

# Leren experimenteren op de basisschool: Instrueren versus structureren

---



Angelique Egberink

Studentnummer: s1006835

Bachelorthese Psychologie – Instructie, Leren & Ontwikkeling

Faculteit Gedragwetenschappen

Universiteit Twente

Enschede, 28 augustus 2012

1° begeleider: Ard Lazonder

2° begeleider: Pascal Wilhelm

3° begeleider: Yvonne Mulder

## Samenvatting

Kinderen voeren tegenwoordig al op jonge leeftijd proefjes uit. Een aanbevolen strategie voor dit soort onderzoekjes is de *control-of-variables strategy* (CVS): kinderen veranderen telkens één variabele en laten de overige variabelen constant. Er zijn al veel onderzoeken uitgevoerd waarbij gekeken werd hoe het gebruik van CVS kan worden gestimuleerd. Zo is het geven van directe instructie voorafgaand aan het experimenteren succesvol gebleken: kinderen die deze instructie kregen konden de CVS goed begrijpen en voerden meer systematische experimenten uit dan kinderen uit de controlegroep (Chen & Klahr, 1999; Klahr & Nigam, 2004). Een alternatieve, eveneens succesvolle methode is het toepassen van taakstructurering. Kinderen die de variabelen een voor een moesten onderzoeken experimenteerden systematischer en trokken meer geldige conclusies dan kinderen die alle variabelen tegelijk kregen aangeboden (Kuhn & Dean, 2005; Lazonder & Kamp, in druk). Bovengenoemde methoden zijn echter nog nooit vergeleken en deze constatering vormde de aanleiding voor dit onderzoek. De onderzoeksvraag luidde: *‘Wat is de relatieve effectiviteit van directe instructie en taakstructurering voor het leren en gebruiken van de CVS door kinderen van de basisschool?’*

Om deze vraag te beantwoorden hebben 67 basisschoolleerlingen met een gemiddelde leeftijd van 11.43 jaar gewerkt met een computersimulatie van een gong. Zij moesten onderzoeken hoe vier variabelen de nagalmtijd van de gong beïnvloedden. De kinderen werden verdeeld in drie condities: directe instructie, taakstructurering en controle. De directe instructie conditie en controle conditie werkten met een brede vraag: deze vraag bevatte de vier variabelen tegelijkertijd. De taakstructurering conditie werkte met vier smalle vragen, die elk steeds één van de vier variabelen bevatte. Tevens kreeg de directe instructie conditie voorafgaand aan het experiment een korte uitleg over het gebruik van de CVS.

Uit de resultaten kwam een significant verschil naar voren wat betreft het systematisch experimenteren en het trekken van geldige conclusies tussen de drie condities. De taakstructurering conditie bleek bij beide aspecten het hoogste te scoren. Tevens bleken de kinderen significant hoger te scoren op de natest van de CVS in vergelijking met de voortest van de CVS, deze toename was echter in alle condities even groot.

Hieruit kan geconcludeerd worden dat taakstructurering het best werkt om kinderen systematischer te laten experimenteren. Tot een beter begrip van de CVS zal dit echter niet leiden. In vervolgonderzoek zou gekeken kunnen worden of dit wel het geval is wanneer directe instructie en taakstructurering worden gecombineerd.

## Summary

Children in primary education start conducting simple experiments at an early age. A recommended strategy for performing experiments is the control-of-variables strategy (CVS): children only manipulate the variable of interest while holding all other variables constant. Many studies have examined how use of CVS can be promoted. Giving direct instruction before the children's inquiry can be effective: children who received this instruction understood the CVS better and designed more systematic experiments than children from the control group (Chen & Klahr, 1999; Klahr & Nigam, 2004). An alternative, successful approach is to segment the inquiry task in manageable subtasks. Children who investigate variables one by one experiment more systematically and draw more valid conclusions than children who investigate all variables simultaneously (Kuhn & Dean, 2005; Lazonder & Kamp, in press). These two approaches have not yet been compared and this observation was the reason for the present study. The research question was: *'What is the relative effectiveness of direct instruction and task structuring for learning and using the CVS by primary school children?'*

To answer this question, 67 pupils with a mean age of 11.43 worked with a computer simulation of a gong to investigate the influence of four variables on reverberation time. The children were assigned to three conditions: direct instruction, task structuring and control. The direct instruction condition and control condition received a single broad question that addressed the four variables simultaneously. The task structuring condition worked with four narrow questions, each containing one of the four variables. Children in the direct instruction condition, in addition, received a short explanation about the use of the CVS before the experiment.

The results showed a significant difference between the three conditions in terms of systematic experimentation and the validity of conclusions. The task structuring condition showed the highest score on both measures. Children's knowledge of the CVS increased from pretest to posttest, but gain scores were comparable across conditions.

From these findings it was concluded that task structuring works best for children to experiment systematically. It will, however, not lead to a better understanding of the CVS. Further research has to be conducted to investigate whether a combination of direct instruction and task structuring would lead to a better understanding.

## **Inhoud**

1. Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Theoretisch kader	7
1.3 Hypotheses	10
2. Methode	12
2.1 Participanten	12
2.2 Materialen	12
2.2.1 Leeromgeving	12
2.2.2 CVS instructie	13
2.2.3 Voortest	15
2.2.4 CVS-test	15
2.3 Procedure	16
2.4 Data-analyse	18
3. Resultaten	20
4. Conclusie	22
5. Discussie	25
Referenties	27

## 1. Inleiding

### 1.1 Aanleiding

Kinderen komen vaak al op jonge leeftijd in aanraking met onderzoek. Vanaf de leeftijd van acht jaar krijgen ze op de basisschool instructie over de belangrijkste onderdelen van onderzoek doen, bijvoorbeeld over objecten en materialen. Daarnaast doen kinderen eenvoudige proefjes om te oefenen met het ontwerpen en uitvoeren van onderzoek (National Research Council, 1996).

Kinderen leren dus al op jonge leeftijd over en door onderzoek. De instructiemethode die hierbij wordt gebruikt, wordt onderzoekend leren (*inquiry learning*) genoemd. De National Science Foundation (2000) definieert *inquiry learning* als een manier van leren waarbij men de wereld verkent, dit leidt tot het stellen van vragen, het doen van ontdekkingen en vervolgens ook het testen in de zoektocht naar nieuwe inzichten. Als kinderen op een onderzoekende manier leren, gebruiken ze vaardigheden in wetenschappelijk redeneren. Onder deze onderzoeksvaardigheden vallen het genereren van hypothesen, het bedenken en uitvoeren van experimenten en het trekken van conclusies op basis van de resultaten (Klahr & Dunbar, 1988).

Er is relatief veel onderzoek gedaan naar de manier waarop kinderen experimenteren. Bij veel van deze onderzoeken wordt kinderen gevraagd om meerdere variabelen gelijktijdig te beheersen. Zimmerman (2000) heeft een overzicht gegeven van de vaardigheden die kinderen ontwikkelen om meerdere variabelen in een experiment te controleren. De *control-of-variables strategy* (CVS) bleek hierbij een grote rol te spelen. Deze strategie houdt in dat kinderen tijdens een experiment telkens één variabele veranderen en de overige variabelen constant houden (Klahr & Nigam, 2004). Kinderen moeten door middel van de CVS begrijpen dat ze structuur moeten aanbrengen in hun experimenten. In de praktijk blijkt echter dat veel kinderen de CVS niet, of niet consequent toepassen: ze veranderen meerdere variabelen tegelijk waardoor ze geen geldige conclusies kunnen trekken over de invloed van de afzonderlijke variabelen (Kuhn & Dean, 2005).

Chen en Klahr (1999) hebben onderzoek gedaan naar het effect van directe instructie in het gebruik van CVS voorafgaand aan het experimenteren. Door deze instructie bleken kinderen in staat te zijn om de CVS te begrijpen en vervolgens toe te passen bij het ontwerpen en evalueren van eenvoudige, correcte experimenten. Klahr en Nigam (2004) hebben eveneens onderzoek gedaan naar het effect van directe instructie. Tijdens deze directe instructie gaf de leraar goede en slechte voorbeelden van het gebruik van CVS en werd de kinderen uitgelegd hoe en waarom de CVS werkt. Ook dit onderzoek leverde overtuigend

bewijs dat een korte, directe instructie voorafgaand aan het onderzoek de vaardigheid om meer variabelen in een experiment te controleren effectief verbetert. Op basis hiervan pleiten Klahr en Nigam voor een dergelijke instructie als de meest efficiënte, wenselijke manier om onderzoeksvaardigheden te ontwikkelen.

