

Masterthese:

Computerondersteund onderzoekend leren met simulaties: noodzaak aan niveau en/of leeftijdsdifferentiatie?

Erik Bong

s1135198

Onderzoeksverslag

Februari 2015

Universiteit Twente

Instructie, Leren en Ontwikkeling

Opleiding Psychologie

Begeleiders:

Dr.A.H. Gijlers

S.A.N. Van Riesen Msc.

Samenvatting

Het huidige onderzoek richt zich op de vraag of op basis van niveau en/of leeftijd differentiatie nodig is in de mate van ondersteuning aan leerlingen die onderzoekend leren met computersimulaties. Hierbij wordt gekeken naar het effect van designondersteuning op de leeropbrengst. In totaal is onderzocht met 210 leerlingen en acht groepen: leerlingen van vier niveau- en leeftijdsgroepen (1 HAVO, 1 VWO, 3 HAVO en 3 VWO) werden verdeeld over twee condities. Leerlingen in de conditie 'minder ondersteuning' werkten met een basisversie van een virtuele leeromgeving, met open vragen. Leerlingen in de conditie 'meer ondersteuning' werkten met dezelfde basisversie van een virtuele leeromgeving, met additionele designondersteuning in de vorm van sturende onderzoeksvragen en instructies. Leeropbrengst is berekend op basis van een parallelle voor- en natoets. Uit de resultaten komt naar voren dat leerlingen 3 HAVO en 3 VWO voorkennis bezaten; leerlingen 1 HAVO en 1 VWO bezaten weinig voorkennis. Designondersteuning had alleen effect in de niveau en leeftijdsgroep 3 HAVO: leerlingen die werkten met additionele designondersteuning lieten meer leeropbrengst zien dan leerlingen die werkten zonder additionele designondersteuning. Leerlingen met een hoger leerniveau (VWO) lijken over onderzoeksvaardigheden te beschikken waardoor zij in staat zijn onderzoekend te leren zonder designondersteuning. Leerlingen met een lager leerniveau (HAVO) lijken niet te beschikken over deze onderzoeksvaardigheden: zij profiteren daarom van designondersteuning, mits zij beschikken over voorkennis. Hier kan in de onderwijspraktijk rekening mee worden gehouden door leerlingen met een lager leerniveau (HAVO) eerst te voorzien van de benodigde voorkennis, voordat zij onderzoekend gaan leren met computersimulaties die designondersteuning bieden.

1. Inleiding

Een belangrijk doel van natuur- en techniekeducatie is leerlingen helpen de wereld te begrijpen op een wetenschappelijke manier (Penner, 2001). Uit diverse onderzoeken is naar voren gekomen dat leerlingen van zowel alle leeftijdsgroepen als niveaugroepen moeite hebben met het begrijpen van natuurkundige concepten (e.g., Baser, 2006; Engelhardt & Beichner, 2004; Van Joolingen, De Jong & Dimitrakopoulou, 2007; Peters, 1982). Roth en Lucas (1997) stellen daarom dat leerlingen *betekenisvolle leerervaringen* nodig hebben. Betekenisvolle leerervaringen vinden plaats in omgevingen waarbij leerlingen *zelf* bezig zijn

met het wetenschappelijke onderzoeksproces (De Jong, 2006; Swaak, Van Joolingen, & De Jong, 1998), bijvoorbeeld: leerlingen doen onderzoek naar het natuurkundige concept 'stroomkring' door experimenten uit te voeren met batterijen, stroomdraadjes en lampjes (Oude Kamphuis & De Wilde, 2012).

Onderzoekend leren is een instructiebenadering die ervan uitgaat dat leerlingen kennis opbouwen door *zelf* te onderzoeken (Lefrancois, 1997). Onderzoekend leren is een cyclisch onderzoeksproces bestaande uit vijf fasen: 1. formuleren van een *vraag*, 2. genereren van *voorspellingen en hypothesen*, 3. *plannen en uitvoeren* van experimenten, 4. *analyseren en samenvatten* van data in de vorm van een wetenschappelijk wetten en modellen, en 5. *toepassen* van deze wetten en modellen in verschillende situaties (White & Frederiksen, 1998). Onderzoek laat zien dat leerlingen problemen hebben met alle fasen van dit onderzoeksproces (De Jong & Van Joolingen, 1998). Zij blijken echter wel te profiteren van ondersteuning als ze onderzoekend leren (Dean & Kuhn, 2007; Mulder, Lazonder, De Jong, 2004). De ondersteuning in het huidige onderzoek richt zich op de experimenten die leerlingen ontwerpen in fase drie van het onderzoeksproces.

In het huidige onderzoek zullen leerlingen *onderzoekend leren met computersimulaties*. Leerlingen kunnen hierbij namelijk worden voorzien van de ondersteuning die ze nodig hebben, door middel van software scaffolds binnen de simulatieomgeving (Okada & Simon, 1997; Van Joolingen, De Jong, & Lazonder, 2005). Aangezien leerlingen verschillen in de mate waarin ze ondersteuning nodig hebben (Houtveen & Van De Grift, 2001), lijkt differentiatie tussen leerlingen van belang. Goede leerlingen blijken over betere onderzoeksvaardigheden te beschikken dan slechte leerlingen: zij ontwerpen bijvoorbeeld completere experimenten (Schauble, Glaser, Duschl, Schulze, & John, 1995). Jonge leerlingen blijken over minder voorkennis te beschikken dan oudere leerlingen, terwijl leerlingen met meer voorkennis effectievere experimenten blijken te ontwerpen dan leerlingen met minder voorkennis (Schauble, Glaser, Raghavan, & Reiner, 1991). De hoofdvraag die centraal staat in het huidige onderzoek: 'Is op basis van *niveau en/of leeftijd differentiatie* nodig in de mate van designondersteuning aan leerlingen die computerondersteund onderzoekend leren met simulaties?'

1.1 Theoretische achtergrond

Onderzoekend leren

De National Science Foundation (2000) definieert onderzoekend leren als "een leerbenadering waarbij de natuurlijke of materiële wereld wordt verkend en leidt tot het stellen van vragen,

het doen van ontdekkingen, en het rigoureus testen van die ontdekkingen in de zoektocht naar nieuw begrip". Onderzoekend leren legt de nadruk op kennisconstructie in plaats van kennisoverdracht (Applefield, Huber, & Moallem, 2001; Jonassen, 1991): leerlingen doen kennis op door zelf onderzoek uit te voeren (Lefrancois, 1997).

Het doel van onderzoekend leren is het vergaren van domeinkennis (De Jong & Van Joolingen, 1998; De Jong, 2006) en het vergaren van onderzoeksvaardigheden (White & Frederiksen, 1998) zoals het opstellen hypothesen, het plannen en uitvoeren van experimenten, het interpreteren van data, en het formuleren van modellen (Zimmerman, 2000). Klahr en Nigam (2004) stellen dat onderzoekend leren de beste leerbenadering is voor diep en blijvend begrip, omdat informatie actief en constructief wordt verwerkt. Onderzoek laat zien dat zelf verworven kennis eerder wordt geïntegreerd met voorkennis dan aangereikte kennis (Bredderman, 1983; McDaniel & Schlager, 1990; Schauble, 1996; Stohr-Hunt, 1996). Daarnaast blijkt onderzoekend leren een positieve invloed te hebben op de prestatie van leerlingen (Smith, Desimone, Zeidner, Dunn, Bhatt & Rumyantseva, 2007).

Klahr en Dunbar (1988) beschouwen onderzoekend leren als 'een complex zoekproces in twee probleemgebieden': het hypothesegebied en het experimentgebied. Het hypothesegebied bestaat uit alle mogelijke hypothesen over een concept; het experimentgebied bestaat uit alle mogelijke experimenten die uitgevoerd kunnen worden in een bepaald domein om een hypothese te testen. Bij onderzoekend leren gaat de leerling in beide probleemgebieden op zoek naar de juiste hypothesen en naar de juiste experimenten (Klahr & Dunbar, 1988). In een onderzoekende leeromgeving wordt dus van leerlingen verwacht dat ze hun eigen doelen stellen en tegelijkertijd in staat zijn de middelen te selecteren om deze doelen te bereiken (Veermans & Van Joolingen, 1998). Onderzoek laat zien dat leerlingen die onderzoekend leren worden overweldigd door de complexiteit van de onderzoekende leeromgeving (Ge, Chen, & Davis, 2005). Leerlingen blijken daarom ondersteuning nodig te hebben als zij onderzoekend leren (Dean & Kuhn, 2007; Klahr & Nigam, 2004; Mayer, 2004; Mulder, et al., 2004).

De ondersteuning in het huidige onderzoek richt zich op de experimenten die leerlingen ontwerpen in fase drie van het onderzoeksproces. Volgens Manlove en Lazonder (2004) hebben de problemen die leerlingen ondervinden tijdens deze fase een *negatieve impact op de onderzoeksfases die hierop volgen*. Leerlingen lijken problemen te hebben met het ontwerpen van hun experimenten: ze selecteren vaak niet de juiste variabelen (Chinn & Brewer, 1993). Daarnaast blijken leerlingen tijdens de designfase teveel variabelen tegelijkertijd te variëren waardoor ze ineffectieve experimenten ontwerpen (Keselman, 2003).

Tschirgi (1980) stelt echter dat bij een effectief experimentdesign slechts één variabele tegelijkertijd wordt gevarieerd (Tschirgi, 1980). Alle andere experimentdesigns kunnen, bij het uitvoeren van het ontworpen experiment, leiden tot een 'engineering approach' waarbij leerlingen proberen een bepaalde eindstaat te realiseren door middel van diverse simulatiepogingen (Schauble, et al., 1995). Ineffectieve experimentdesigns kunnen eveneens een negatieve impact hebben op de analysefase: leerlingen blijken hun data foutief te interpreteren (Lewis, et al., 1993) en onjuiste conclusies uit hun experimenten te trekken (Chinn & Brewer, 1993). Leerlingen hebben dus (design)ondersteuning nodig bij het onderzoeksproces (e.g. De Jong, Van Joolingen, Swaak, Veermans, Limbach, King & Gureghian, 1998; De Jong & Van Joolingen, 1998).

In het huidige onderzoek zullen leerlingen computerondersteund onderzoekend leren met simulaties. Simulaties stellen leerlingen in staat hun theorieën te representeren en uit te voeren, om vervolgens geconfronteerd te worden met de gevolgen van hun ideeën (Hestenes 1987; Schecker 1993; Jackson, Stratford, Krajcik, & Soloway, 1996; Fretz, Wu, Zhang, Davis, Krajcik, & Soloway, 2002; Zhang et al., 2002; Schwarz & White 2005). Een voordeel van simulaties is het feit dat deze meer of minder nadruk kunnen leggen op bepaalde aspecten van het domein waar leerlingen moeite mee hebben (Van Joolingen & De Jong, 1991; De Jong & Van Joolingen, 1998; De Jong, 2006). Bovendien kunnen simulaties leerlingen voorzien van de ondersteuning die zij nodig hebben bij onderzoekend leren, door middel van *software scaffolds* binnen de simulatieomgeving (Bell & Davis, 2000; Collins & Brown, 1988; Guzdial, 1994; Toth, Suthers, & Lesgold, 2002). Dit kan bijvoorbeeld, zoals WISE (Davis, 2003), door leerlingen te voorzien van uitleg en hints.

Scaffolding

Scaffolding door middel van technologie houdt in dat *software tools* leerlingen ondersteunen bij moeilijke taken (Bell & Davis, 2000; Collins & Brown, 1988; Guzdial, 1994; Toth, et al., 2002) waardoor ze in staat zijn taken te volbrengen die niet zelfstandig volbracht zouden kunnen worden (Hmelo-Silver & Azevedo, 2006; Sharma & Hannafin, 2007; Wood, Bruner, & Ross, 1976). Voorbeelden van ondersteuning zijn het geven van opdrachten waardoor leerlingen de juiste tussendoelen stellen, het geven van experimenteerhints zoals "varieer één ding tegelijkertijd", of leerlingen voorzien van een experimentdesign (De Jong, 2006).

