

# **Dynamische representaties op het digitale schoolbord**

## **Eindrapportage van het onderzoek December 2010 - December 2011**

**Hans van der Meij, Jan van der Meij en Yvonne Mulder  
Universiteit Twente**

### **SAMENVATTING VAN HET PROJECT**

Klassieke schoolborden maken in het basisonderwijs in snel tempo plaats voor digitale schoolborden. De visuele aantrekkelijkheid van de veelal gratis en gemakkelijk toegankelijke lesmaterialen en het dynamisch kunnen manipuleren van deze materialen (representaties van een proces of object) worden als groot voordeel gezien. Het is echter onduidelijk of deze voordelen zich ook vertalen in een positief effect op de leerresultaten.

In dit project is onderzocht of het gebruik van dynamische representaties op het digitale schoolbord leidt tot betere leerresultaten in vergelijking met het gebruik van statische representaties. In het onderzoek is gebruik gemaakt van twee soorten dynamische representaties: één waarbij een dynamisch proces een rol speelt (de waterkringloop) en één waarbij de dynamiek van de representatie ligt in het kunnen roteren en manipuleren van de representatie (aanzichten). Voor de controle condities zijn (statische) schermafbeeldingen van de dynamische representaties gebruikt.

Voor het onderzoek is nieuw lesmateriaal ontwikkeld omdat analyses uitwezen dat bestaande materialen niet voldeden. Het onderzoek is eerst in een pilotstudie beproefd met 103 leerlingen van 5 groepen 4 (7-8 jaar) van 5 basisscholen. Aan het hoofdonderzoek namen in totaal 151 (voor aanzichten) en 182 (voor waterkringloop) leerlingen deel uit 11 groepen 4 van 10 basisscholen. In deze eindrapportage zijn de resultaten van de pilotstudie vermeld evenals de resultaten van het hoofdonderzoek.

De uitkomsten van de pilotstudie en het hoofdonderzoek komen in grote lijn overeen. Kort samengevat geven ze aan dat de leerwinst in beide lessenseries aanzienlijk is. Voor aanzichten is tevens gevonden dat daar de dynamische representaties leiden tot betere prestaties van de leerlingen. Dat voordeel voor dynamische representaties werd niet gevonden voor de waterkringloop. De deelnemende scholen en leerkrachten waren positief over het project. De deelname werd ervaren als een verrijking van hun digibord ervaringen en de lessenseries aanzichten en waterkringloop werden gezien als zeer welkome aanvulling op het aanbod aan digibord materialen. De lessen hebben daarmee hun relevantie en nut voor de praktijk bewezen.

### **Presenteren met het digibord**

Dit rapport geeft een verslag van werkzaamheden in het Kennisnetproject "Dynamische representaties op het digitale schoolbord". We beginnen met enige achtergrond informatie over het project, zoals de aanleiding, vraagstelling, onderzoeksopzet en planning. Voor gedetailleerde informatie over de theoretische achtergronden verwijzen we graag naar de

projectaanvraag. Voorafgaande aan de bespreking van de methode en resultaten van het onderzoek gaan we uitgebreid in op de ontwikkelde materialen.

Het digitale schoolbord (vanaf hier: digibord) heeft in korte tijd een onstuitbare opmars gemaakt. Volgens de “Vier in balans monitor” van Kennisnet van 2011 is de bezettingsgraad op Nederlandse basisscholen momenteel 97%. Dat wil zeggen dat bijna elke basisschool in Nederland inmiddels beschikt over een digibord. Binnen de scholen is digibord-dichtheid ongeveer 1 op 2. Dat wil zeggen dat een op de twee klassen is uitgerust met een digibord.