Een alternatieve manier om het gebruik van de CVS te stimuleren is taakstructurering. Bij deze vorm van ondersteuning wordt een (cognitieve) taak opgedeeld in kleinere, duidelijke en haalbare subtaken en/of doelen zodat kinderen de taak beter uitvoeren en er ook meer van leren (Tharp & Gallimore, 1991).

Het principe van taakstructurering is toegepast in het onderzoek van Kuhn en Dean (2005). Tijdens dit onderzoek moesten kinderen meerdere variabelen onderzoeken en hieruit conclusies trekken over de verbanden tussen de variabelen. De onderzoekers maakten hierbij gebruik van hints. Kinderen kregen aan het begin van elk van de 12 lessen te horen dat ze één variabele moesten kiezen en daar hun onderzoek op moesten richten. Kuhn en Dean concludeerden dat het geven van hints een positief effect heeft op het aantal geldige conclusies dat kinderen kunnen trekken. Tijdens dit onderzoek is niet onderzocht of het gebruik van de CVS verbetert.

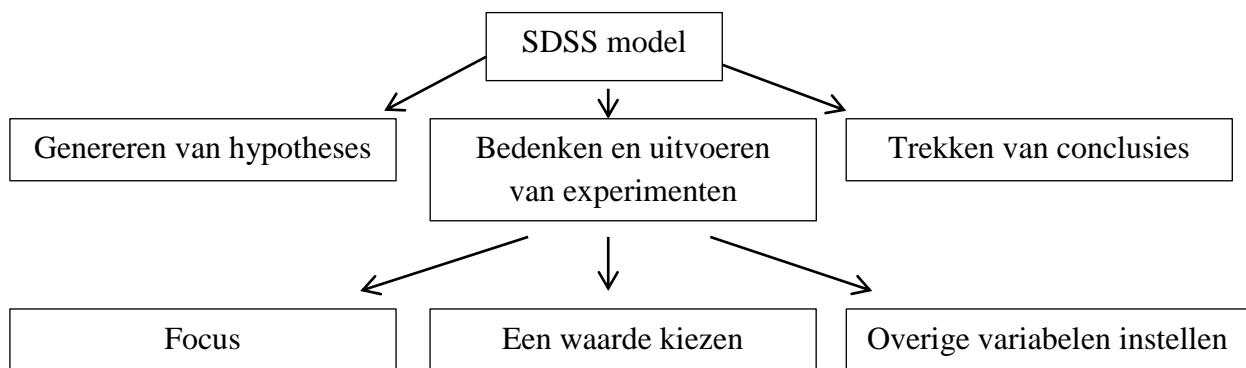
Lazonder en Kamp (in druk) hebben ook onderzoek gedaan naar taakstructurering. In dit onderzoek werd onderscheid gemaakt tussen vier ‘smalle’ vragen waarin telkens één variabele centraal stond en een ‘brede’ vraag die dezelfde vier variabelen tegelijk bevatte. Dit onderzoek is uitgevoerd met behulp van een computersimulatie waarbij kinderen moesten nagaan hoe de vier variabelen de nagalmtijd van een gong beïnvloedden. De algemene conclusie van dit onderzoek was dat kinderen die de vier smalle vragen kregen meer systematische experimenten ontworpen en meer hadden geleerd dan kinderen die de brede vraag onderzochten.

Uit bovenstaande onderzoeken blijkt dat er twee manieren zijn om kinderen meer systematische experimenten te laten ontwikkelen en daardoor meer geldige conclusies te trekken. Directe instructie en taakstructurering lijken hier beide aan bij te dragen, maar de effectiviteit van beide benaderingen is tot dusverre nog niet vergeleken. Dit vormde de aanleiding voor het huidige onderzoek, waarin geprobeerd wordt de volgende onderzoeksvraag te beantwoorden:

**‘Wat is de relatieve effectiviteit van directe instructie en taakstructurering voor het leren en gebruiken van de CVS door kinderen van de basisschool?’**

## 1.2 Theoretisch kader

Zoals eerder vermeld wordt wetenschappelijk redeneren gedefinieerd als het toepassen van onderzoeksvaardigheden. Volgens Klahr en Dunbar (1988) komen er drie kerncomponenten naar voren bij wetenschappelijk onderzoek, namelijk het genereren van hypothesen, het bedenken en uitvoeren van experimenten en het trekken van conclusies op basis van de resultaten. Het model dat zij hierbij hebben opgesteld wordt het Scientific Discovery as Dual Search (SDSS) model genoemd (zie Figuur 1).



*Figuur 1: SDSS-model (Klahr & Dunbar, 1988)*

Het genereren van hypothesen houdt in dat kinderen hun opvattingen weergeven over de verschijnselen die ze onderzoeken. Hypothesen kunnen worden opgesteld op basis van voorkennis die men over een onderwerp heeft of worden afgeleid uit de resultaten van experimenten (Lazonder, Wilhelm & Hagemans, 2008). Uit onderzoek van Lazonder, Wilhelm en van Lieburg (2009) is naar voren gekomen dat het aantal hypothesen de sterkste voorspeller is van leerprestaties. Cross-sectioneel onderzoek heeft uitgewezen dat kinderen hun onderzoek vaak baseren op een enkele hypothese (Klahr, Fay & Dunbar, 1993).

Bovendien blijken kinderen in de leeftijdscategorie van 12-14 jaar in staat te zijn om hun eigen hypothesen te bedenken en te onderzoeken; jongere kinderen voeren vaak experimenten uit zonder expliciete hypothesen (Tomkins & Tunnicliffe, 2001).

De tweede component van het SDSS model is het bedenken en uitvoeren van experimenten. De grootste aandacht gaat hierbij uit naar het ontwerpen van systematische experimenten met behulp van de CVS. Hierbij wordt dus telkens één variabele veranderd en worden de andere variabelen constant gehouden (Klahr & Nigam, 2004). Zelfs jonge kinderen beschikken over de nodige voorkennis om de CVS te kunnen begrijpen. Zimmerman (2007) concludeerde dat kinderen van 6 jaar het verschil kunnen opmerken tussen goede en slechte experimenten. Bovendien bleek uit onderzoek dat kinderen van 12 jaar een vrij volledig beeld hebben van wanneer een experiment goed ontworpen is (Schlauble, Glaser, Duschl, Schulze

& John, 1995). De kennis om de CVS te begrijpen is dus al op jonge leeftijd aanwezig. De vaardigheid om deze kennis ook daadwerkelijk toe te passen bij het experimenteren ontwikkelt zich daarentegen langzaam zonder instructie of oefening.

De derde kerncomponent van wetenschappelijk onderzoek is het trekken van conclusies op basis van de resultaten. Deze conclusies hebben betrekking op de hypothesen die voor het onderzoek zijn opgesteld. Hypothesen kunnen worden aangenomen of verworpen, tevens kunnen ze ook gedeeltelijk juist zijn. Uit onderzoek is gebleken dat de vaardigheid in het trekken van conclusies zich langzaam ontwikkelt en bijna nooit volledig wordt beheerst (Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988). Dit betekent dat het trekken van conclusies op basis van resultaten de meest kritische en moeilijke vaardigheid is om te ontwikkelen. Mensen van alle leeftijden hebben er moeite mee om hun overtuigingen te veranderen als er tegenstrijdige data naar voren komen.

Directe instructie en taakstructurering kunnen effect hebben op bovenstaande kerncomponenten. Uit een onderzoek van Njoo en de Jong (1993) is gebleken dat studenten beter presteerden als het genereren van hypothesen werd ondersteund door een werkblad en daarnaast het onderzoekend leerproces correct werd gestructureerd. Dit onderzoek is echter uitgevoerd bij studenten, men kan zich dus afvragen of taakstructurering ook een positief effect zou hebben bij kinderen.