Een belangrijk aspect van ondersteuning is 'fading' (Kim & Hannafin, 2011): het verminderen van de ondersteuning als leerlingen in staat zijn problemen op te lossen zonder de ondersteuning. De mate van ondersteuning wordt dus geleidelijk verminderd naarmate de

competentie van de leerling toeneemt (Wu & Pedersen, 2011). Onderzoek laat zien dat leerlingen meer betrokken raken bij hun eigen leerproces en de leerstof meer integreren als hen de juiste mate van ondersteuning wordt geboden (Wu & Krajcik, 2006). Dit sluit aan bij Houtveen en Van De Grift (2001) die stellen dat leerlingen verschillen in de mate waarin ze ondersteuning nodig hebben. Differentiatie tussen leerlingen wat betreft designondersteuning lijkt dus van cruciaal belang.

Jonge leerlingen hebben relatief beperktere hoeveelheden georganiseerde voorkennis dan oudere leerlingen (Lazonder, Hagemans, & De Jong, 2009). De voorkennis die een leerling meebrengt naar de leeromgeving beïnvloedt echter de paden die de leerling zal nemen: het heeft invloed op de modellen die gecreëerd worden én de experimenten die worden ontworpen (De Jong et al., 2005). Onderzoek laat zien dat leerlingen met minder voorkennis minder effectieve experimenten ontwerpen om kennis af te leiden van een simulatie dan leerlingen met meer voorkennis: ze variëren bijvoorbeeld teveel variabelen tegelijkertijd (Schauble, et al., 1991). Leerlingen met minder voorkennis zijn vervolgens minder goed in staat deze ontworpen experimenten uit te voeren dan leerlingen met meer voorkennis (Hmelo, Nagarajan, & Roger, 2000). De besproken literatuur onderstreept het belang van voorkennis voor de designfase van het onderzoeksproces: een leerling die geen voorkennis heeft, heeft bepaalde variabelen of de betekenis van deze variabelen niet in zijn of haar repertoire en zal deze dus niet of ineffectief opnemen in zijn of haar design.

Onderzoeksvaardigheden lijken eveneens belangrijk voor de designfase van het onderzoeksproces. Van Joolingen, De Jong en Dimitrakopoulou (2007) stellen dat onderzoeksvaardigheden een soort voorkennis is. Een toename in onderzoeksvaardigheden is gerelateerd aan een toename in voorkennis (Zimmerman, 2007). Onderzoek laat bovendien zien dat goede onderzoeksvaardigheden een positieve invloed op de leeruitkomsten (Van Joolingen, et al., 2007). *Jonge leerlingen lijken over minder goede onderzoeksvaardigheden te beschikken dan oudere leerlingen*. Onderzoek laat zien dat jonge leerlingen zich tijdens het ontwerpen van hun experimenten meer focussen op het bevestigen van hun eigen overtuigingen (Klahr, Fay, & Dunbar, 1993): ze voeren alleen experiment uit met variabelen die zij al begrijpen, terwijl oude leerlingen ook experimenteren met variabelen die ze nog niet begrijpen (Klahr et al., 1993; Schauble, 1996). Daarnaast ontwerpen jonge leerlingen minder experimenten: jonge leerlingen trekken vaak een conclusie op basis van één experiment, terwijl oude leerlingen hun conclusie baseren op basis van meerdere experimenten (Gleason & Schauble, 2000). *Daarnaast lijken slechte leerlingen over minder goede onderzoeksvaardigheden te beschikken dan goede leerlingen*. Onderzoek laat zien dat goede

leerlingen meer systematische en complete experimenten ontwerpen dan slechte leerlingen (Schauble et al., 1991). Goede leerlingen blijken hun experimenten bovendien te ontwerpen op basis van doelgeoriënteerde plannen (Schauble et al., 1992) en voorkennis (Ertmer & Newby, 1996; Schraw, 1998).

1.2 Focus onderzoek

Naar aanleiding van de besproken literatuur is te stellen dat leerlingen verschillende problemen hebben als ze onderzoekend leren waardoor ze hierbij ondersteuning nodig hebben (e.g. De Jong, et al., 1998; De Jong & Van Joolingen, 1998). Leerlingen zullen in het huidige onderzoek computerondersteund onderzoekend leren met simulaties omdat deze hen kunnen voorzien van ondersteuning, door middel van software scaffolds (Bell & Davis, 2000; Collins & Brown, 1988; Guzdial, 1994; Toth, et al., 2002). Het huidige onderzoek richt zich op de ondersteuning van de designfase van het onderzoeksproces, aangezien de problemen die leerlingen ondervinden tijdens deze fase impact hebben op de onderzoeksfases die hierop volgen (Manlove & Lazonder, 2004). *De verwachting in het huidige onderzoek is dat leerlingen waarbij de designfase ondersteund wordt meer leeropbrengst laten zien dan leerlingen waarbij de designfase niet wordt ondersteund.*

Jonge leerlingen hebben relatief beperktere hoeveelheden georganiseerde voorkennis dan oudere leerlingen (Lazonder, et al., 2009), terwijl leerlingen met minder voorkennis minder effectieve experimenten ontwerpen dan leerlingen met meer voorkennis (Schauble, et al., 1991). Jonge leerlingen lijken daarnaast over minder goede onderzoeksvaardigheden te beschikken dan oudere leerlingen: ze focussen zich tijdens de designfase bijvoorbeeld op het bevestigen van hun eigen overtuigingen (Klahr et al., 1993; Schauble, 1996). *Op basis van bovenstaande literatuur is de verwachting dat er onderscheid gemaakt dient te worden in de mate van designondersteuning, op basis van leeftijd. De verwachting is dat jongere leerlingen meer baat hebben bij meer designondersteuning dan oudere leerlingen.*

Het Nederlandse middelbare (secundaire) onderwijssysteem is hiërarchisch opgedeeld in drie schooltypes (Eurydice, 2005; Boezerooy, 2003), van hoog naar laag: 1. Voorbereidend Wetenschappelijk Onderwijs (VWO), 2. Hoger Algemeen Voortgezet Onderwijs (HAVO), en 3. Voorbereidend Middelbaar Beroepsonderwijs (VMBO). Het verschil tussen de schooltypes is het leerniveau van leerlingen (Dronkers, 1993): leerlingen van VWO zijn qua leerniveau betere leerlingen dan HAVO. Slechte leerlingen lijken over minder goede onderzoeksvaardigheden te beschikken dan betere leerlingen: goede leerlingen ontwerpen meer systematische en complete experimenten dan slechte leerlingen (Schauble et al., 1991).

Aangezien het huidige onderzoek op Nederlandse middelbare scholen wordt afgenomen, richt het huidige onderzoek zich eveneens op de vraag of er gedifferentieerd moet worden in de mate van designondersteuning, op basis van niveau. De verwachting is dat leerlingen van een lager niveau (HAVO) meer baat hebben bij meer designondersteuning dan leerlingen van een hoger niveau (VWO).

De hoofdvraag die centraal staat in het huidige onderzoek: 'Is op basis van *leeftijd en/of niveau* differentiatie nodig in de mate van designondersteuning aan leerlingen die computerondersteund onderzoekend leren met simulaties?'.

2. Methode

2.1 Design

In het huidige onderzoek hebben leerlingen computerondersteund onderzoekend geleerd met een simulatie. Er is onderzoek gedaan met 8 groepen: leerlingen van vier niveau- en leeftijdsgroepen (1 HAVO, 3 HAVO, 1 VWO en 3 VWO) zijn verdeeld over twee condities: 'meer ondersteuning' en 'minder ondersteuning'. Leerlingen in de conditie 'minder ondersteuning' werkten met de basisversie van de virtuele leeromgeving, met open vragen. Leerlingen in de conditie 'meer ondersteuning' werkten met dezelfde basisversie van de virtuele leeromgeving, maar kregen hierbij additionele designondersteuning in de vorm van sturende vragen en instructies.

2.2 Deelnemers

In totaal hebben tweehonderdtien (210) leerlingen van één reguliere Nederlandse middelbare school meegedaan aan dit onderzoek. Deze leerlingen zaten in vier niveau- en leeftijdsgroepen: 1 HAVO, 1 VWO, 3 HAVO, en 3 VWO. In alle vier de groepen zijn leerlingen verdeeld over twee condities: 'meer ondersteuning' en 'minder ondersteuning' (zie Tabel 1 voor de verdeling van de leerlingen). Deze verdeling is gemaakt op basis van de voorkennistoets om de groepen zo homogeen mogelijk te krijgen. Hierbij zijn de scores van leerlingen eerst gerangschikt. Vervolgens zijn de leerlingen op basis van deze rangschikking van hoog naar laag gelijk verdeeld over de twee condities.

Tabel 1. Verdeling deelnemers

	Meer ondersteuning	Minder ondersteuning	Totaal
1 HAVO	28	26	54
3 HAVO	38	30	68
Totaal HAVO	66	56	122
1 VWO	29	27	56
3 VWO	16	16	32
Totaal VWO	45	43	88
Totaal	111	99	210

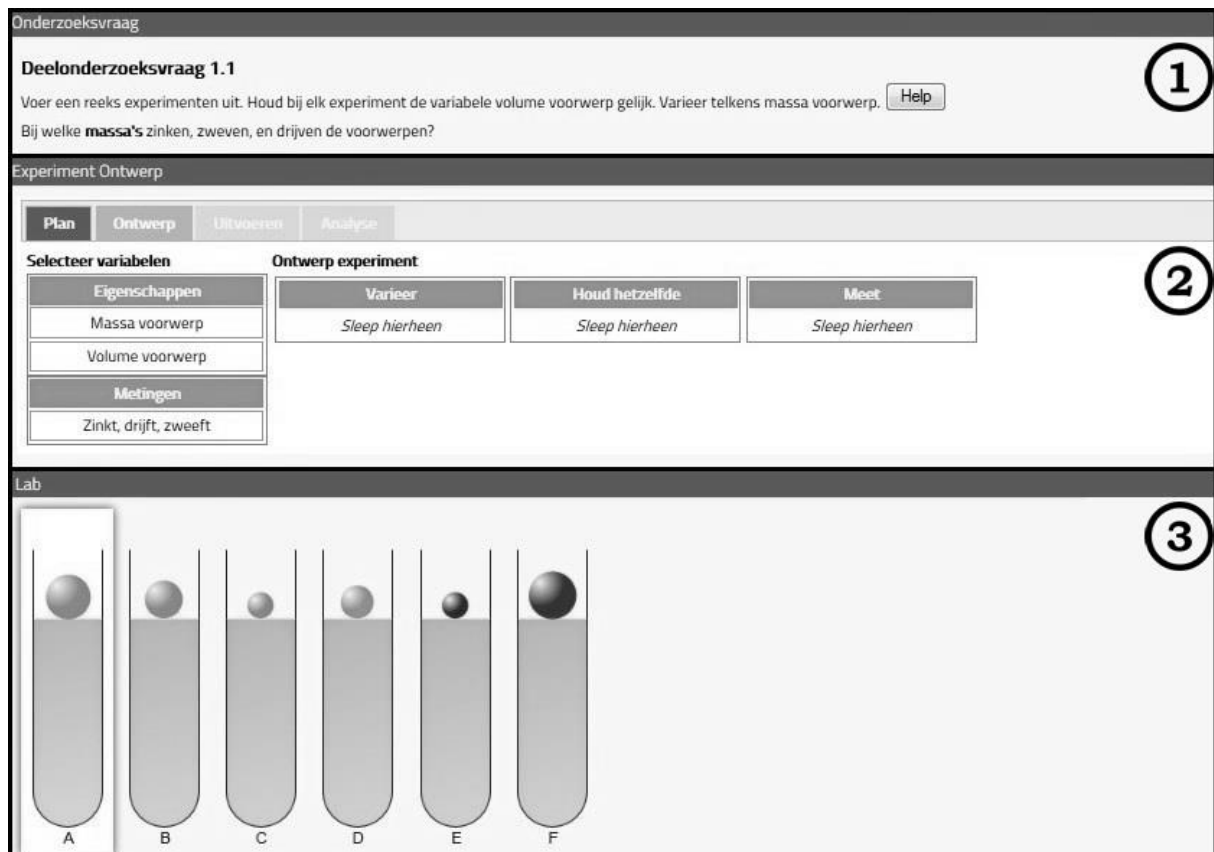
2.3 Deelonderwerpen

Het huidige onderzoek richt zich op vijf deelonderwerpen: 1. Dichtheid, 2. Drijven, zinken en zweven, 3. Relatieve dichtheid, 4. Waterverplaatsing, en 5. Krachten. Deze deelonderwerpen sluiten aan bij de kerndoelen van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap die globaal beschrijven wat jongeren in de onderbouw moeten leren (Spek & Rodenboog, 2007).

