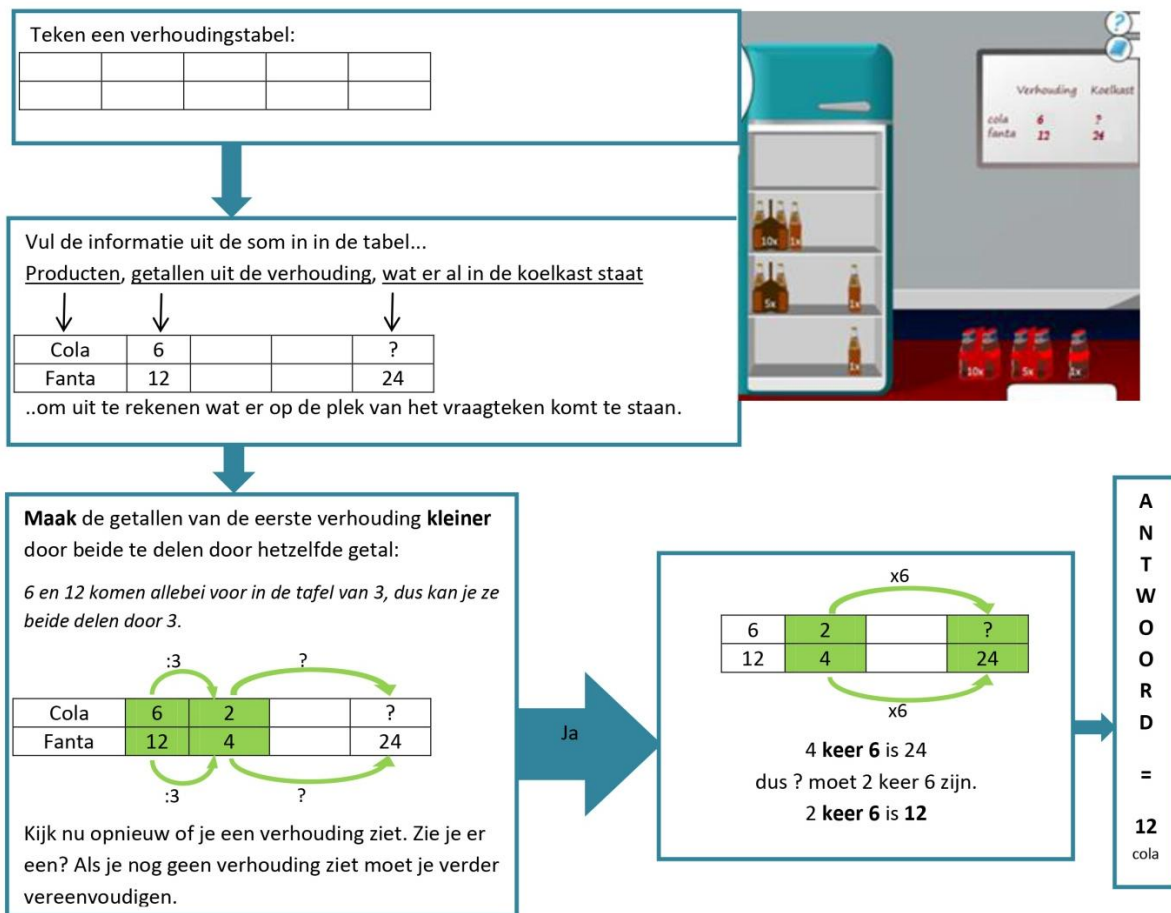
Zie je nu een verhouding tussen de getallen in de middelste kolom en de getallen in de laatste kolom? Juist, 2 maal 8 is 16. Als je het getal bovenin vermenigvuldigt met 2, wat doe je dan aan de onderkant? Ook maal 2. Hoeveel is 2 maal 3? Juist, 6. Als je dat in de tabel zou invullen, hoe zou die tabel er dan uitzien? Ja, zoals de volgende tabel.

Yoghurt in dl	40	8	16
Vruchtensap in dl	15	3	6

In de tabel is nu te zien dat je voor 16 dl yoghurt, 6 dl vruchtensap nodig hebt als je dezelfde verhouding wilt behouden. Hoeveel dl vruchtensap moet er dan nog worden toegevoegd? Precies, nog 2 dl vruchtensap.

Vandaag hebben we het gehad over de methode van het ‘kleiner maken’. Dit doen we, zodat we verhoudingssommen kunnen oplossen. Wat vonden jullie van deze methode? Wat ging er goed? Wat wil je verbeteren?”