Het bedenken en uitvoeren van experimenten kan op verschillende manieren worden ondersteund. Uit het overzichtsartikel van Klahr en Li (2005) komt naar voren dat het geven van directe CVS-instructie voorafgaand aan een experiment leidt tot het beter gebruiken van deze strategie. Tevens is uit diverse onderzoeken, beschreven in de aanleiding, gebleken dat directe instructie in het gebruik van de CVS een positief effect heeft op zowel de vaardigheden van kinderen om eenvoudige, correcte experimenten te ontwikkelen als op het effectief controleren van meerdere variabelen in een experiment. Naast directe instructie blijkt ook taakstructurering een positief effect te hebben op het bedenken en uitvoeren van experimenten. Kinderen die vier 'smalle' vragen voorgelegd krijgen zullen meer systematische experimenten ontwerpen dan kinderen die één 'brede' vraag voorgelegd krijgen waarin dezelfde vier factoren zijn opgenomen (Lazonder & Kamp, in druk).

Alhoewel het trekken van conclusies op basis van resultaten erg belangrijk is, is er relatief weinig bekend over het ondersteunen van deze vaardigheid. Uit onderzoek van Kuhn en Dean (2005) kwam naar voren dat het geven van hints aan kinderen tijdens het onderzoek een positief effect had op het aantal geldige conclusies dat kinderen kunnen trekken. Hierbij



lijkt taakstructurering een grote rol te spelen, aangezien de kinderen werd medegedeeld dat ze het beste één variabele konden kiezen en daar de focus op moesten leggen. Ook Lazonder en Kamp (in druk) vonden dat het een-voor-een onderzoeken van variabelen een positief effect had op het aantal geldige conclusies.

Het huidige onderzoek richt zich op de tweede kerncomponent: het bedenken en uitvoeren van experimenten. Deze component kan worden onderverdeeld in drie subcomponenten, namelijk het bepalen van de focus van het experiment, het kiezen van een waarde en het instellen van de overige variabelen (Klahr & Dunbar, 1988). Bij de eerste subcomponent bedenkt de leerling welke variabele hij of zij wil onderzoeken; dit kan worden gezien als het hoofdpunt (de focus) van het experiment. De tweede subcomponent is het kiezen van een waarde voor de variabele die in het experiment centraal staat. Elke variabele heeft meerdere waarden die allemaal moeten worden onderzocht. In het onderzoek van Lazonder en Kamp (in druk) konden de kinderen bijvoorbeeld kiezen uit drie waarden voor de variabele toonhoogte (hoog, midden, laag). De keuze voor deze waarden wordt in de tweede subcomponent gemaakt. Tot slot worden bij de derde subcomponent de waarden van de overige variabelen ingesteld zodat een volledig experiment ontstaat dat kan worden uitgevoerd om de invloed van de focus variabele te testen.

Taakstructurering zal naar verwachting invloed hebben op de eerste en derde subcomponent. Wanneer de taak die kinderen moeten uitvoeren is opgedeeld in kleinere delen (de variabelen moeten na elkaar worden onderzocht), is de focus van een experiment feitelijk al gekozen. Het kiezen van een waarde voor die variabele, de tweede subcomponent, wordt niet beïnvloed door taakstructurering. De taak of onderzoeksvraag die de kinderen krijgen bevat weliswaar één variabele, maar zegt niets over de waarden die deze variabele kan aannemen. Kinderen worden dus niet gestuurd in de richting van een bepaalde waarde, deze keuze maken kinderen zelf nadat ze de focus van hun experiment hebben bepaald.

Taakstructurering zal wel effect hebben op het instellen van de overige variabelen. Nadat één variabele van interesse en de bijbehorende waarde is gekozen, zullen de overgebleven variabelen worden ingesteld als overige variabelen. Kinderen zullen deze overige variabelen telkens constant moeten houden terwijl de variabele van interesse wordt veranderd.

Aangezien de variabele van interesse in de onderzoeksvraag vermeld staat, zullen de kinderen de andere variabelen als overig instellen. Samengevat wordt verwacht dat taakstructurering het gebruik van de CVS zal bevorderen tijdens de taak, doordat het kiezen van de focus van

een experiment en het constant houden van de overige variabelen vrijwel automatisch verloopt.

Om te zorgen dat de vergelijking tussen taakstructurering en directe instructie valide is, zal de directe instructie zich op dezelfde subcomponenten moeten richten als de taakstructurering. Kinderen zullen dus moeten leren hoe ze de focus van een onderzoek kunnen bepalen en hoe ze de overige variabelen moeten instellen. De directe instructie zal kinderen erop moeten attenderen steeds één variabele te kiezen welke ze telkens veranderen. Kinderen moeten inzien dat dit de variabele is waarvan ze de invloed willen weten. De tweede subcomponent, het kiezen van een waarde, wordt niet beïnvloed door taakstructurering. Directe instructie zal zich hier dus ook niet specifiek op richten. Directe instructie dient zich wel te richten op het instellen van de overige variabelen. Nadat één variabele is ingesteld, zullen de andere variabelen vanzelfsprekend de overige variabelen worden. De kinderen moeten uitgelegd krijgen dat deze overige variabelen steeds gelijk moeten worden gehouden.

### **1.3 Hypotheses**

In dit onderzoek worden twee strategieën met elkaar vergeleken, namelijk directe instructie en taakstructurering. De directe instructie conditie werkt met een brede vraag, deze vraag bevat vier variabelen tegelijkertijd. De taakstructurering conditie werkt echter met vier smalle vragen, die elk steeds één van de vier variabelen bevat. Daarnaast wordt ook een controle conditie toegevoegd waarin kinderen een brede vraag zonder instructie krijgen. De verwachting is dat kinderen in deze conditie op alle fronten het slechts zullen scoren, vandaar dat bij onderstaande hypothesen alleen wordt ingegaan op de verwachte verschillen tussen de directe instructie en taakstructurering conditie.

De eerste hypothese luidt dat directe instructie effectiever is dan taakstructurering voor het bedenken en uitvoeren van experimenten (d.i. het gebruik van de CVS). Bij taakstructurering worden kinderen gestuurd door middel van vier gerichte onderzoeksvragen. Hoewel deze sturing kan helpen bij het bepalen van de focus van een experiment en het instellen van de overige variabelen, is het de vraag of kinderen dit daadwerkelijk zullen doen: ze hebben de keuze voor variabelen en waarden nog altijd in eigen hand. Bij directe instructie daarentegen ontvangen kinderen voorafgaand aan het experiment uitleg over deze onderwerpen. Aangezien kinderen uit de directe instructie conditie uitleg krijgen waarom ze de overige variabelen steeds constant moeten houden, kun je verwachten dat dit beter gebeurt dan bij de taakstructurering conditie waar dit vanzelf zou moeten gaan zonder uitleg. Uit het artikel van Kirschner, Sweller en Clark (2006) komt bewijs naar voren dat het geven van

directe instructie effectiever is dan minimale instructie met begeleiding. Bij directe instructie over de CVS weten kinderen hoe en waarom ze deze strategie moeten gebruiken en is de kans groter dat ze deze strategie correct zullen uitvoeren.

De tweede hypothese luidt dat systematisch experimenteren samenhangt met meer geldige conclusies trekken. Door systematisch te experimenteren kunnen kinderen de invloed van afzonderlijke variabelen bepalen waardoor ze geldige conclusies kunnen trekken. Zoals aangegeven wordt verwacht dat kinderen in de directe instructie conditie het meest systematisch experimenteren. Naar aanleiding hiervan wordt verwacht dat kinderen die directe instructie hebben ontvangen dan ook meer geldige conclusies zullen trekken dan kinderen in de taakstructurering conditie.

Volgens de derde hypothese zal directe instructie ook een positief effect hebben op het begrijpen van de CVS. Bij directe instructie wordt kinderen uitgelegd wat deze strategie inhoudt en waarom en hoe ze hem dienen te gebruiken. Bij taakstructurering daarentegen krijgen de kinderen helemaal geen uitleg, de achterliggende gedachte is wel het gebruiken van CVS, maar de vraag is of kinderen deze strategie er uit kunnen halen en in andere situaties ook kunnen toepassen. De CVS wordt niet expliciet toegelicht waardoor de kennis erover minder zal zijn dan bij de directe instructie. Men verwacht dan ook dat kinderen in de taakstructurering conditie de CVS vaardigheden minder goed hebben geleerd dan kinderen in de directe instructie conditie.

