UNIVERSITEIT TWENTE.

Faculteit Gedragswetenschappen
Master Psychologie,
Instructie, Leren & Ontwikkeling

Hands-on versus Minds-on

Eva de Wilde
Kitty Oude Kamphuis
Universiteit Twente

2011
2012

Begeleiders
dr. A.H. Gijlers, Universiteit Twente
dr. H. van der Meij, Universiteit Twente

Hands-on versus Minds-on

Eva de Wilde

Kitty oude Kamphuis

Samenvatting

Hands-on leren is een populaire instructievorm binnen het basisonderwijs, vooral binnen het domein natuur en techniek worden leerkrachten gestimuleerd deze instructievorm te gebruiken. Er zijn echter - in tegenstelling tot directe instructie - weinig empirische studies die de effectiviteit van hands-on instructie bewezen hebben. Deze studie richt zich op de effectiviteit van drie verschillende instructievormen op de kennisopbrengst, flow en stemming van leerlingen in de bovenbouw van het basisonderwijs. Er worden drie instructievormen met elkaar vergeleken: twee hands-on instructievormen, een gestuurde hands-on instructievorm waarbij sprake is van ondersteuning voor de leerling en een ongestuurde hands-on instructievorm waarbij geen sprake is van ondersteuning voor de leerling, en een derde instructievorm die vergelijkbaar is met directe instructie: minds-on instructie. Vooraf werden zestig leerlingen uit de bovenbouw van het basisonderwijs getest op hun al aanwezige voorkennis en hun interesse in het onderwerp science. De leerlingen werden willekeurig verdeeld over de drie instructievormen en kregen op verschillende manieren instructie. Na de instructie werden de leerlingen opnieuw getest op hun kennis en werden tevens hun flow en stemming getest. De instructievorm heeft significant effect op de kennisopbrengst, maar niet op flow en stemming. Meisjes scoorden significant lager op flow dan jongens, terwijl hun kennisopbrengst en hun stemming niet verschilt met die van jongens. Er is bewijs gevonden dat de instructievorm de kennisopbrengst beïnvloedt, in de minds-on instructie bleken leerlingen – gecorrigeerd voor trainingstijd – de meeste kennis op te doen. Er is geen bewijs gevonden dat de instructievorm de flow en stemming van de leerlingen beïnvloedt. Gender blijkt een belangrijke factor te zijn in de ervaren flow van leerlingen.

1. Theoretisch kader

1.1 Inleiding

Onderwijs in natuur en techniek in het basisonderwijs kan op verschillende manieren vormgegeven worden. Veelal wordt gesteld dat het belangrijk is dat leerlingen tijdens natuur- en technieklessen hands-on ervaringen opdoen met concrete materialen (Kemmers, Klein Tank & van Graft, 2007; Fisser, 2009). Hands-on activiteiten kunnen onder andere bestaan uit het uitvoeren van een onderzoekje met behulp van concrete materialen, het zogenaamde hands-on onderzoekend leren. Voorstanders van onderzoekend leren stellen dat het zelfstandig uitvoeren van een onderzoek bijdraagt aan de kennisontwikkeling van leerlingen (o.a. Fisser, 2009). Onder andere Flick (1993) stelt dat hands-on activiteiten een extra dimensie toevoegen aan de instructie waardoor leerlingen meer kennis opdoen dan wanneer zij bijvoorbeeld een experiment gedemonstreerd krijgen. De resultaten van een grootschalig onderzoek naar de effectiviteit van hands-on onderzoekend leren in de biologieles (Taraban, Box, Myers, Pollard & Boxen, 2007) laten positieve effecten zien van hands-on activiteiten met betrekking tot de ontwikkeling van domeinkennis en het verwerven van onderzoeksvaardigheden. Andere onderzoeken rapporteren positieve effecten met betrekking tot de motivatie en het enthousiasme van leerlingen (Fielding, Kameenui en Gersten, 1983; Edwards, Jones, Wapstra & Richardson, 2007). Volgens Deci, Vallerand, Pelletier en Ryan (1991) leren leerlingen die enthousiast en betrokken zijn tijdens het leren effectiever dan wanneer zij dit niet zijn. Leerkrachten in het basisonderwijs worden dan ook vaak gestimuleerd om hands-on onderzoeksactiviteiten te gebruiken (Kemmers, Klein Tank & van Gaft, 2007). Hoewel hands-on instructie een populaire instructievorm is zijn er relatief weinig empirische studies te vinden die de effectiviteit van deze instructievorm aantonen (o.a. Pine et al., 2006), en zijn er ook studies gevonden waaruit blijkt dat hands-on onderzoekend leren minder effectief is dan bijvoorbeeld directe instructie (Klahr en Nigam, 2004). Klahr en Nigam (2004) onderzochten de effectiviteit van hands-on onderzoekend leren. Zij vergeleken in hun studie twee condities. Leerlingen in de ene

Universiteit Twente
Faculteit Gedragswetenschappen
Instructie, Leren & Ontwikkeling

conditie verkennen het domein door middel van ongestuurd hands-on onderzoekend leren, terwijl leerlingen in de andere conditie experimenten observeerden die door een leerkracht werden gedemonstreerd. Leerlingen in de directe instructie conditie presteerden significant beter dan leerlingen in de hands-on onderzoekend leren conditie. Klahr en Nigam (2004) concluderen dat directe instructie effectiever is dan ongestuurde hands-on instructie.