Terug- en vooruitblik	“Vandaag zijn we bezig geweest de methode van het ‘kleiner maken’. Dit doen we, zodat we met deze methode verhoudingssommen kunnen oplossen. De volgende keer gaan we het computerspel spelen. Hierbij kunnen we de verhoudingssommen die hierin voorkomen oplossen met de methode van het ‘kleiner maken’. Lever zometeen alle blaadjes in, ook het stappenplan. Het stappenplan deel ik de volgende keer weer uit. We zien elkaar op (datum), tot de volgende keer.” We zien elkaar op (datum), tot de volgende keer.”
----------------------------------	---

Bijlage 9. Stroomdiagram voor Expliciete Conditie

Bijlage 10. Oefenopgaven voor Expliciete Conditie

1. In een koelkast staan per 8 flesjes cola altijd 12 flesjes fanta.

Hoeveel flesjes fanta moeten er in de koelkast als er 12 flesjes cola staan en je dezelfde verhouding wilt behouden?

2. In een recept voor milkshakes staat dat er per 40 dl yoghurt, 15 dl vruchtensap toegevoegd moet worden. Iemand heeft al 16 dl yoghurt en 4 dl vruchtensap gemengd.

Hoeveel **vruchtensap** moet er nog **bij** om het recept af te maken?

3. Gers Pardoel fietst naar huis. Over 18 kilometer doet hij 60 minuten.

Hoelang zal hij nodig hebben om 12 kilometer af te leggen?

Bijlage 11. Tweede Lesuur voor Adaptieve Conditie

Terugblik	“De vorige les hebben we met vragenlijsten gekeken wat jullie op dit moment allemaal al weten over verhoudingssommen. We hebben dit gedaan, zodat we weten waar we ons vandaag op kunnen richten. Wat is het doel van verhoudingssommen ook alweer?” (<i>Doorvragen: interactiviteit en activering voorkennis</i>)
Oriëntatie	“Verhoudingssommen zijn gemaakt om te leren hoeveel je van het ene onderdeel nodig hebt ten opzichte van het andere onderdeel, om een mooi geheel te maken. Het maken van verhoudingssommen zorgt ervoor dat je bijvoorbeeld kunt berekenen welke gadgets in verhouding het goedkoopste zijn, bij welke bijbaan je in verhouding tot het aantal uren dat je werkt het meeste verdient, en welke milkshakes het lekkerst zijn. Het maken van verhoudingssommen is dus heel handig en het kan je veel opleveren. Vandaag gaan we het hebben over drie methoden waarop we verhoudingssommen kunnen oplossen.”
Methode van interne ratio ✓ Instructie, ✓ Begeleide in-oefening	“De methoden die we vandaag gaan bespreken zijn de <i>methode van links naar rechts</i>, de <i>methode van boven naar beneden</i>, en de <i>methode van het kleiner maken</i>. Deze methoden zijn allemaal te gebruiken om verhoudingssommen op te lossen. Ok, laten we beginnen. Stel je voor, je wilt een bananenmilkshake maken. Om een bananenmilkshake te maken heb je volgens het recept 12 bananen per 6 bollen ijs nodig (<i>schrijf de som in woorden – zonder tabel – op het bord</i>). Hoeveel bollen ijs moet je gebruiken als je 24 bananen gebruikt en dezelfde verhouding wilt behouden? Wie weet wat je altijd eerst kan doen bij het oplossen van verhoudingssommen? Juist, een verhoudingstabel tekenen. Teken een lange lijn op het papier van links naar rechts, en teken daarop korte lijnen van boven naar beneden (<i>teken op het bord</i>). Wat vullen we in deze tabel in? Juist, de informatie uit de som. Bovenaan zet je de verhouding van het ene ingrediënt, in dit geval de bollen ijs. En onderaan de tabel zet je de verhouding van het andere ingrediënt, in dit geval

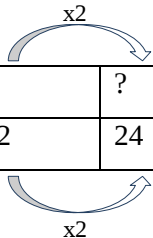
de bananen. Hierachter zet je de getallen die in de som staan. Links de hoeveelheden van de beginverhouding, en rechts de hoeveelheden van de eindverhouding.

Bollen ijs	7	?
Bananen	12	24

Nu gaan we proberen te dezelfde verhouding milkshake te maken met de methode van links naar rechts. Wie weet wat de methode van links naar rechts is? Juist, je kijkt in de tabel van links naar rechts om te kijken of je een verhouding ziet. Wie ziet er een verhouding tussen 12 en 24? Juist, 2 keer 12 is 24.

Er is een regel met de verhoudingstabel, die zegt dat als je het getal onder de streep vermenigvuldigt met een getal, dat je het getal boven de streep ook met dit getal moet vermenigvuldigen. Want als je bijvoorbeeld drie keer zoveel bananen gebruikt, dan moet je ook drie keer zoveel bollen ijs gebruiken om dezelfde verhouding te behouden. Onder de tabel zet je pijlen neer met het getal waarmee je zowel het getal onder de lijn als het getal boven de lijn vermenigvuldigt. Je krijgt dan deze tabel.

Bollen ijs	7	?
Bananen	12	24



Nu nog een stapje, want we willen weten wat er op de plek van het vraagteken komt te staan. Hoeveel keer is 7 keer 2? Juist, 14. Dit vul je in de tabel in op de plek van het vraagteken. Nu is te zien dat je voor 24 bananen 14 bollen ijs nodig hebt om de milkshake volgens de verhouding in het recept te maken. Dit is de *methode van links naar rechts*.