De opmars van het digibord is opmerkelijk, maar er zijn tenminste twee voor de hand liggende verklaringen voor de snel toegenomen populariteit. De acceptatie van het digibord is op de eerste plaats te danken aan de vrijwel naadloze wijze waarop het gebruik van het digibord aansluit bij wat voorheen op het gewone schoolbord gebeurde. Een bijkomend voordeel van dit ‘traditionele’ gebruik van het digibord is dat de informatie op de computer kan worden opgeslagen en via Internet kan worden verspreid zodat lesmaterialen en lessen kunnen worden verspreid en gedeeld. Dit traditionele gebruik van het digibord wordt wel evolutionair genoemd omdat het nauw aansluit bij de bestaande schoolpraktijk. De tweede verklaring is dat het digibord ook meer revolutionaire gebruiksvormen toestaat. In dit Kennisnet onderzoeksproject stond deze tweede gebruiksvorm centraal.

Een bijzondere kwaliteit van het digibord is dat het processen kan tonen die voorheen (meestal) verborgen bleven voor de leerlingen. Het verloop van de verschillende processen in de waterkringloop uit het natuuronderwijs is een voorbeeld van zo’n dynamisch proces. Zonder computer en projector kon dit proces voorheen alleen via de televisie worden getoond aan een klas. Een ander voorbeeld is aanzichten uit het reken-wiskunde onderwijs. Op het digibord kan, met gebruik van een applet van het Freudenthal Instituut, een willekeurige configuratie van blokjes op alle mogelijke wijzen worden geroteerd. Deze visuele rotaties ondersteunen, zo is de verwachting, de ontwikkeling van mentale rotatie. In beide gevallen is een belangrijk voordeel van het digibord dat de leerkracht de controle heeft over wat er wordt getoond en met welke snelheid dat gebeurt. Ook kan de leerkracht bepalen wat er wordt verteld bij de vertoonde beelden en waar een discussie met de leerlingen gewenst is. Onderzoek naar dit bijzondere gebruik van het digibord ontbreekt tot dusverre. Het was het centrale aandachtspunt in dit project.

### **Vraagstelling**

In dit onderzoeksproject gaf de reguliere leerkracht enkele klassikale lessen over de waterkringloop en aanzichten (per onderwerp 2 lessen van ongeveer 20 minuten ). Tijdens de les gaf de leerkracht instructie met het digibord. De centrale vraagstelling in het onderzoek was of er een leereffect met de lessen wordt bereikt, en of dit leereffect sterker is met een digibord presentatie waarin dynamische representaties worden gebruikt vergeleken met een digibord presentatie met uitsluitend statische representaties.

### **Onderzoeksopzet**

Het onderzoek is opgezet als ontwikkelingsonderzoek. Dat wil zeggen dat snel en herhaaldelijk is getoetst of de ontwikkelde materialen voldeden voor de leerkrachten en

leerlingen. Na ontwerp van de les- en toets-materialen (inclusief een leerkracht-handleiding) zijn deze eerst op zeer beperkte schaal uitgetoetst in lessen aan 10 leerlingen. Op grond van deze ervaringen zijn de materialen bijgesteld en is een pilot studie uitgevoerd op 5 basisscholen uit de regio Enschede. In deze pilot zijn de lessen van de leerkrachten geobserveerd en is naar hun ervaringen gevraagd. De leerwinst van de leerlingen is bepaald aan de hand van de verschillen tussen een voortoets en natoets. De bevindingen uit de pilot hebben geleid tot aanpassingen in de materialen, waarna het hoofdonderzoek is uitgevoerd.

## Verrichte activiteiten

Tabel 1 toont een overzicht van de verrichte activiteiten in het project.

*Tabel 1. Overzicht van de verrichte activiteiten.*

Januari -februari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scholen werven</li> <li>• Representaties selecteren</li> <li>• Verzamelen bestaande lesmaterialen</li> <li>• Gesprekken met leerkrachten groep 4</li> </ul>
Maart	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesmaterialen analyseren</li> <li>• Richtlijnen voor lesmaterialen opstellen</li> <li>• Lesmaterialen ontwikkelen</li> <li>• Toets-materialen ontwikkelen</li> </ul>
Maart-april	Test op kleine schaal (10 leerlingen) Aanpassing van lesmaterialen en toets-materialen
Mei	Training leerkrachten Pilot op grotere schaal (5 groepen)
Juni-juli	Data analyse Aanpassing van lesmaterialen en toets-materialen
September-oktober	Hoofdonderzoek (15 groepen)
Oktober-december	Voorlopige data analyse hoofdonderzoek Schoolrapportages
December	Concept rapportage Kennisnet
Januari	Definitieve rapportage Kennisnet
Januari-maart	Afronding data analyse hoofdonderzoek Rapportage in de vorm van artikelen