In het onderzoek van Klahr en Nigam (2004) worden twee uiterste instructievormen vergeleken. In het huidige onderwijs komt een volledig ongestuurde hands-on onderzoekend leeractiviteit praktisch niet voor, leerlingen worden bijna altijd in meer of mindere mate ondersteund door de leerkracht of het materiaal. Mayer (2004) geeft aan dat ongestuurde hands-on onderzoekend leeractiviteiten niet effectief zijn, maar dat gestuurd hands-on onderzoekend leren wel effectief kan zijn. Volgens Mayer (2004) is er bij ongestuurd onderzoekend leren een kans dat leerlingen er niet in slagen de juiste keuzes te maken, zich richten op triviale aspecten van het domein of materiaal en hierdoor niet in contact komen met de kern van het te onderzoeken domein. Leerlingen die nog weinig voorkennis over een bepaald domein hebben slagen er vaak niet in tijdens het onderzoekend leren belangrijke informatie of variabelen te herkennen (Mayer, 2004). Ook Alfieri, Brooks, Aldrich en Tenenbaum (2010) deden onderzoek naar de effectiviteit van onderzoekend leren. Zij stellen ook dat ongestuurd onderzoekend leren niet ten voordele is van leerlingen. Ongestuurd onderzoekend leren kan volgens Alfieri et al. (2010) effectief zijn wanneer leerlingen reeds beschikken over onderzoeksvaardigheden. Leerlingen weten dan waar ze tijdens het onderzoeken op moeten letten, ze zijn in staat om belangrijke variabelen te selecteren en hun onderzoeksactiviteiten daarop af te stemmen. Dit blijkt in het onderwijs vaak niet het geval te zijn, leerlingen van alle leeftijden blijken zeer veel moeite te hebben met het onderzoeksproces (De Jong & Van Joolingen, 1998) en daardoor met hands-on onderzoekend leren. Leerlingen in het basisonderwijs, die in deze studie centraal staan, zijn beginnende onderzoekers, zij hebben nog niet veel ervaring met onderzoeken/experimenteren (Kuhn & Pease, 2008), waardoor het onderzoekend leerproces voor deze groep leerlingen te hoog gegrepen kan zijn (De Jong & Van Joolingen, 1998).

Uit het voorgaande blijkt dat hands-on onderzoekend leren een relatief complexe activiteit is die bestaat uit het actief verkennen van een kennisdomein door het experimenteren met behulp van concrete materialen. Het volledig presenteren van een dergelijke complexe activiteit in één keer kan te overweldigend zijn voor leerlingen (De Jong & Van Joolingen, 1998; Swaak, 1998). Leerlingen weten dan vaak niet waar ze moeten beginnen en kunnen hierdoor een passieve houding aannemen. Het succes van een onderzoekend leeractiviteit is afhankelijk van het op een juiste wijze uitvoeren van leerprocessen door de leerlingen (De Jong, 2006). Door leerlingen te ondersteunen bij het uitvoeren van de leerprocessen kan de effectiviteit van het onderzoekend leren verhoogd worden (Mayer, 2004; Swaak, 1998; De Jong, 2005). Meerdere studies beschrijven dan ook manieren om onderzoekend leren te ondersteunen. De Jong en Van Joolingen (1998) noemen onder andere: model progression. Bij model progression wordt het domein verdeeld in subdomeinen, het gehele onderliggende model wordt niet in één keer gepresenteerd, maar wordt in stukjes aangeboden. Hierdoor wordt voorkomen dat leerlingen overweldigd worden door de complexiteit van het domein. Ook kunnen leerlingen worden ondersteund door het aanbieden van concrete opdrachten. Opdrachten kunnen leerlingen helpen bij het plannen van het onderzoekend leerproces en helpen leerlingen aandacht te geven aan relevante onderwerpen en variabelen. Met andere woorden: opdrachten kunnen ervoor zorgen dat leerlingen in contact komen met de leerinhoud (De Jong, 2006).

In deze paragraaf werd de effectiviteit van hands-on instructie versus directe instructie besproken. Gestuurde hands-on instructie blijkt een effectieve instructievorm te zijn (Mayer, 2004), evenals directe instructie (Klahr & Nigam, 2004). In deze studie vergelijken we drie instructievormen die in het basisonderwijs gebruikt worden: ongestuurd hands-on onderzoekend leren, gestuurd hands-on onderzoekend leren en minds-on instructie. Twee van deze instructievormen hebben betrekking op hands-on onderzoekend leren, in de derde instructievorm zullen leerlingen geen concreet materiaal manipuleren maar observeren zij een serie gedemonstreerde experimenten. Deze drie instructievormen zullen hieronder worden besproken aan de hand van literatuur. Vervolgens zal aangegeven worden hoe er in dit onderzoek invulling gegeven is aan de drie instructievormen.

1.2 Instructievormen

Hands-on instructie binnen onderzoekend leren heeft een belangrijke rol bij het natuur- en techniekonderwijs in het basisonderwijs. In navolging van Klahr, Triona en Williams (2007) en Flick (1993) benaderen wij hands-on als een specifieke instructievorm waarbij de leerlingen actief betrokken zijn bij het manipuleren van materialen. Leerlingen kunnen zelf materialen manipuleren, hiervan wordt verwacht dat dit een positieve uitkomst heeft op de kennisopbrengst van de leerlingen (Flick, 1993). Leren door middel van hands-on onderzoekend leren helpt de leerlingen met (1) het activeren of construeren van voor-kennis om de nieuwe informatie betekenis te geven en (2) het integreren van nieuwe informatie met de voor-kennis (Mayer, 2004). In deze studie wordt bij de hands-on instructie binnen onderzoekend leren onderscheid gemaakt tussen twee varianten die verschillen in de hoeveelheid ondersteuning die wordt geboden door de leerkracht en het instructiemateriaal. Enerzijds een ongestuurde hands-on instructievorm waarbij de leerling volledig vrijgelaten wordt tijdens het onderzoeken en anderzijds een gestuurde hands-on instructievorm waarbij de leerling ondersteuning krijgt van een leerkracht.

In dit onderzoek worden de hands-on instructievormen vergeleken met minds-on instructie. Waar bij hands-on instructie de leerlingen actief betrokken zijn bij het

manipuleren van materialen, worden de leerlingen tijdens minds-on instructie door middel van een demonstratie meegenomen in de stappen die genomen moeten worden bij het manipuleren van materialen. Hieronder zullen de drie instructievormen die in dit onderzoek worden vergeleken verder worden toegelicht.

1.2.1 Ongestuurde hands-on instructie

In de inleiding is al opgemerkt dat ongestuurd hands-on onderzoekend leren wat betreft de gegeven ondersteuning de meest extreme vorm van hands-on instructie is. Bij ongestuurd hands-on onderzoekend leren experimenteren leerlingen met concreet materiaal zonder dat zij daarbij gestuurd worden of hulp krijgen, ze stellen zelf hun hypotheses op en geven zelf hun experimenten vorm (Klahr & Nigam, 2004).