Je krijgt zo een vel papier uitgedeeld en laat deze met de witte kant naar boven liggen. Als iedereen een vel papier heeft dan geef ik ik het aan en dan

	draaien we het papier om, zodat iedereen rustig kan beginnen met som 1. Neem 2 minuten de tijd om som 1 op te lossen. Dit doe je zelfstandig, stil en zonder rekenmachine. Als je klaar bent dan mag je het papier op de hoek van je tafel leggen en even rustig wachten tot iedereen klaar is. Dus alleen som 1. Pak even rustig een pen”												
Methode van externe ratio √ Instructie, √ Begeleide in-oefening	(Zodra de twee minuten voorbij zijn volgt methode van externe ratio) We hebben net de methode van links naar rechts geoefend. Soms is deze methode niet toe te passen, want wat nou als we een recept willen maken waarin er 7 bollen ijs gebruikt worden per 14 bananen? (wijzig de getallen in de tabel op het bord). Hoeveel bollen ijs heb je dan nodig om dezelfde verhouding te behouden? Wie weet wat je altijd eerst kan doen bij het oplossen van verhoudingssommen? <table><tr><td>Bollen ijs</td><td>7</td><td>?</td></tr><tr><td>Bananen</td><td>14</td><td>24</td></tr></table> Juist, een verhoudingstabel tekenen. Wat vullen we waar in? Bovenin de verhouding van het ene ingrediënt en onderin de verhouding van het andere ingrediënt. Links de hoeveelheden van de beginverhouding en rechts de hoeveelheden van de eindverhouding. <table><tr><td>Bollen ijs</td><td>7</td><td>?</td></tr><tr><td>Bananen</td><td>14</td><td>24</td></tr></table> Dan kun je de som oplossen met de <i>methode van boven naar beneden</i>. Wie hoe je de methode van boven naar beneden gebruikt? Juist, je kijkt in de tabel van boven naar beneden om te kijken of je een verhouding ziet. Wie ziet er een verhouding tussen 7 en 14? Hoeveel keer kun je 7 doen om 14 te krijgen? Juist, twee keer.	Bollen ijs	7	?	Bananen	14	24	Bollen ijs	7	?	Bananen	14	24
Bollen ijs	7	?											
Bananen	14	24											
Bollen ijs	7	?											
Bananen	14	24											

Dan is er de regel van de verhoudingstabel: als je het getal onder de streep vermenigvuldigt met een getal, dan doe je dit ook met het getal boven de streep. Want als je bijvoorbeeld drie keer zoveel bananen gebruikt, dan gebruik je ook drie keer zoveel bollen ijs om dezelfde verhouding te behouden. Bij de tabel zet je pijlen neer met het getal waarmee je zowel het getal onder de lijn als het getal boven de lijn vermenigvuldigd. Je krijgt dan deze tabel.

Bollen ijs	7	?
Bananen	14	24

Nu nog een stapje want we willen weten wat er op de plek van het vraagteken komt te staan. Hoe rekenen we uit wat er op de plek van het vraagteken komt te staan? Iets keer 2 is 24. Juist, je kunt 24 delen door 2. Hoeveel is dat? Juist, 12. Dit vul je in de tabel in op de plek van het vraagteken. In de tabel is nu te zien dat je voor 24 bananen 12 bollen ijs nodig hebt om de milkshake van het recept te maken. Dit is de *methode van boven naar beneden*. Nu gaan we deze methode oefenen. Neem 2 minuten de tijd om som 2 op te lossen met deze methode. We doen dit zelfstandig, in stilte en zonder rekenmachine. Als je klaar bent met som 2 dan mag je het blad op de hoek van je tafel leggen en even rustig wachten tot iedereen klaar is. Over twee minuten gaan we verder.

Methode van vereenvoudigen

√ Instructie,
√ Begeleide
in-oefening

(Zodra de twee minuten voorbij zijn volgt methode van vereenvoudigen)

We hebben net de methode van boven naar beneden geoefend. Daarvoor hebben we de methode van links naar rechts geoefend. Maar wat nou als we een recept willen maken waarin 8 bollen ijs worden gebruikt per 14 bananen? En je wilt 35 bananen gebruiken (wijzig de bijbehorende getallen in de tabel op het bord). Hoeveel bollen ijs heb je dan nodig om dezelfde verhouding te behouden?

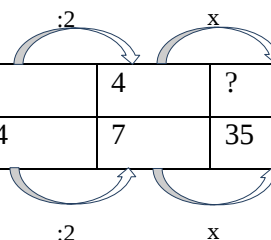
Bollen ijs	8		?
Bananen	14		35

Het is dan niet zo goed mogelijk om zo op het eerste oog een verhouding tussen links en rechts te zien. En ook tussen boven en beneden is er geen directe verhouding te zien. In dat geval kun je de methode van het kleiner maken toepassen.