Bij het eerste onderwerp '*Dichtheid*' leren leerlingen de formule van dichtheid. Bij het tweede onderwerp '*Drijven, zinken en zweven*' wordt geleerd wanneer voorwerpen van verschillende dichtheden drijven, zinken of zweven waarbij gebruik gemaakt wordt van een vloeistof met dezelfde dichtheid (water). Bij het derde onderwerp '*Relatieve dichtheid*' leren leerlingen wanneer voorwerpen van verschillende dichtheden drijven, zinken of zweven waarbij gebruik gemaakt wordt van vloeistoffen met verschillende dichtheden. Bij het vierde onderwerp '*Waterverplaatsing*' wordt geleerd welke rol massa en volume van een voorwerp spelen bij de hoeveelheid water dat een voorwerp doet verplaatsen. Bij het vijfde onderwerp '*Krachten*' leren leerlingen wat voor krachten er spelen op voorwerpen en vloeistoffen met verschillende massa's en volumes.

2.4 Materialen

In het huidige onderzoek wordt er gebruik gemaakt van een *virtuele leeromgeving* (zie Figuur 1 voor een voorbeeld van de virtuele leeromgeving) die bestaat uit drie onderdelen: 1. Deelonderzoeksvraag, 2. Experiment Design Tool (EDT), en 3. Splash. Daarnaast krijgen leerlingen de beschikking over een *instructieblad*.



Figuur 1. Voorbeeld virtuele leeromgeving

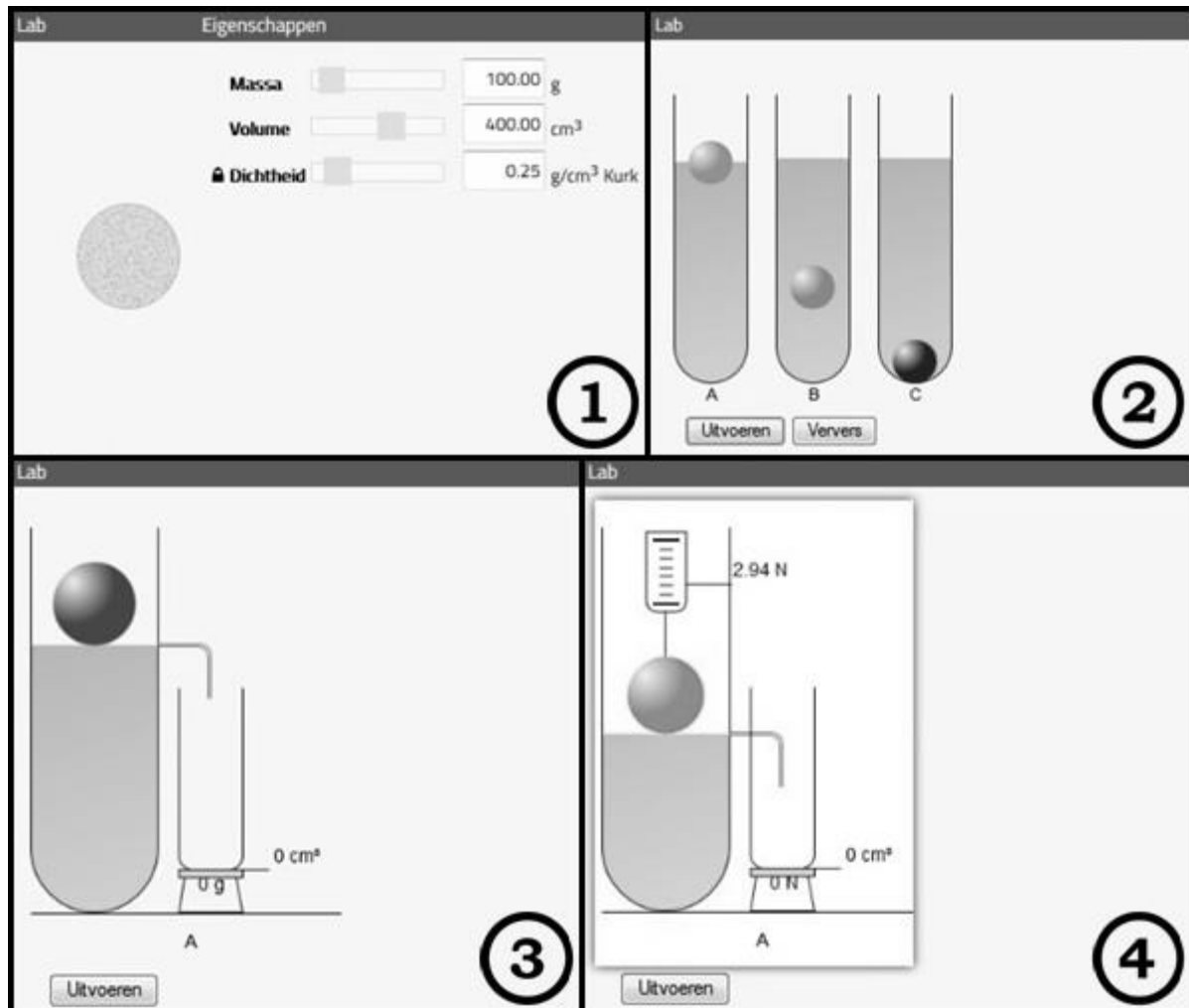
De virtuele leeromgeving

Onderdeel 3 van de leeromgeving: Splash

In het huidige onderzoek wordt gebruik gemaakt van het online laboratorium 'Splash'. *Splash* is een computersimulatie die leerlingen in staat stelt (virtueel) eigenschappen te veranderen en te kijken naar de effecten van die veranderingen (zie Figuur 1, nummer 3 voor een voorbeeld van *Splash* in de leeromgeving).

In de virtuele leeromgeving worden deellaboratoria van *Splash* gebruikt, afhankelijk van het deelonderwerp. Leerlingen in beide condities gebruiken dezelfde versie deellaboratoria. *Splash* visualiseert bij onderwerp 1 '*Dichtheid*' de dichtheid van een bal (zie Figuur 2, Nummer 1). De leerling kan hierbij de dichtheid van een bal aflezen. Bij onderwerp 2 '*Drijven, zinken en zweven*' en onderwerp 3 '*Relatieve dichtheid*' visualiseert *Splash* het drijfvermogen van ballen (zie Figuur 2, Nummer 2). Bij onderwerp 4 '*WATERVERPLAATSING*' visualiseert *Splash* een bal die in een bak met water wordt geplaatst waardoor een hoeveelheid water, via een buis, wordt verplaatst naar een maatbeker. De leerling kan massa en volume aflezen van de maatbeker (zie Figuur 2, Nummer 3). Bij onderwerp 5 '*Krachten*' visualiseert *Splash* eveneens waterverplaatsing. Hierbij kan de leerling het volgende aflezen van een

Newtonmeter: kracht die uitgeoefend wordt op de bal voordat deze in de bak met water wordt geplaatst, kracht die uitgeoefend wordt op de bal nadat deze in de bak met water is geplaatst, en kracht die uitgeoefend wordt op het verplaatste water (zie Figuur 2, Nummer 4).



Figuur 2. Deellaboratoria Splash

Onderdeel 2 van de leeromgeving: Experiment Design Tool

Zoals reeds besproken hebben leerlingen moeite met alle fasen van hun onderzoeksproces: leerlingen selecteren bijvoorbeeld teveel variabelen tegelijkertijd (Keselman, 2011) en gebruiken een 'engineering approach' in plaats van systematisch te werken (Schauble, et al., 1995), wat ertoe kan leiden dat leerlingen ook problemen ervaren met het trekken van conclusies (Lewis, et al., 1993; Chinn & Brewer, 1993). De Experiment Design Tool (EDT) ondersteunt leerlingen in beide condities door het onderzoeksproces vorm te geven, door middel van *tabbladen* (zie Figuur 1, nummer 2 voor een voorbeeld van tabbladen in de

leeromgeving). De tabbladen corresponderen met de onderzoeksfases van het onderzoeksproces en zijn, respectievelijk: Plan, Ontwerp, Uitvoeren, en Analyse.

De leerling begint in het tabblad 'Plan' waarin een reeks experimenten gepland kan worden door te slepen met eigenschappen en metingen (zie Figuur 3 voor een voorbeeld van tabblad 'Plan'). Hierbij kan de leerling verslepen: welke eigenschappen hetzelfde gehouden moeten worden (bijvoorbeeld 'volume'), welke eigenschappen gevarieerd moeten worden (bijvoorbeeld 'massa'), en wat de leerling wil gaan meten met het experiment (bijvoorbeeld 'voorwerp zinkt, drijft zweeft').

Experiment Ontwerp															
Plan	Ontwerp	Uitvoeren	Analyse												
Selecteer variabelen		Ontwerp experiment													
<table border="1"> <tr><th>Eigenschappen</th></tr> <tr><td>Massa voorwerp</td></tr> <tr><td>Volume voorwerp</td></tr> </table>	Eigenschappen	Massa voorwerp	Volume voorwerp	<table border="1"> <tr><th>Varieer</th></tr> <tr><td>Massa voorwerp</td></tr> <tr><td>Sleep hierheen</td></tr> </table>	Varieer	Massa voorwerp	Sleep hierheen	<table border="1"> <tr><th>Houd hetzelfde</th></tr> <tr><td>Volume voorwerp</td></tr> <tr><td>Sleep hierheen</td></tr> </table>	Houd hetzelfde	Volume voorwerp	Sleep hierheen	<table border="1"> <tr><th>Meet</th></tr> <tr><td>Zinkt, drijft, zweeft</td></tr> <tr><td>Sleep hierheen</td></tr> </table>	Meet	Zinkt, drijft, zweeft	Sleep hierheen
Eigenschappen															
Massa voorwerp															
Volume voorwerp															
Varieer															
Massa voorwerp															
Sleep hierheen															
Houd hetzelfde															
Volume voorwerp															
Sleep hierheen															
Meet															
Zinkt, drijft, zweeft															
Sleep hierheen															
<table border="1"> <tr><th>Metingen</th></tr> <tr><td>Zinkt, drijft, zweeft</td></tr> </table>	Metingen	Zinkt, drijft, zweeft													
Metingen															
Zinkt, drijft, zweeft															

Figuur. 3 Voorbeeld tabblad 'Plan' (eigenschappen en metingen zijn versleept)

De leerling vervolgt het onderzoeksproces en klikt op het volgende tabblad 'Ontwerp' waarin de waarden van de eigenschappen gekozen kunnen worden. De waarde van de variabele die gelijk moet blijven wordt eenmaal gekozen en wordt toegepast op de hele reeks experimenten (bijvoorbeeld volume '200 cm³'). De waarde van de variabele die de leerling wil variëren, kan van elk experiment van de reeks worden aangepast (bijvoorbeeld bij een reeks van drie experimenten: massa '100 gram', '200 gram', '300 gram'). Figuur 4 illustreert tabblad 'ontwerp' waarin de waarden zijn gekozen.