Tevens is in de opleiding opgemerkt dat ongestuurde hands-on instructie voor onervaren ondezoekers erg complex kan zijn, voornamelijk wanneer zij over onvoldoende voorkennis beschikken (Mayer, 2004). Leerlingen kunnen overweldigd zijn door de complexiteit van het kennisdomein en de onderzoekstaak (De Jong en Van Joolingen, 1998; Swaak,1998). Leerlingen die niet goed weten waarop ze moeten letten en wat er van hen verwacht wordt lopen het risico floundering behaviour te vertonen. Floundering behaviour is het variëren van teveel variabelen tegelijkertijd (Veermans & Van Joolingen, 1998), waardoor de leerlingen geen waardevolle experimenten uitvoeren. De leerlingen komen hierdoor mogelijk niet in contact met de leerinhoud, waardoor ze geen nieuwe kennis opdoen (Mayer, 2004).

Naar aanleiding van de resultaten van de onderzoeken van Klahr en Nigam (2004) en Mayer (2004), kiezen wij voor een aangepaste versie van de ongestuurde hands-on instructie. In overeenstemming met het onderzoek van Klahr en Nigam (2004) moeten de leerlingen zelf experimenteren met materiaal zonder dat zij daarbij gestuurd worden. Zij stellen zelf hypotheses op en geven zelf hun experimenten vorm.

Waar Klahr en Nigam (2004) de leerlingen geen enkele ondersteuning bieden bij het onderzoeksproces, wordt in dit onderzoek enkel gebruik gemaakt van ondersteuning in de vorm van drie globale onderzoeksvragen. De globale onderzoeksvragen richten zich op de drie deelonderwerpen van het domein en reduceren op deze manier de complexiteit van het domein. Naast deze globale onderzoeksvragen krijgen de leerlingen geen aanvullende instructie met betrekking tot het onderzoekend leren of de inhoud van het domein.

1.2.2 Gestuurde hands-on instructie

Hands-on onderzoekend leren wordt tegenwoordig vrijwel altijd in meer of mindere mate ondersteund aangeboden (De Jong, 2005). Mayer (2004) en De Jong (2005) stellen dat gestuurde hands-on instructie effectiever is dan ongestuurde hands-on instructie. Leerlingen kunnen tijdens het gestuurd onderzoekend leren bijvoorbeeld ondersteund worden door een leerkracht of een medeleerling, maar ook door lesmateriaal. Hierbij kan men denken aan ondersteuning in de vorm van concrete opdrachten die leerlingen structuur bieden tijdens de hands-on onderzoekende leeractiviteit. Opdrachten kunnen leerlingen helpen bij het richten van de aandacht op relevante aspecten van het te verkennen kennisdomein. Uit onderzoek van Swaak (1998) blijkt dat leerlingen die tijdens het onderzoekend leerproces worden ondersteund met opdrachten actiever zijn en meer variabelen manipuleren. Door gestuurde hands-on instructie aan te bieden kan voorkomen worden dat leerlingen te veel moeilijkheden ervaren met het onderzoeksproces (De Jong & Van Joolingen, 1998). Mogelijk heeft het voorkomen van deze moeilijkheden ook effect op de betrokkenheid van leerlingen.

Naar aanleiding van de bevindingen van de hierboven genoemde onderzoeken (Mayer, 2004; De Jong, 2005; De Jong & Van Joolingen, 1998), die erop wijzen dat leerlingen het best ondersteund kunnen worden tijdens hands-on instructie, ontvangen leerlingen in de gestuurde hands-on instructie een opdrachtkaart gebaseerd op de drie globale onderzoeksvragen een opdrachtkaart. Deze opdrachtkaart leidt de leerling stap voor stap door het onderzoeksproces. Hierbij wordt het complexe kennisdomein gesplitst in drie subdomeinen die volgen uit de drie globale onderzoeksvragen. Elk subdomein is vervolgens verdeeld in een aantal concrete en gerichte activiteiten, op die manier kan voorkomen worden dat leerlingen overweldigd worden door de complexiteit van het onderzoeksproces en het kennisdomein (Swaak, 1998). Naast de ondersteuning die wordt geboden door de globale onderzoeksvragen en de opdrachtkaarten krijgen de leerlingen geen aanvullende instructie betreffende het onderzoekend leren of de inhoud van het domein en zijn de leerlingen niet in de gelegenheid om tijdens het experimenteren vragen te stellen.

1.2.3 Minds-on instructie

Directe instructie is een vrij traditionele instructievorm waarbij de leerkracht informatie overdraagt aan leerlingen. Traditioneel gezien wordt natuur en techniek gegeven volgens de directe instructiemethode waarbij leerlingen teksten lezen, informatie ontvangen van een leerkracht en deze noteren in een werkboek. Natuurwetenschappelijke fenomenen worden hierbij beschreven als feiten en methoden om te onderzoeken worden niet of nauwelijks besproken (Klahr & Triona, 2007). In traditionele directe instructie is er weinig aandacht voor de inbreng van de leerling en zijn leerlingen relatief passief. In het onderzoek van Klahr en Nigam (2004) houdt directe instructie niet in dat de leerlingen passief zijn. In de directe instructievorm die Klahr en Nigam (2004) gebruiken controleert de experimentleider de situatie, maar zijn de leerlingen actief betrokken bij het experimenteren. De experimentleider stelt de doelen, demonstreert experimenten, gaat in op vragen, geeft voorbeelden, geeft uitleg en bepaalt het tempo van de instructie. Leerlingen

observeren goede en slechte experimenten en ontvangen uitleg over het doen van onderzoek. Fielding et al. (1983) geven aan dat in een dergelijke opzet directe instructie ervoor kan zorgen dat leerlingen tijdens elke fase van de les een gevoel van succes ervaren. Deze succeservaringen komen tot stand doordat de uitvoering van de experimenten expliciet voorgedaan wordt en doordat de leerling direct feedback en sturing ontvangt van de leerkracht (Fielding et al. 1983). Door de gegeven uitleg krijgen leerlingen meteen informatie over de kern van het te bestuderen kennisdomein.

