

**Effecten van oefenen met proportioneel rekenen in een gesimuleerde
beroepscontext op het mbo**

Masterthesis Onderwijskundig Ontwerp & Advisering

Tjalling de Vries, 9406409

1 juni 2013

Begeleidende docent: Arthur Bakker (Freudenthal Instituut)

Tweede beoordelaar: Casper Hulshof (Universiteit Utrecht)

Samenvatting

In dit onderzoek wordt een door het Freudenthal Instituut ontwikkeld educatief computerinstrument, de verduntool, in een quasi-experiment onderzocht op mbo-opleidingen. De verduntool wordt gebruikt door leerlingen uit de experimentele groep. Een controlegroep krijgt les over verdunningen zonder de verduntool. Beide groepen worden getest voorafgaand en na de les. De hypothese dat de experimentele groep een significant hogere score heeft op de natoets dan op de voortoets wordt aangenomen. Toegevoegde waarde en tekortkomingen van het onderzoek worden besproken. Er worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek. Daarin zou nog duidelijker de waarde van de verduntool voor het onderwijs naar voren kunnen komen wanneer een onderzoek met een langduriger interventie zou worden uitgevoerd.

Aanleiding

Uit onderzoek blijkt dat de rekenvaardigheden in het beroepsonderwijs voor verbetering vatbaar zijn (Bakker, Groenveld, Wijers, Akkerman & Gravemeijer, 2012). De geleerde rekenvaardigheden blijken moeilijk toepasbaar in de beroepscontext. Er is sprake van een gebrekkige transfer van schools rekenen naar beroeps rekenen. Om een bijdrage te leveren aan de oplossing van dit probleem heeft een projectgroep van het Freudenthal Instituut die zich onder andere richt op het verbeteren van rekenonderwijs in het mbo een computertool ontwikkeld. Deze zogenaamde verduntool is er op gericht om de leerlingen, bijvoorbeeld op de mbo-opleiding laboratoriumtechniek, beter wiskundige calculaties uit te laten voeren die nodig zijn bij scheikundige handelingen. Deze scheikundige handelingen, onder meer het verdunnen van vloeistoffen en het meten van concentraties, zijn ook later in de beroepscontext vereist. De verduntool beoogt het rekenen te integreren met deze beroepstaak, om zo dit rekenen minder abstract te maken. De verduntool richt zich dus op het helpen transfer van kennis en vaardigheden te maken naar de werkcontext. Dit brengt een positief motivationeel effect met zich mee, want een duidelijk verband met beroepstaken stimuleert het leren (Reed, Drijvers & Kirschner, 2010). De verduntool is een educatieve simulatie. Bij een simulatie kan de gebruiker actief een aantal variabelen manipuleren en het effect van die veranderingen observeren. Op die manier kan de gebruiker de onderliggende concepten (her)ontdekken (de Jong, 2006).

Onderzoeksvraag

Bij rekenen voor het maken van verdunningen en het meten van concentraties is sprake van proportioneel rekenen. Het verwerven van vaardigheden op dit gebied is van groot belang voor toekomstige laboratorium-professionals. Het blijkt echter dat leerlingen in de leeftijd van 16-17 jaar moeite hebben met het verwerven van vaardigheden op het gebied van proportioneel rekenen (Ben-Chaim, Keret & Ilany, 2007). Uit dit onderzoek blijkt daarnaast dat veel docenten die deze kennis over moeten brengen moeite hebben om dit goed te doen.

Duidelijk is dat er winst te behalen valt bij het onderwijs en het leren van proportioneel rekenen. Specifiek aan het proportioneel rekenen bij laboratoriumonderwijs is dat het gaat om rekenen dat plaatsvindt in een scheikundige context. Bovendien gaat het om een vaardigheid die zich bevindt op een grensgebied van het beroep enerzijds en de schoolse situatie anderzijds.

Dit onderzoek richt zich op de vraag of er een manier is om er voor te zorgen dat leerlingen betere leerresultaten behalen bij proportioneel rekenen. De centrale vraagstelling in dit onderzoek luidt dan ook

In hoeverre leidt oefenen van proportioneel rekenen in een beroepscontext in een hybride computertool of in een reguliere les tot verbetering in deze vaardigheid?

Theoretische achtergrond

Het gebruik van computers in het klaslokaal kan een bijdrage leveren aan het verbeteren van onderwijs. De afgelopen twee decennia is de vraag niet langer of computers een rol moeten spelen in het onderwijs, maar meer hoe computers gebruikt moeten worden om meer leerresultaat op te leveren (Pilli & Aksu, 2013).

Reed et al. (2010) stellen vast dat Computer Assisted Instruction (CAI) veel potentie heeft en werkt, onder andere bij het bevorderen van complex leren. Tegelijk constateren zij dat het potentieel vaak niet optimaal gebruikt wordt, bijvoorbeeld bij wiskundeonderwijs waar een computertool de leerlingen meer aanleert hoe ze de tool kunnen manipuleren in plaats van dat het beheersen van de onderliggende concepten wordt aangeleerd.

Een computertool kan ingedeeld worden in drie categorieën: een oefenprogramma, een instructieprogramma en een simulatie (de Jong, van Andel, Leiblum & Mirande, 1992). Daarnaast is een indeling te maken in drie benaderingen of doelen: probleem oplossen, testen en databanken. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de verduntool die is ontwikkeld door het Freudenthal Instituut. De verduntool is zo ontworpen dat de gebruiker ervan problemen moet oplossen. Wat betreft de categorie valt de verduntool in meer of mindere mate onder alle drie bovengenoemde categorieën. Met de verduntool kan geoefend worden. Bijvoorbeeld met het zoeken naar de juiste verhouding tussen pipet en maatkolf. De verduntool is ook in zekere mate een instructieprogramma want er wordt theoretische informatie gegeven tijdens de oefeningen. Maar de verduntool is in hoofdzaak een simulatie.

Een belangrijk kenmerk van de verduntool is dat er geoefend wordt in een benadering van een authentieke situatie, in een simulatie van een beroepscontext. Dit wordt gevisualiseerd door middel van bewegende afbeeldingen van laboratorium instrumenten. En daarnaast is een belangrijk kenmerk

van de verdunttool dat er handelingen worden verricht, dat er variabelen gemanipuleerd kunnen worden. Dit is het hoofdkenmerk van een simulatie (de Jong, 2006). Het is niet simpelweg een oefenprogramma waar iets ingevuld moet worden en er goed of fout op het scherm verschijnt. Dit manipuleren geeft dynamiek die belangrijk is voor een goed leereffect. Dit belang geldt met name voor wiskundeonderwijs (Hoyles & Noss, 2009).

De verdunttool is dus te typeren als een educatieve computersimulatie. Computersimulaties zijn computerprogramma's die een model van een systeem en/of een proces bevatten (de Jong & van Joolingen, 1998). Bij het leren met een simulatie gaat het er om dat de leerling waarden van invoervariabelen varieert, waarden van uitvoervariabelen observeert, en op basis hiervan conclusies trekt over het onderliggende model en/of de procedure (de Jong, 2006). Bij de verdunttool is het systeem de laboratoriumopstelling die nagebootst wordt. Het proces is onder andere het pipetteren, verdunnen en meten.

Leren over processen, zoals verdunnen, wordt vaak gekoppeld aan ervaringsleren (Verloop & Lowyck, 2009). Het gaat er daarbij om dat een vaardigheid wordt geleerd. Dit kan door oefenen, vaak in oplopende moeilijkheidsgraad. Voordeel van een simulatie is dat met een simulatie makkelijk kan worden gestandaardiseerd. Elke leerling doorloopt hetzelfde programma. Daarnaast kan er goed worden gedifferentieerd. Als het nodig is kan een meer gevorderde leerling moeilijkere situaties voorgelegd krijgen, bijvoorbeeld door extra opgaven aan te bieden.

Leren over het onderliggende systeem wordt ook wel gekoppeld aan het begrip ontdekkend leren. Bij ontdekkend leren is het idee dat kennis zelf wordt ontdekt (Woolfolk, Hughes & Walkup, 2008). Die kennis wordt daardoor dieper verwerkt. Bij ontdekkend leren spelen meestal een transformatief proces en een regulatief proces een rol (de Jong, 2006). Het eerste heeft betrekking op onder andere het opstellen van hypothesen, het uitvoeren van experimenten, het interpreteren van data. Het tweede, regulatieve proces, heeft vooral betrekking op het plannen en monitoren van het leerproces.