Wie weet wat je altijd eerst kan doen bij het oplossen van verhoudingssommen? Juist, een verhoudingstabel tekenen. Bovenaan de verhouding van het ene ingrediënt en onderaan de tabel de verhouding van het andere ingrediënt. Links de hoeveelheden van de beginverhouding en rechts de hoeveelheden van de eindverhouding. Om een tussenstap te kunnen maken, laten we de kolom er tussenin open.

Dan kun je de som oplossen met de methode van het kleiner maken. Wie weet hoe de methode van het kleiner maken werkt? Juist, je maakt de begingetallen kleiner te met een gemeenschappelijke tafel. Dit betekent dat je probeert een tafel te zoeken waarin zowel het getal boven de streep (wijs 8 aan) als het getal onder de streep (in dit geval '14') voorkomt. Wie weet in welke tafel deze getallen allebei voorkomen? Juist, de tafel van 2.

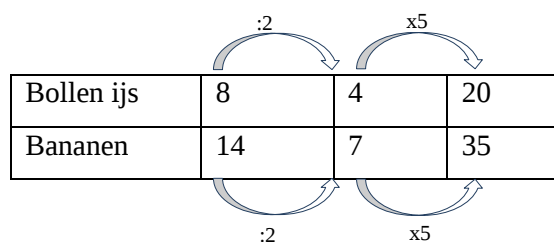
Wat is de regel van de verhoudingstabel? Juist, als je het getal boven de streep deelt door een getal, dan deel je het getal onder de streep door hetzelfde getal. Dus als je het getal '8' door de gemeenschappelijke tafel van '2' deelt ($8:4=2$), dan deel je het getal '14' ook door de gemeenschappelijke tafel van '2' ($14:2=7$). Dit schrijf je dan in de lege kolom. Je krijgt dan de volgende tabel.



Bollen ijs	8	4	?
Bananen	14	7	35

Je hebt de beginverhouding nu 'kleiner gemaakt' naar de verhouding 4/7. In de nieuwe kolom staat dezelfde milkshake verhouding als in de eerste kolom. We

gaan verder, want we willen weten wat er op de plek van het vraagteken komt te staan. De regel wordt weer toegepast: als we het getal in de onderste rij met een getal vermenigvuldigen, dan moeten we het getal in de bovenste rij met hetzelfde getal vermenigvuldigen. Dus kun je kijken hoe vaak het getal '7' in het eindgetal '35' past. Hoeveel is dat? Iets keer 7 is 35, dus hoe berekenen we wat er op de plek van het vraagteken komt te staan? Juist, je kunt 35 delen door 7. Hoeveel is dat? Juist, dat is 5. Je krijgt dan de volgende tabel.



Bollen ijs	8	4	20
Bananen	14	7	35

Dit vul je in de tabel in op de plek van het vraagteken. In de tabel is nu te zien dat je voor 35 bananen 20 bollen ijs nodig hebt om de milkshake van het recept te maken. Dit is de *methode van het kleiner maken*. Nu gaan we deze methode even oefenen. Neem 2 minuten de tijd om som 3 op te lossen met deze methode. Maak hem even zelfstandig, in stilte en zonder rekenmachine. Als je klaar bent dan mag je je pen neerleggen en even rustig wachten tot iedereen klaar is, en na twee minuten gaan we verder.

**Transformatie
som**

(Zodra de twee minuten voorbij zijn volgt de transformatie som)

Dan nu een ander soort som dan net. We gaan een aanvul-som maken. Stel je voor: je geeft een groot feest en wilt flessen cola en fanta in je koelkast zetten. Vorig jaar had je 12 flessen cola en 8 flessen fanta nodig, en dit jaar geef je een groter feest. Je wilt dus meer flessen cola en fanta kopen, maar wel dezelfde verhouding houden tussen cola en fanta. In je koelkast staan al 18 flessen cola en 14 flessen fanta (schrijf de som op het bord). De verhouding tussen flessen fanta en cola klopt nog niet, dus je wilt nog wat flessen fanta of cola bijkopen. Want beter te veel dan te weinig drankjes in huis. Hoe bereken je hoeveel flessen fanta of cola je er nog bij moet halen om de koelkast te vullen met de juiste

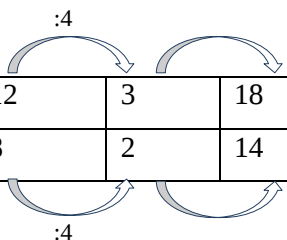
verhouding? Het werkt bijna hetzelfde als we net gedaan hebben. Het stappenplan zal ik nu uitdelen (*deel stroomdiagram voor adaptieve instructie uit*)

Wie weet wat je altijd eerst kan doen bij het oplossen van verhoudingssommen?