Naar aanleiding van de resultaten van de geciteerde studies (Klahr & Nigam, 2004; Fielding et al. 1983) kiezen wij voor een aangepaste versie van directe instructie die wij minds-on instructie noemen. De minds-on instructie die in deze studie gebruikt is, lijkt op de directe instructie die Klahr en Nigam (2004) in hun onderzoek gebruikt hebben. De leerlingen krijgen een leerkrachtgestuurde instructie in de vorm van een demonstratie, waarbij het tempo wordt bepaald door de leerkracht die de experimenten voordoet. Een belangrijk verschil met het onderzoek van Klahr en Nigam (2004) is dat de leerlingen zelf de mogelijkheid krijgen om de oplossing te bedenken, voordat het juiste antwoord gegeven wordt. De leerlingen krijgen op deze manier de mogelijkheid om zelf te hypothetiseren.

1.3 Kennis

Pieters en Verschaffel (2003) stellen dat een leerling die niet actief betrokken is niet kan leren en daardoor geen kennis kan opdoen. Leerlingen zijn geen passieve ontvangers aan wie zomaar kennis kan worden aangeboden, leerlingen bouwen zelf actief hun kennis op in interactie met hun omgeving. De manier waarop een leerling leert, de instructievorm, kan van invloed zijn op het soort kennis dat een leerling leert.

Om tot een volledig begrip van een natuurwetenschappelijk kennisdomein te komen is het belangrijk dat een leerling beschikt over feitelijke informatie met betrekking tot dit domein, maar ook over conceptuele kennis om te kunnen redeneren over het domein en actief de verbindingen te kunnen leggen tussen feitelijke informatie om zo te komen tot een oplossing voor een probleem. Om inzicht te krijgen in de kennisontwikkeling van leerlingen die les krijgen volgens de drie instructievormen (ongestuurde hands-on instructie, gestuurde hands-on instructie en minds-on instructie) maken wij dan ook onderscheid tussen declaratieve kennis en conceptuele kennis. In de volgende paragrafen zullen deze twee vormen van kennis besproken worden.

1.3.1 Declaratieve kennis

Declaratieve kennis is het 'weten dat' (De Jong en Ferguson-Hessler, 1996; Woolfolk, Hughes en Walkup, 2008). Deze vorm van kennis kan erg breed zijn, het weten van specifieke feiten, algemeenheden, formules of regels (Woolfolk et al., 2008; Ferguson-Hessler & De Jong, 1993). Declaratieve kennis houdt in dat er feiten geleerd en onthouden worden als zodanig. Declaratieve kennis is gemakkelijk om expliciet te maken (Swaak, 1998). Het kunnen benoemen van de verschillende elementen in een stroomkring is een voorbeeld van declaratieve kennis binnen het domein elektriciteit, evenals het kunnen herkennen van specifieke details en kenmerken van een batterij.

In dit onderzoek wordt declaratieve kennis gezien als de feitelijke kennis waarover een leerling beschikt. Een leerling is in staat bepaalde domeinspecifieke terminologieën te gebruiken en herkent specifieke details en elementen uit het domein.

1.3.2 Conceptuele kennis

Conceptuele kennis is statische kennis over feiten, concepten en principes die gebruikt worden binnen een bepaald domein, deze vorm van kennis functioneert als aanvullende informatie die leerlingen toevoegen aan het probleem om tot een oplossing te komen (De Jong en Ferguson-Hessler, 1996). Conceptuele kennis kan gezien worden als samengestelde kennis en bestaat naast concepten ook uit relaties tussen concepten. Samengestelde of intuïtieve kennis is moeilijk te verbaliseren (Swaak, 1998). Swaak (1998) stelt dat actie- en perceptiegedreven elementen in onderzoekend leren leiden tot intuïtieve kennis. Doordat leerlingen materialen actief kunnen manipuleren en onderlinge relaties tussen materialen kunnen onderzoeken doen zij deze vorm van kennis op.

In dit onderzoek wordt conceptuele kennis gezien als de kennis die een leerling heeft rondom een bepaald concept. Om een vraag waar conceptuele kennis wordt getoetst te beantwoorden heeft een leerling altijd enige vorm van declaratieve kennis (in de vorm van voorkennis) nodig, omdat deze twee soorten kennis met elkaar samenhangen. Men kan een concept niet begrijpen wanneer men niet weet wat de verschillende begrippen binnen het concept betekenen.

1.4 Flow en stemming

In dit onderzoek wordt de invloed van drie verschillende instructievormen op de kennisopbrengst van leerlingen gemeten. De verschillende instructievormen kunnen, naast invloed op de kennisopbrengst, ook invloed hebben op de flow en de stemming van de leerlingen.

1.4.1 Flow

Mensen ervaren flow wanneer er sprake is van een soepel lopende activiteit die men ondanks hoge stress onder controle heeft. Deze toestand wordt meestal als aangenaam ervaren. Mensen die flow ervaren hebben tevens weinig concentratieproblemen; men gaat als vanzelf bezig met de activiteiten en ervaart de activiteiten als positief (Rheinberg, Vollmeyer, Engeser, 2003). In het basisonderwijs worden leerkrachten gestimuleerd hands-on te werken omdat dit ervoor zorgt dat leerlingen actief met natuurwetenschap bezig zijn (Kemmers, Klein Tank & van Gaft, 2007).

Deci et al. (1991) stellen dat leerlingen die enthousiast en betrokken zijn tijdens het leren effectiever leren dan wanneer zij dit niet zijn. De zichtbare concentratie en betrokkenheid van leerlingen wordt ook wel de functionele staat genoemd. Csikszentmihalyi (1975) vond een construct dat dicht in de buurt komt van de functionele staat en tevens meetbaar is: flow.

Flow ontstaat wanneer mensen intrinsieke activiteiten uitvoeren waarin zij zich optimaal uitgedaagd voelen in verhouding met het niveau van hun vaardigheden (Csikszentmihalyi, 1990). Het niveau van de activiteiten moet in feite net iets hoger liggen dan de vaardigheden die de leerling op dat moment bezit. Vygotsky (1978) noemt dit de zone van de naaste ontwikkeling. Wanneer leerlingen zich hierin bevinden is er een samenvoeging van actie en bewustzijn opgemerkt. Het ervaren van flow moedigt een persoon aan om door te zetten en/of terug te keren naar een activiteit vanwege de ervaringsgerichte beloningen die het belooft. Het stijgen van het niveau van de zone van de naaste ontwikkeling bevordert de groei van het niveau van de vaardigheden (Nakamura & Csikszentmihalyi, 2001).