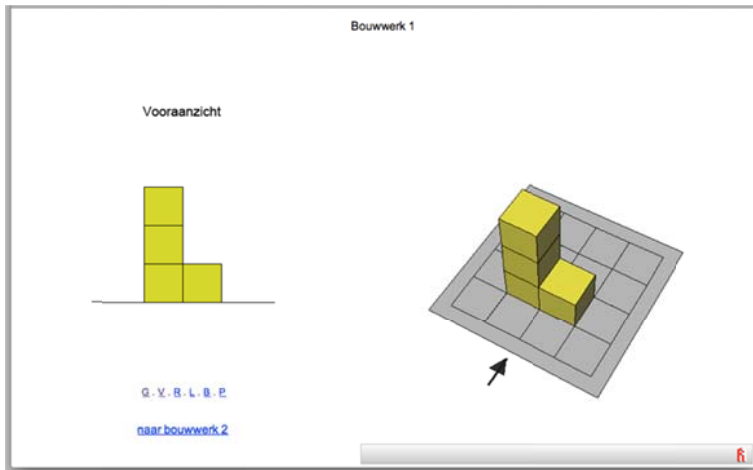
Medewerkers aan het project: Jan van der Meij, Hans van der Meij, Yvonne Mulder, Antje Kreisel, Bertha Silitonga en Evelien Dam. De drie laatstgenoemden werkten mee aan de analyse, ontwikkeling en beproeving van de les- en toets-materialen in het kader van hun studie Onderwijskunde.

## Materialen

### Digibord materialen

Er is een website gemaakt met voor presentatie van de digibord materialen. De vormgeving van de website is sober gehouden om zoveel mogelijk de nadruk op de relevante onderdelen te leggen. Vanuit een hoofdmenu kan de leerkracht voor de statisch of dynamische variant kiezen. Welke versie een klas krijgt is voorgeschreven door het projectteam. Beide

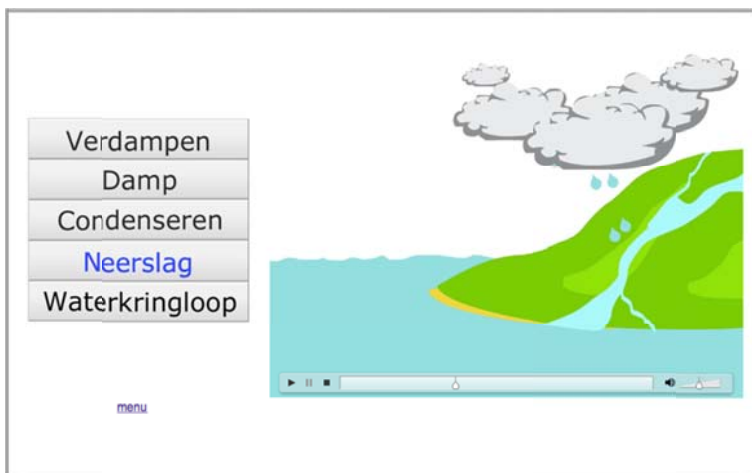
onderwerpen bestaan uit 2 lessen van elk 20 minuten. De opbouw van les 1 en les 2 is steeds vergelijkbaar. Voor aanzichten verschilt de moeilijkheid. Voor de waterkringloop verschilt de context. Voor aanzichten wordt in les 1 gebruik gemaakt van maximaal 5 bouwblokken en in les 2 maximaal 10 bouwblokken. De gebruikte applet is ontwikkeld door het Freudenthal Instituut. Speciaal voor dit project heeft het Freudenthal Instituut geheel belangeloos een aantal aanpassingen gedaan. Figuur 1 laat een van de drie bouwwerken uit les 1 van aanzichten zien.