Experiment Ontwerp				
Plan	Ontwerp	Uitvoeren	Analyse	
Experiment	Massa voorwerp	Volume voorwerp	Zinkt, drijft, zweeft	
1	100 g	200 cm ³	?	
2	200 g	200 cm ³	?	
3	300 g	200 cm ³	?	
+				

Figuur. 4 Voorbeeld tabblad 'Ontwerp' (waarden zijn gekozen)

De leerling gaat naar de volgende fase van het onderzoeksproces door te klikken op het tabblad 'Uitvoeren' om de reeks experimenten uit te voeren. De leerling klikt op de knop uitvoeren in *Splash* (onderdeel 3 van de virtuele leeromgeving) en observeert vervolgens de reeks uitgevoerde experimenten. Daarna noteert de leerling deze observaties in het huidige tabblad 'Uitvoeren' bij de bijbehorende experimenten (bijvoorbeeld: bij experiment 1 'drijft', bij experiment 2 'zweeft', bij experiment 3 'zinkt'): zie figuur 5 ter illustratie.



Figuur. 5 Voorbeeld 'Splash' (met uitgevoerde experimenten) en tabblad 'Uitvoeren' (met genoteerde observaties)

De leerling gaat naar de laatste fase van het onderzoeksproces door te klikken op tabblad 'Analyse' waarin de resultaten van de reeks experimenten geanalyseerd kunnen worden (zie Figuur 6 voor een voorbeeld van tabblad 'Analyse'). In dit tabblad zijn alle experimenten zichtbaar, inclusief de observaties die de leerling heeft genoteerd. Als de leerling genoeg kennis heeft verzameld om antwoord te kunnen geven op de deelonderzoeksvraag kan in dit tabblad het antwoord ingevuld worden. De leerling slaat dit antwoord op om verder te gaan naar de volgende vraag.

Als de leerling echter nog meer experimenten nodig heeft om de deelonderzoeksvraag volledig te kunnen beantwoorden, kan worden teruggedaan naar tabblad 'Ontwerp' voor een nieuwe reeks experimenten. Vervolgens kan in tabblad 'Uitvoeren' een nieuwe reeks

experimenten uitgevoerd worden, om daarna in tabblad 'Analyse' alsnog antwoord te geven op de deelonderzoeksvraag.

Experiment Ontwerp			
Plan	Ontwerp	Uitvoeren	Analyse
Experiment	Massa voorwerp	Volume voorwerp	Zinkt, drijft, zweeft
1	100 g	200 cm ³	drijft
2	200 g	200 cm ³	zweeft
3	300 g	200 cm ³	zinkt

Als je nog geen conclusie kunt trekken, dan kun je in de Ontwerp tab nieuwe experimenten maken.

Conclusie:

Figuur. 6 Voorbeeld Tabblad 'Analyse'

De 'Help'-knop

Leerlingen in beide condities hebben de beschikking over dezelfde versie 'help'-knop. Deze knop bevindt zich rechts naast de deelonderzoeksvraag (zie Figuur 1 voor een voorbeeld van de 'Help'-knop). Als leerlingen op deze knop klikken, verschijnt er een pop-up scherm met uitleg van belangrijke termen, zoals massa of volume (zie Figuur 2 voor een voorbeeld van de uitleg die de 'Help'-knop biedt).

Help

Uitleg van de termen!

Massa: Het **gewicht van de materie** dat in een voorwerp zit (in gram).

Volume: De **omvang van het voorwerp** in de ruimte (in cm³).

Drijven: Een voorwerp drijft als deze **op de oppervlakte** van een vloeistof blijft liggen (let op: een voorwerp drijft, zelfs als een voorwerp maar een klein stukje boven de vloeistof uitsteekt).

Zinken: Een voorwerp zinkt als deze **naar de bodem** zakt.

Zweven: Een voorwerp zweeft als deze **onder de oppervlakte op gelijke hoogte** stil blijft liggen.

Verplaatste vloeistof: De hoeveelheid **vloeistof die het voorwerp doet verplaatsen naar de maatbeker (rechts)**, wanneer deze in een bak met een vloeistof (links) wordt geplaatst.

Zwaartekracht van de verplaatste vloeistof: De **zwaartekracht van de verplaatste vloeistof** in de maatbeker (rechts), uitgedrukt in Newton (N).

Zwaartekracht van het voorwerp: De **zwaartekracht van een voorwerp voordat** deze in de bak met een vloeistof (links) wordt geplaatst, uitgedrukt in Newton (N).

Kracht einde voorwerp: De **zwaartekracht van een voorwerp nadat** deze in de bak met een vloeistof (links) wordt geplaatst, uitgedrukt in Newton (N).

The diagram shows three beakers. The first, labeled 'Drijven', shows a sphere partially submerged in a liquid. The second, labeled 'Zinken', shows a sphere fully submerged and resting at the bottom. The third, labeled 'Zweven', shows a sphere fully submerged and suspended in the liquid.

Figuur 7. Voorbeeld uitleg van de 'Help'-knop

Onderdeel 1 van de leeromgeving: Deelonderzoeksvragen

Bij alle vijf de onderwerpen die centraal staan in *de leeromgeving* voeren leerlingen reeksen experimenten uit om antwoord te krijgen op een deelonderzoeksvraag (zie Figuur 1, nummer 1 voor een voorbeeld van een deelonderzoeksvraag in de leeromgeving). Na een bepaald aantal deelonderzoeksvragen verschijnt een hoofdonderzoeksvraag in beeld. Deze is te beantwoorden door gebruik te maken van antwoorden op de deelonderzoeksvragen die hierbij ook zichtbaar zullen zijn.

Er wordt binnen de virtuele leeromgeving gebruik gemaakt van *twee versies deelonderzoeksvragen*: één voor de conditie meer ondersteuning (met additionele designondersteuning) en één voor de conditie minder ondersteuning (zonder additionele designondersteuning). De conditie *meer ondersteuning* wordt door sturende deelonderzoeksvragen en instructies expliciet geïnstrueerd welke variabelen ze moeten variëren en welke ze gelijk moeten houden (zie Figuur 8 voor een voorbeeld). De conditie *minder ondersteuning* ontvangt alleen deelonderzoeksvragen die meer open zijn, zonder de sturende instructies (zie Figuur 9 voor een voorbeeld).



Figuur 8. Voorbeeld deelonderzoeksvraag voor conditie 'meer ondersteuning'



Figuur 9. Voorbeeld deelonderzoeksvraag voor conditie 'minder ondersteuning'

Instructieblad

Leerlingen in beide condities krijgen een instructieblad. Op het instructieblad staat vermeld hoe de leerling bij *de leeromgeving* komt. Daarnaast kunnen leerlingen nogmaals teruglezen hoe *de leeromgeving* werkt. Het instructieblad voorziet leerlingen eveneens in een overzicht met de deel- en hoofdonderzoeksvragen die één voor één zullen verschijnen in *de leeromgeving* (zie Bijlage C voor het instructieblad).

2.5 Meetinstrumenten

De kennis over de vijf onderwerpen wordt vóór en na de interventie gemeten met een voortoets en een natoets die voor alle leerlingen gelijk is. *De voor- en natoets zijn twee parallelle toetsen.* De voortoets bestaat uit 4 open vragen die de vier onderwerpen behandelen (zie Figuur 10 voor een voorbeeldvraag van de voortoets) en heeft een scoretotaal van 35 punten (zie Bijlage A). De betrouwbaarheid van de voortoets was $\alpha = .883$ (Cronbach's Alpha).

1a. Geef een definitie van dichtheid. Gebruik in je definitie de termen volume en massa.

Figuur 10. Voorbeeldvraag voortoets

De natoets bestaat eveneens uit 4 open vragen die de vier onderwerpen behandelen en overeenkomen met de vragen van de voortoets. De natoets heeft eveneens een scoretotaal van 35 punten (zie Bijlage B). De natoets verschilt van de voortoets wat betreft vraag 1: waar bij de voortoets werd gevraagd om een definitie van dichtheid, wordt bij de natoets gevraagd om de formule van dichtheid (zie Figuur 11 voor een voorbeeldvraag van de natoets). De betrouwbaarheid van de natoets was $\alpha = .878$ (Cronbach's Alpha).

1a. Geef de formule van dichtheid.

Figuur 11. Voorbeeldvraag natoets

De opbouw van de vier vragen van de voor- en natoets ziet er als volgt uit. *Vraag 1* behandelt het onderwerp 'Dichtheid' en heeft 2 subvragen: vraag 1a is een open vraag en vraag 1b is een (getallen) invulvraag. *Vraag 2* behandelt het onderwerp 'Drijven, zinken en zweven' en heeft 3 tweeledige subvragen: 2a, 2b en 2c die elk bestaan uit een (getallen) invulvraag en een open vraag. *Vraag 3* behandelt het onderwerp 'Relatieve dichtheid' en heeft 3 tweeledige subvragen: 3a, 3b en 3c die elk bestaan uit een (getallen) invulvraag en een open vraag. *Vraag 4* heeft 2 subvragen: vraag 4a behandelt het onderwerp 'Waterverplaatsing en krachten' en is een (getallen) invulvraag, vraag 4b behandelt 'Waterverplaatsing' en is een open vraag.

2.6 Procedure

De procedure omvat drie lessen die elk 50 minuten duren en is hetzelfde voor leerlingen uit alle vier de niveau- en leeftijdsgroepen (1 HAVO, 1 VWO, 3 HAVO, 3 VWO) en in elke conditie (meer ondersteuning/minder ondersteuning).

In les 1 wordt de leeromgeving geïntroduceerd. Leerlingen wordt verteld over de voordelen van computerondersteund onderzoekend leren met simulaties en de mogelijke rol bij onderwijsvernieuwingen. Vervolgens krijgen leerlingen 20 minuten de tijd om de voorkennistoets te maken. Leerlingen wordt hierbij verteld dat ze geen cijfer krijgen voor de toets. Hen wordt echter gevraagd zo goed mogelijk hun best te doen en individueel te werken. Nadat leerlingen de voortoets hebben afgerond wordt meer verteld over het onderzoek. Leerlingen wordt verteld wat ze de volgende twee lessen zullen gaan doen. Ook worden belangrijke termen uitgelegd die in het programma gebruikt zullen worden, zoals "Wat wordt bedoeld met massa?". Tot slot volgt er een demonstratie van de leeromgeving zodat leerlingen weten hoe zij de leeromgeving moeten gebruiken.

Les 2 vindt plaats in een computerlokaal waarbij elke leerling over een eigen computer beschikt. Het computerlokaal is opgedeeld in twee delen: aan de ene kant van het lokaal zitten leerlingen uit de conditie 'meer ondersteuning', aan de andere kant zitten leerlingen uit de conditie 'minder ondersteuning'. Door middel van een korte instructie wordt leerlingen verteld dat de eerste drie onderwerpen centraal staan deze les: 1. Dichtheid, 2. Drijven, zinken en zweven en 3. Relatieve dichtheid. Leerlingen krijgen het instructieblad, waarna leerlingen in beide condities zelfstandig aan het werk kunnen tot het einde van de les.