Uit onderzoek is gebleken dat leerlingen juist veel moeite hebben met de transformatieve en regulatieve processen die bij ontdekkend leren horen (de Jong, 2006). Ze hebben moeite met het formuleren van hypothesen, het kiezen van de juiste variabelen en met plannen. Daarom is het beter

om ze te laten werken binnen een ondersteunend format, in de vorm van een simulatie. Een simulatie die de juiste ondersteuning biedt wordt een cognitieve tool genoemd. Hierbij moet aan drie voorwaarden worden voldaan (Verloop & Lowyck, 2009). Er moet ondersteuning zijn in de vorm van modelprogressie. Dit betekent dat het model in stappen complexer wordt gemaakt. Dit helpt de leerling bij het plannen en monitoren. Ten tweede moeten er opdrachten worden gegeven, zoals een voorspelling doen, of iets uitlegen. Deze opdrachten helpen het leerproces, door verschillende invalshoeken van het model weer te geven. Ten derde moet er procedurele informatie gegeven worden. Dit is uitleg die *just in time* gegeven wordt, op het moment dat het nodig is om verder te kunnen. Dit voorkomt cognitieve overload (Merriënboer & Kirschner, 2007) en het zorgt voor betere resultaten (de Jong & van Joolingen, 1998). Er wordt wel bij voorkeur in een benadering van een authentieke situatie gewerkt, en er is sprake van een *whole task* benadering (de Jong, 2006, Merriënboer & Kirschner, 2007). Een cognitieve tool structureert dus het leerproces van de leerling. De beste leerresultaten worden bereikt met tools die dit doen (de Jong, 2006, Rutten, van Joolingen & van der Veen, 2012). De verdunttool is een tool die aan deze drie voorwaarden voldoet. De procedurele informatie die tijdens het werken met de verdunttool wordt gegeven wordt op drie momenten *just in time* gegeven. Tijdens de opdracht, door middel van een helpknop (Figuur 3). Aan het einde van de opdracht waar het antwoord moet worden ingevoerd, ook door middel van een helpknop (Figuur 5). En aan het einde van de opdracht doordat wordt aangegeven of het antwoord goed of fout is (Figuur 4). Daarnaast krijgt de leerling ondersteuning aan het begin van de tool met een uitleg van de functionaliteiten van de knoppen, zoals de helpknop en de mogelijkheid om het bordje langs de as van de spectrofotometer te verslepen. Het ontdekkend of onderzoeken leren wordt in het algemeen door de tool gestimuleerd doordat de leerling de handelingen steeds opnieuw kan doen. Hierdoor kan de leerling zijn geformuleerde hypothese bijstellen en experimenteren met de variabelen om zo tot het juiste antwoord te komen. Ook is de verdunttool zo opgebouwd dat er sprake is van een oplopende moeilijkheidsgraad. Hierdoor wordt de leerling steeds uitgedaagd.

Leren met een simulatie is dus effectief omdat dit het leerproces structureert (Rutten, et al., 2012). Daarnaast kan leren met een simulatie effectief zijn omdat het de context van het transferdoel kan nabootsen. Volgens de theorie van *situated learning* is leren contextgebonden aan tijd en plaats

waarin het geleerd is. Leren vindt vooral plaats door het aannemen van normen, gedrag, vaardigheden, attitudes en taal van een bepaalde gemeenschap. Leren betekent meer vaardig worden om deel te nemen in de praktijk van die gemeenschap en de instrumenten van die gemeenschap te kunnen gebruiken (Woolfolk et al., 2008). Anderson, Reder en Simon (Woolfolk et al., 2008, p.415) zeggen dat dit op het meest basale niveau betekent dat situated learning benadrukt dat veel van wat geleerd wordt specifiek voor de situatie is waarin het geleerd is. Dat zou betekenen dat een situatie in een simulatie die de werkelijkheid, de beroepscontext goed nabootst zorgt voor een goede uitgangssituatie. Als de simulatie en de situatie in de gemeenschap goed overeenkomen kan er transfer van het geleerde plaatsvinden. Speciaal met betrekking tot wiskunde in het beroepsonderwijs wordt door Pozzi, Noss en Hoyles (1998) vastgesteld dat: “Education should identify realistic situations, where practitioners realise the need make visible for themselves the underlying structures of the mathematised models they use in ways which preserve for them their essential meaning”.

De verdunttool simuleert de beroepscontext. De leerling die de verdunttool gebruikt kan op een schoolse manier oefenen in een realistische beroepscontext. Dit hybride leren, leren op een grensgebied heeft potentie op het gebied van transfer (Akkerman & Bakker, 2011).

Naast dit alles heeft een simulatie ook nog een aantal, meer praktische, voordelen als leeromgeving. Er kan worden geleerd in een, letterlijk, veilige omgeving. Denk maar aan het gebruik van gevaarlijke chemicaliën. Er kan vrijuit geëxperimenteerd worden, er mogen fouten worden gemaakt. Er kan worden geoefend met systemen of materialen die te duur of te complex zijn om op een school te hebben. En er kan worden gemanipuleerd met de tijdsduur van processen (van Berkum & de Jong, 1991).

De verdunttool simuleert het maken van proportionele berekeningen in een authentieke context en is daarmee als hybride computertool te typeren. De leerling oefent beroepshandelingen op een schoolse manier. Zo koppelt de verdunttool abstract rekenen aan concrete gesimuleerde handelingen, zoals pipetteren en aanvullen met demiwater.

Proportioneel rekenen is een belangrijke vaardigheid voor de mbo-leerlingen Laboratoriumtechniek. Leerlingen in deze leeftijdscategorie hebben moeite met deze vorm van rekenen (Ben-Chaim et al., 2007). Proportioneel rekenen is moeilijk omdat dit een vaardigheid is

waarin een aantal variabelen moet worden gecoördineerd. Volgens de stadia van Piaget is deze vaardigheid te plaatsen in het formeel operationele stadium. Dit is het vierde en laatste stadium dat niet iedereen tijdens zijn leven bereikt (Woolfolk et al., 2008).

Er zijn verschillende soorten proporties. Bij verdunnen gaat het om een inverse proportie. Bij een inverse proportie varieert de ene variabele direct omgekeerd met de andere variabele. Hoe meer x toeneemt, hoe meer y afneemt. Een voorbeeld hiervan is snelheid versus tijd. Als je met 50 km/u rijdt doe je een uur over 50 km. Als je 100 km/u rijdt doe je een half uur over 50 kilometer. De afstand is de constante, snelheid en tijd zijn de variabelen. Er is ook directe proportionaliteit: hoe dieper je het gaspedaal indrukt, hoe sneller je gaat. Bij verdunnen is de relatie inverteers: als een monster de helft dunner is gemaakt, moet wat zich bevindt in de maatkolf worden verdubbeld om te weten wat er in het oorspronkelijke monster zat.

Probleemstelling

Het is de vraag in hoeverre bovenstaande theorieën zijn terug te zien in een experiment met een instrument dat is gefundeerd in deze theorieën. Leren leerlingen van de verduntool? De centrale onderzoeksvraag luidt: *In hoeverre leidt oefenen van proportioneel rekenen in een beroepscontext in een hybride computertool of in een reguliere les tot verbetering in deze vaardigheid?* De hypothese is dat er in dit onderzoek statistisch significante verschillen zichtbaar zijn tussen de verschilcores op de voormetingen en de nametingen.

Methode

Participanten

Aan in totaal 197 leerlingen van vier ROC's in Nederland is gevraagd om deel te nemen aan achtereenvolgens een voormeting, een les en een nameting. De leerlingen zijn geworven via hun docenten. De leerlingen zijn 1^e jaars studenten aan de mbo-opleiding Laboratoriumtechniek (niveau 3 en/of 4). De vier ROC's zijn het ROC Midden Nederland Utrecht, Hogeschool Leiden, ROC van Amsterdam en ROC Noorderpoort in Groningen.

De leerlingen zijn vooraf op de hoogte gesteld van de aard van het onderzoek. Er is uitgelegd dat ze zouden meedoen aan een onderwijskundig onderzoek. Dat ze een toets voorafgaand aan de les

zouden doen, een les over verdunnen zouden krijgen de week erna, al dan niet met de verdunttool, en dat ze daarna een nog een toets zouden doen.