Flow is subjectief. Het zijn de subjectieve uitdagingen en de subjectieve vaardigheden die de kwaliteit van de ervaring van de leerling beïnvloeden. Een bepaalde activiteit hoeft niet voor iedere leerling te zorgen voor flow. Het bezitten van interesse in een activiteit is één voorwaarde om er flow in te kunnen vinden, hiervan is tijdens een hands-on onderzoeksactiviteit sprake. Andersom is men intrinsiek gemotiveerd voor een bepaalde taak wanneer men ooit flow in een soortgelijke taak gevonden heeft (Nakamura & Csikszentmihalyi, 2001). In dit artikel wordt onder flow het volgende verstaan: Een staat waarin de leerling zich bevindt wanneer de leerling intrinsiek bezig is, zichtbaar geconcentreerd en betrokken is, en zich maximaal uitgedaagd voelt omdat de leerling werkt in zijn of haar zone van naaste ontwikkeling.

1.4.2 Stemming

Stemming beïnvloedt de manier waarop leerlingen informatie verwerken (Aspinwall, 1998; Efklides & Petkaki, 2005; Hirt, McDonald & Melton, 1996). Positieve stemming leidt tot een positievere waarneming van bepaalde situaties en tot het overschatten van de kans dat iets goed afloopt. Het tegenovergestelde geldt voor negatieve stemming, leerlingen nemen situaties negatiever waar en worden hierdoor voorzichtig in het nemen van beslissingen (Efklides & Petkaki, 2005). De stemming beïnvloedt op deze manier de prestaties van leerlingen (Hirt et al. 1996). Stemming is een begrip dat op verschillende manieren geïnterpreteerd en toegepast kan worden. Daarom is het belangrijk om een definitie van stemming te geven die in dit onderzoek centraal zal staan. In navolging van Lane en Terry (2000) wordt in dit onderzoek met stemming *'Een set van gevoelens die vluchtig van aard is, varieert in intensiteit en duur en waarbij meestal sprake is van meer dan één emotie'* (p. 17) bedoeld.

1.5 Onderzoeksvoorstel

In dit onderzoek staat de hoofdhypothese "De instructievorm heeft invloed op kennisopbrengst, flow en stemming." centraal. De drie instructievormen die gebruikt worden in dit onderzoek zijn ongestuurde hands-on instructie, gestuurde hands-on instructie en minds-on instructie. De hoofdhypothese wordt onderverdeeld in deelhypothesen die hieronder besproken worden.

- *"Gestuurde hands-on instructie leidt tot meer kennisopbrengst dan ongestuurde hands-on instructie."*

In navolging van Mayer (2004) en Alfieri et al. (2010) wordt verwacht dat gestuurde hands-on instructie effectiever is dan ongestuurde hands-on instructie omdat leerlingen vaak weinig ervaring hebben met het onderzoeksproces.

- *"Gestuurde hands-on instructie leidt tot meer kennisopbrengst dan minds-on instructie."*

Hands-on instructie geeft een extra dimensie aan science waardoor leerlingen meer kennis opdoen dan wanneer zij bijvoorbeeld een experiment gedemonstreerd krijgen (Flick, 1993), zoals tijdens de minds-on instructie. Hierdoor is de verwachting dat de gestuurde hands-on instructie tot meer kennisopbrengst leidt dan minds-on instructie.

- *"Minds-on instructie leidt tot meer kennisopbrengst dan ongestuurde hands-on instructie."*

Leerlingen in de minds-on instructie worden meegenomen in de denkstappen van de leerkracht en krijgen tevens tijd om zelf over deze stappen na te denken. In de ongestuurde hands-on instructie leren leerlingen mogelijk minder omdat zij niet in contact komen met de leerinhoud (Mayer, 2004). In navolging van het onderzoek van Klahr en Nigam (2004) wordt daarom verwacht dat de minds-on instructie (directe instructie) tot meer kennisopbrengst leidt dan ongestuurde hands-on instructie.

- *"Minds-on instructie leidt tot meer declaratieve kennis dan de ongestuurde en gestuurde hands-on instructie."*

Tijdens de minds-on instructie worden belangrijke begrippen benoemd, bij de andere instructievormen niet.

De verwachting is hierdoor dan ook dat de leerlingen tijdens de minds-on instructie meer declaratieve kennis opdoen dan tijdens de andere twee instructievormen.
- *"Gestuurde hands-on instructie leidt tot meer conceptuele kennis dan de andere instructievormen."*
Tijdens de gestuurde hands-on instructie worden de leerlingen ondersteund in het onderzoeksproces. Doordat er tijdens de minds-on instructie een kans bestaat dat de leerlingen niet actief minds-on bezig zijn, en doordat de leerling tijdens de ongestuurde hands-on instructie mogelijk niet in contact komt met de leerinhoud (Mayer, 2004) wordt verwacht dat de gestuurde hands-on instructie tot meer conceptuele kennis leidt dan de andere twee instructievormen.
- *"Gestuurde hands-on instructie leidt tot meer flow en een positievere stemming dan ongestuurde hands-on instructie."*
De verwachting is dat leerlingen bij gestuurde hands-on instructie meer flow ervaren omdat zij hier ondersteuning krijgen en duidelijkheid hebben over de activiteiten die zij moeten uitvoeren. Bij de ongestuurde hands-on instructievorm wordt geen hulp geboden waardoor leerlingen overweldigd kunnen worden door de taken (De Jong en Van Joolingen, 1998). Hierdoor kunnen leerlingen een passieve houding aannemen, maar zoals eerder genoemd hebben leerlingen juist een actieve en betrokken houding nodig om flow te kunnen ervaren. (Deci et al., 1991). Ook wordt verwacht dat leerlingen tijdens gestuurde hands-on instructie een positievere stemming ervaren dan tijdens ongestuurde hands-on instructie. Leerlingen die - mogelijk - overweldigd worden door de complexiteit van de activiteiten in de ongestuurde hands-on instructie ervaren hierbij, naar verwachting, geen positieve stemming. Gestuurde hands-on instructie zorgt, doordat de leerlingen weten wat ze moeten doen, voor meer structuur en houvast. Hierdoor zal de stemming hoger zijn dan bij de ongestuurde hands-on instructie.
- *"Gestuurde hands-on instructie leidt tot meer flow en een positievere stemming dan minds-on instructie."*
Tevens is de verwachting dat gestuurde hands-on instructie tot meer flow en een positievere stemming leidt dan minds-on instructie. De leerlingen zijn actief bezig in de gestuurde hands-on instructie, dit is nodig om flow te kunnen ervaren. (Deci et al., 1991). Bij de minds-on instructie worden de leerlingen meegenomen in de denkstappen van de leerkracht en hebben zij zelf weinig invloed op het verloop van het leerproces. Hierdoor zijn zij mogelijk minder actief en betrokken dan wanneer zij zelf – tot op zekere hoogte – invloed uit kunnen oefenen op het leerproces.
- *"Minds-on instructie leidt tot meer flow en een positievere stemming dan ongestuurde hands-on instructie".*
De verwachting is dat leerlingen tijdens de minds-on instructie meer flow ervaren omdat zij hier meegenomen worden in de denkstappen van de leerkracht, maar toch zelf de kans krijgen om te beredeneren. Zoals eerder genoemd lopen leerlingen bij de ongestuurde hands-on instructievorm het risico overweldigd te worden en een passieve houding aan te nemen waardoor zij mogelijk minder flow ervaren. Ook wordt verwacht dat in de minds-on instructie meer sprake is van een positieve stemming dan in de ongestuurde hands-on instructie. Leerlingen die - mogelijk - overweldigd worden door de activiteiten in de ongestuurde hands-on instructie hebben hierbij, naar verwachting, geen positieve stemming. Minds-on instructie zorgt voor meer structuur en houvast waardoor de stemming positiever zal zijn dan bij de ongestuurde hands-on instructie.