Les 3 vindt eveneens plaats in een computerlokaal waarbij elke leerling over een eigen computer beschikt. Leerlingen die tijdens de tweede les in de conditie meer/minder ondersteuning zaten, zitten tijdens de derde les eveneens in dezelfde conditie. Het computerlokaal is wederom opgedeeld in twee delen, zoals bij les 2 het geval was. Door middel van een korte instructie wordt leerlingen verteld dat de laatste twee onderwerpen centraal staan deze les: 2. Waterverplaatsing en 3. Krachten. Ook wordt leerlingen verteld dat ze deze les aanzienlijk minder deelonderzoeksvragen hoeven te beantwoorden, omdat ze het tweede lesdeel een toets gaan maken. Leerlingen krijgen het instructieblad, waarna leerlingen in beide condities weer zelfstandig aan het werk gaan. Deze les krijgen leerlingen 30 minuten de tijd om aan de slag te gaan met de leeromgeving, waarna ze de laatste 20 minuten van de les de natoets invullen.

3. Resultaten

3.1 Voortoets

Tussen de vier niveau- en leeftijdsgroepen

Allereerst zal worden geanalyseerd of de ene niveau- en leeftijdsgroep over meer voorkennis beschikt dan de andere niveau- en leeftijdsgroep. In Tabel 2 zijn de resultaten terug te vinden van de Voortoets kennis per niveau- en leeftijdsgroep. Om in beeld te krijgen of er verschillen zitten tussen de vier niveau en leeftijdsgroepen, wat betreft de Voortoets, zijn er paarsgewijze vergelijkingen gemaakt door middel van een non-parametrische toets (Kruskal Wallis). De voorkennis van 1 HAVO wijkt niet significant af van de voorkennis van 1 VWO ($\chi^2 = .76$, $p = .10$) maar is significant lager dan die van 3 HAVO ($\chi^2 = 61.76$, $p = .00$) en 3 VWO ($\chi^2 = 59.96$, $p = .00$). De voorkennis van 1 VWO is significant lager dan de voorkennis van 3 HAVO ($\chi^2 = 48.17$, $p = .00$) en 3 VWO ($\chi^2 = 53.70$, $p = .00$). De voorkennis van 3 HAVO is significant lager dan die van 3 VWO ($\chi^2 = 14.60$, $p = .00$).

Tabel 2. Gemiddelde scores per niveau- en leeftijdsgroep

	1 HAVO (N=54)		1 VWO (N=56)		3 HAVO (N=68)		3 VWO (N=32)	
	M	SD	M	SD	SD	SD	M	SD
Voortoets (Max. 35)	1.50	2.50	2.70	4.12	11.49	7.94	18.06	6.86
Natoets (Max. 35)	4.11	3.77	12.11	7.06	19.19	8.25	28.59	4.32

Overweging: leeropbrengst

Vanwege het doel van het huidige onderzoek en vanwege de significante verschillen in voorkennis tussen niveau- en leeftijdsgroepen zal de data verder geanalyseerd worden door te kijken naar leeropbrengst. De leeropbrengst bedraagt het verschil in score tussen de Natoets en de Voortoets.

3.2 Invloed 'Leeromgeving'

Overall invloed leeromgeving

Er zal worden geanalyseerd of de leeromgeving zorgt voor leeropbrengst in alle vier de niveau- en leeftijdsgroepen, door middel van een non-parametrische toets (Wilcoxon). Zie tabel 2 voor de resultaten van de Voortoets en Natoets per niveau- en leeftijdsgroep. Er is een significant verschil gevonden tussen de natoets en de voortoets bij 1 HAVO ($Z = -4.54$, p

= .00), 1 VWO ($Z = -6.25$, $p = .00$), 3 HAVO ($Z = -6.18$, $p = .00$) en 3 VWO ($Z = -4.89$, $p = .00$). Het werken met de leeromgeving zorgt dus voor leeropbrengst bij alle vier de niveau- en leeftijdsgroepen.

Tussen de vier niveau- en leeftijdsgroepen

Er zal worden geanalyseerd welke niveau- en leeftijdsgroep het meeste leert. Zie tabel 3 voor de resultaten van de leeropbrengst van de vier niveau- en leeftijdsgroepen. Om in beeld te krijgen of er verschillen zitten tussen de vier niveau en leeftijdsgroepen, wat betreft de leeropbrengst, zijn er paarsgewijze vergelijkingen gemaakt door middel van een non-parametrische toets (Kruskal Wallis). De leeropbrengst van 1 HAVO is significant lager dan de leeropbrengst van de andere drie niveau- en leeftijdsgroepen: 1 VWO ($\chi^2 = 35.50$, $p = .00$), 3 HAVO ($\chi^2 = 18.92$, $p = .00$) en 3 VWO ($\chi^2 = 31.55$, $p = .00$). Er is naar voren gekomen dat leeropbrengst van de niveau- en leeftijdsgroepen 1 VWO, 3 HAVO en 3 VWO niet significant verschillen; 1 HAVO heeft significant minder leeropbrengst dan de andere drie niveau- en leeftijdsgroepen.

Tabel 3. Gemiddelde Leeropbrengst

	Meer ondersteuning		Minder ondersteuning		Totaal	
	M	SD	M	SD	M	SD
1 HAVO	3.25	3.91	1.92	3.06	2.61	3.56
1 VWO	9.69	6.09	9.11	7.00	9.41	6.49
3 HAVO	9.63	7.13	5.27	6.56	7.71	7.17
3 VWO	11.19	5.53	9.88	7.05	10.53	6.27
Totaal klas 1	6.53	6.04	5.59	6.49	6.07	6.25
Totaal klas 3	10.09	6.68	6.87	7.02	8.61	6.99
Totaal HAVO	6.92	7.74	3.71	5.46	5.45	6.36
Totaal VWO	10.22	5.88	9.40	6.95	9.82	6.40
Totaal	8.26	6.58	6.18	7.74	7.28	6.72

Tussen de twee niveaugroepen

Om in beeld te krijgen of Niveaugroep effect heeft gehad op de leeropbrengst is er non-parametrisch getoetst (Kruskal Wallis). Tabel 3 toont de resultaten van de leeropbrengst per niveaugroep. Er is een significant verschil gevonden tussen de niveaugroepen wat betreft de leeropbrengst ($\chi^2 = 23.53$, $p = .00$). Leerlingen die een VWO klas zitten, laten een significant hogere leeropbrengst zien dan leerlingen die in een HAVO klas zitten.

Tussen de twee leeftijdsgroepen

Om in beeld te krijgen of Leeftijdsgroep effect heeft gehad op de leeropbrengst is er non-parametrisch getoetst (Kruskal Wallis). Tabel 3 toont de resultaten van de leeropbrengst per leeftijdsgroep. Er is een significant verschil gevonden tussen de leeftijdsgroepen wat betreft de leeropbrengst ($\chi^2 = 8.71$, $p = .00$). Leerlingen die in de derde klas zitten, laten een *significant hogere* leeropbrengst zien dan leerlingen in de eerste klas.

3.3 Invloed 'Conditie'

Overall invloed conditie

Tot slot zal worden geanalyseerd of meer ondersteuning daadwerkelijk zorgt voor meer leeropbrengst. Om in beeld te krijgen wat voor effect Conditie heeft gehad op de leeropbrengst is er non-parametrisch getoetst (Kruskal Wallis). Tabel 3 toont de resultaten van de leeropbrengst per conditie. Er is een significant verschil gevonden tussen condities wat betreft de leeropbrengst ($\chi^2 = 5.24$, $p = .02$). Overall laten leerlingen in de conditie *meer ondersteuning* een significant hogere leeropbrengst zien dan leerlingen in de conditie *minder ondersteuning*.

Invloed conditie op de vier niveau- en leeftijdsgroepen

Om in beeld te krijgen of conditie hetzelfde effect heeft bij alle vier de niveau- en leeftijdsgroepen afzonderlijk is er non-parametrisch getoetst (Kruskal Wallis). Tabel 3 toont de resultaten van de leeropbrengst van de condities, per niveau- en leeftijdsgroep. Er is geen significant verschil gevonden tussen condities bij 1 HAVO ($\chi^2 = 1.76$, $p = .18$), 1 VWO ($\chi^2 = .033$, $p = .86$) en 3 VWO ($\chi^2 = .28$, $p = .60$). Leerlingen die hierbij in de conditie *meer ondersteuning* zitten laten dus geen hogere leeropbrengst zien dan leerlingen in conditie *minder ondersteuning*. Bij 3 HAVO is echter wel een significant verschil gevonden tussen de condities ($\chi^2 = 5.641$, $p = .02$). Leerlingen die hierbij in de conditie *meer ondersteuning* zitten laten een significant hogere leeropbrengst zien dan leerlingen in conditie *minder ondersteuning*.

Invloed conditie op de twee niveaugroepen

Om in beeld te krijgen of Conditie effect heeft gehad op Niveaugroep is er non-parametrisch getoetst (Kruskal Wallis). Tabel 3 toont de resultaten van de leeropbrengst van de condities, per niveaugroep. Bij *HAVO* is een significant verschil gevonden tussen de condities ($\chi^2 = 6.98$, $p = .01$). Leerlingen die hierbij in de conditie meer ondersteuning zitten laten hogere leeropbrengst zien dan leerlingen in conditie minder ondersteuning. Bij *VWO* is geen significant verschil gevonden tussen de condities ($\chi^2 = 2.78$, $p = .60$). Leerlingen die hierbij in de conditie meer ondersteuning zitten laten geen significant hogere leeropbrengst zien dan leerlingen in conditie minder ondersteuning.

Invloed conditie op de twee leeftijdsgroepen

Om in beeld te krijgen of Conditie invloed heeft gehad op Leeftijdsgroep is er non-parametrisch getoetst (Kruskal Wallis). Tabel 3 toont de resultaten van de leeropbrengst van de condities, per leeftijdsgroep. Bij *de eerste klassen* is geen significant verschil gevonden tussen de condities ($\chi^2 = .979$, $p = .37$). Leerlingen die hierbij in de conditie meer ondersteuning zitten laten geen hogere leeropbrengst zien dan leerlingen in conditie minder ondersteuning. Bij *de derde klassen* is een significant verschil gevonden tussen de condities ($\chi^2 = 5.11$, $p = .02$). Leerlingen die hierbij in de conditie meer ondersteuning' laten een significant hogere leeropbrengst zien dan leerlingen in conditie minder ondersteuning.

4. Discussie

4.1 Doel onderzoek

In dit artikel wordt onderzocht of op basis van niveau en/of leeftijd differentiatie nodig is in de mate van designondersteuning aan leerlingen die onderzoekend leren door middel van computersimulaties. Leerlingen van vier niveau- en leeftijdsgroepen (1 *HAVO*, 1 *VWO*, 3 *HAVO* en 3 *VWO*) werden verdeeld over twee condities. Beide condities werkten met een basisversie van de leeromgeving die leerlingen voorziet van een virtueel lab (Splash), een tool die het onderzoeksproces vormgeeft (EDT), en sleuteldefinities ('Help'-knop). Leerlingen in de conditie 'minder ondersteuning' werkten met alleen de basisversie van de leeromgeving, met open deelonderzoeksvragen. Leerlingen in de conditie 'meer ondersteuning' werkten met de basisversie van de leeromgeving, met additionele designondersteuning in de vorm van sturende onderzoeksvragen en instructies.

4.2 Computerondersteund onderzoekend leren met simulaties

Verwachtingen & uitkomsten

Met betrekking tot de invloed van de leeromgeving was de verwachting dat computerondersteund onderzoekend leren met simulaties een leermethode is die zorgt voor leeropbrengst. Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat computerondersteund onderzoekend leren met simulaties een leermethode is die overall zorgt voor leeropbrengst bij leerlingen. Dit effect is eveneens terug te vinden in alle vier de niveau- en leeftijdsgroepen.