Instrumenten

Interventie

De verdunttool is ontworpen om een aantal vaardigheden te kunnen oefenen en verwerven op het gebied van proportioneel rekenen dat gebruikt wordt bij scheikundige handelingen. De vaardigheden zijn handelingen en berekeningen. De gebruiker oefent hiermee in tien opgaven. De taken in die opgaven zijn afgestemd op de kerntaken die een gediplomeerde laboratorium technicus volgens de richtlijnen in het kwalificatiedossier van het PMLF (Kenniscentrum Proces Milieu Laboratorium Fotonica, aangesloten bij de SBB) moet beheersen en kunnen uitvoeren (PMLF, 2012). Dit zijn kerntaken zoals: het nemen van monsters, beoordelen van meetwaarden en massa/volume percentages berekenen.

De belangrijkste handelingen die met de verdunttool gesimuleerd worden zijn:

1. het interpreteren van een meetstrip (Figuur 1).
2. de juiste verhouding tussen pipet en maatkolf bepalen (Figuur 2).
3. pipetteren van vloeistof in een maatkolf (Figuur 3).
4. het aflezen van een spectrofotometer (Figuur 5).
5. doorverdunnen (Figuur 6).

De belangrijkste berekeningen die met de verdunttool geoefend worden zijn:

1. het berekenen van de verdunningsfactor op basis van de keuze van pipet en maatkolf (Figuur 3).
2. met behulp van de verdunningsfactor terugberekenen van de concentratie van de gemaakte verdunning in de maatkolf naar de oorspronkelijke concentratie in het monster (Figuur 4).
3. met behulp van de verdunningsfactor berekenen welke verdunning moet worden gemaakt zodat deze bruikbaar is in de spectrofotometer (Figuur 5).

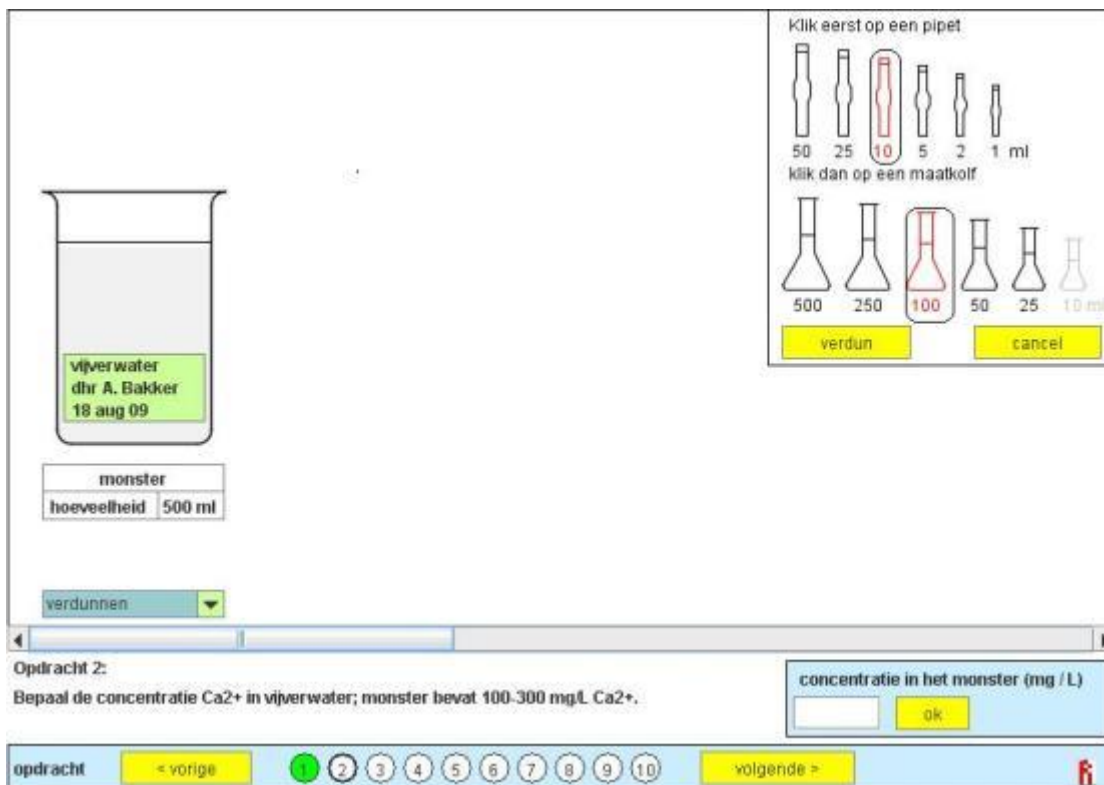
4. berekenen van de concentratie met behulp van de formules $\text{extinctie} = k * \text{concentratie}$ en $\text{concentratie} = \text{extinctie} / k$.
5. dat met doorverdunnen de verdunningsfactoren met elkaar vermenigvuldigd moeten worden (Figuur 6).

In de verdunttool is procedurele informatie opgenomen die de gebruiker op het juiste moment helpt. Deze informatie wordt gegeven via een helpknop tijdens de taak (Figuur 3) en aan het eind van de taak als het antwoord moet worden ingevoerd (Figuur 5). Daarnaast wordt *outcome feedback* gegeven doordat aangegeven wordt of het ingevulde antwoord goed of fout is (Figuur 4), dat de verdunningsfactor onjuist is, en dat de gekozen verdunning buiten het bereik van de spectrofotometer valt. Ook worden formules op de juiste momenten weergegeven, bijvoorbeeld bij de spectrofotometer de formule $\text{extinctie} = k * \text{concentratie}$. Via de helpknop wordt ook gegeven dat die formule ook kan worden geschreven als $\text{concentratie} = \text{extinctie} / k$. Daarnaast wordt in opgave 9 in de opgavetekst aangegeven dat er doorverdund moet worden om het juiste resultaat te bereiken (Figuur 6).

De leerling kan zo vaak als hij of zij wil een handeling binnen een opgave over doen. Bij een gemaakte verdunning bijvoorbeeld kan door middel van de keuze in het drop-downmenu voor “verwijder maatkolf” zo vaak als gewenst een nieuwe poging worden gedaan.



Figuur 1. Handeling: interpreteren meetstrip.



Figuur 2. Handeling: de juiste verhouding pipet maatkolf bepalen.

10

vijverwater
dhr. A. Bakker
18 aug 09

monster
hoeveelheid 500 ml

10 ml monster wordt
verdund tot 100 ml, de
verdunningsfactor is
dan $100 : 10 = \dots$

maatkolf 1	
inhoud	100 ml
monster	10 ml
verdun.factor	10

kies actie

help ok

Opdracht 2:
Bepaal de concentratie Ca^{2+} in vijverwater; monster bevat 100-300 mg/L Ca^{2+} .

concentratie in het monster (mg / L)

ok

opdracht < vorige 2 3 4 5 6 7 8 9 10 volgende >

Figuur 3. Handeling: pipetteren. Berekenen: verdunningsfactor. Helpknop: uitleg verdunningsfactor.