Tevens worden de volgende punten gemeten: trainingstijd en *gender*.
Trainingstijd heeft mogelijk invloed op de kennisopbrengst, flow en stemming van leerlingen. Wanneer men langer de tijd krijgt om te leren, is de kans groter dat er meer kennis wordt opgedaan. De trainingstijd wordt gemeten omdat wij verwachten dat dit kan verschillen in de condities. Door het te meten kan hier naderhand voor gecorrigeerd worden zodat de condities eerlijk en puur vergeleken worden.

Daarnaast is ook gekeken naar *gender*. Kahle, Parker, Rennie en Riley (1993) suggereren een *gender*effect met betrekking tot de hoeveelheid kennis die leerlingen opdoen tijdens de lessen natuur en techniek. Kahle et al. (1993) stellen dat jongens en meisjes gemiddeld gezien een gelijke interesse hebben in natuur en techniek, maar dat jongens meer geïnteresseerd zijn in de onderwerpen materie en energie (waaronder ook elektriciteit) en meisjes meer geïnteresseerd zijn in natuur en techniek in relatie tot planten en dieren. Omdat verschillende onderzoeken wijzen op *gender*effecten binnen het natuur- en techniekonderwijs en het domein elektriciteit in het bijzonder (Kahle et al. 1993; Jones, Howe & Rua, 2000; Baram-Tsabari & Yarden, 2011), is het effect van *gender* in dit onderzoek meegenomen.

2. Methode

2.1 Deelnemers / achtergrond

Zestig (60) leerlingen van Nederlandse basisscholen (gemiddelde leeftijd = 11,02 jaar, SD = 0,792, 30 meisjes, 30 jongens) werkten mee aan dit onderzoek met toestemming van hun ouders. De deelnemers werden willekeurig toegewezen aan de verschillende condities, 20 deelnemers in de groep 'ongestuurde hands-on instructie' (gemiddelde leeftijd = 11,00 jaar, SD = 0,792, 12 meisjes, 8 jongens), 19 deelnemers in de groep 'hands-on gestuurde instructievorm' (gemiddelde leeftijd = 11,05 jaar, SD = 0,816, 10 meisjes, 9 jongens) en 21 deelnemers in de groep 'minds-on instructievorm' (gemiddelde leeftijd = 11,00 jaar, SD = 0,837, 8 meisjes, 13 jongens). De leerlingen hadden voorafgaand aan dit experiment geen formele lessen genoten over het onderwerp elektriciteit – stroomkringen.
De studie vond plaats op twee verschillende basisscholen in Twente, Overijssel. De leerlingen zaten in verschillende groepen, in groep 7 en in groep 8. De nationaliteit van de leerlingen was verschillend: Nederlandse (53), Syrische (1), Turkse (1), Spaans/Duitse (1), Belgisch/Nederlandse (2), Fillipijns/Nederlandse (1) en Tsjechisch/Nederlandse (1).

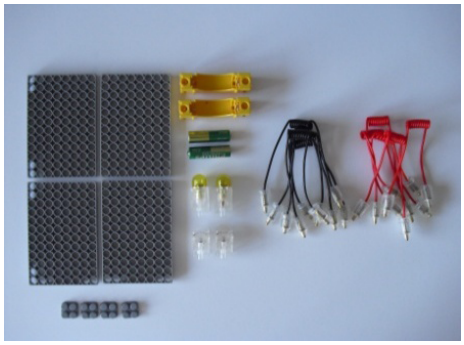
2.2 Domein elektriciteit

In dit onderzoek werken leerlingen als onderdeel van de lessen natuur en techniek aan het onderwerp elektriciteit. Natuur en techniek werd in 1998 opgenomen in de kerndoelen als kerndoel 42 (Tussendoelen en Leerlijnen, TULE, SLO, 2009) *"De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur."* (Greven & Letdeschert, 2006). Fisser (2009) stelt dat kinderen dagelijks te maken hebben met verschijnselen uit de natuur en de techniek en dat zij die interessant vinden. De natuurlijke nieuwsgierigheid van kinderen wordt helaas vaak afgeremd door hun omgeving. Fisser (2009) stelt dat het belangrijk is dat de natuurlijke nieuwsgierigheid van leerlingen geprikkeld wordt en dat leerlingen de kans krijgen om natuurwetenschappelijke fenomenen te onderzoeken.