*Figuur 1. Les 1, bouwwerk 1 van aanzichten*

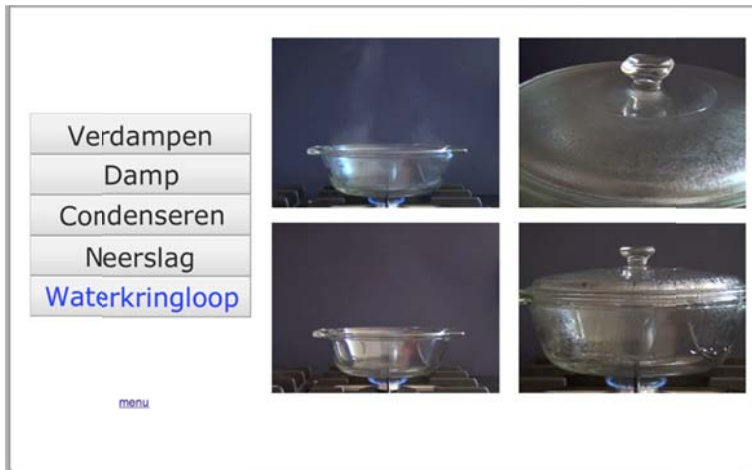
In de dynamische versie kan het bouwwerk rechts worden gerooteerd. Met de links weergegeven hyperlinks G, V, R, L, B en P kan de leerkracht respectievelijk kiezen voor geen aanzicht, voorraanzicht, rechterzijaanzicht, linkerzijaanzicht, bovenaanzicht en plattegrond. De statische variant is vergelijkbaar, maar daarbij kan het bouwwerk niet worden gedraaid.

Bij de waterkringloop wordt verdampen, damp, condenseren en neerslag in les 1 uitgelegd aan de hand van realistische videofragmenten (een pan water op een vuur) en in les 2 door een animatie van de 'grote' waterkringloop. Figuur 2 toont het onderdeel neerslag in de dynamische versie van de waterkringloop.



*Figuur 2. Les 2, onderdeel neerslag van de dynamische versie van waterkringloop*

Zowel de videofragmenten als de animaties van de waterkringloop zijn speciaal voor dit project gemaakt. Er zijn veel animaties te vinden op het Internet, maar die bleken niet geschikt voor de doelgroep en bevatten vaak te veel overbodige details. De eerste vier fragmenten laten steeds een fase van de waterkringloop zien. Het vijfde fragment toont de gehele waterkringloop. De statische variant toont per fase een schermafbeelding en de gehele waterkringloop wordt getoond door de vier schermafbeeldingen twee bij twee te presenteren (zie Figuur 3).



Figuur 3. Les 1, onderdeel waterkringloop van de statische versie van waterkringloop

### Leerkrachthandleiding

Voor elke lessenserie is een leerkrachthandleiding ontworpen. Het ontwerp is bijgesteld na beproeving op kleine schaal. In de handleiding wordt eerst een overzicht gegeven van leerdoelen, begrippen en benodigde materialen. Daarna volgt een beschrijving van elke les, met de onderdelen voorbereiding, inleiding, kern en afsluiting. In deze onderdelen wordt aangegeven welke handelingen op het digibord verricht moeten worden, wat de kern is van een activiteit, waar het klassengesprek over moet gaan, en welke uitleg moet worden gegeven. Figuur 4 toont een fragment uit deze handleiding. Per onderdeel is een tijdsindicatie gegeven oplopend naar in totaal 20 minuten.