Kijk maar op het stappenplan in het 1^e vak: eerst teken je een tabel teken (*teken op het bord*). En nu? Kijk maar in het stappenplan bij het 2^e vak. Juist, je zet de informatie uit de som op de goede plek. De tabel komt er dan zo uit te zien:

Flessen cola	12		18
Flessen fanta	8		14

En nu? Juist, je kijkt of je een verhouding kunt zien met de methode van boven naar beneden. Kijk maar in het 4^e vak van het stappenplan. Zie je een verhouding van boven naar beneden? Nee, ok dan gaan we naar vak 5: de methode van links naar rechts. Zie je een duidelijke verhouding tussen links en rechts? Nee, ok wat dan? Juist, dan gaan we naar vak 6: de methode van het kleiner maken. Dan gaan we de beginverhouding kleiner maken. We zoeken een gemeenschappelijke tafel. Waardoor kun je zowel 12 als 8 delen? Inderdaad, door 4. Je krijgt dan de volgende tabel.



Flessen cola	12	3	18
Flessen fanta	8	2	14

De getallen in de laatste kolom kloppen nog niet, er moet nog een getal worden aangevuld. Zien jullie een verhouding? Ok, je ziet een verhouding tussen 3 en 18, want 6 keer 3 is 18. Als we de 2 (wijs de 2 aan) onderin ook maal 6 zouden doen, wat krijgen we dan? Juist, dan zouden we 12 krijgen. Maar klopt dit? Nee, want we willen flessen bijkopen voor het feest in plaats van weghalen. We moeten de eindverhouding aanvullen, dus dit is niet de oplossing.

Zien jullie ook een andere verhouding tussen een getal in het midden en het getal op het eind? (*als ze het niet zien, geef dan de volgende tip*). Tussen de 2 en

de 14 misschien? Juist, 2 maal 7 is 14. Als we de onderin dezelfde verhouding zouden maken door 3 (*wijs de 3 aan*) ook maal 7 te doen, wat krijgen we dan?

Juist, 21. De tabel zou er dan zo uitzien:

Flessen cola	12	3	18 21
Flessen fanta	8	2	14

We hebben net berekend dat we 21 flessen cola nodig hebben om dezelfde verhouding tussen cola en fanta te maken als in de beginverhouding (*wijs de beginverhouding aan*). We hebben er nu pas 18 flessen in de koelkast staan, dus we moeten 3 flessen cola bijkopen. Dit is het antwoord: 3 flessen cola bijkopen.

Nu gaan we deze aanvulsom even oefenen. Neem 4 minuten de tijd om som 4 op te lossen en gebruik daarbij het stappenplan dat je naast je hebt liggen. Maak hem even zelfstandig, in stilte en zonder rekenmachine. Als je klaar bent dan mag je je pen neerleggen en even rustig wachten tot iedereen klaar is, en na die 4 minuten gaan we bijna stoppen.

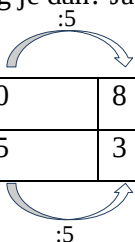
Evaluatie

(Zodra de tien minuten voorbij zijn wordt oefensom 4 klassikaal besproken. Hierna volgt de evaluatie).

Wat goed dat jullie zo hard gewerkt hebben (*spreek de leerlingen aan op hun inzet*), de tien minuten zijn voorbij. Leg je pen daarom maar neer en pak som 4 er even bij, dan gaan we deze klassikaal bespreken. In een recept voor milkshakes staat dat er per 40 dl yoghurt, 15 dl vruchtensap toegevoegd moet worden. Iemand heeft al 16 dl yoghurt en 4 dl vruchtensap gemengd. Hoeveel vruchtensap moet er nog bij om het recept af te maken? Ok, wat doe je als eerst? Juist een tabel maken. En dan? Juist, de informatie uit de som invullen, je krijgt dan deze tabel.

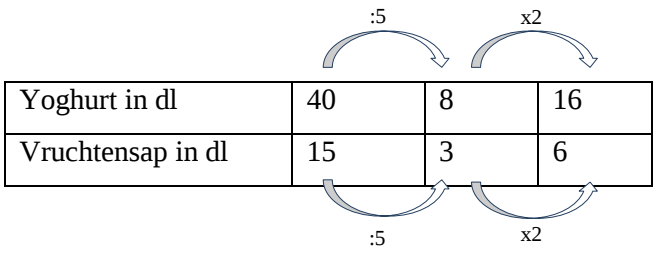
Yoghurt in dl	40		16
Vruchtensap in dl	15		4