Vanuit kerndoel 42 (Tussendoelen en Leerlijnen, TULE, SLO, 2009) is het onderwerp voor dit onderzoek naar voren gekomen: elektriciteit. Uit onderzoek blijkt dat het elektrische circuit voor veel leerlingen niet gemakkelijk te begrijpen is (Cosgrove, 1995). Leerlingen komen in het dagelijks leven vooral in aanraking met elektriciteit door het gebruik hiervan, ze komen echter niet in aanraking met het elektrisch circuit. Zij zien hierdoor geen verschillen tussen stroomlading en de oorzaak van die lading. Hierdoor redeneren leerlingen vaak stap voor stap over elektrische circuits en zien zij deze niet als een compleet en samenhangend systeem (Cosgrove, 1995). Door te experimenteren met elektriciteitssets voor het basisonderwijs kunnen leerlingen het elektrisch circuit actief verkennen. Om aan te sluiten bij de voorkennis van de leerlingen en de lesstof op de basisschool hebben wij ervoor gekozen de volgende drie onderwerpen centraal te stellen: (1) een stroomkring met een lampje, (2) geleiders en isolatoren, (3) het effect van de hoeveelheid batterijen en/of lampjes. De drie gekozen onderwerpen sluiten aan bij de onderwerpen die worden genoemd in kerndoel 42.

2.3 Materialen

In het experiment worden drie verschillende condities met elkaar vergeleken (ongestuurde hands-on instructie, gestuurde hands-on instructie en minds-on instructie). In alle drie condities is gebruik gemaakt van de GIGO 1184 elektriciteitsset, zie Afbeelding 1. De elektriciteitsset bestaat uit in totaal 26 onderdelen, welke gebruikt kunnen worden om op een veilige manier over het onderwerp elektriciteit te leren. De set is ontworpen voor leerlingen uit de bovenbouw van het basisonderwijs en is geschikt voor zelfstandig onderzoekend leren. In ons onderzoek is de mate van ondersteuning die leerlingen krijgen bij het werken met de set gevarieerd over de drie condities. In de ongestuurde hands-on instructie mogen de kinderen volledig zelfstandig met de set werken aan de hand van een drietal globale onderzoeksvragen, in de gestuurde hands-on instructie krijgen zij bij het experimenteren ondersteuning in de vorm van een opdrachtkaart en in de minds-on instructie leren de leerlingen door te kijken naar een demonstratie waarin stap voor stap met



Afbeelding 1. GIGO 1184 elektriciteitsset

het setje gewerkt wordt.

In alle drie condities werken de leerlingen aan de hand van drie onderwerpen, achtereenvolgens: (1) een stroomkring met een lampje, (2) geleiders en isolatoren, (3) het effect van de hoeveelheid batterijen en/of lampjes.

In de ongestuurde hands-on instructie worden drie globale onderzoeksvragen één voor één aan de leerling aangeboden. De leerlingen geven zelf aan wanneer zij toe zijn aan een nieuwe onderzoeksvraag. Dit hoeft niet te betekenen dat zij de vraag correct uitgevoerd hebben, het kan ook zijn dat zij geen antwoord kunnen geven op de vraag of dat zij denken de vraag correct te hebben beantwoord.

Tijdens de gestuurde hands-on instructie wordt gebruik gemaakt van een opdrachtkaart. Deze opdrachtkaart is georganiseerd aan de hand van drie globale onderzoeksvragen. Aan de hand van de opdrachten op de kaart voeren de leerlingen experimenten uit met de GIGO elektriciteitsset. Bij de opdrachtkaart hoort een werkblad waarop leerlingen hun antwoorden kunnen noteren.

Tijdens de minds-on instructie wordt gebruik gemaakt van een video waarop een leerkracht een demonstratie geeft van het experimenteren met de GIGO elektriciteitsset. De experimenten die de leerkracht op de video demonstreert zijn gebaseerd op de opdrachtkaart van de hands-on gestuurde instructievorm. De leerlingen vullen tijdens de video een werkblad in.

In Tabel 1 geven wij een overzicht van de materialen die de leerlingen in de verschillende condities tot hun beschikking hebben.

Tabel 1.
Materialen per conditie

Conditie	Materialen
Hands-on ongestuurd	De GIGO-elektriciteitsset: - grondplaten waarop het elektrische circuit gebouwd kan worden - Elektriciteitsdraden om de verschillende elementen met elkaar te verbinden - lampjes - schakelaars - batterijen - geleiders/isolatoren: schaar, paperclip, potlood, nietje en papier. Onderzoekskaarten Smileyometer
Hands-on gestuurd	De GIGO-elektriciteitsset: - grondplaten waarop het elektrische circuit gebouwd kan worden - Elektriciteitsdraden om de verschillende elementen met elkaar te verbinden - lampjes - schakelaars - batterijen - geleiders/isolatoren: schaar, paperclip, potlood, nietje en papier. Werkbladen Antwoordbladen Potlood Gum Smileyometer
Minds-on	Video Beamer Antwoordbladen Potlood Gum Smileyometer

2.4 Meetinstrumenten

De drie instructievormen kunnen een effect hebben op de kennis, flow en stemming. Om deze effecten te meten zijn er tijdens het experiment op verschillende momenten toetsen afgenomen, voorafgaand aan het experiment, tijdens het experiment en na afloop van het experiment.

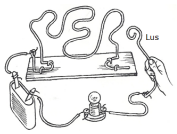
2.4.1 Voortoetsen

2.4.1.1 Voortoets kennis

Voorafgaand aan het experimenteren is er een voortoets kennis afgenomen om (1) te bepalen of er significante verschillen in voorkennis tussen condities waren en (2) om de effecten van een conditie (instructievorm) met betrekking tot kennisopbrengst te toetsen. In de voortoets kennis konden de leerlingen 10 punten behalen door het beantwoorden van essayvragen (waar de leerlingen zelf een argument moesten aandragen of een voorbeeld moesten noemen) en 12 punten door het beantwoorden van multiplechoice vragen (waar slechts één antwoord mogelijk was). In de voortoets kennis kon een maximum score van 22 punten worden behaald. De voortoets toetste op conceptuele kennis (de kennis die een leerling heeft rondom een bepaald concept) en declaratieve kennis (de feitelijke kennis waarover de leerling beschikt). Een voorbeeld van een vraag die toetst op conceptuele kennis is afgebeeld als Afbeelding 2. Een voorbeeld van een vraag die toetst op declaratieve kennis is afgebeeld als Afbeelding 3.