### Toetsen

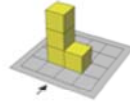
Voor aanzichten en de waterkringloop zijn twee parallel-toetsen ontwikkeld. Elke toets bestaat uit 16 vragen. Figuur 5 toont een vraag uit de voortoets voor aanzichten. Figuur 6 toont een vraag uit de natoets voor de waterkringloop. De constructie van de toets-items voor aanzichten is gebaseerd op een matrix met een dimensie *context* (zelfde/anders, en maximaal 5 blokjes/maximaal 10 blokjes) en een dimensie *activiteit* (tellen van blokjes, herkennen van aanzicht, herkennen van plattegrond en invullen van de plattegrond). De constructie van de toets-items voor de waterkringloop is gebaseerd op een matrix met een dimensie *afbeelding* (zelfde/anders en realistisch/schematisch) en een dimensie *activiteit* (geïsoleerd herkennen, geïntegreerd herkennen en volgorde). De toetsen zijn ontworpen voor klassikale presentatie via het digibord. De items zijn getimed per (type) vraag. De timing van de vragen is gebaseerd op bevindingen tijdens een test met een kleine groep leerlingen. De leerlingen vullen hun antwoorden in op een papieren antwoordblad.

### Kern (15 minuten)

E Leerlingen leren tellen van blokken en leerlingen bekend maken met de begrippen bouwwerk, vooraanzicht, rechter zijaanzicht, linker zijaanzicht, bovenaanzicht en plattegrond. Leerlingen duidelijk maken dat het bovenaanzicht er hetzelfde uit ziet als plattegrond, maar dat in de plattegrond altijd getallen staan. Leerlingen de begrippen ook laten benoemen. Samen met de leerlingen een plattegrond tekenen op basis van de aanzichten.

#### Bouwwerk 1

ACTIE Klik op 'naar bouwwerk 1'  
· Bouwwerk 1 verschijnt, zonder aanzicht



U Aantal blokken tellen  
Hier zien jullie een bouwwerk.

VG Wie kan me vertellen hoeveel blokken nodig zijn om dit bouwwerk te bouwen?

U Uitleg geven over bouwwerk  
De pijl geeft aan hoe het bouwwerk er van voren uitzien. Een bouwwerk heeft één of meer blokken.

ACTIE Vooraanzicht  
Klik op 'V'  
· Het vooraanzicht verschijnt

Vooraanzicht

U Als ik een bouwwerk van voren wil zien, dan moet ik eerst kijken aan welke kant de pijl staat.



ACTIE Draai het bouwwerk en laat het vooraanzicht zien.

U Het aanzicht van voren noemen we vooraanzicht.

VG Hoeveel blokjes lijkt het bouwwerk dus te hebben als ik het vooraanzicht bekijk?  
Van welke kanten zou ik het bouwwerk nog meer kunnen bekijken?

Figuur 4. Een fragment uit de leerkrachthandleiding voor aanzichten.

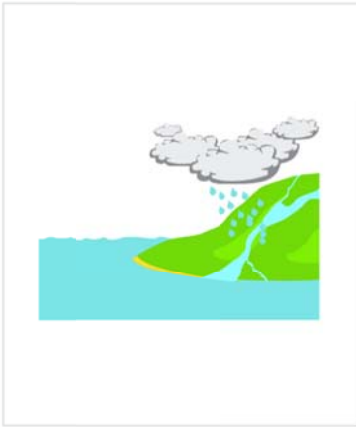
Vraag 15

Het bouwwerk

Vul de hoogtes in

Figuur 5. Een voorbeeld van een toetsvraag voor aanzichten.

Vraag 3



Wat zie je hier?

- condenseren
- damp
- neerslag
- verdampen

Figuur 6. Een voorbeeld van een toetsvraag voor de waterkringloop.

### Schoolrapportage

Na afloop van de lessenserie zijn de gegevens ingevoerd en verwerkt in een schoolrapportage. In dit verslag wordt feedback gegeven over de resultaten van de klas. Het verslag geeft informatie over de klasgemiddelden voor de lessenseries, vooraf en na afloop van de lessen. Het geeft een beeld van de vooruitgang van de leerlingen. De rapportage is op elke school besproken met de leerkracht.

## Pilotstudie

### Deelnemers

Aan de pilotstudie hebben 103 leerlingen van groep 4 (leeftijd 7-8 jaar) van 5 basisscholen uit de regio Enschede deelgenomen.