In de som staat dat de verhouding tussen yoghurt en vruchtensap nog niet klopt: er moet nog wat vruchtensap bij om het recept af te maken. De verhouding aan de linkerkant is het recept (*wijs de verhouding '40 en 15' aan*), dus deze verhouding is de verhouding die we willen houden. De verhouding aan de rechterkant (*wijs de verhouding '16 en 4' aan*) is nog niet af, want er moet volgens de som nog wat vruchtensap bij om het recept af te maken. Hoe weten we hoeveel vruchtensap erbij moet?" (*Laat de leerlingen bepalen welke methode wordt toegepast. Het doel is om uit te komen op de methode van het kleiner maken, omdat er geen directe verhouding zichtbaar is met de methode van externe ratio interne ratio. Als de leerlingen aangeven dat er een verhouding zichtbaar is tussen 16 en 4, licht dan duidelijk toe dat er in de som staat dat het recept nog niet af is: er moet nog wat vruchtensap bij om het recept af te maken, dus de verhouding rechts (tussen 16 en 4) is nog niet goed. Dat er daarom gekeken moet worden naar alleen de verhouding van het recept, dus naar 40 en 15*). "Precies, er is geen verhouding te zien tussen links en rechts, en ook niet in het recept zelf van boven naar beneden. Daarom gaan we de som oplossen met de methode van het kleiner maken. Hoe doen we dat? We gaan een gemeenschappelijke tafel zoeken. Waardoor kun je zowel 40 als 15 delen? Inderdaad, door 5. Wat krijg je dan? Ja, deze tabel:

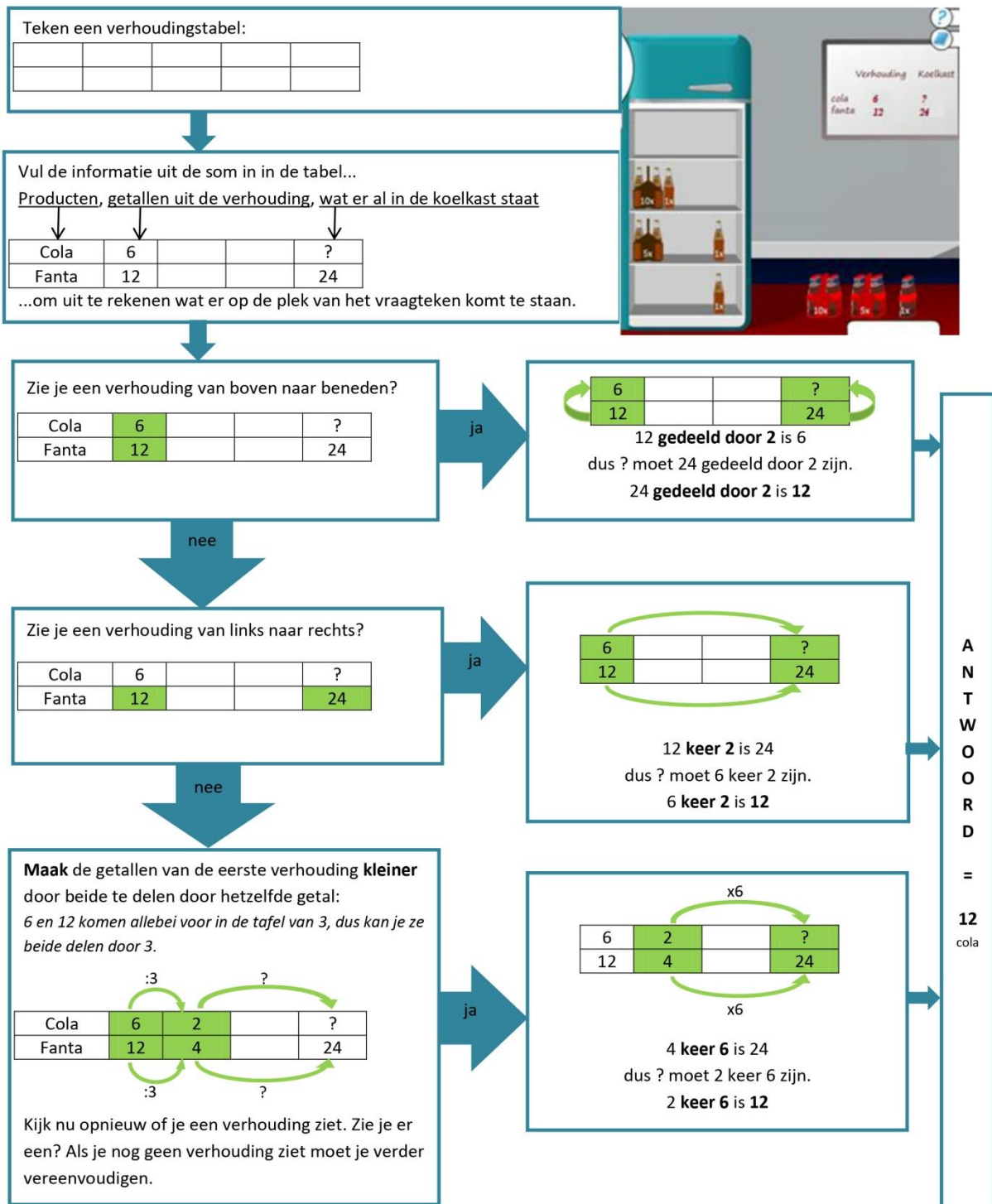


Yoghurt in dl	40	8	16
Vruchtensap in dl	15	3	4

Zie je nu een verhouding tussen de getallen in de middelste kolom en de getallen in de laatste kolom? Tussen de 8 en de 16 misschien? Juist, 2 maal 8 is 16. Als je het getal bovenin vermenigvuldigt met 2, wat doe je dan aan de onderkant? Ook maal 2 inderdaad. Hoeveel is 2 maal 3? Juist, 6. Als je dat in de tabel zou invullen, hoe zou die tabel er dan uitzien? Juist, zoals de volgende tabel.