De vierde hypothese luidt dat het beter begrijpen van de CVS correleert met het trekken van meer geldige conclusies. Doordat de kinderen een beter begrip hebben van de CVS, zullen ze deze strategie ook beter kunnen toepassen en dit leidt weer tot het trekken van meer geldige conclusies. De verwachting is hier dus ook dat kinderen in de directe instructie conditie de meeste geldige conclusies zullen trekken. Kinderen uit de taakstructurering zullen hierin achterblijven aangezien ze de CVS niet uitgelegd hebben gekregen en daardoor minder begrip van de CVS zullen hebben.

## 2. Methode

### 2.1 Participanten

Aan dit onderzoek hebben 67 Nederlandse basisschoolleerlingen deelgenomen: 36 jongens en 31 meisjes met een gemiddelde leeftijd van 11.43 jaar ( $SD = 0.82$ ). De kinderen zijn op grond van hun leeftijd, geslacht, schoolniveau, voortestscore en CVS-score over de drie condities verdeeld: directe instructie ( $n = 22$ ), taakstructurering ( $n = 23$ ) of controle ( $n = 22$ ).

### 2.2 Materialen

#### 2.2.1. Leeromgeving

Kinderen hebben tijdens dit onderzoek met een computersimulatie gewerkt waarbij ze moesten onderzoeken hoe vier variabelen de nagalmtijd van een gong beïnvloedden. Deze variabelen waren: toonhoogte (laag, midden, hoog), afstand tot de gong (dichtbij, midden, veraf), kijkrichting (links: naar de gong toe, rechts: van de gong af) en volheid van de ruimte (leeg, vol). De toonhoogte had een positief effect op de nagalmtijd: hoe hoger de toon, des te langer de nagalmtijd. Bij de afstand tot de gong was sprake van een curvilineaire daling: dichtbij is de gong langer te horen dan in het midden, maar in het midden klinkt de gong even lang als veraf. De kijkrichting had geen effect op de nagalmtijd. De volheid van de ruimte had een negatief effect op de nagalmtijd: hoe voller de ruimte, des te korter de nagalmtijd. Er zit geen interactie effect in de simulatie, enkel de vier bovengenoemde hoofdeffecten. In Figuur 2 is de interface van de gong simulatie te zien.



Figuur 2: Interface van de gong simulatie

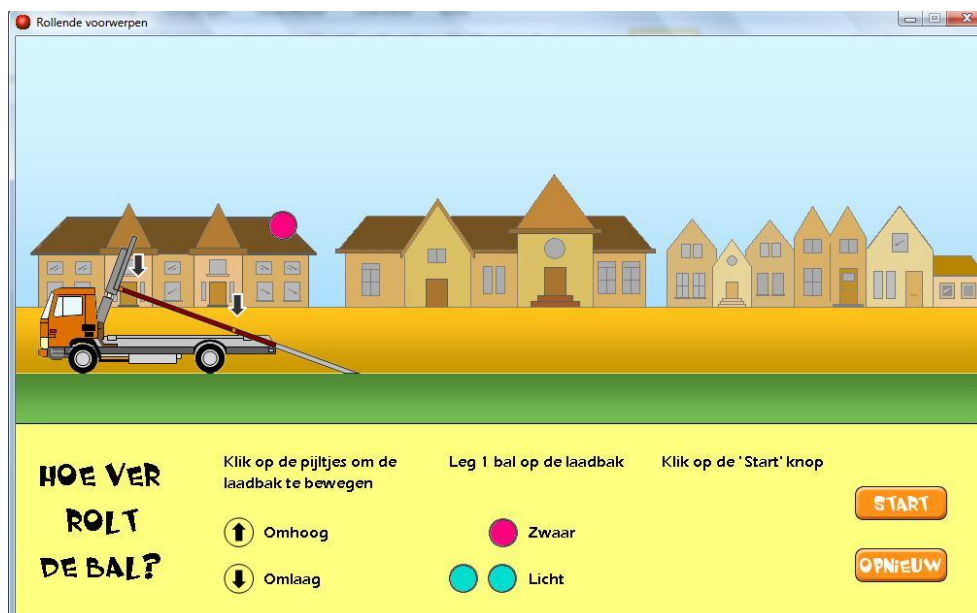
De computersimulatie is kindvriendelijk ontworpen waardoor kinderen er na een korte uitleg goed mee kunnen werken. De kinderen konden de invloed van een variabele testen door de waarden ervan te manipuleren in een reeks van experimenten. Een experiment kon worden opgezet door voor elke variabele een waarde te selecteren. Door vervolgens op de ‘start’ knop te klikken werd het experiment uitgevoerd: de muzikant sloeg op de gong en de kinderen hoorden het geluid van de gong langzaam minder worden. Als het geluid onhoorbaar was geworden, werd de exacte nagalmtijd op het scherm weergegeven onder de vraag. Kinderen konden de resultaten van het experiment vervolgens op papier noteren waaruit ze naderhand conclusies konden trekken. Als kinderen dachten het antwoord op de vraag te weten, konden ze rechts onderaan op de ‘stop’ of ‘verder’ knop klikken, dit verschilde per conditie. Er kwam dan een tekstveld in beeld waar kinderen hun antwoord of conclusie konden intypen. Als kinderen de simulatie hebben doorlopen kunnen ze op afsluiten klikken. Alle acties die de kinderen verrichtten met de simulatie werden opgeslagen in een logbestand, ook de antwoorden zijn in het logbestand opgeslagen.

De kinderen waren ingedeeld in drie condities. De leeromgevingen van deze condities verschillen in de vraagstelling. Kinderen in de directe instructie conditie en controle conditie kregen direct na het inloggen in de leeromgeving de onderzoeksvraag te zien, gedurende het experiment bleef deze onderzoeksvraag in beeld te zien. Ze onderzochten een brede onderzoeksvraag die vier variabelen tegelijkertijd bevatte. De vraag werd op deze manier gesteld: *‘Wat is de invloed van toonhoogte, afstand tot de gong, kijkrichting en volheid van de ruimte op de nagalmtijd van een gong?’* De kinderen in deze condities kregen aan het eind van hun onderzoek eenmalig een tekstveld te zien waarin ze hun conclusies konden typen over alle vier de variabelen. Kinderen in de taakstructurering conditie kregen vier smalle onderzoeksvragen die elk steeds één van de vier variabelen bevatte. Een voorbeeld van één van deze vragen luidt: *‘Wat is de invloed van de toonhoogte op de nagalmtijd van een gong?’* Nadat de kinderen experimenten hadden uitgevoerd en ze het antwoord wisten op de eerste vraag, konden ze op de ‘verder’ knop klikken. Het tekstveld kwam dan in beeld waarin ze hun antwoord konden noteren. Als ze hiermee klaar waren, konden ze verder klikken naar de volgende vraag. Alle vier vragen werden zo doorlopen en kinderen kregen niet de mogelijkheid om terug te gaan naar de voorgaande vraag.

### **2.2.2 CVS instructie**

Middels deze directe instructie is geprobeerd de kinderen te leren hoe ze de CVS moesten gebruiken. Daarnaast probeerde de proefleider ook de gedachte achter CVS over te brengen,

zodat de kinderen ook zouden begrijpen waarom ze deze strategie moesten gebruiken. De directe instructie werd voorafgaand aan het experiment gegeven aan kinderen in de directe instructie conditie. De instructie werd klassikaal gegeven aan de hand van een simulatie over rollende voorwerpen. In Figuur 3 is een schermafbeelding van deze simulatie te zien. De kinderen kregen eerst uitleg over de simulatie en vervolgens werd hen gevraagd of ze wisten welke drie variabelen van invloed waren op hoe ver een bal rolt. Aansluitend werden de drie variabelen toegelicht: stand van de laadbak (omhoog, omlaag), soort bal (zwaar, licht) en plaats op de laadbak (bovenaan, onderaan). De proefleider liet vervolgens een voorbeeld zien van een slecht experiment. Bij dit experiment moest uitgezocht worden of het gewicht van de bal uitmaakt voor hoever deze rolt. Dit werd bepaald aan de hand van twee proefjes: laadbak omlaag, zware bal en de bal onderaan de laadbak leggen en daarnaast laadbak omlaag, lichte bal en de bal bovenaan de laadbak leggen. Aangezien er twee variabelen zijn veranderd, betreft dit een slecht experiment.