4.3 Invloed additionele designondersteuning

Verwachtingen & uitkomsten

Met betrekking tot de invloed van de additionele designondersteuning was de verwachting dat leerlingen die de additionele designondersteuning ontvangen meer leren dan leerlingen die de additionele designondersteuning niet ontvangen. Hierbij werd verwacht dat jongere leerlingen (eerste klas) meer baat hebben bij designondersteuning dan oudere leerlingen (derde klas). Daarnaast werd verwacht dat leerlingen van een lager niveau (HAVO) meer baat hebben bij de designondersteuning dan leerlingen van een hoger niveau (VWO).

Uit het huidige onderzoek is naar voren gekomen dat additionele designondersteuning overall invloed heeft op de leeropbrengst van leerlingen als ze computerondersteund onderzoekend leren met simulaties: leerlingen die additionele designondersteuning tot hun beschikking hebben, leren meer bij dan leerlingen die deze additionele designondersteuning niet tot hun beschikking hebben. Dit effect is echter niet zichtbaar bij alle vier de niveau- én leeftijdsgroepen. Bij 1 HAVO, 1 VWO en 3 VWO zorgt additionele designondersteuning niet voor een hogere leeropbrengst; bij 3 HAVO zorgt additionele designondersteuning wel voor een hogere leeropbrengst.

Discussie

De niveau- en leeftijdsgroepen 1 VWO en 3 VWO leren het meest van de leeromgeving: 3 VWO heeft de hoogste leeropbrengst en 1 VWO heeft de twee na hoogste leeropbrengst. Designondersteuning heeft bij de niveau- en leeftijdsgroepen 1 VWO en 3 VWO echter geen effect: leerlingen die additionele designondersteuning ontvangen, laten niet meer leeropbrengst zien dan leerlingen die de additionele designondersteuning niet ontvangen. Een verklaring voor dit resultaat: leerlingen van een hoog leerniveau hebben de beschikking over onderzoeksvaardigheden om zelf complete experimenten te ontwerpen. Zoals reeds besproken

zijn leerlingen van het VWO, wat betreft leerniveau, betere leerlingen dan HAVO (Eurydice, 2005; Boezeroy, 2003). Voorgaand onderzoek laat zien dat betere leerlingen in staat zijn zelf meer systematische en complete experimenten te ontwerpen en uit te voeren dan slechtere leerlingen (Schauble et al., 1992). Omdat leerlingen van een hoog leerniveau al beschikken over de onderzoeksvaardigheden om zelf effectieve experimenten te ontwerpen, leidt de additionele designondersteuning niet tot meer leeropbrengst.

De niveau- en leeftijdsgroepen 1 HAVO en 3 HAVO leren het minste van de leeromgeving: 3 HAVO heeft de drie naar hoogste leeropbrengst en 1 HAVO heeft significant minder leeropbrengst dan de andere drie niveau- en leeftijdsgroepen. Leerlingen HAVO lijken, in tegenstelling tot leerlingen VWO, niet over de onderzoeksvaardigheden te beschikken om zelfstandig effectieve experimenten te ontwerpen. Bij de niveau- en leeftijdsgroep 3 HAVO heeft additionele designondersteuning daarom wel effect: leerlingen die additionele designondersteuning ontvangen, leren meer dan leerlingen die de additionele designondersteuning niet ontvangen. Door leerlingen van de niveau- en leeftijdsgroep 3 HAVO dus van additionele designondersteuning te voorzien, worden zij in staat gesteld te bewegen binnen hun Zone of Proximale Development: van hun eigenlijke ontwikkelingsniveau naar hun potentiële ontwikkelingsniveau (Vygotsky, 1998).

In de niveau- en leeftijdsgroep 1 HAVO leren leerlingen die additionele designondersteuning ontvangen echter niet meer dan leerlingen die de additionele designondersteuning niet ontvangen. *Voorkennis* vormt een verklaring voor het feit dat additionele designondersteuning wel leidt tot meer leren bij 3 HAVO maar niet bij 1 HAVO: leerlingen 3 HAVO bezaten al kennis over de onderwerpen waarover ze meer zouden gaan leren. Voorgaand onderzoek heeft reeds laten zien dat jonge leerlingen door een beperkte hoeveelheid voorkennis minder effectieve experimenten ontwerpen dan leerlingen met meer voorkennis (Schauble, et al., 1991). Deze experimenten kunnen ervoor zorgen dat leerlingen problemen hebben met het uitvoeren van de experimenten (Hmelo, et al., 2000) en het trekken van juiste conclusies uit hun experimenten (Chinn & Brewer, 1993). Leerlingen die over geen voorkennis beschikken, hebben bepaalde variabelen of de betekenis van deze variabelen niet in hun repertoire. Deze variabelen blijken leerlingen daarom niet of ineffectief in hun experimentdesign op te nemen, zelfs niet wanneer ze designondersteuning ontvangen.

4.4 Implicaties onderwijs

Differentiatie tussen leerlingen die computerondersteund onderzoekend leren met simulaties lijkt van belang. Het huidige onderzoek benadrukt de cruciale rol die voorkennis speelt bij de

differentiatie in designondersteuning. Leerlingen met een hoog leerniveau (VWO) beschikken over onderzoeksvaardigheden die hen in staat stellen onderzoekend te leren zonder designondersteuning. Leerlingen met een lager leerniveau (HAVO) beschikken echter niet over deze onderzoeksvaardigheden. Leerlingen met een lager leerniveau (HAVO) profiteren daarom van designondersteuning, *mits zij beschikken over voorkennis*. De onderwijspraktijk zou leerlingen met een lager leerniveau (HAVO) die onderzoekend leren met simulaties daarom moeten voorzien van designondersteuning. Deze leerlingen moeten echter over voorkennis beschikken, voordat zij onderzoekend gaan leren met computersimulaties die designondersteuning bieden. In de onderwijspraktijk zou dit kunnen worden bewerkstelligd door leerlingen eerst te voorzien van voorkennis, door middel van directe instructie, om ze vervolgens onderzoekend te laten leren met computersimulaties die designondersteuning bieden.

4.5 Toekomstig onderzoek

Toekomstig onderzoek naar onderzoekend leren met computersimulaties zou gedaan kunnen worden met een leeromgeving die designondersteuning biedt en daarbij dynamisch domeininformatie aanbiedt door middel van dynamische software scaffolds. Het huidige onderzoek laat namelijk zien dat designondersteuning bij HAVO zorgt voor meer leeropbrengst, indien ze beschikken over voorkennis over het domein. Uit voorgaand onderzoek is naar voren gekomen dat het verstrekken van domeinkennis effectief is, *indien* deze wordt gegeven op het juiste moment (De Jong & Van Joolingen, 1998; Reid, Zhang, & Chen, 2003; Moreno, 2004). Dynamische software scaffolds kunnen de activiteiten van leerlingen bijhouden, om ze vervolgens te voorzien van de domeininformatie op het juiste moment (Azevedo, 2005).

5. Referenties

- Applefield, J.M., Huber, R. & Moallem, M. (2001). Constructivism in theory and practice: toward a better understanding. *The High School Journal*, 84 (2), 35-53.
- Azevedo, R. (2005). Using Hypermedia as a Metacognitive Tool for Enhancing Student Learning? The Role of Self-Regulated Learning. *Educational Psychologist*, 40 (4), 199–209.

- Baser, M. (2006). Promoting conceptual change through active learning using open source software for physics simulations. *Australasian Journal of Educational Technology*, 22(3), 336-354.
- Bell, P., & Davis, E. A. (2000). Designing Mildred: Scaffolding students' reflection and argumentation using a cognitive software guide. *Proceedings of ICLS 2000: International Conference for the Learning Sciences*, 142-149.
- Boezeroy, P. (2003). *Higher education in the Netherlands* (country report CHEPS Higher Education Monitor), Enschede: CHEPS.
- Bredderman, T. (1983). Effects of activity-based elementary science on student outcomes: A quantitative synthesis. *Review of Educational Research*, 53, 499–518.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1–49.
- Collins, A., & Brown, J. S. (1988). The computer as a tool for learning through reflection. *Learning Issues For Intelligent Tutoring Systems*, 1-18.
- Davis, E. A. (2003). Prompting middle school science students for productive reflection: Generic and directed prompts. *Journal of the Learning Sciences*, 12, 91–142
- Dean, D., & Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. discovery: the long view. *Science Education*, 91, 384-397.
- Dronkers, J. (1993). The precarious balance between general and vocational education in The Netherlands. *European Journal of Education*, 28(2), 197-207.
- Engelhardt, P., & Beichner, R. (2004). Students understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115.
- Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (1996). The expert learner: Strategic, self-regulated, and reflective. *Instructional Science*, 24, 1–24.
- Eurydice (2005). *National summary sheets on education systems in Europe and ongoing reforms*, 2005 Edition, Eurydice.

- Fretz, E.B., Wu, H.K., Zhang B.H., Davis E.A., Krajcik J.S. & Soloway E. (2002). An investigation of software scaffolds supporting modeling practices. *Research in Science Education*, 32, 567–589.
- Ge, X., Chen, C., & Davis, K. (2005). Scaffolding novice instructional designers' problem-solving processes using question prompts in a web-based learning environment. *Journal of Educational Computing Research*, 33(2), 219–248.
- Gleason, M. & Schauble, L. (2000). Parents' assistance of scientific reasoning. *Cognition and Instruction*, 17, 343–378.
- Guzdial, M. (1994). Software-realized scaffolding to facilitate programming for science learning. *Interactive Learning Environments*, 4, 1–44.
- Hestenes, D. (1987). Towards a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55, 440–454.
- Hmelo, C. E., Nagarajan, A., & Roger, S. (2000). Effects of high and low prior knowledge on construction of a joint problem space. *Journal of Experimental Education*, 69, 36–56.
- Hmelo-Silver, C. E., & Azevedo, R. (2006). Understanding complex systems: some core challenges. *Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 53–61.
- Houtveen, A.A.M., & Grift, W.J.C.M. van de (2001). Inclusion and Adaptive Instruction in Elementary Education. *Journal of Education for Students Placed At Risk*, 6 (4), 389–411.
- Jackson, S.L., Stratford, S.J., Krajcik, J.S., & Soloway E. (1996). Making dynamic modeling accessible to pre-college science students. *Interactive Learning Environments*, 4, 233–257.
- Jong, T. de (2006). Computer simulations - Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532–533.
- Jong, T. de, Beishuizen, J., Hulshof, C.D., Prins, F., Rijn, H. van, Someren, M. van, Veenman, M. Wilhelm, P. (2005) Determinants of discovery learning. *Cognition, Education and Communication Technology*, 257–283.

- Jong, T. de, & Joolingen, W.R. van (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-202.
- Jong, T. de, Joolingen, W.R. van, Swaak, J., Veermans, K., Limbach, R., King, S. & Gureghian, D. (1998). Self-directed learning in simulationbased discovery environments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 14 (3), 235-246.
- Joolingen, W.R. van, Jong, T. de (1991). Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science*, 20, 389-404.
- Joolingen, W.R. van, Jong, T. de, & Dimitrakopoulou, A. (2007). Issues in computer supported inquiry learning in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23, 111-119.
- Joolingen, W.R., Jong, T. de, Lazonder, A.W., Savelsbergh, E.R., & Manlove, S. (2005). Co-Laboratory: research and development of an online learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in Human Behavior*, 21, 671-688.
- Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 898-921.
- Kim, H. & Hannafin, M. J. (2011). Developing situated knowledge about teaching with technology via web-enhanced case-based activity. *Computers & Education*, 57, 1378-1388.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Klahr, D., Fay, A., & Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 25, 111-146.
- Klahr, D. & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15, 661-667.
- Lazonder, A.W., Hagemans, M.G., Jong, T. de (2009). Offering and discovering domain information in simulation-based inquiry learning. *Learning and Instruction*, 1-10.