	 In de tabel is nu te zien dat je voor 16 dl yoghurt, 6 dl vruchtensap nodig hebt als je dezelfde verhouding wilt behouden. Hoeveel dl vruchtensap moet er dan nog worden toegevoegd? Juist, nog 2 dl vruchtensap. Vandaag hebben we het gehad over de methode van het ‘kleiner maken’. Dit doen we, zodat we verhoudingssommen kunnen oplossen. Wat vonden jullie van deze methode? Wat ging er goed? Wat wil je verbeteren?”
Terug- en vooruitblik	“Vandaag zijn we bezig geweest met drie methoden. Dit doen we, zodat we met deze methode verhoudingssommen kunnen oplossen. De volgende keer gaan we het computerspel spelen. In dit mooie computerspel kunnen we verhoudingssommen oplossen met de methoden die we vandaag hebben geoefend. Lever zometeen alle blaadjes in, ook het stappenplan. Het stappenplan deel ik de volgende keer weer uit. We zien elkaar op (datum), tot de volgende keer.”

Bijlage 12. Stroomdiagram voor Adaptieve Conditie



Bijlage 13. Oefenopgaven voor Adaptieve Conditie

1. Methode van links naar rechts

In een koelkast staan per 8 flesjes cola altijd 17 flesjes fanta.

Hoeveel flesjes fanta moeten er in de koelkast als er 16 flesjes cola staan en je dezelfde verhouding wilt behouden?

2. Methode van boven naar beneden

In een chocolade milkshake zitten altijd 3 stukjes chocolade per 12 bollen ijs.

Hoeveel bollen ijs moeten er in de milkshake als er 4 stukjes chocolade in zitten en je dezelfde verhouding wilt behouden?

3. Methode van het kleiner maken

Gers Pardoel fietst naar huis. Over 21 kilometer doet hij 14 minuten.

Hoelang zal hij nodig hebben om 15 kilometer af te leggen?

4. Laatste som

In een recept voor milkshakes staat dat er per 40 dl yoghurt, 15 dl vruchtensap toegevoegd moet worden. Iemand heeft al 16 dl yoghurt en 4 dl vruchtensap gemengd.

Hoeveel **vruchtensap** moet er nog **bij** om het recept af te maken?

Bijlage 14. Derde Lesuur

In dit lesuur wordt ‘Hotel Zeldenrust’ gespeeld, waarin leerlingen een persoonlijke code krijgen om in te loggen op de digitale leeromgeving. Leerlingen uit de expliciete conditie krijgen een inlogcode voor de spelomgeving waarin prompts staan voor het toepassen van de methode van vereenvoudigen. Leerlingen uit de adaptieve conditie krijgen een inlogcode voor de spelomgeving waarin prompts staan voor het toepassen van de methode van vereenvoudigen, de methode van interne ratio en de methode van externe ratio.

Aan de leerlingen wordt uitgelegd dat het spel vandaag gespeeld wordt. Het stroomdiagram wordt uitgedeeld en leerlingen gaan van start met het spel waarin digitale instructie gegeven wordt. Na 45 minuten stoppen de leerlingen met het spelen, waarna een korte evaluatie plaatsvindt. In deze evaluatie worden leerlingen gevraagd wat er goed ging, wat ze hebben geleerd en wat er nog beter kan. Hierna vindt de terug- en vooruitblik plaats. Er wordt aangegeven dat vandaag in het teken stond van het spelen van het computerspel, met als doel om verhoudingssommen te oefenen. Uitgelegd wordt dat de volgende les bestaat uit het maken van de laatste sommen en het nabespreken van het onderzoek. Laat de leerlingen alle uitgedeelde documenten na afloop weer inleveren.

*“Bij elke vraag geef je aan hoe zeker je ervan bent dat je de verhoudingssommen kunt oplossen. Teken op elke lijn een **rondje** om het cijfer dat het beste bij jouw gevoel past.*

- Een rondje om de 0 betekent dat je denkt het helemaal niet te kunnen.*
- Een rondje om de 50 betekent dat je denkt het een beetje te kunnen.*
- Een rondje om de 100 betekent dat je denkt het helemaal zeker te kunnen.*
- Een rondje tussen deze cijfers in, betekent dat je gevoel er tussenin zit.*

Omcirkel per vraag het cijfer dat het beste bij jouw gevoel past. Voor het invullen van deze vragenlijst hebben we 7 minuten. Als je klaar bent, dan leg je het papier met de onderkant naar boven in de bovenhoek van je tafel. Blijf even rustig wachten, en als iedereen klaar is dan geef ik het aan.