### Onderzoeksopzet

Elke les duurde 20 minuten. Bij elke lessenserie is de kennis van de leerlingen vooraf en na afloop gemeten. De toetsen namen elk 20 minuten in beslag. Tabel 2 toont het verloop van de pilotstudie.

Tabel 2. Verloop van de pilotstudie.

Week	Lessenserie	Dag - 20 minuten per dag			
		1	2	3	4
1	Aanzichten	Voortoets	Les 1	Les 2	Natoets
2	Waterkringloop	Voortoets	Les 1	Les 2	Natoets

## Resultaten

In Tabel 3 staan de uitkomsten voor de lessenserie aanzichten. Behalve een totaalscore zijn ook de uitkomsten per klas aangegeven om een beeld te geven van de spreiding in kennis (-ontwikkeling) tussen de deelnemende groepen.

Tabel 3. Uitkomsten op de voortoets en natoets voor de lessenserie aanzichten.

	Statisch		Dynamisch	
	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)
groep 1 (n=24)	9.38 (2.12)	9.88 (2.38)		
groep 2 (n=22)	9.09 (2.05)	9.73 (1.75)		
groep 3 (n=19)			8.42 (2.09)	10.37 (1.80)
groep 4 (n=24)			9.33 (1.97)	9.96 (2.01)
groep 5 (n=11)			8.64 (2.25)	10.18 (1.72)
Totaal	9.24 (2.07)	9.80 (2.07)	8.87 (2.08)	10.15 (1.86)

Analyses met een ANOVA met herhaalde meting geven aan dat de kennis significant toeneemt,  $F(1,98) = 18.45$ ,  $p = 0.00$ . Er is geen hoofdeffect voor conditie (dynamisch versus statisch),  $F < 1$ , maar er is wel een trend voor de interactie tussen tijd en conditie,  $F(1,98) = 2.92$ ,  $p = 0.09$ . De trend is in de verwachte richting. De leerlingen die de dynamische lessenserie hebben gevolgd, hebben een grotere toename van hun kennis vergeleken met de leerlingen die de statische representaties zagen.

In Tabel 4 staan de uitkomsten op de voortoets en de natoets over de waterkringloop. Analyses met een ANOVA met herhaalde meting geven aan dat de kennis significant toeneemt,  $F(1,99) = 286.56$ ,  $p = 0.00$ . Er is geen hoofdeffect voor conditie (dynamisch versus statisch),  $F < 1$ , en ook geen interactie tussen tijd en conditie,  $F < 1$ . Vergeleken met de lessenserie aanzichten lijkt de leerwinst bij de waterkringloop veel groter. Bij de waterkringloop waren beide tests echter redelijk vergelijkbaar in moeilijkheid, terwijl de natoets voor aanzichten achteraf gezien moeilijker bleek dan de voortoets.

Tabel 4. Uitkomsten op de voortoets en natoets voor de lessenserie waterkringloop.

	Statisch		Dynamisch	
	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)
groep 1 (n=24)	5.79 (2.57)	11.50 (2.27)		
groep 4 (n=25)	5.36 (1.44)	9.84 (2.72)		
groep 2 (n=19)			5.47 (2.48)	11.68 (2.69)
groep 3 (n=21)			6.29 (2.26)	10.19 (2.58)
groep 5 (n=12)			5.17 (1.40)	11.50 (3.12)
Totaal	5.57 (2.06)	10.65 (2.62)	5.73 (2.20)	11.04 (2.79)

## Discussie en conclusies

De commentaren van de leerkrachten en leerlingen over de materialen en lessen waren unaniem (zeer) positief. De leerkrachten merkten op dat ze hun lessen goed konden voorbereiden met de leerkrachthandleiding die ze gestructureerd en informatief vonden. Zij voelden zich ook ondersteund in hun werken met het digibord mede doordat vooraf training door een onderzoeks-medewerker werd gegeven. Verder gaven ze aan dat het digibord



materiaal goed aansloot bij hun leerlingen en uitnodigend was. Tijdens de lessen waren de leerlingen aandachtig en enthousiast bezig met de leerstof.