- Lefrancois, G. R. (1997). *Psychology for Teachers*, 9. Belmont, CA: Wadsworth.
- Lewis, E. L., Stem, J. L., & Linn, M. C. (1993). The effect of computer simulations on introductory thermodynamics understanding. *Educational Technology*, 33,45-58.
- Manlove, S., & Lazonder, A. (2004). *Self-regulation and collaboration in a discovery learning environment*. Paper presented at the First Meeting of the EARLISIG on Metacognition, Amsterdam, The Netherlands.
- Mayer, R.E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59, 14-19.
- McDaniel, M.A., & Schlager, M.S. (1990). Discovery learning and transfer of problem-solving skills. *Cognition and Instruction*, 7, 129–159.
- Moreno, R. (2004). Decreasing cognitive load for novice students: Effects of explanatory versus corrective feedback on discovery-based multimedia. *Instructional Science*, 32, 99–113.
- Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., & Jong, T. de (2010). Finding out how they find it out: an empirical analysis of inquiry learners' need for support. *International Journal of Science Education*, 32, 2033-2053.
- National Science Foundation. (2000). *Foundations: Inquiry: Thoughts, Views, and Strategies for the K-5 Classroom*, 2, 1–5.
- Okada T. & Simon H.A. (1997) Collaborative discovery in a scientific domain. *Cognitive Science*, 21, 109–146.
- Oude Kamphuis, K. & Wilde, E. de (2012). *Hands-on versus minds -on*. Master theses, Universiteit Twente, Nederland.
- Penner, D. E. (2001). Cognition, computers and synthetic science: building knowledge and meaning through modeling. *Review of Research in Education*, 25, 1–36.
- Peters, P. C. (1982). Even honors students have conceptual difficulties with physics. *American Journal of Physics*, 50(6), 501-508.
- Reid D.J., Zhang J. & Chen Q. (2003) Supporting scientific discovery learning in a simulation environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 9–20.

- Roth, W.M. & Lucas, K. (1997). From 'Truth' to 'Invented Reality': a discourse analysis of high school physics students' talk about scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 145–179.
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge rich contexts. *Developmental Psychology*, 32, 102–119.
- Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R.A. Schulze, S., John, J. (1995). Students' Understanding of the Objectives and Procedures of Experimentation in the Science Classroom *The Journal Of the Learning Sciences*, 4(2), 131-166.
- Schauble, L., Glaser, R., Raghavan, K., & Reiner, M. (1991). Causal models and experimentation strategies in scientific reasoning. *The Journal of the Learning Sciences*, 1, 201-38.
- Schecker, H. (1993). Learning physics by making models. *Physics Education*, 28, 102–106.
- Schwarz, C.V. & White, B.Y. (2005). Metamodeling knowledge: developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23, 165–205.
- Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional Science*, 26, 113–125.
- Sharma, P., & Hannafin, M. J. (2007). Scaffolding in technology-enhanced learning environments. *Interactive Learning Environments*, 15(1), 27–46.
- Smith, T.M., Desimone, L.M., Zeidner, T.M., Dunn, A.C., Bhatt, M. & Rumyantseva, N.L. (2007). Inquiry-Oriented Instruction in Science: Who Teaches That Way? *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 29(3), 169-199.
- Spek, W. & Rodenboog, M. (2007). *Concretisering van de kerndoelen Mens en Natuur. Kerndoelen voor de onderbouw VO*. Enschede: SLO.
- Stohr-Hunt, P.M. (1996). An analysis of frequency of hands-on experience and science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 101–109.
- Swaak, J., van Joolingen, W. R., & Jong, T. de (1998). Supporting simulation-based learning: The effects of model progression and assignments on definitional and intuitive knowledge. *Learning and Instruction*, 8, 235-252.

- Toth, E. E., Suthers, D. D., & Lesgold, A. M. (2002). "Mapping to know": The effects of representational guidance and reflective assessment on scientific inquiry. *Science Education*, 86, 244–263.
- Tschirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51, 1–10.
- Veermans, K., & van Joolingen, W. R. (1998). Using induction to generate feedback in simulation-based discovery learning environments. *Intelligent Tutoring Systems*, 4, 196–205.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- White, B.Y. & Frederiksen, J. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16, 3–118.
- Wood, D., Bruner, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 17, 89–100.
- Wu, H. & Krajcik, J. S. (2006). Inscriptional Practices in Two Inquiry-Based Classrooms: A Case Study of Seventh Graders' Use of Data Tables and Graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 63 - 96.
- Wu, H-L. & Pedersen, S. (2011). Integrating computer- and teacher-based scaffolds in science inquiry. *Computers & Education*, 57, 2352–2363.
- Zhang, B., Wu, H.K., Fretz, E.B., Krajcik, J., Marx, R., Davis, E.A. *et al.* (2002). Comparison of modeling practices of experts and novice learners using a dynamic, learnercentered modeling tool. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching, New Orleans, Louisiana. April 7–10, 2002.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. *Handbook of self-regulation*, 13–35.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27, 172–223.
- Yang, N. D. (1998). Exploring a new role for teachers: promoting learner autonomy. *System*, 26, 127-135.

- Zacharia, Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 20-132.
- Zacharia, Z. & Anderson, O.R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulations prior to performing a laboratory inquiry-based experiments on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71, 618–629.
- Zhang, B., Wu, H.K., Fretz, E.B., Krajcik, J., Marx, R., Davis, E.A. *et al.* (2002). Comparison of modeling practices of experts and novice learners using a dynamic, learnercentered modeling tool. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching, New Orleans, Louisiana. April 7–10, 2002.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. *Handbook of self-regulation*, 13–35.

Bijlage A. Voortoets

Kennistoets

Naam: _____

1a. Geef een definitie van **dichtheid**. Gebruik in je definitie de termen **volume** en **massa**.

1b. Geef het **volume**, de **massa** en de **dichtheid** van drie verschillende ballen.

Bal A

Volume: _____ cm³

Massa: _____ gram

Dichtheid: _____

Bal B

Volume: _____ cm³

Massa: _____ gram

Dichtheid: _____

Bal C

Volume: _____ cm³

Massa: _____ gram

Dichtheid: _____

2. Een bak is gevuld met water. In deze bak met water worden ballen geplaatst die verschillen in volume, massa en dichtheid.

a. Geef het **volume**, de **massa** en de **dichtheid** van een bal die in de bak water **drijft**.

Volume: _____ cm³

Massa: _____ gram

Dichtheid: _____

Leg uit waarom deze bal **drijft** in de bak met water.

b. Geef het **volume**, de **massa** en de **dichtheid** van een bal die in de bak water **zweeft**.

Volume: _____ cm³

Massa: _____ gram

Dichtheid: _____

Leg uit waarom deze bal **zweeft** in de bak met water.

c. Geef het **volume**, de **massa** en de **dichtheid** van een bal die in de bak water **zinkt**.

Volume: _____ cm³

Massa: _____ gram

Dichtheid: _____

Leg uit waarom deze bal **zinkt** in de bak met water.

3a. Je wilt de bal die hieronder is afgebeeld laten **zinken** in drie verschillende vloeistoffen. Welke dichtheden moeten de vloeistoffen hebben zodat de bal zinkt?



$\rho_{bal} = 9,00$

Dichtheid vloeistof 1: _____

Dichtheid vloeistof 2: _____

Dichtheid vloeistof 3: _____

Leg uit waarom de bal **zinkt** in deze vloeistoffen.

3b. Je wilt de bal die hieronder is afgebeeld laten **drijven** in drie verschillende vloeistoffen. Welke dichtheden moeten de vloeistoffen hebben zodat de bal drijft?



$\rho_{bal} = 12,00$

Dichtheid vloeistof 1: _____

Dichtheid vloeistof 2: _____

Dichtheid vloeistof 3: _____

Leg uit waarom de bal **drijft** in deze vloeistoffen.

3a. Je wilt de bal die hieronder is afgebeeld laten **zweven** in drie verschillende vloeistoffen. Welke dichtheden moeten de vloeistoffen hebben zodat de bal zweeft?



$\rho_{bal} = 8,00$

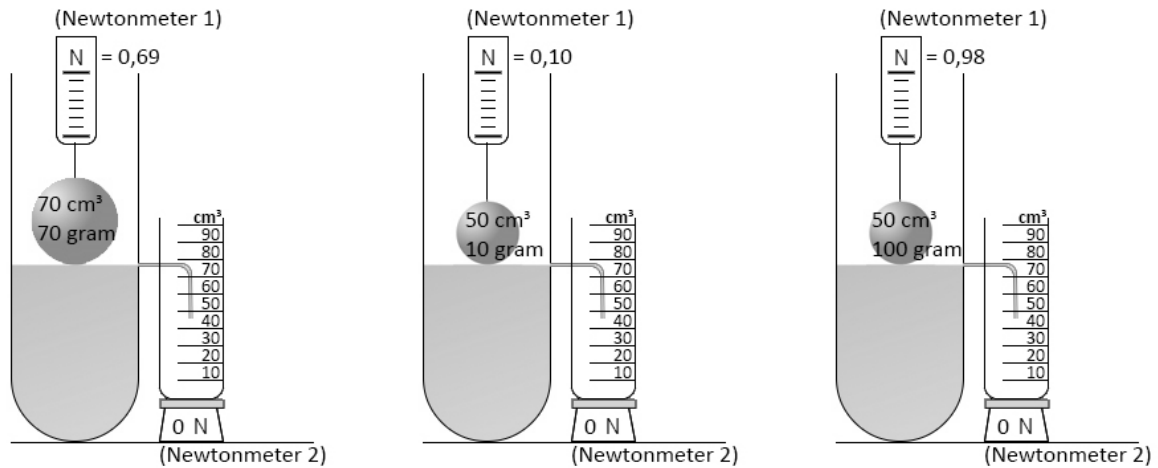
Dichtheid vloeistof 1: _____

Dichtheid vloeistof 2: _____

Dichtheid vloeistof 3: _____

Leg uit waarom de bal **zweeft** in deze vloeistoffen.

4a. Een bal wordt in een bak met water geplaatst. Dit zorgt ervoor dat er water wordt verplaatst. Het verplaatste water wordt opgevangen in een maatbeker. Hieronder zijn de beginopstellingen te zien. Geef per situatie aan hoeveel **water er wordt verplaatst** en wat beide **Newtonmeters** aangeven **nadat** het voorwerp in de bak is losgelaten (**eindwaarde**).



Verplaatst water: _____ cm³ Verplaatst water: _____ cm³ Verplaatst water: _____ cm³

Eindwaarde
Newtonmeter 1: _____ N Eindwaarde
Newtonmeter 1: _____ N Eindwaarde
Newtonmeter 1: _____ N

Eindwaarde
Newtonmeter 2: _____ N Eindwaarde
Newtonmeter 2: _____ N Eindwaarde
Newtonmeter 2: _____ N

4b. Leg uit waardoor de hoeveelheid waterverplaatsing wordt bepaald.

Bijlage B. Natoets

Kennistoets

Naam: _____

2a. Geef de formule van **dichtheid**.

2b. Geef het **volume** en de **massa** van de volgende drie ballen. De dichtheid is gegeven.

Bal A

Volume: _____ cm^3

Massa: _____ gram

Dichtheid: $\rho = 0,30$

Bal B

Volume: _____ cm^3

Massa: _____ gram

Dichtheid: $\rho = 5,00$

Bal C

Volume: _____ cm^3

Massa: _____ gram

Dichtheid: $\rho = 1,00$

2. Een bak is gevuld met water. In deze bak met water worden ballen geplaatst die verschillen in volume, massa en dichtheid.

a. Geef het **volume**, de **massa** en de **dichtheid** van een bal die in de bak water **zweeft**.

Volume: _____ cm^3

Massa: _____ gram

Dichtheid: _____

Leg uit waarom deze bal **zweeft** in de bak met water.

b. Geef het **volume**, de **massa** en de **dichtheid** van een bal die in de bak water **zinkt**.