*Figuur 3: Interface van de simulatie tijdens de directe instructie*

Aan de hand van dit slechte experiment werd uitgelegd hoe de kinderen proefjes moesten opstellen en werd geprobeerd de kinderen hier systematisch mee om te laten gaan. De kinderen werd verteld om eerst de focus te bepalen: het onderwerp waar je wat over wilt weten. De proefleider heeft het woord focus niet gebruikt, dit werd omschreven als “de vraag” zodat het voor kinderen begrijpelijk bleef. Daarna werd de kinderen verteld dat ze een waarde moesten kiezen voor deze focus, bijvoorbeeld een zware of een lichte bal. Hierbij werd

benadrukt dat de kinderen de waarde van de focus variabele moeten veranderen als ze proefjes doen, maar dat ze de overige variabelen constant moeten houden. Na deze uitleg werd gevraagd of er onduidelijkheden waren, deze werden beantwoord en opgelost. Na de CVS uitleg kregen de kinderen een werkboekje waarin ze het eerste voorbeeld konden verbeteren in een goed experiment. Daarna was het de beurt aan de kinderen zelf om te experimenteren. Ze konden in hun werkboekje experimenten tekenen om achter de invloed van een variabele te komen, tevens konden ze in het werkboekje ook de onderzoeksvraag en de uitkomsten noteren. De proefleider liet meerdere verzonden experimenten zien en ging met de kinderen in discussie of het goede of slechte experimenten betrof. De kinderen werden dus begeleid tijdens dit experimenteren en konden tussendoor altijd vragen stellen. Voor deze begeleide manier van oefenen is gekozen omdat kinderen dan ook zelf leren om de focus van een proefje te kiezen. Aan het einde van de directe instructie is de kinderen gevraagd hoe de drie variabelen verband houden met het al dan niet ver rollen van de bal. Hierna was er nogmaals ruimte voor vragen.

### **2.2.3 Voortest**

Deze papieren test bestond uit vier gesloten vragen en was bedoeld om de voorkennis die kinderen hebben over de nagalmtijd te meten. Elke vraag ging over één van de vier variabelen die van invloed zou kunnen zijn op de nagalmtijd van een gong. De kinderen werd gevraagd of de betreffende variabele van invloed is op de nagalmtijd, ze konden twee opties aankruisen op deze vraag. De eerste optie was dat het niet uitmaakt hoe lang je de echo kunt horen, de variabele is dus niet van invloed. Als kinderen deze optie kozen konden zij direct doorgaan met de volgende vraag. De tweede optie was dat het wél uitmaakt hoe lang je de echo kunt horen. Als deze optie gekozen werd, moesten de kinderen ook de richting van deze invloed bepalen: ze konden kiezen of de echo langer of korter is bij de betreffende variabele. Een voorbeeld: 'Bij een hoge toon hoor je de echo langer / korter dan bij een lage toon.' Kinderen werd gevraagd het juiste antwoord te omcirkelen.

### **2.2.4 CVS-test**

Deze papieren test bestond uit negen vragen en één voorbeeldvraag. De CVS-test meet de kennis die kinderen hebben over de CVS en tevens of ze deze strategie goed kunnen toepassen. De CVS-test is afgeleid van o.a. Chen en Klahr (1999) en bevatte drie onderwerpen, namelijk limonade verkopen, plantengroei en vliegtuigjes. Over elk onderwerp werden drie vragen gesteld. Van de drie vragen per onderwerp was er telkens één vraag die

een goed experiment bevatte; de overige twee vragen bevatten slechte experimenten. Alle vragen waren op dezelfde manier opgebouwd. Eerst werd een probleem geschetst en de variabele van interesse genoemd. Daaronder werden twee plaatjes weergegeven waarin het experiment werd getoond. Tot slot werd de vraag gesteld of dit experiment een goede test is. Als kinderen “nee” antwoordden, moesten ze de plaatjes verbeteren zodat het wel een goede test werd. De voorbeeldvraag gaat over een ander onderwerp en is in Figuur 4 weergegeven.

Henk kan soms niet goed slapen.  
Hij wil weten of dat komt door zijn kussen.  
In de plaatjes zie je hoe hij dat heeft onderzocht.

Is dit een goede test? Weet Henk straks zeker of zijn kussen iets uitmaakt voor hoe goed hij slaapt? Omcirkel het goede antwoord:

JA, het is een goede test

NEE, het is een slechte test

Is jouw antwoord NEE? Verander dan de plaatjes om er een goede test van te maken.

*Figuur 4: Voorbeeldvraag CVS-test*

De Cohen's  $\kappa$  inter-beoordelaars betrouwbaarheid van de CVS-test die vooraf werd afgenomen was 0.90. De Cohen's  $\kappa$  inter-beoordelaars betrouwbaarheid van de CVS-test die na afloop werd afgenomen was 0.98. De interne consistentie (Cronbach's  $\alpha$ ) van de items uit de CVS-test die vooraf werd afgenomen was 0.83, de Cronbach's  $\alpha$  van de CVS-test die na afloop werd afgenomen was 0.85.

### 2.3 Procedure

Het onderzoek is afgenomen op twee basisscholen. Op beide scholen bestond het onderzoek uit twee delen. De voormeting vond eerst plaats, tijdens deze meting werden de voortest en de CVS-test afgenomen. Bij de voortest verduidelijkte de proefleider eerst wat de nagalmtijd



exact inhoud, zodat kinderen hier enig verstand van hadden. De vragen van de voortest werden één voor één hardop voorgelezen en kinderen kregen na elke vraag de mogelijkheid om hun antwoord te noteren. Daarna liep de proefleider samen met de kinderen de voorbeeldvraag van de CVS-test door. De twee plaatjes werden uitvoerig besproken en de kinderen werd uitgelegd dat ze één antwoord moesten kiezen: het was een goede test óf het was een slechte test. Tevens werd de kinderen verteld dat als ze kozen voor het antwoord dat het een slechte test was, ze de plaatjes zo moesten aanpassen, dat het een goede test zou worden. Daarna was er ruimte voor vragen als er iets onduidelijk was bij de kinderen. Nadat de kinderen alles duidelijk was maakten ze de negen testvragen en noteerden ze hun antwoorden.

Op de ene basisschool keerde de proefleider na één week terug, op de andere basisschool na één dag. De toewijzing van de leerlingen aan condities is echter over de gehele sample gebeurd, waardoor dit niet voor problemen heeft gezorgd. De hele klas kreeg eerst uitleg over het werken met de simulatie. De proefleider liet de leeromgeving zien op het digitale schoolbord en legde uit hoe de kinderen hiermee konden experimenteren. De proefleider demonstreerde hoe de kinderen een experiment konden opzetten en hoe de resultaten konden worden afgelezen. Ook werd de kinderen expliciet verteld dat ze de instructies op het scherm moesten opvolgen en hun antwoorden in een apart tekstveld in de simulatie moesten noteren. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat de proefleider geen uitleg over de CVS gaf.

Na deze algemene uitleg werd de groep opgesplitst in drie delen: kinderen in de directe instructie conditie gingen mee met de proefleider naar een ander lokaal, kinderen in de taakstructurering conditie bleven bij de leerkracht en kinderen in de controle conditie gingen mee met een assistent naar de computers. Kinderen in de directe instructie conditie kregen afgezonderd van de overige twee condities de directe instructie over het gebruik van de CVS. Deze instructie duurde 20 minuten. In de tussentijd bleven kinderen in de taakstructurering conditie bij de leerkracht om met een project bezig te gaan. Kinderen in de controle conditie gingen aan de slag met de simulatie.