Dan pakken we allemaal het andere papier erbij met de 12 verhoudingssommen erop. We wachten dan even totdat iedereen zijn papier erbij heeft gepakt, en als dat zover is dan geef ik het aan. Dan begint iedereen met het maken van deze sommen zonder rekenmachine. In deze vakken schrijf je je berekening (*wijs de invulkolom op de Domeinkennistoets aan*) en in deze vakken schrijf je de antwoorden (*wijs de antwoordkolom op de Domeinkennistoets aan*). Hiervoor nemen we twintig minuten de tijd. Ik zal de tijd bijhouden en als de tijd voorbij is dan geef ik het aan. Dan mag je je pen neerleggen en je papier omdraaien. Dan kom ik ze ophalen en dan gaan we een nabespreking doen.

Dus samengevat: je krijgt zo twee vellen papier, en deze laat je even rustig liggen. In de tussentijd pak je een pen uit je tas. Als iedereen het papier op zijn tafel heeft liggen dan zal ik het zeggen, en dan draaien we het papier om. Vul dan alvast op allebei de papieren je naam, geboortedatum en leerweg in. Als je daarmee klaar bent dan wacht je even stil totdat iedereen dat gedaan heeft, en dan pakken we het papier met de kleurtjes op de voorkant erbij (*laat Domeinkennistoets zien*). Hierop staan de 12 sommen en die kijken we gezamenlijk door, zonder dat we ze gaan

	maken. Je kijkt even wat je van de vragen vindt en na een minuutje leggen we dit papier aan de bovenkant van onze tafel. Dan pakken we het andere papier erbij, en daarop vul je in hoeveel van de 12 sommen jij denkt te kunnen oplossen. Zet bij elke lijn een rondje om het cijfer dat het beste bij jouw gevoel past. Als je klaar bent met alle vragen, dan leg je je papiertje in de bovenhoek van de tafel en dan wachten we even tot iedereen daarmee klaar is. Als het zover is, dan beginnen we met het maken van de sommen op het andere papier (<i>laat Domeinkennistoets zien</i>). Hiervoor nemen we 20 minuten de tijd, en we maken deze sommen zonder rekenmachine. De berekeningen schrijf je hier op (<i>wijs aan</i>), en de antwoorden schrijf je hier op (<i>wijs aan</i>). Als je hiermee klaar bent, dan leg je het papier op de hoek van je tafel. Als er 20 minuten om zijn, dan geef ik dit aan. Dan leggen we de pennen neer, draaien we de blaadjes om, en dan kom ik de blaadjes ophalen. Dan gaan we even rustig de les afsluiten. Zijn er vragen? Ok, de papieren komen er nu aan.” <i>(Deel de Domeinkennistoets en Self-Efficacy Vragenlijst uit en geef het aan als iedereen zijn papieren kan omdraaien om de demografische gegevens in te vullen. Als iedereen daarmee klaar is door iedereen het papier met de kleurtjes erbij laten pakken (Domeinkennistoets). Laat de leerlingen deze sommen 1 minuut zelfstandig doorkijken en geef aan dat de sommen nog niet opgelost hoeven te worden. Laat iedere leerling bepalen hoeveel sommen er zelfstandig correct kunnen worden opgelost. Gebruik een stopwatch en laat de leerlingen na 1 minuut stoppen. Laat dan het papier in de bovenhoeken van de tafels plaatsen en het andere papier (Self-Efficacy Vragenlijst) erbij pakken. Laat de leerlingen deze vragen in 7 minuten invullen en dan het papier in de bovenhoek van de tafels plaatsen. Dan de Domeinkennistoets pakken en de sommen in 20 minuten laten maken zonder rekenmachine. Haal de papieren na 20 minuten op).</i>
--	--

Evaluatie	“Vandaag zijn we bezig geweest met het ontdekken wat jullie op dit moment allemaal weten over verhoudingssommen. Dit doen we, zodat we wat we de afgelopen lessen hebben geleerd. Wat vonden jullie van deze les? Wat ging er goed? Wat hebben jullie geleerd? Wat kan er nog beter?”
Terug- en vooruitblik	“Vandaag zijn we bezig geweest met vragenlijsten en verhoudingssommen over. Dit doen we, zodat we weten wat we hebben geleerd de afgelopen lessen. Door deze vragenlijsten te bekijken, kunnen we zien of het spel bijdraagt aan het leren van verhoudingssommen. Verhoudingssommen zijn gemaakt om te leren hoeveel je van het ene nodig hebt en hoeveel je van het andere nodig hebt, om een mooi geheel te maken. Dit doen we, zodat we bijvoorbeeld goed kunnen uitrekenen welke kleding of gadgets in verhouding het goedkoopst zijn, maar ook om te kunnen berekenen hoe we lekkere cocktails maken. Dit is de laatste les die wij samen hebben, de volgende les is met (gebruikelijke docent). Hebben jullie vragen?”