Volume: _____ cm^3

Massa: _____ gram

Dichtheid: _____

Leg uit waarom deze bal **zinkt** in de bak met water.

c. Geef het **volume**, de **massa** en de **dichtheid** van een bal die in de bak water **drijft**.

Volume: _____ cm^3

Massa: _____ gram

Dichtheid: _____

Leg uit waarom deze bal **drijft** in de bak met water.

3a. Je wilt de bal die hieronder is afgebeeld laten **drijven** in drie verschillende vloeistoffen. Welke dichtheden moeten de vloeistoffen hebben zodat de bal drijft?



$\rho_{bal} = 2,40$

Dichtheid vloeistof 1: _____

Dichtheid vloeistof 2: _____

Dichtheid vloeistof 3: _____

Leg uit waarom de bal **drijft** in deze vloeistoffen.

3b. Je wilt de bal die hieronder is afgebeeld laten **zweven** in drie verschillende vloeistoffen. Welke dichtheden moeten de vloeistoffen hebben zodat de bal zweeft?



$\rho_{bal} = 2,00$

Dichtheid vloeistof 1: _____

Dichtheid vloeistof 2: _____

Dichtheid vloeistof 3: _____

Leg uit waarom de bal **zweeft** in deze vloeistoffen.

3a. Je wilt de bal die hieronder is afgebeeld laten **zinken** in drie verschillende vloeistoffen. Welke dichtheden moeten de vloeistoffen hebben zodat de bal zinkt?



$\rho_{bal} = 1,10$

Dichtheid vloeistof 1: _____

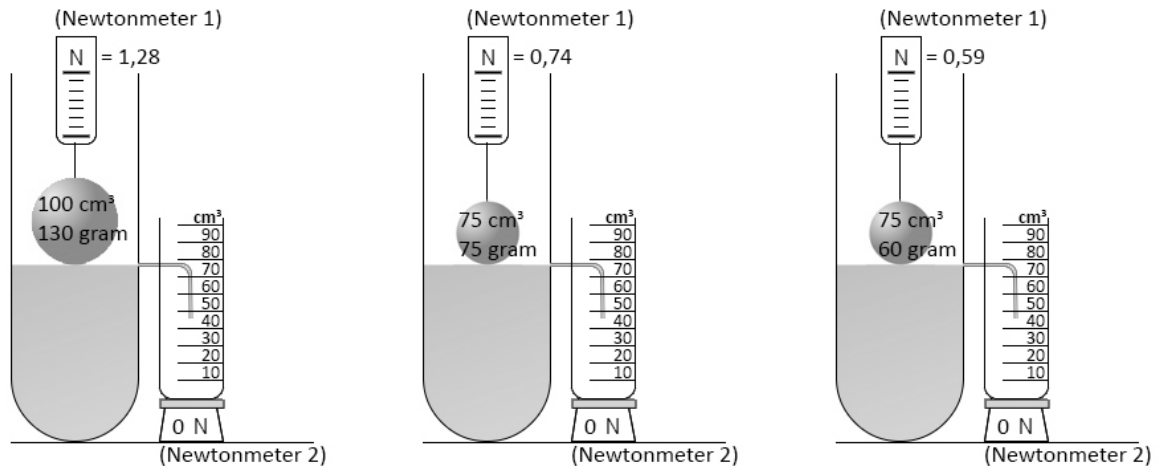
Dichtheid vloeistof 2: _____

Dichtheid vloeistof 3: _____

Leg uit waarom de bal **zinkt** in deze vloeistoffen.

4a. Een bal wordt losgelaten in een bak met water. Dit zorgt ervoor dat er water wordt verplaatst. Het verplaatste water wordt opgevangen in een maatbeker.

Hieronder zijn de beginopstellingen te zien. Geef per situatie aan hoeveel **water er wordt verplaatst** en wat beide **Newtonmeters** aangeven **nadat** het voorwerp in de bak is losgelaten (**eindwaarde**).



Verplaatst water: _____ cm^3 Verplaatst water: _____ cm^3 Verplaatst water: _____ cm^3

Eindwaarde
Newtonmeter 1: _____ N Eindwaarde
Newtonmeter 1: _____ N Eindwaarde
Newtonmeter 1: _____ N

Eindwaarde
Newtonmeter 2: _____ N Eindwaarde
Newtonmeter 2: _____ N Eindwaarde
Newtonmeter 2: _____ N

4b. Leg uit waardoor de hoeveelheid waterverplaatsing wordt bepaald.

Bijlage C. Instructieblad

Naam: _____
Klas: _____
Datum: _____

Instructies:

1. Ga naar de volgende website:

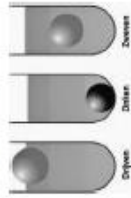
<http://go-lab.gw.utwente.nl/experiments/2014-11-edt-splash/labs/edt-splash/edt-splash1.html?lang=nl>

2. Log in met je eigen voor- én achternaam.
3. De instructies staan op het scherm. Lees de instructies op het scherm goed door! Op de achterkant van deze bladzijde kun je de instructies nog een keer teruglezen.
4. Lever dit blad in als je klaar bent.

Het is belangrijk dat je zelfstandig werkt en niet met elkaar overlegt. Steek je hand op als je niet snapt wat je moet doen. Succes!

Introductie 'drijven, zinken en zweven'

Vandaag ga je leren waardoor voorwerpen drijven, zweven* of zinken door gebruik te maken van het online laboratorium "Splash". Je gaat experimenten plannen én uitvoeren om antwoord te krijgen op *deelonderzoeksvragen*. De *deelonderzoeksvragen* zullen (één voor één) bovenaan het scherm verschijnen. Denk goed na over de experimenten die je gaat uitvoeren om de *deelonderzoeksvragen* te kunnen beantwoorden! Telkens nadat je enkele *deelonderzoeksvragen* hebt beantwoord, volgt er namelijk een *hoofdonderzoeksvraag* die te beantwoorden is met behulp van je antwoorden op de *deelonderzoeksvragen*. In totaal zijn er drie *hoofdonderzoeksvragen*.



*Zweven = Een voorwerp zweeft wanneer het niet aan de oppervlakte van het water drijft, maar ook niet naar de bodem zinkt.

Hoe krijg ik antwoord op de *deelonderzoeksvragen*? Door te experimenteren!

De *deelonderzoeksvraag* die je zal beantwoorden staat bovenaan het scherm. Lees deze eerst goed door en denk na over de *reeks experimenten* die je zal gaan uitvoeren! Onder de vraag zijn de volgende tabbladen te vinden: "Plan", "Ontwerp", "Uitvoeren", en "Analyse". Gebruik deze tabbladen in deze volgorde om antwoord te krijgen op de *deelonderzoeksvraag*.

1. In het tabblad "Plan" geef je je reeks experimenten vorm. Dit doe je door variabelen te verslepen van "selecteer variabelen" naar het gewenste vak binnen "Ontwerp experiment"***.
2. In het tabblad "Ontwerp" vul je de waarden van de gekozen variabelen in.
3. In het tabblad "Uitvoeren" voer je de ontworpen experimenten uit. Noteer de resultaten van de experimenten!
4. Heb je genoeg experimenten uitgevoerd om de *onderzoeksvraag* te beantwoorden? Zo nee: probeer meer experimenten te ontwerpen en uit te voeren. Zo ja: Klik op het tabblad "Analyse" om je resultaten te analyseren. Noteer in dit tabblad je antwoord op de *onderzoeksvraag* in het vak 'Conclusie' en sla deze op om naar de volgende *onderzoeksvraag* te gaan.

**Tip = Als je een variabele in het verkeerde vak hebt geplaatst, kun je deze gemakkelijk verplaatsen naar een ander vak of verwijderen door de variabele uit het vak te slepen.



De "help"-knop: Klik op de "help"-knop voor tips en trucs. Kom je er dan nog steeds niet uit? Steek dan je hand op voor hulp van de docent.

De vragen bij het onderwerp 'drijven, zinken en zweven'

Vraag 1

Deelonderzoeksvraag 1.1

Voer een reeks experimenten uit. Houd bij elk experiment de variabele volume voorwerp gelijk. Varieer telkens massa voorwerp.

Bij welke massa's zinken, zweven, en drijven de voorwerpen?

Deelonderzoeksvraag 1.2

Klik op onderstaande knop 'Vorige experiment'. Je ziet nu alle voorwerpen uit je vorige reeks experimenten, met de bijbehorende massa's en volumes.

Voer een reeks experimenten uit. Houd ditmaal massa voorwerp gelijk, maar laat volume voorwerp uit je vorige reeks experimenten met 200 cm³ toe- of afnemen.

Bij welke massa's zinken, zweven en drijven deze voorwerpen nu?

Deelonderzoeksvraag 1.3

Voer een reeks experimenten uit. Houd bij elk experiment massa voorwerp gelijk. Varieer telkens volume voorwerp.

Bij welke volumes zinken, zweven en drijven deze voorwerpen?

Deelonderzoeksvraag 1.4

Klik op onderstaande knop 'Vorige experiment'. Je ziet nu alle voorwerpen uit je vorige reeks experimenten, met de bijbehorende massa's en volumes.

Voer een reeks experimenten uit. Houd ditmaal volume voorwerp gelijk, maar laat massa voorwerp uit je vorige reeks experimenten met 200 gram toe- of afnemen.

Bij welke volumes zinken, zweven en drijven deze voorwerpen nu?



Hoofdonderzoeksvraag 1

Hoe beïnvloeden de massa en het volume van voorwerpen of deze zinken, zweven of drijven in water?*

*Let op: je antwoorden op deelonderzoeksvragen 1.1 t/m 1.4 zijn zichtbaar. Gebruik deze ook!

Vraag 2

Deelonderzoeksvraag 2.1

Voer een reeks experimenten uit. Houd bij elk voorwerp volume voorwerp gelijk, maar varieer telkens massa voorwerp.
Wat gebeurt er dan met het volume en de dichtheid?

Deelonderzoeksvraag 2.2

Voer een reeks experimenten uit. Houd bij elk voorwerp massa voorwerp gelijk, maar varieer telkens volume voorwerp.
Wat gebeurt er dan met de massa en de dichtheid?



Hoofdonderzoeksvraag 2

Wat is de relatie tussen massa, volume en dichtheid?

*Let op: je antwoorden op deelonderzoeksvragen 2.1 t/m 2.2 zijn zichtbaar. Gebruik deze ook!

Vraag 3

Deelonderzoeksvraag 3.1

Voer een reeks experimenten uit. Houd bij elk experiment massa voorwerp en volume voorwerp gelijk. Varieer telkens de dichtheid van de vloeistof. *Bij welke dichtheid van de vloeistof zinken, zweven, en drijven de voorwerpen?*

Deelonderzoeksvraag 3.2

Voer een reeks experimenten uit. Houd bij elk experiment dichtheid vloeistof gelijk. Varieer telkens massa voorwerp en volume voorwerp. *Bij welke dichtheid van het voorwerp zinken, zweven en drijven deze voorwerpen in de vloeistof?*

Deelonderzoeksvraag 3.3

Voer een reeks experimenten uit. Gebruik dezelfde voorwerpen (houd hetzelfde: massa voorwerp en volume voorwerp) als in je vorige reeks experimenten. Plaats deze in vloeistoffen die verschillen in dichtheid.

Bij welke dichtheid van de vloeistof zinken, zweven en drijven de voorwerpen?



Hoofdonderzoeksvraag 3

Een voorwerp dat zinkt in een bepaalde vloeistof kan in een andere vloeistof zweven of drijven, en andersom. Op welke manier beïnvloeden a) de eigenschappen van een voorwerp en b) de dichtheid van de vloeistof of een voorwerp zinkt, zweeft of drijft in een vloeistof?

*Let op: je antwoorden op deelonderzoeksvragen 3.1 t/m 3.3 zijn zichtbaar. Gebruik deze ook!