vijverwater
mevr. M. Wijers
18 aug 09

monster
hoeveelheid 500 ml

10 ml
220
200
180
160
140
120
100

mg / L

sluit

maatkolf 1	
inhoud	10 ml
monster	5 ml
verdun.factor	2

kies actie

meetstrip

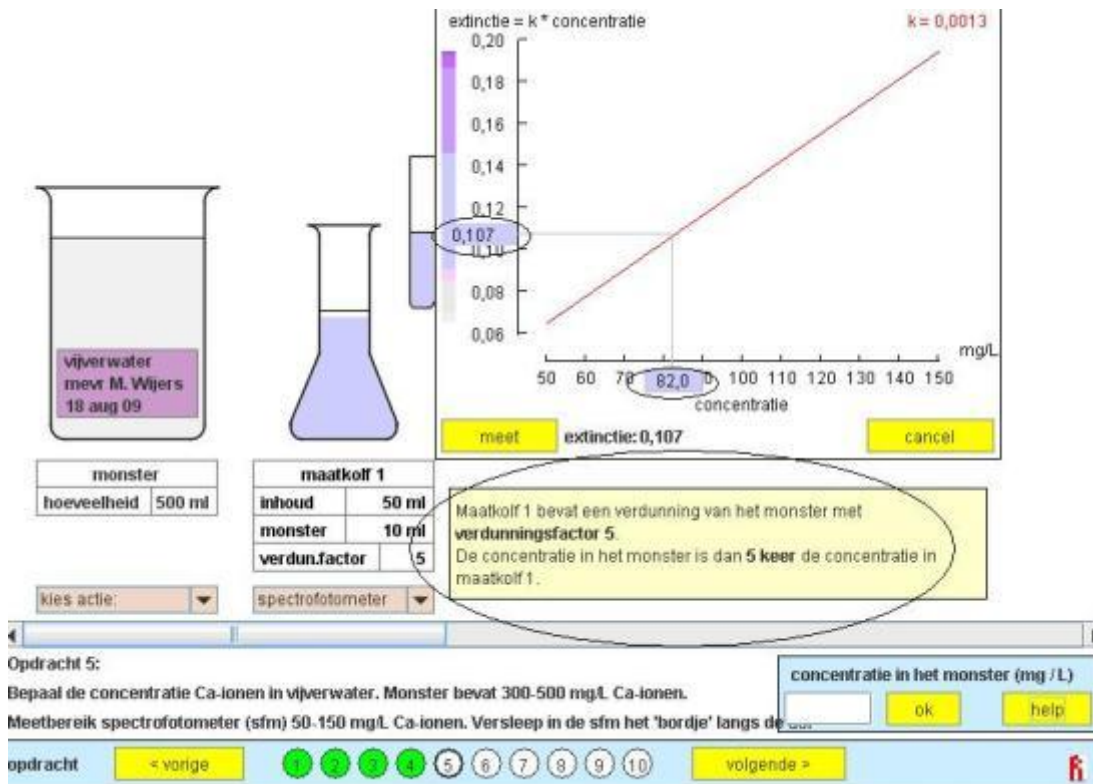
Opdracht 3:
Bepaal de concentratie Fe^{2+} in vijverwater; monster bevat 300-500 mg/L Fe^{2+}
Gebruik een verdunningsfactor van 2.

concentratie in het monster (mg / L)

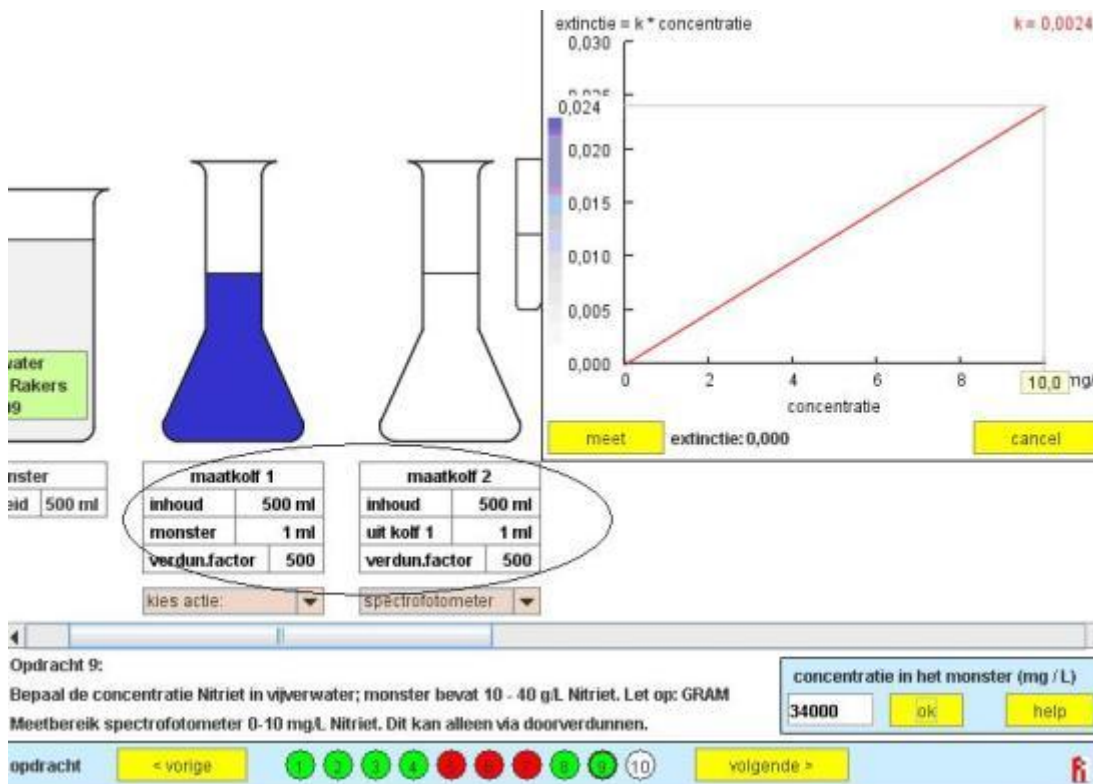
440 ok help

opdracht < vorige 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 volgende >

Figuur 4. Berekenen: gevonden concentratie (C_2) maal verdunningsfactor (V_f) is concentratie in monster (C_1). Feedback: antwoord 440 is goed, rondje 3 wordt groen.



Figuur 5. Handeling: aflezen spectrofotometer. Berekenen: verdunning die binnen bereik spectrofotometer past. Feedback: helpknop en pop-up informatie aan einde opgave.



Figuur 6. Handeling: doorverdunnen. Berekenen: verdunningsfactoren vermenigvuldigen.

Een kenmerk van de verdunttool is de oplopende moeilijkheidsgraad. Dit is in Figuur 1 tot en met 6 te zien. De handelingen en berekeningen worden complexer naar mate de verdunttool vordert.

Meetinstrumenten

De voor- en nametingen zijn gedaan met behulp van toetsen die bestonden uit vijf items (zie bijlagen A en B). Per item konden nul tot vier punten worden gescoord. Er konden maximaal 20 punten worden gescoord. De voor- en natoetsen bestonden uit verschillende typen opgaven waarvan een aantal erg leek op wat er in de tool geoefend wordt, en uit een paar opgaven die anders vormgegeven zijn. Wat betreft inhoud correspondeert elk item 1 tot en met 5 op de voortoets met item 1 tot en met 5. Dit betekent dat item 1 op de voortoets hetzelfde bevraagt als item 1 op de natoets. Alleen de bewoording en de gebruikte getallen verschillen. Hierdoor is het mogelijk om ook op item-niveau de twee toetsen te analyseren. Zie hiervoor de resultaten.

Per item is er sprake van een koppeling met de opgaven uit de verdunttool. Er bestaan een paar kernbegrippen bij verdunnen. Ten eerste de *oorspronkelijke concentratie* in het monster (C1). Ten tweede de *verduunningsfactor* (Vf) die wordt berekend door het volume van de *maatkolf* (mk) te delen door het volume van de *pipet* (p). Ten derde de *gevonden concentratie* die je krijgt in de maatkolf na verdunnen (C2). De vijf items in de toetsen behandelen de volgende onderwerpen:

Item 1: “De Vf achterhalen op basis van mk/p. C1 is gegeven. Dan C2 berekenen.”

Item 2: “Vf berekenen op basis van mk/p. C2 is gegeven. Terugrekenen C1 door C2 maal Vf te doen.”

Item 3: “Gelijk aan Item 2 maar er wordt twee keer verdund. Begrijpen dat de verduunningsfactoren met elkaar vermenigvuldigd worden in plaats van bij elkaar opgeteld.”

Item 4: “Opgave over de spectrofotometer. Begrijpen dat je binnen bereik van de spectrofotometer moet verdunnen. Begrip van de keuze juiste verhoudingen pipet/maatkolf en welke Vf dit oplevert.”

Item 5: “C1 wordt gegeven. C2 wordt ook gegeven. Gevraagd wordt grootte pipet. Begrijpen C1 gedeeld door C2 de Vf geeft. Vervolgens begrijpen dat $mk/Vf = \text{pipet}$.”

Voor alle items in de toetsen is het nodig om de basisvaardigheden van rekenen bij verdunnen te beheersen, namelijk het kiezen van de juiste pipet en maatkolf en daaruit de Vf berekenen ($Vf = mk/p$). Daarnaast is het nodig voor alle items in de toetsen om te begrijpen dat de gevonden

concentratie vermenigvuldigd (niet gedeeld) moet worden met de verdunningsfactor om de oorspronkelijke concentratie te krijgen. Deze vaardigheden worden geoefend in de verduntool in opgave 3 tot en met 10. De opgaven 1 en 2 in de verduntool werken met alleen de meetstrip. Dit komt niet terug in de toetsen. Deze eerste twee opgaven zijn vooral bedoeld om te wennen aan de verduntool.