De uitkomsten van de kennistests van beide lessenseries zijn redelijk positief. In beide lessenseries is een goede leerwinst gevonden. Beide lessenseries (in alle varianten) hebben daardoor duidelijk hun waarde voor de praktijk bewezen.

De verwachte verschillen tussen de dynamische en statische representaties kwamen maar zeer beperkt tot uiting in de resultaten. Hier zijn verschillende redenen voor aan te geven: (a) (te) moeilijke natoets voor aanzichten, (b) onvolledige registratie van bij lessen afwezige leerlingen, (c) niet optimale representaties en (d) soms wat onrust tijdens de toets (en voorzeggen van antwoorden).

## Hoofdonderzoek

Op basis van de resultaten uit de pilot, de (ontwikkelde) ontwerprichtlijnen en de commentaren van leerkrachten en observatoren zijn de toetsen en leerkrachthandleidingen bijgesteld. Naar alle scholen is gerapporteerd over de uitslag van hun groep(en).

### Deelnemers

Aan het hoofdonderzoek hebben 248 leerlingen van groep 4 (7-8 jaar) van 12 groepen van 11 basisscholen uit de regio Enschede deelgenomen. Twee groepen (één uit elke conditie) zijn verwijderd uit de dataset omdat de leerkracht tijdens de lessen, ongevraagd en ongewenst, aanvullende uitleg gaf met blokjes. Nog twee groepen zijn verwijderd omdat zij pas na de kerstvakantie met de lessen konden starten, en de aanvangsscores van de leerlingen in deze groepen significant afweken van die van de andere leerlingen (de data van deze groepen staan in de Appendix). De analyses van het hoofdonderzoek voor aanzichten zijn, na verwijdering van leerlingen die een toetsmoment of les misten, gebaseerd op 151 leerlingen van groep 4 van 10 groepen van 9 basisscholen uit de regio Enschede. Voor de waterkringloop konden we beschikken over gegevens van 182 leerlingen van groep 4 van 11 groepen van 10 basisscholen.

### Onderzoeksopzet

De twee onderwerpen zijn in hun dynamische en statische variant aangeboden in een "double counter-balanced design". Tabel 5 toont de verdeling van de twee onderwerpen en condities over de klassen. Het lesverloop (voortoets, les 1, les 2 en natoets) was identiek aan de pilotstudie.

*Tabel 5. Verdeling van de twee onderwerpen en condities over de groepen.*

Groepen 4	1	2	3	4	5	6	7	8
Week 1	WD	WS	AS	AD	WD	WS	AD	AS
Week 2	AS	AD	WD	WS	AD	AS	WD	WS

W = waterkringloop, A = aanzichten, D = dynamisch, S = statisch

### Resultaten

Analyses met een ANOVA met herhaalde meting voor de lessenserie aanzichten (zie Tabel 6) geven aan dat de kennis significant toeneemt,  $F(1,149) = 290.12$ ,  $p = 0.00$ . De leerwinst in beide condities is zeer groot. Waar in de pilotstudie nog slechts een trend werd gevonden, blijkt nu sprake te zijn van een significante interactie tussen tijd en conditie,  $F(1,149) = 7.47$ ,

$p < 0.01$ . De leerlingen die de dynamische lessenserie hebben gevolgd, hebben een aanzienlijk grotere toename van hun kennis ( $d = 1.67$ ) dan de leerlingen die de statische representaties ( $d = 1.16$ ) zagen.