Nadat de kinderen in de directe instructie conditie de uitleg hadden ontvangen, was het hun beurt om aan de slag te gaan met de simulatie. In de tussentijd werden kinderen in de overige twee condities weer opgevangen door de leerkracht. Nadat de kinderen in de directe instructie conditie de simulatie hadden afgerond, konden kinderen in de taakstructurering conditie met de simulatie werken. Tevens werden de overige kinderen weer opgevangen door de leerkracht.

De kinderen hebben individueel met de simulatie gewerkt. Bij het opstarten van de simulatie werden eerst drie algemene vragen gesteld: naam, leeftijd en geslacht. Vervolgens kregen de kinderen een korte instructie over de gong en de echo, en werd er medegedeeld dat de echo van een paar dingen afhing wat men factoren noemde. Daarna werd verteld hoe de vraag telkens gesteld werd en hoe ze antwoord dienden te geven. De kinderen werkten gemiddeld 15 minuten achter de computer. Tijdens het onderzoek werd er alleen hulp verleend bij technische problemen.

Na afloop van het werken met de leeromgeving werden alle kinderen nogmaals onderworpen aan de CVS-test.

## **2.4 Data-analyse**

De voorkennis van kinderen over de invloed van de vier variabelen op de nagalmtijd van de gong is gemeten met de voortest. De antwoorden die kinderen gaven zijn vergeleken met het model achter de simulatie. Per vraag konden twee punten worden verdiend: een punt voor het correct aangeven dat een variabele wel of geen invloed had, en een extra punt als de richting van de invloed ook goed was.

Daarnaast werd het begrijpen van de CVS gemeten door middel van de CVS-test. Voor het correct beantwoorden van de vraag: ‘Is dit een goede test?’ kregen de kinderen 1 punt, tevens kregen de kinderen 1 extra punt als het plaatje correct verbeterd was wanneer dit nodig was. Deze test werd vooraf en na afloop afgenomen. Het verschil tussen deze twee scores (achteraf minus vooraf) werd gezien als wat de kinderen van de CVS hadden geleerd.

Alle andere data zijn verkregen uit de logbestanden. Interacties met de simulatie werden geanalyseerd en hierbij werden verschillende onderdelen bekeken. Er is gekeken hoeveel proefjes kinderen hadden uitgevoerd en hoe lang ze met de simulatie hadden gewerkt. Elke keer als een leerling op ‘start’ klikte, werd dit gerekend als een proefje. Daarnaast werd berekend hoe systematisch kinderen hadden geëxperimenteerd. Dit werd uitgedrukt in een CVS-score die aangaf hoeveel variabelen gemiddeld per proefje werden veranderd. Een hogere score duidt op meer veranderingen per proefje en dus op minder systematisch experimenteren, een lagere score daarentegen duidt op minder veranderingen per proefje en dus op meer systematisch experimenteren. Tevens werd gekeken naar het aantal geldige conclusies dat kinderen hadden genoteerd in het tekstveld in de simulatie. De geldigheid van een conclusie werd berekend door het toekennen van punten. Elke juiste gevolgtrekking, dit betreft het wel of niet van invloed zijn van een variabele op de nagalmtijd, leverde één punt op. Daarnaast konden kinderen nog een extra punt verdienen door aan te geven wat de

richting van het effect was voor alle waarden van de variabele. Deze methode om de antwoorden te scoren is ook in eerder onderzoek gebruikt, de Cohen's  $\kappa$  inter-beoordelaars betrouwbaarheid was 0.88 (Lazonder & Kamp, in druk).

### 3. Resultaten

De prestaties van de kinderen zijn weergegeven in Tabel 1. In deze tabel is onderscheid gemaakt tussen de drie condities: directe instructie conditie, taakstructurering conditie en controle conditie. De verschillen tussen de condities zijn geanalyseerd met behulp van ANOVA.

Tabel 1: Gemiddelden (en SD) voor de prestaties van de kinderen

	Directe instructie (n=22)	Taakstructurering (n=23)	Controle (n=22)
<i>Voormetingen<sup>a</sup></i>			
Voortest (max. 7)	4.38 (1.50)	4.43 (1.04)	4.14 (1.39)
CVS-test (max. 15)	10.00 (4.59)	9.52 (3.80)	8.00 (4.11)
<i>Experimenten</i>			
Aantal proefjes	11.50 (4.56)	10.48 (4.37)	9.59 (4.76)
Tijdsduur (min)	14.96 (3.97)	14.49 (4.73)	12.66 (4.85)
Gebruik van CVS <sup>b</sup>	1.77 (0.59)	1.55 (0.51)	1.99 (0.54)
Geldige conclusies (max. 7)	2.95 (2.48)	4.04 (2.01)	1.32 (1.52)
<i>Nameting</i>			
CVS-test	10.77 (3.78)	9.39 (4.69)	9.32 (4.36)

a Twee kinderen (directe instructie, controle) hebben de beide voormetingen niet ingevuld

b Gemiddeld aantal veranderingen per proefje: een lagere score duidt op meer systematisch experimenteren.

De scores op de voormetingen laten zien dat de kinderen enige voorkennis hadden over de invloed van variabelen op de duur van de echo, maar niet alle invloeden zijn voor de kinderen duidelijk. Tevens bleken kinderen redelijk te weten hoe ze de CVS dienen te gebruiken, maar ook hier is ruimte voor verbetering. Een ANOVA liet zien dat de scores op de voortest niet significant verschilden tussen de condities,  $F(2,64) = 0.30$ ,  $p = .741$ . Tevens bleken de scores op de CVS-test ook niet significant te verschillen tussen de condities,  $F(2,64) = 1.32$ ,  $p = .273$ .

De kinderen voerden gemiddeld 11 proefjes uit met de simulatie om daarna tot een conclusie te komen. Het gemiddelde aantal proefjes verschilde niet tussen de drie condities,  $F(2,66) = 0.96$ ,  $p = .387$ . De kinderen werkten gemiddeld 14 minuten met de simulatie. De gemiddelde tijdsduur verschilde niet tussen de drie condities,  $F(2,66) = 1.58$ ,  $p = .213$ .

De proefjes die de kinderen hebben uitgevoerd zijn geanalyseerd om te onderzoeken hoe systematisch ze waren. De scores voor het gebruik van de CVS in Tabel 1 laten zien dat kinderen in de taakstructurering conditie het meest systematisch experimenteerden: zij

veranderden ongeveer 1.5 variabele per proefje. Het gebruik van de CVS bleek significant te verschillen tussen de condities,  $F(2,64) = 3.42, p = .039$ . Uit een post hoc analyse volgens de Bonferroni methode bleek dat er een significant verschil was tussen de taakstructurering conditie en de controle conditie,  $p = .033$ . Er bleek echter geen verschil te zijn in het gebruik van CVS tussen de directe instructie conditie en de controle conditie,  $p = .591$ . Ook tussen de directe instructie conditie en taakstructurering conditie bleek geen significant verschil te zijn,  $p = .568$ .

De computersimulatie vroeg de kinderen om telkens antwoord te geven op de vraag of vragen. Er bleek een significant verschil te zijn tussen de drie condities wat betreft het trekken van geldige conclusies,  $F(2,66) = 10.13, p < .001$ . Ook hier is een post hoc analyse volgens de Bonferroni methode uitgevoerd om te kijken tussen welke condities dit verschil significant was. Uit de resultaten bleek dat kinderen uit de taakstructurering conditie meer geldige conclusies trokken dan kinderen uit de controle conditie,  $p < .001$ . Het trekken van geldige conclusies verschilde ook tussen de directe instructie conditie en de controle conditie,  $p = .030$ . De kinderen uit de directe instructie hadden meer geldige conclusies. Daarnaast werd geen significant verschil gevonden tussen de directe instructie conditie en de taakstructurering conditie,  $p = .235$ .