Opgave 5 tot en met 8 gaan specifiek over de spectrofotometer. Dit is gekoppeld aan Item 4 in de toetsen. Opgave 9 en 10 in de verduntool laten de leerling oefenen met doorverdunnen. Dit is gekoppeld aan Item 3. Wel bleek tijdens de observaties tijdens de lessen dat opgave 10 heel moeilijk werd gevonden door leerlingen. Veel leerlingen gaven de moed direct op en zijn niet gaan werken met opgave 10. In veel gevallen was de lestijd ook voorbij of bijna voorbij. Bovendien zat er een *bug* (een programmeerfoutje) in deze opgave waardoor het eindresultaat (een grafiek) niet zichtbaar werd.

In de verduntool wordt in opgave 3 tot en met 9 geoefend door C2 te geven, en C1 te vragen. In Items 2, 3 en 4 van de toetsen is dit ook zo. Maar in Item 1 is het andersom. Daar wordt C1 gegeven en C2 gevraagd. Deze aanpak wordt niet geoefend in de verduntool. In Item 5 van de toetsen is de benadering ook anders dan in de verduntool, zie de beschrijving van Item 5 hierboven.

Samengevat betekent dit dat Item 2 en Item 4 heel direct te koppelen zijn aan de verduntool. Voor Item 3 geldt dat ook, maar er wordt maar in twee van de tien opgaven geoefende met doorverdunnen, waarvan een opgave zeer lastig is. Voor Item 1 en 5 geldt dat de basis wel wordt geoefend in de verduntool, maar de specifieke benadering in deze items komt niet overeen met een opgave in de verduntool. In de discussie hieronder wordt verder besproken wat voor invloed de koppeling tussen verduntool en toetsen, of het ontbreken daarvan, zou kunnen hebben gehad.

De toetsen zijn ontwikkeld door het Freudenthal Instituut. De voor- en natoetsen zijn beoordeeld door vier docenten die onafhankelijk van elkaar hebben vastgesteld dat de voor en natoets dezelfde moeilijkheid en inhoud hadden. Hiermee is bevestigd dat de toetsen een goede indrukvaliditeit hebben. De toetsen hebben daarnaast een goede betrouwbaarheid als wordt gekeken naar de Cronbach's alfa. Er is een statistische analyse uitgevoerd op itemniveau van de 334 opgenomen toetsen. Er sprake is van een goede interne consistentie. Zowel bij de voortoets ($\alpha = .70$) als bij de natoets ($\alpha = .79$).

De toetsen zijn door de auteur nagekeken met behulp van een antwoordmodel. De scores zijn op dezelfde schaal verwerkt, van 0 tot 20. Dus niet omgewerkt naar een schaal van 1 tot 10. Ook is er niet met een cesuur gewerkt. Daarnaast is een aantal toetsen steekproefsgewijs nagekeken door een tweede beoordelaar. Deze tweede beoordelaar is een medewerker van het Freudenthal Instituut en bekend met de verduntool en de toetsen. In totaal zijn 20 toetsen (6 % van het totaal) nagekeken door de tweede beoordelaar. Naar aanleiding van gesprekken die volgden is het correctievoorschrift van de voortoets voor Item 1 aangepast. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is te benoemen als ‘voldoende tot goed’ wanneer de beoordelingen worden geanalyseerd met Cohen’s kappa (kappa = .75).

Design

Voor deze masterthesis is een empirisch onderzoek uitgevoerd. In dit onderzoek zijn de participanten niet random toegewezen aan de experimentele groep en de controlegroep. Daardoor heeft dit onderzoek de vorm van een quasi-experiment.

Elke docent heeft zelf bepaald welke van zijn twee klassen de experimentele les (met verduntool) zou volgen en welke de les zonder verduntool. Dit betekent dat er sprake is van een niet-aselecte toewijzing aan experimentele groep dan wel controlegroep. De docenten zijn wel gevraagd om de leerlingen random toe te wijzen aan een conditie. Dit bleek op geen enkele school mogelijk. Doordat de leerlingen te maken hadden met lesroosters was het niet mogelijk om de leerlingen random toe te wijzen aan één van de twee condities. Meestal had ook de beschikbaarheid van een computerlokaal, of het gebrek aan beschikbaarheid, hier mee te maken.

De leerlingen hebben in de periode van december 2012 tot en met februari 2013 in steeds een periode van drie weken één keer per week meegedaan aan het onderzoek. In de eerste week hebben ze de voortoets gemaakt. Daarvoor hadden de deelnemers 30 minuten.

In de tweede week hebben de deelnemers een klassikale ‘gewone’ les over verdunnen gevolgd (controlegroep), of achter de computer gezeten en met de verduntool gewerkt (experimentele groep). Deze lessen duurden 50 minuten. In de derde week hebben de deelnemers de natoets gemaakt. De tijd die daar voor stond was ook 30 minuten.

Procedure

Van het ROC MN hebben twee docenten met twee groepen meegedaan. Van de overige drie scholen elk één docent met ieder twee groepen. Daarnaast was er in Leiden en Amsterdam een docent met maar één groep. Er is geprobeerd van elke docent twee klassen mee te laten doen zodat elke docent een les zonder verduntool en een les met de verduntool kon doen. Dit is niet gelukt bij twee van de in totaal zeven docenten. Deze twee docenten met maar één klas zijn niet meegenomen in de analyse. Van overgebleven vijf docenten hebben niet alle leerlingen beide toetsen gemaakt. Hierdoor zijn van de oorspronkelijk 197 leerlingen in totaal 30 participanten afgevallen. Het aantal leerlingen van de vijf docenten dat aan de voor- en de nameting heeft deelgenomen én de les heeft bijgewoond is 167. Uit de controlegroep 81 leerlingen en uit de experimentele groep 86 leerlingen.

De les zonder de verduntool verliep in grote lijnen hetzelfde op alle scholen. De voortoets werd besproken. De vijf gemaakte opgaven werden doorgenomen. Dit gebeurde aan de hand van uitleg op het bord, door middel van instructie. En door middel van interactie met de leerlingen. Vragen stellen, vragen naar juiste antwoorden en uitkomsten. In één geval werd dit gedaan door de leerlingen die hoog hadden gescoord op de voortoets uitleg te laten geven aan de overige leerlingen. Vaak werd een item uit de toets herhaald en uitgewerkt en daarna verdiept door middel van extra voorbeelden en opgaven van vergelijkbare aard. De lessen op alle scholen hadden veel kenmerken van het directe instructie model (Veenman, 1992). Daarin controleert de leerkracht in grote mate het leerproces. De leerkracht staat als model centraal. Er wordt voor een belangrijk deel frontale instructie gegeven, maar er is ook ruimte voor individuele verschillen tussen leerlingen. Bij dit type instructie is het van belang dat de leraar voordoet, laat zien, oefenen begeleidt en gerichte feedback geeft.

Ook de lessen met de verduntool zijn in grote lijnen hetzelfde verlopen. De docent heeft de opstart met de link naar de verduntool geregeld. Daarna zijn de leerlingen zelfstandig aan de slag gegaan. Daarbij was toegestaan om onderling tips uit te wisselen. Tijdens de les was de docent aanwezig om vragen te beantwoorden. In Utrecht en in Leiden is de auteur aanwezig geweest om te kijken of de tool goed werkte en om eventuele opvallendheden te observeren.

Analyse

De onderzoeksvraag kan worden uitgesplitst in een aantal subvragen. De analyse van de onderzoeksvraag en deze subvragen wordt hier beschreven. De centrale onderzoeksvraag luidt: *In hoeverre leidt oefenen van proportioneel rekenen in een beroepscontext in een hybride computertool of in een reguliere les tot verbetering in deze vaardigheid?*

De hypothese is dat de groep leerlingen die met de verduntool heeft gewerkt significant hoger scoort op de natoets dan op de voortoets. Deze hypothese komt voort uit het idee dat leerlingen leren van de verduntool omdat deze is ontwikkeld op basis van het curriculum dat behoort bij de opleiding mbo Laboratoriumtechniek, en op basis van wetenschappelijke leertheorie en instructietheorie. Deze theorie stelt dat ervaringsleren, leren door te handelen (Verloop & Lowyck, 2009) en situated learning, leren is contextgebonden (Pozzi et al., 1998) effectieve manieren van leren zijn. Om deze hypothese te testen is een paired samples t- test uitgevoerd. Daarbij is de kennis van proportioneel rekenen bij verdunnen, weergegeven door de score op de toets, de afhankelijke variabele. De onafhankelijke variabelen zijn de voortoets en de natoets. Ook de effectgrootte (Cohen's d) is berekend.