*Tabel 6. Uitkomsten op de voortoets en natoets voor de lessenserie aanzichten.*

	Statisch (n=90)		Dynamisch (n=61)	
	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)
<i>Totaal</i>	6.07 (2.33)	8.81 (2.41)	5.96 (2.35)	9.75 (2.18)

In Tabel 7 staan de uitkomsten van de ANOVA met herhaalde meting voor de lessenserie waterkringloop. Ook hier geven de analyses aan dat de kennis significant toeneemt,  $F(1,180) = 236.57$ ,  $p = 0.00$ . De leerwinst in beide condities is opnieuw zeer groot. Net zoals in de pilotstudie ontbrak het verwachte (interactie) effect van conditie,  $F(1,180) = 1.65$ , n.s. In tegenstelling tot de verwachtingen is de leerwinst voor de statische representaties ( $d = 1.62$ ) zelfs iets groter dan voor de dynamische representaties ( $d = 1.26$ ). Hoewel hier dus een onverwacht voordeel van de statische variant wordt gevonden, geeft de analyse aan dat het verschil waarschijnlijk op toeval berust.

*Tabel 7. Uitkomsten op de voortoets en natoets voor de lessenserie waterkringloop.*

	Statisch (n=86)		Dynamisch (n=96)	
	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)
<i>Totaal</i>	5.27 (2.40)	9.43 (2.73)	5.70 (2.25)	9.22 (3.24)

### **Discussie en conclusies**

De aanpassingen van de beide lessenseries hebben geleid tot aanzienlijke verbeteringen van de uitkomsten van het onderzoek. De lessen hebben bijgedragen tot significante en betekenisvolle leerwinsten van de leerlingen (in alle groepen). Dit is een belangrijke uitkomst van het onderzoek. Elke lessenserie is daarmee bewezen effectief te zijn.

De relatieve uitkomsten voor de dynamische en statische varianten van de lessenseries verschillen voor de twee onderzochte onderwerpen. Voor aanzichten waren de uitkomsten in de lijn der verwachtingen. Voor de pilotstudie en het hoofdonderzoek lagen ze bovendien mooi in elkaars verlengde. Voor aanzichten bleken de dynamische representaties te leiden tot de beste resultaten. Voor de waterkringloop kon geen bevestiging worden gevonden voor de veronderstelling dat ook hier de dynamische representaties tot hogere effecten zouden leiden. De resultaten gaven zelfs aan dat het tegendeel eerder het geval was. Voor dit onderwerp lijkt de kritische noot van onderzoekers te gelden, namelijk de gedachte dat dynamisering van een representatie soms ten koste kan gaan van leereffecten. Nadere analyses moeten uitwijzen welke factoren hier een rol gespeeld hebben.

In algemene zin hebben wij van de deelnemende scholen en leerkrachten veel positieve reacties gekregen. Wij hoorden vaak dat de leerkrachten de lessenseries ervoeren als een verrijking van hun ervaring en een waardevolle bijdrage aan hun lespraktijk. Veel leerkrachten beoordeelden de materialen (digibord, handleiding, toetsen en rapportage) als uitmuntend. We concluderen daarom dat het project in meerdere opzichten uiterst geslaagd genoemd kan worden.

## Appendix

In de Tabellen 6a en 7a staan de gegevens van de groepen van de twee groepen (scholen) die de lessenserie startten en afronden na afloop van het onderzoek. De verschillen scores wijzen op aanzienlijke leerwinsten in alle groepen (de laagste *d*-score was 0.88, de hoogste *d*-score was 1.58).

*Tabel 6a. Uitkomsten op de voortoets en natoets voor de groepen die de lessenserie aanzichten na de Kerstvakantie uitvoerden.*

	Statisch		Dynamisch	
	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)
groep 1 (n=21)			7.82 (2.39)	9.62 (1.62)
groep 2 (n=13)	7.70 (2.27)	10.61 (1.92)		

*Tabel 7a. Uitkomsten op de voortoets en natoets voor de groepen die de lessenserie waterkringloop na de Kerstvakantie uitvoerden.*

	Dynamisch	
	Voortoets M (SD)	Natoets M (SD)
groep 1 (n=23)	5.65 (2.10)	9.35 (2.92)
groep 2 (n=22)	5.95 (2.06)	10.55 (3.58)
<i>Totaal</i>	<i>5.80 (2.06)</i>	<i>9.93 (3.28)</i>