Na afloop van het onderzoek hebben de kinderen nogmaals de CVS-test ingevuld. Uit een ANOVA bleek dat de scores op deze test niet significant verschilden tussen de drie condities,  $F(2,66) = 0.81, p = .452$ . Vervolgens is geanalyseerd wat de kinderen hadden geleerd van de CVS, door de CVS score voor te vergelijken met de CVS score na. Uit een mixed design ANOVA bleek een significant verschil voor de within-subject factor tijd,  $F(1,62) = 4.92, p = .030$ . Daarnaast bleek de between-subject factor conditie een niet significant effect te hebben,  $F(2,62) = 0.88, p = .420$ . Ook het interactie effect bleek niet significant te zijn,  $F(1,62) = 2.17, p = .123$ . Dit betekent dat de scores op de CVS-test na afloop hoger waren dan de scores op de CVS-test die vooraf is afgenomen, maar dat deze toename in alle condities even groot was.

Tot slot is gekeken naar de relatie tussen het gebruik van de CVS, het begrijpen van de CVS (d.i. de scores op de CVS natest), en het trekken van meer geldige conclusies. Bivariate correlaties lieten zien dat er een significant verband was tussen het gebruik van de CVS en het trekken van meer geldige conclusies,  $r = -.45, p < .001$ . Het begrijpen van de CVS correleerde ook met het trekken van meer geldige conclusies,  $r = .31, p = .009$ . Het begrijpen van de CVS correleerde echter niet met het gebruik van de CVS,  $r = -.23, p = .069$ .

#### 4. Conclusie

Dit onderzoek is uitgevoerd met het doel inzicht te krijgen in welke strategie, directe instructie of taakstructurering, het best werkt om kinderen hun vaardigheden te verbeteren met betrekking tot het uitvoeren van experimenten.

Verwacht werd dat kinderen die voorafgaand aan het experiment directe instructie kregen over de reden voor en het gebruik van de CVS, systematischer zouden experimenteren dan de kinderen uit de overige condities. De resultaten bewezen echter het tegendeel: kinderen uit de taakstructurering conditie presteerden het best en ontwierpen meer systematische experimenten dan kinderen uit de controle conditie. Kinderen uit de directe instructie conditie experimenteerden even systematisch als de kinderen uit de beide andere condities.

De goede prestaties in de taakstructurering conditie bevestigen de resultaten van Lazonder en Kamp (in druk) en tonen hiermee opnieuw aan dat het geven van een suggestie om de experimenten steeds op één variabele te richten tot een beter gebruik van de CVS leidt (zie ook Kuhn & Dean, 2005). Kennelijk nemen leerlingen deze suggestie ter harte en is het daardoor niet meer nodig om de overige twee componenten voor het bedenken van een experiment uit het SDDS model (een waarde kiezen en de overige variabelen instellen) expliciet te ondersteunen. Kinderen in de directe instructie conditie moesten zelf de focus van een experiment bepalen en de waarden van de variabelen instellen. Hoewel zij hierover geïnstrueerd waren, bleken hun experimenten niet systematischer te zijn dan die van leerlingen uit de controle conditie. Dit resultaat staat in contrast met de onderzoeken van Klahr en collega's (zie Klahr & Li, 2005) waarin bij herhaling positieve effecten van directe instructie ten opzichte van een controle conditie zijn gevonden. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat de uitvoering van de directe instructie bij dit onderzoek afweek in vergelijking met de voorgaande onderzoeken. Bij het onderzoek van Klahr en Nigam (2004) werd tijdens de directe instructie en het experiment gebruik gemaakt van hetzelfde onderwerp (rollende voorwerpen), waardoor het voor kinderen gemakkelijker is om de geleerde informatie te transfereren naar hun eigen proefjes. In de huidige studie werd echter een andere simulatie gebruikt, waardoor het voor de kinderen mogelijk moeilijker is geweest om het geleerde in een andere situatie toe te passen. Daarnaast werd bij het onderzoek van Chen en Klahr (1999) individueel met de kinderen gewerkt. Hierdoor kan de proefleider beter zicht houden op het al dan niet begrijpen van de uitleg en het toepassen ervan. In de huidige studie werd de directe instructie aan de gehele conditie tegelijk gegeven, waardoor er een kans bestaat dat de proefleider niet heeft gemerkt dat sommige kinderen de CVS niet goed

begrepen. Bovenstaande onderzoeken hebben dus mogelijkwijs een voordeel in vergelijking met dit onderzoek, wat voor het verschil in effectiviteit van de directe instructie kan zorgen.

Ten tweede werd verwacht dat kinderen in de directe instructie conditie meer geldige conclusies zouden trekken. Deze hypothese werd deels bevestigd door de resultaten. Kinderen uit de directe instructie conditie hadden meer geldige conclusies dan kinderen uit de controle conditie, die bovendien ook minder geldige conclusies hadden dan kinderen uit de taakstructurering conditie. Het verschil tussen de beide experimentele condities was echter niet significant. Daarnaast hing het gebruik van de CVS samen met het trekken van meer geldige conclusies: hoe meer de kinderen systematisch experimenteerden, hoe meer geldige conclusies ze trokken. Dit is exact wat werd verwacht. Uit deze resultaten blijkt dat de beide experimentele condities beter scoren op het trekken van meer geldige conclusies dan de controle conditie. De kinderen uit de taakstructurering conditie trokken echter de meeste geldige conclusies, dit leverde echter geen significant verschil op in vergelijking met de kinderen uit de controle conditie. Deze prestaties bevestigen enigszins de resultaten die gevonden zijn in het onderzoek van Kuhn en Dean (2005) en Lazonder en Kamp (in druk), namelijk dat het gebruik van taakstructurering een positief effect heeft op het aantal geldige conclusies dat kinderen trekken.

De derde hypothese was dat kinderen in de directe instructie conditie de CVS beter zouden begrijpen: zij hadden immers uitleg gekregen wat deze strategie inhoudt en waarom en hoe ze hem moesten gebruiken. Bijgevolg zouden kinderen uit deze conditie een grotere leerwinst op de CVS-test moeten hebben. Dit bleek echter niet het geval te zijn: hun scores op de CVS-natest waren marginaal hoger dan op de CVS-voortest, maar niet dusdanig dat dit tot een significant verschil met de andere condities heeft geleid. Sterker nog, de toename in de scores in de controle conditie was bijna twee keer zo groot, wat wellicht te wijten is aan de relatief lage scores op de voortest. Kinderen uit de taakstructurering conditie scoorden op beide testen nagenoeg even goed.

Volgens de vierde en laatste hypothese zou een beter begrip van de CVS moeten samenhangen met het trekken van meer geldige conclusies. Deze hypothese wordt duidelijk bevestigd door de resultaten. Kinderen die een beter begrip van de CVS hadden volgens de CVS-natest hebben ook betere conclusies getrokken. In combinatie met de gevonden correlatie tussen het gebruik van de CVS en het trekken van meer geldige conclusies, wijst dit op solide bewijs dat er samenhang is tussen het systematisch experimenteren en geldige conclusies trekken. Er is overigens geen significante correlatie gevonden tussen het begrijpen van de CVS en het gebruiken van de CVS. Een verklaring hiervoor kan zijn dat sommige

leerlingen die al veel wisten van de CVS, de CVS ook goed hebben gebruikt. Ze hebben hierdoor een kleine leerwinst maar wel een groot gebruik van de CVS. Andere leerlingen hebben bijvoorbeeld een matige CVS score tijdens de taak maar wel een grote leerwinst. Deze verschillen binnen de steekproef kunnen de niet-significante correlatie verklaren.

Al met al kan geconcludeerd worden dat taakstructurering leidt tot beter experimenteren. Kinderen die taakstructurering toegepast krijgen zullen meer systematisch experimenteren. Men kan echter twijfelen aan de validiteit van de maat 'gebruik van de CVS', hier wordt in de discussie verder op ingegaan. Daarnaast bleken kinderen in de taakstructurering conditie significant meer geldige conclusies te trekken dan kinderen in de controle conditie. Kinderen die taakstructurering toegepast kregen trokken ook meer geldige conclusies dan kinderen in de directe instructie conditie, dit verschil was echter niet significant. Tot slot leidt taakstructurering echter niet tot een grotere verbetering op de CVS-test: de *control-of-variables strategy* zal dus niet beter begrepen worden door kinderen die taakstructurering krijgen toegepast. Directe instructie geven leidt wel tot marginaal hogere scores op de CVS-test, deze verschillen zijn echter niet significant.