- a. Een andere invalshoek is om te kijken naar het verschil tussen de twee condities.

Dit leidt tot *subvraag 1: In hoeverre leidt oefenen in een beroepscontext ten opzichte van een reguliere les tot meer verbetering op vaardigheden op het gebied van proportioneel rekenen?* De hypothese is dat leerlingen uit de experimentele groep, de leerlingen die de verduntool hebben gebruikt, een significant hogere verschilscore zouden hebben dan de leerlingen uit de controlegroep. De verschilscore is de score die je krijgt als een score op de natoets aftrekt van de score op de corresponderende voortoets. De maximale verschilscore is 20. De verschilscore is de afhankelijke variabele. De conditie, experimenteel of controle, is de onafhankelijke variabele. Er is een independent samples t-test uitgevoerd om deze hypothese te onderzoeken. Daarbij is ook de effectgrootte (Cohen's d) berekend. Omdat de hypothese is dat de gemiddelde scores van de experimentele groep hoger zijn wordt de uitkomst van de analyse eenzijdig geïnterpreteerd en de p-waarde gehalveerd.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat om een *t*-test uit te voeren er sprake moet zijn van een normale verdeling. Voor steekproeven groter dan 50 is de Kolmogorov- Smirnov test geschikt. Uit deze test blijkt dat de pretests voor beide condities wel normaal verdeeld zijn (experimenteel $D(86) = 0.07, p = .200$ en controle $D(81) = 0.10, p = .055$). De maar de posttests zijn echter niet normaal verdeeld (experimenteel $D(86) = 0.17, p = .000$ en controle $D(81) = 0.14, p = .001$). Omdat de *t*-test redelijk robuust is en niet zo gevoelig voor afwijkingen van normale verdeling, en omdat er een vrij grote steekproef is gebruikt worden de resultaten van de *t*-tests toch gerapporteerd (Field, 2009). Daar komt bij dat de afwijking van de normale verdeling vooral in de extreme scores zit. Van de 167 participanten zijn er in totaal 47 (ruim 28%) die op beide toetsen 0 tot en met 4 punten scoren of 16 tot en met 20 (op een schaal van 0 tot en met 20). Levene's test is niet significant, aan de assumptie van gelijke varianties tussen de groepen is voldaan. Daarnaast is er een repeated measures ANOVA uitgevoerd om een mogelijk interactie-effect te laten zien tussen de conditie en de verschilscore.

b. Subvraag 2: Leidt oefenen met de verdunttool tot betere verre transfer dan een reguliere les? De hypothese is dat op die items in de toets waarin wordt bevraagd wat niet direct in de tool is geoefend, er sprake is van een hogere verschilscore bij de experimentele groep dan bij de controlegroep. Dit omdat bij de verdunttool wordt geoefend in een authentieke beroepscontext. En er wordt gewerkt met de hogere leeractiviteit 'toepassen', volgens de taxonomie van Bloom (Krathwohl, 2002). Beide aspecten zorgen voor een diepere verwerking. Dit zou er voor kunnen zorgen dat de leerlingen uit de experimentele groep op items die een stap verder gaan, die niet op die manier zijn geoefend in de tool, een betere score halen dan de leerlingen uit de controlegroep. In dat geval is er sprake van betere verre transfer (Bransford & Schwartz, 1999). Om deze hypothese te toetsen is een independent samples *t*-test uitgevoerd. Daarbij is per item de verschilscore de

afhankelijke variabele en de conditie de onafhankelijke variabele. Alle analyses in dit onderzoek zijn uitgevoerd met een p -waarde van .05.

Resultaten

De onderzoeksvraag luidt *In hoeverre leidt oefenen van proportioneel rekenen in een beroepscontext in een hybride computertool of in een reguliere les tot verbetering in deze vaardigheid?* De hypothese is dat de groep leerlingen die met de verduntool heeft gewerkt significant hoger scoort op de nameting dan op de voormeting. Om deze hypothese te toetsen is een paired samples t -test gedaan. Hieruit blijkt dat de gemiddelde score op de natoets ($M = 13.42$, $SD = 6.35$) significant hoger is dan gemiddelde score op de voortoets ($M = 9.53$, $SD = 6.09$); $t(85) = 7.01$, $p < .001$. De 85 leerlingen die de verduntool hebben gebruikt zijn gemiddeld 3.88 punt vooruit gegaan. Het antwoord op de onderzoeksvraag is dus: oefenen met de verduntool leidt tot significant hogere scores op de natoets dan op de voortoets. Er is sprake van verbetering van proportioneel rekenen na een les met de verduntool. De waarde van de effectgrootte volgens Cohen's d wijst op een redelijke tot grote praktische significantie ($d = .63$). Daarbij moet wel worden vastgesteld dat ook de controlegroep significant hoger scoorde. De controlegroep ging gemiddeld 3.00 punten vooruit. (natoets $M = 12.91$, $SD = 6.15$; voortoets $M = 9.91$, $SD = 5.99$; $t(80) = 4.75$, $p < .001$). De effectgrootte hiervan is wel kleiner dan bij de experimentele groep ($d = 0.49$). Zie tabel 1 voor een overzicht van de resultaten.

Tabel 1. Resultaten tussen voor en nameting en tussen conditie

	Pretest	Posttest	t	p	Effect- grootte (d)	Verschil -scores	t	p	Effect- grootte (d)
Experimenteel ($n=86$)	9.53 (6.35)	13.42 (6.35)	7.01	<.001	.63	3.88 (5.14)			
Controle ($n=81$)	9.91 (5.99)	12.91 (6.15)	4.75	<.001	.49	3.00 (5.68)	1.06	.147	.005

Voor het beantwoorden van *subvraag 1* is een aantal analyses uitgevoerd. De hypothese was dat de leerlingen vaardigheden en kennis beter verwerven door middel van een les met de verdunttool dan een les zonder de verdunttool. Dit omdat de verdunttool proportioneel rekenen aanleert door met gesimuleerde handelingen te oefenen in een beroepscontext.

De belangrijkste vraag was of de scores van de experimentele groep (de leerlingen die met de verdunttool hebben gewerkt) meer zijn gestegen dan de scores van de controlegroep (de leerlingen die de verdunttool niet hebben gebruikt). Deze verschillen zijn onderzocht met een de volgende statistische analyses.

Geanalyseerd met een independent samples *t*-test blijkt dat de gemiddelde verschillen van de experimentele groep ($M = 3.88, SD = 5.14$) en de controlegroep ($M = 3.00, SD = 5.68$) niet significant verschillen: $t(165) = 1.06, p = .293$. Uitgaande van de hypothese dat de verschillen van de experimentele groep significant hoger zijn kan de *t*-test eenzijdig worden geïnterpreteerd. De *p*-waarde wordt hiermee gehalveerd tot $p = .147$. Daarmee wordt de hypothese verworpen.

De conditie waarin de leerling was geplaatst heeft dus geen significante invloed op de vooruitgang. Dit blijkt ook uit de resultaten van de repeated measures ANOVA. Er is geen interactie-effect tussen conditie en scores op voor- en natoets: $F(1, 4) = .801, p = .372$. De effectgrootte is zeer klein, $d = .005$. Hiermee is *subvraag 1* beantwoord. Oefenen met gesimuleerde handelingen in een authentieke beroepscontext leidt niet tot meer verbetering op vaardigheden op het gebied van proportioneel rekenen dan wanneer deze vaardigheden worden verworven door middel van een reguliere les.

Voor het beantwoorden van *subvraag 2* is een independent samples *t*-test gedaan met de itemscores. Voor elk van de vijf items is deze *t*-test gedaan om te analyseren of verschillen op een of meerdere items bij de experimentele groep significant hoger zouden zijn dan bij de controlegroep. Dit zou kunnen duiden op betere verre transfer dankzij de verdunttool. Dit bleek echter niet het geval. Op elk item was de verschillen groter bij de experimentele groep maar in geen enkel geval was het verschil bij een bepaald item significant groter. Het antwoord op *subvraag 2* is dus dat op basis van de resultaten niet kan worden geconcludeerd dat oefenen met de verdunttool tot betere verre transfer leidt dan een reguliere les.

Discussie

Bij het werken met de verduntool is te zien dat leerlingen significant hoger scoren op de natoets ten opzichte van de voortoets. Dit is een interessant resultaat, waarbij wel moet worden opgemerkt dat het leereffect van de voortoets hierbij een rol kan hebben gespeeld. De items op voor- en natoets lijken namelijk sterk op elkaar. Los hiervan zou het resultaat er op kunnen duiden dat de verduntool goed geschikt is als aanvullend instrument binnen het mbo Laboratoriumtechniek. De verduntool kan voorafgaand aan de les, thuis of op school, worden gebruikt door de leerling, waarna de leraar in de les de ervaringen bespreekt, vragen beantwoordt en ingaat op de theorie. Door de verduntool in een LMS (Learning Management System) als Moodle te implementeren zou er voor gezorgd kunnen worden dat er gemonitord kan worden op het doorlopen van de verduntool door de leerlingen. De verduntool is geschikt voor deze manier van werken omdat het een simulatieprogramma is dat de leerlingen goed zelfstandig kunnen doorlopen. Een simulatie kan voor een goed leereffect zorgen doordat er met variabelen gemanipuleerd wordt, waardoor concepten zelf ontdekt worden (Hoyles & Noss, 2009). Daarnaast wordt in de verduntool gewerkt met just in time uitleg en vanuit een whole task benadering (Merriënboer & Kirschner, 2007). Dit zorgt er voor dat de leerlingen die met de verduntool werken in een authentieke situatie leren en dat het leerproces gestructureerd wordt (de Jong & van Joolingen, 1998). Op deze wijze kan de verduntool als leermiddel zeker een toegevoegde waarde hebben. Dit idee wordt ondersteund door positieve reacties van de betrokken leraren en leerlingen. De verduntool zou in de toekomst kunnen worden uitgebreid met meer opgaven. Ook zou het mogelijk zijn om de verduntool opnieuw te maken in een auteursstool voor e-learningmodules, bijvoorbeeld Lectora. Dit zou het mogelijk maken dat docenten zelf opgaven kunnen aanpassen of nieuwe opgaven kunnen maken. Op die manier kan de verduntool helemaal op maat gemaakt worden, passend bij de school, het curriculum en de leerlingen.

De verduntool heeft niet voor een beter leereffect gezorgd dan een klassikale, traditionele les. Dit is onverwacht want de verduntool wordt vanuit de theorie geacht voor een goed leereffect te zorgen. Er zijn een paar mogelijke verklaringen voor het feit dat de verduntool het niet beter heeft gedaan dan de reguliere les. Een mogelijke verklaring is dat de betrokken leraren extra hun best hebben gedaan in de les. Een docent heeft dit per e-mail letterlijk gezegd dat hij zijn best ging doen

om te zorgen dat het verschil zo klein mogelijk zou zijn. Deze docent was, net als alle andere docenten, enthousiast over de verduntool maar zag er mogelijk ook een erekwestie in om niet te verliezen van de computer.

Een andere mogelijkheid is dat de klassikale les beter heeft aangesloten op de toetsen dan de verduntool dat deed. Zoals beschreven hierboven in de sectie Instrumenten sluiten Items 2 en 4 direct aan op de oefeningen in de verduntool. Dit is niet het geval bij Items 1 en 5. Hierin worden vaardigheden gevraagd die niet direct zijn geoefend in de verduntool. Item 3 bevraagt de vaardigheid doorverdunnen. Dit laatste is wel geoefend in de verduntool maar in slechts twee van de tien oefeningen. Uit de analyse van de items blijkt dat op bepaalde items niet significant beter wordt gescoord afhankelijk van de conditie. Toch is het mogelijk dat een toets die beter aansluit op de verduntool voor andere resultaten zou kunnen zorgen.

De belangrijkste mogelijke verklaring voor het uitblijven van een significant verschil tussen de twee condities is dat de interventie maar een heel kleine interventie is geweest. De les met de verduntool heeft maar 45 of 50 minuten geduurd. Leerlingen op de betrokken opleidingen krijgen gedurende het jaar urenlang les over dit onderwerp. Ze krijgen les over rekenen met verdunnen in de chemie-theorielessen, maar ook bij de vakken rekenen en biologie. Daarnaast wordt het onderwerp ook in chemie- en biologie practica toegepast.

Er zijn nog een paar issues die mogelijk een rol hebben gespeeld ten aanzien van de resultaten van dit onderzoek. Ten eerste ondervonden meerdere leerlingen problemen bij het opstarten van de verduntool wanneer deze werd opgestart op een laptop. In veel gevallen moest eerst een Java plug-in worden gedownload, wat ten koste ging van de tijd om te werken met de verduntool. Ten tweede waren er op één school twee opvallende zaken: de docent en de leerlingen gaven aan dat het al een paar maanden geleden was dat ze voor het laatst les hadden gehad over verdunningen. Het onderzoek paste wat dat betreft niet goed in het programma. Bovendien was de betreffende docent geen wiskunde of techniek docent maar biologieleeraar. Beide zaken zijn terug te zien in de resultaten van deze school op de toetsen. Deze zijn duidelijk lager dan op de andere scholen. Er is in dit onderzoek voor gekozen de data van de betreffende school toch te gebruiken. Juist omdat in dit geval de verduntool mogelijk zijn waarde zou kunnen bewijzen. Dit blijkt overigens niet uit de resultaten van deze school. De

verschilscores tussen de condities zijn ook in dit geval niet significant verschillend. Ten derde trad er bij veel leerlingen een fout op in opgave 10. Dit is waarschijnlijk een bug in de verdunttool. Dit zorgde meestal voor enige onrust, hoewel de bug pas optrad helemaal aan het einde van de opgave en ook in de laatste opgave van de tool.

De analyses die op de data uitgevoerd zijn in dit onderzoek passen binnen het kader van deze masterscriptie en de opleiding Onderwijskundig Ontwerp & Advisering. Voor verder onderzoek is het aan te raden om diepgaandere analyses uit te voeren, zoals een multivariate multilevel analyse. Door dit te doen wordt vermeden dat er verlies van power optreedt en dat een type I fout- dat de nulhypothese ten onrechte wordt verworpen- te vaak voorkomt.

Conclusie

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat de verdunttool toegevoegde waarde heeft als leermiddel om proportionele rekenvaardigheden aan te leren bij leerlingen van de mbo-opleiding Laboratoriumtechniek. De docenten die mee hebben gedaan aan dit onderzoek waren enthousiast over de verdunttool als leermiddel. Als de verdunttool verder wordt ontwikkeld kan dit bijdragen aan het verbeteren vaardigheden op het gebied van rekenen bij verdunnen en het bepalen van concentraties.

Leerlingen die met de verdunttool hebben gewerkt scoorden significant hoger op een toets na afloop ervan dan op een toets voorafgaand aan de verdunttool. Dit resultaat is positief, maar er moet bij worden aangetekend dat de interventie er één van korte duur was. Het risico bestaat dat het gevonden effect toe te schrijven is aan een leereffect van de twee toetsen, en aan de nieuwheid van het gebruikte instrument. Een advies voor vervolgonderzoek zou dan ook zijn om er voor te zorgen dat er gedurende langere tijd met de verdunttool wordt gewerkt. Een goede toevoeging aan vervolgonderzoek zou ook zijn om na verloop van tijd, bijvoorbeeld na een maand, nog een keer een natoets af te nemen. Op die manier kan er worden gekeken naar retentie op langere termijn. Ook zou het interessant kunnen zijn om een toets af te nemen in een praktijksituatie. Uiteindelijk gaat het om die vorm van transfer. Van theorie naar de praktijk in het laboratorium.

Daarnaast is het van belang om de sterke punten uit het huidige onderzoek over te nemen: het gebruik maken van een controlegroep en het doen van een voormeting waaruit blijkt dat er geen verschillen zijn tussen de onderzoeksgroepen bij aanvang van het onderzoek. Andere aanbevelingen

voor vervolgonderzoek zijn ten eerste om er voor te zorgen dat de participanten aselect aan de condities worden toegewezen, hoewel het duidelijk is dat dit op scholen vaak moeilijk realiseerbaar is vanwege lesroosters. Ten tweede om de data te analyseren met een multivariate multilevel analyse. Ten derde zouden de gebruikte meetinstrumenten, de toetsen, kunnen worden aangepast zodat ze inhoudelijk beter aansluiten op de verduntool. Met deze aanpassingen kan verder worden onderzocht of de verduntool een waardevol instrument is bij het opleiden van laboranten. Ten vierde is het aan te raden om de interventie gedurende een langere tijd te laten plaats vinden, dus tijdens meerdere lessen in plaats van ter vervanging van slechts één les.