## 5. Discussie

Vanzelfsprekend zijn er ook bij dit onderzoek zaken naar voren gekomen waarbij met vervolgonderzoek rekening kan worden gehouden. Het eerste punt betreft de tijdsduur tussen de twee metingen. Op de ene basisschool werden de voormetingen een week voor het echte experiment verricht, terwijl op de andere basisschool maar een dag tussen de voormetingen en het echte experiment zat. Dit roept de vraag op in hoeverre dit de resultaten heeft beïnvloed; misschien konden de leerlingen met de kortste tussentijd zich nog dingen herinneren van de voortesten die ze later konden gebruiken voor het invullen van de natesten. Omdat de kinderen per school zijn verdeeld over de drie condities heeft dit de onderlinge vergelijking niet onevenredig veranderd. Desondanks verdient het aanbeveling om in vervolgonderzoek de tijdsduur tussen beide sessies gelijk te houden.

Een tweede aanbeveling betreft het werken met de simulatie. De kinderen ervoeren het als erg ‘cool’ om met de laptops en de simulaties te werken waardoor ze in hun enthousiasme misschien niet erg oplettend waren. Zo heeft de proefleider meerdere malen moeten herhalen om het kladpapier te gebruiken voor aantekeningen. Tevens gaven de kinderen aan de vraagstelling soms erg moeilijk te vinden. De kinderen hadden moeite met de formulering: ‘de invloed van’, de proefleider heeft dit een aantal keren geprobeerd te verduidelijken. Uit de logfiles is bovendien naar voren gekomen dat veel kinderen de langste nagalmtijd als antwoord noteerden. Hun antwoord op de vraag: *‘Wat is de invloed van toonhoogte, afstand tot de gong, kijkrichting en volheid van de ruimte op de nagalmtijd van een gong?’* werd dan beantwoord met: ‘Hoog, dichtbij, links, leeg is 18 seconden.’ Bij een mogelijk vervolgonderzoek moet men de kinderen er bij herhaling op wijzen dat ze antwoord moeten geven op de vraag en niet het langste experiment moeten vermelden. Dit zou een behoorlijke winst kunnen opleveren.

Verder kan getwijfeld worden aan de validiteit van de maat ‘gebruik van CVS’. Deze maat gaat er vanuit dat kinderen elk proefje vergelijken met het vorige proefje, terwijl ze het vanzelfsprekend ook met eerdere proefjes zouden kunnen vergelijken. Dit is echter niet vaak het geval, maar zekerheid hierover is er niet. Desondanks bleek uit het onderzoek van Lazonder & Kamp (in druk) dat een vergelijking met een ander proefje dan de vorige slechts in 6% van de gevallen tot een betere score zou leiden. Uit het huidige onderzoek blijkt verder dat het gebruik van de CVS correleert met het aantal geldige conclusies, wat indirect bewijs is voor het feit dat de CVS maat wel degelijk valide is.

Daarnaast dient vermeld te worden dat de potentie van de directe instructie enigszins gereduceerd was. Voor de vergelijkbaarheid in deze studie is er voor gekozen om de directe

instructie op dezelfde subcomponenten te richten als de taakstructurering. De directe instructie was dus ook gericht op de focus van een onderzoek bepalen en de overige variabelen instellen, evenals bij taakstructurering. Het kiezen van de waarde voor de focus kreeg naar verhouding minder aandacht. Er zou wellicht een beter resultaat behaald kunnen worden als de directe instructie zich op alle subcomponenten richt. Vervolgonderzoek zou kunnen uitwijzen of dit inderdaad het geval is.

Naast deze kritische kanttekeningen zijn er uiteraard ook positieve zaken te melden. Zo zijn de uitkomsten van dit onderzoek interessant voor het huidige onderwijs. Kinderen rond de leeftijd van 8 jaar krijgen al te maken met wetenschappelijke instructie en het uitvoeren van experimenten. Leraren willen kinderen zo goed mogelijk ondersteunen zodat ze zoveel mogelijk van hun proefjes kunnen leren. Uit dit onderzoek blijkt dat dit het best kan door kinderen één variabele tegelijk te laten onderzoeken. Dit zal leiden tot meer systematisch experimenteren en meer geldige conclusies. Tot een beter begrip van de CVS zal deze ondersteuning echter niet leiden, wellicht dat dit wel bereikt kan worden door ook directe instructie te geven voorafgaand aan de gestructureerde taak. Deze directe instructie zou soortgelijk kunnen zijn aan die van dit onderzoek: het hoe en waarom van de CVS uitleggen is hierbij erg belangrijk. Een punt van verbetering kan zijn om de kinderen meerdere experimentjes te laten uitvoeren tijdens de directe instructie en naast de simulatie van rollende voorwerpen misschien nog andere simulaties te gebruiken. Een punt van aanbeveling zou ook kunnen zijn om de kinderen individueel directe instructie te geven, dit om beter zicht te houden op welke leerlingen de CVS al wel begrijpen of juist nog niet begrijpen. Of deze combinatie van taakstructurering en directe instructie daadwerkelijk tot een beter begrip van de CVS leidt, en dus een beter resultaat zal opleveren, zal moeten blijken uit vervolgonderzoek.

Een andere interessante mogelijkheid wat betreft vervolgonderzoek zijn de lange termijn effecten van de CVS. De huidige studie heeft alleen de korte termijn effecten bekeken. Het is niet duidelijk of directe instructie en/of taakstructurering ook ondersteunt bij het uitvoeren van systematische experimenten op de lange duur. Het is dus de vraag of het begrijpen en gebruiken van de CVS na langere tijd nog steeds aanwezig is.

## Referenties

- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development, 70*, 1098-1120. doi: 10.1111/1467-8624.00081
- Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist, 41*, 75-86. doi: 10.1207/s15326985ep4102\_1
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science, 12*, 1-48. doi: 10.1207/s15516709cog1201\_1
- Klahr, D., Fay, A.L., & Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology, 25*, 111-146. doi: 10.1006/cogp.1993.1003
- Klahr, D., & Li, J. (2005). Cognitive research and elementary science instruction: From the laboratory, to the classroom, and back. *Journal of Science Education, 14*, 217-238. doi: 10.1007/s10956-005-4423-5
- 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. doi: 10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. Orlando, FL: Academic Press.
- Kuhn, D., & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science, 16*, 866-870. doi: 10.1111/j.1467-9280.2005.01628.x
- Lazonder, A.W., & Kamp, E. (in druk). Bit by bit or all at once? Splitting up the inquiry question to promote children's scientific reasoning. *Learning and Instruction*.

- Lazonder, A.W., Wilhelm, P., & Hagemans, M.G. (2008). The influence of domain knowledge on strategy use during simulation-based inquiry learning. *Learning and Instruction, 18*, 580-592. doi: 10.1016/j.learninstruc.2007.12.001
- Lazonder, A.W., Wilhelm, P., & van Lieburg, E. (2009). Unraveling the influence of domain knowledge during simulation-based inquiry learning. *Instructional Science, 37*, 437-451. doi: 10.1007/s11251-008-9055-8
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Foundation. (2000). An introduction to inquiry. *Inquiry: Thoughts, views and strategies for the K-5 classroom, 2*, 1-5.
- Njoo, M., & de Jong, T. (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching, 30*, 821-844. doi: 10.1002/tea.3660300803
- Schlauble, L., Glaser, R., Duschl, R.A., Schulze, S., & John, J. (1995). Students' understanding of the objectives and procedures of experimentation in the science classroom. *Journal of the Learning Science, 4*, 131-166. doi: 10.1207/s15327809jls0402\_1
- Tharp, R.G., & Gallimore, R. (1991). A theory of teaching as assisted performance. *Learning to think: Child development in social context, 2*, 42-61.
- Tomkins, S.P., & Tunnicliffe, S.D. (2001). Looking for ideas: Observation, interpretation and hypothesis-making by 12-year-old pupils undertaking science investigations. *International Journal of Science Education, 23*, 791-813. doi: 10.1080/09500690119322
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review, 20*, 99-149. doi: 10.1006/drev.1999.0497
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review, 27*, 172-223. doi: 10.1016/j.dr.2006.12.001