Door zijn hybride vorm is de verduntool een speciaal soort computersimulatie waar nog weinig wetenschappelijk onderzoek naar is gedaan. De eerste onderzoeksresultaten zoals ze hier zijn gepresenteerd verdienen een vervolg. Hybride computersimulaties kunnen mogelijk een belangrijke toevoeging gaan vormen aan het aanbod van leermiddelen in het beroepsonderwijs. Daarmee kan de kwaliteit van het beroepsonderwijs een positieve impuls krijgen die van belang kan zijn voor het maatschappelijke veld, waar goed opgeleide professionals een belangrijke waarde vertegenwoordigen.

Referenties

Akkerman, S.F., & Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects.

Review of Educational Research, published online May 5, 2011.

doi: 10.3102/0034654311404435

Bakker, A, Groenveld, D., Wijers, M., Akkerman, S.F. & Gravemeijer, K.P.E.

(2012). Proportional reasoning in the laboratory: an intervention study in vocational education. *Educational Studies in Mathematics*, published online March 25, 2012. doi:

10.1007/s10649-012-9393-y

Ben-Chaim, D., Keret, Y., & Ilany, B.-S. (2007). Designing and implementing authentic investigative proportional reasoning tasks: The impact on pre-service mathematics teachers' content and pedagogical knowledge and attitudes. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10, 333-340. doi: 10.1007/s10857-007-9052-x

van Berkum, J. J. A., & De Jong, T. (1991). Instructional environments for simulations.

Education & Computing, 6, 305-358.

- Bransford, J.D. & Schwartz, D.L. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. *Review of Research in Education* January, 24, 61-100. doi:10.3102/0091732X024001061
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS; Third edition*. London: SAGE (ISBN 978-1-84787-907-3)
- Hoyles, C. & Noss, R. (2009). The technological mediation of mathematics an its learning. *Human Development*, 52, 129-147. doi: 10.1159/000202730
- de Jong, T. (2006). Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532-533. doi: 10.1126/science.1127750
- de Jong, T., van Aniel, J., Leiblum, M. & Mirande, M. (1992). Computer assisted learning in higher education in the Netherlands: A review of findings. *Computers & Education*, 19, 381-386.
- de Jong, T., & van Joolingen, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201. doi:10.3102/00346543068002179
- Krathwohl, D.R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory Into Practice*, 41, 212-218.
- Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2007). *Ten steps to complex learning. A Systematic approach to four-component instructional design*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates (ISBN 0-8058-5792-3)
- Pilli, O., & Aksu, M. (2013). The effects of computer-assisted instruction on the achievement, Attitudes and retention of fourth grade mathematics students in North Cyprus. *Computers & Education*, 62, 62-71. doi: 10.1016/j.compedu.2012.10.010
- PMLF (2012). *Kwalificatiedossier Laboratoriumtechniek*. Den Haag: Stichting SBB.
- Pozzi, S., Noss, R. & Hoyles, C. (1998) Tools in practice, mathematics in use. *Educational Studies in Mathematics*, 36, 105-122.
- Reed, H. C., Drijvers, P., & Kirschner, P. A. (2010). Effect of attitudes and behaviours on learning mathematics with computer tools. *Computers & Education*, 55, 1-15.

doi:10.1016/j.compedu.2009.11.012

Rutten, N., Van Joolingen, W. R., & Van Der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58, 136-153.

doi:10.1016/j.compedu.2011.07.017

Veenman, S. (1992). Effectieve instructie volgens het directe-instructiemodel.

Pedagogische Studiën, 69, 242-269.

Verloop, N. & Lowyck, J. (2009). *Onderwijskunde*. Groningen: Noordhoff Uitgevers

(ISBN 978-90-01-54533-8)

Woolfolk, A., Hughes, M., & Walkup, V. (2008). *Psychology in education*.

Harlow: Pearson Education Limited. (ISBN-13: 9781405835411)

Voortoets verdunnen

Je naam:

Groep:

Datum:

Beste leerlingen,

De bedoeling van deze voortoets is dat wij te weten te komen wat jullie al weten over het berekenen van concentraties en dergelijke. Het geeft dus helemaal niets als je de vragen niet kunt beantwoorden, dat leer je tijdens de lessen wel. Met de natoets kijken we dan of jullie geleerd hebben wat we hoopten dat jullie zouden leren.

Een rekenmachine is toegestaan. Er zijn vijf opdrachten en je krijgt maximaal 25 minuten.

Bedankt voor jullie medewerking!

Arthur Bakker, Monica Wijers en collega's van de Universiteit Utrecht

Opdracht 1

500 mg salicylzuur wordt in een maatkolf opgelost tot 1000 ml. Hiervan wordt 25 ml gepipetteerd in een maatkolf van 100 ml en aangevuld met demiwater. Wat is dan de massaconcentratie salicylzuur in mg/L? Schrijf je berekening op en geef je antwoord in drie significante cijfers!

Opdracht 2

Je wilt de concentratie nitraat in een monster vijverwater weten. Hiertoe pipetteer je 10 ml in een maatkolf van 250 ml en vult aan met demiwater. De concentratie nitraat die je vindt, is 0,03 mg/L. Wat was de concentratie nitraat in het oorspronkelijke monster? Geef je berekening en geef je eindantwoord in twee significante cijfers!

Opdracht 3

Je wilt de concentratie kalium in een monster slootwater weten. Hiertoe pipetteer je 10 ml in een maatkolf van 100 ml en vult aan met demiwater. Hieruit pipetteer je nogmaals 10 ml in een maatkolf van 50 ml en vult aan met demiwater. De concentratie kalium die je vindt, is 0,021 mg/L. Wat was de concentratie kalium in het oorspronkelijke monster? Geef je berekening en geef je eindantwoord in drie significante cijfers!

Opdracht 4

Je weet dat de concentratie fosfaat in een monster tussen de 400 en 600 mmol/L zit en dat de spectrofotometer heeft een meetbereik van 0 tot 100 mmol/L. Welk volume pipet en welk volume maatkolf zou je kiezen om een geschikte verdunningsfactor te krijgen? Vul in:

Volume pipet:

Volume maatkolf:

Verdunningsfactor:

Uitleg:

Opdracht 5

Je hebt een standaardoplossing calcium-ionen van 1000 mg/L en je wilt bij het maken van een verdunningsreeks een concentratie maken van 250 mg/L in een maatkolf van 100 ml. Hoeveel ml standaardoplossing moet je pipetteren en waarom?

Natoets verdunnen

Je naam:

Klas:

Datum:

Opdracht 1

250 mg oxaalzuur wordt in een maatkolf opgelost tot 1000 ml. Hiervan wordt 5 ml gepipetteerd in een maatkolf van 25 ml en aangevuld met demiwater. Wat is dan de massaconcentratie oxaalzuur in mg/L? Schrijf je berekening op en geef je eindantwoord in twee significante cijfers.

Opdracht 2

Je wilt de concentratie calciumionen in een monster vijverwater weten. Hiertoe pipetteer je 25 ml in een maatkolf van 500 ml en vult aan met demiwater. De concentratie calciumionen die je vindt, is 4,0 mg/L. Wat was de concentratie calciumionen in het oorspronkelijke monster? Schrijf je berekening op en geef je eindantwoord in twee significante cijfers.

Opdracht 3

Je wilt de concentratie Fe^{2+} in een monster slootwater weten. Hiertoe pipetteer je 10 ml in een maatkolf van 50 ml en vult aan met demiwater. Hieruit pipetteer je 10 ml in een maatkolf van 100 ml en vult aan met demiwater. De concentratie Fe^{2+} die je vindt in deze laatste oplossing, is 21,0 mg/L. Wat was de concentratie Fe^{2+} in het oorspronkelijke monster? Geef je berekening en geef het eindantwoord in vier significante cijfers.

Opdracht 4

Je weet dat de concentratie kaliumionen in een monster tussen de 40 en 60 mmol/L zit en dat de spectrofotometer een meetbereik heeft van 0 tot 10 mmol/L. Welk volume pipet en welk volume maatkolf zou je kiezen om een geschikte verdunningsfactor te krijgen? Vul in:

Volume pipet:

Volume maatkolf:

Verdunningsfactor:

Uitleg:

Opdracht 5

Je hebt een standaardoplossing natriumionen van 500 mg/L en je wilt bij het maken van een verdunningsreeks een concentratie maken van 125 mg/L in een maatkolf van 100 ml. Hoeveel ml standaardoplossing moet je pipetteren en waarom?