6. Je ziet een plaatje van een zenuwspel. De bedoeling van dit spel is om van de linker naar de rechterkant te komen met de ijzeren lus, zonder het spel aan te raken.

a. Wat zou er gebeuren als je met de lus toch het spel aanraakt?



De lamp gaat wel/niet branden, omdat _____

Afbeelding 2. Voorbeeldvraag voortoets kennis conceptuele kennis

Drie onderzoekers scoorden individueel 5% van de voortoets kennis en 5% van de natoets kennis. De Cohen's Kappa voor de beoordelaarsovereenstemming bedroeg .817. Voor het berekenen van de uiteindelijke score is gebruik gemaakt van de beoordeling van de eerste onderzoeker.

4. a. Vul de volgende woorden in op de goede plaats: **stromen - schakelaar – de klas – huis – stroomkring**

Elektrische stroom is overal, bijvoorbeeld in _____of in _____. Met een _____ kun je een lamp aan of uit doen. Een lamp kan alleen branden als de _____ kan stromen, daarom noemen we dit een _____

Afbeelding 3. Voorbeeldvraag voortoets kennis declaratieve kennis

2.4.1.2 Science Curiosity Scale

De interesse van leerlingen in een bepaald onderwerp kan de flow van leerlingen beïnvloeden (Nakamura & Csikszentmihalyi, 2001). In dit onderzoek is de nieuwsgierigheid naar en de interesse in het onderwerp science gemeten aan de hand van de Science Curiosity Scale van Harty en Beall (1984). Deze schaal is speciaal ontwikkeld voor het meten en waarderen van de nieuwsgierigheid van leerlingen naar science om onder andere de toepassing van motivatietechnieken bij leerlingen te implementeren (Harty & Beall, 1984). De leerlingen moeten bij het invullen van de SCS reageren op 30 stellingen. Zij moeten hierop reageren met een cijfer (1= heel positief, 5= heel negatief). De uitslag van de Science Curiosity Scale (hoogst mogelijke score is 130) geeft een goede indicatie van de interesse van leerlingen in het onderwerp science. De leerlingen die deelgenomen hebben aan dit onderzoek hebben de Science Curiosity Scale vier dagen voorafgaand aan het experiment ingevuld. Zie Afbeelding 4 om een indruk te krijgen van de Science Curiosity Scale.

1. Wetenschappelijke tijdschriften en verhalen zijn interessant
2. Ik vind het leuk om naar wetenschappelijke tv-programma's te kijken
3. Ik vind het leuk om dingen uit de natuur te verzamelen
4. Ik vind het leuk om naar goochelshows te kijken
5. Het is saai om te lezen over verschillende dieren

Afbeelding 4. Voorbeeld deel Science Curiosity Scale

Voor de Science Curiosity Scale is de betrouwbaarheid van het meetinstrument berekend aan de hand van Cronbach's Alpha. Voor de Science Curiosity Scale werd een Alpha van .90 (n=30) behaald.

2.4.2 Tussentijdse testen

2.4.2.1 Tussentijdse test voor stemming

Stemming is een set van gevoelens die vluchtig van aard is, varieert in intensiteit en duur en waarbij meestal sprake is van meer dan één emotie (Lane & Terry, 2000). In dit onderzoek is de stemming van leerlingen gemeten door een aangepaste versie van de zogenaamde 'Smileyometer' van Read (2007). De Smileyometer is een instrument uit de Fun Toolkit, een instrument dat gebruikt kan worden bij het verzamelen van meningen van kinderen over techniek. De Smileyometer is makkelijk in te vullen door de leerlingen, is snel en vraagt om weinig lees- en schrijfvermogen. De Smileyometer bestaat uit een aantal smileys die een bepaalde stemming uitdrukken.

De aangepaste versie die in dit onderzoek gebruikt is, Afbeelding 5, bevat 6 smileys: Blij, tevreden, neutraal, verdrietig, onzeker en boos. Deze begrippen zijn aangeboden aan de leerlingen door grote posters in de klas waarop de smileys met bijbehorende woorden te zien waren.

Voor aanvang van het experimenteren ontvingen de leerlingen drie blaadjes met daarop de smileys. Er werd van de leerlingen verwacht dat zij deze Smileyometer op aangegeven momenten invulden. Op deze manier is het verloop van de stemming van de leerlingen tijdens het experimenteren in kaart gebracht.

Tijd: ____

Hoe voel je je na deze taak?

Afbeelding 5. Smileys gebaseerd op de Smileyometer

2.4.3 Natoetsen

2.4.3.1 Natoets kennis

Na afloop van het experimenten is er een natoets kennis afgenomen om de effecten van een conditie (instructievorm) met betrekking tot kennisopbrengst te toetsen. In de natoets kennis konden de leerlingen 26 punten behalen door het beantwoorden van essayvragen (waar de leerlingen zelf een argument moesten aandragen of een voorbeeld moesten noemen) en 13 punten door het beantwoorden van multiplechoice vragen (waar slechts één antwoord mogelijk was). In de natoets kennis kon een maximum score van 39 punten worden behaald. De natoets bestond op 22 punten uit dezelfde vragen (vorm en inhoud) als de voortoets kennis en varieerde van de voortoets kennis op 17 punten. De vragen van de natoets toetsten op conceptuele kennis (de kennis die een leerling heeft rondom een bepaald concept) en declaratieve kennis (de feitelijke kennis waarover de leerling beschikt). Een voorbeeld van een vraag die toetst op conceptuele kennis is afgebeeld als Afbeelding 6. Een voorbeeld van een vraag die toetst op declaratieve kennis is afgebeeld als Afbeelding 7 waarbij het zwarte, schuingedrukte deel van de vraag toetst op declaratieve kennis.

10. Hiernaast zie je een plaatje van een stroomkring met 2 lampjes en 1 batterij. Wat denk je dat er zal gebeuren als je er nog één batterij bij plaatst?

_____

_____

Afbeelding 6. Voorbeeld natoets kennis conceptuele kennis vraag

7. Wat denk je dat er zal gebeuren als de lus niet van ijzer maar van hout zou zijn?

a. De lamp gaat wel/niet branden, omdat _____

_____

_____

b. ***Hout noem je daarom een isolator/geleider.*** Kun je hier nog een voorbeeld van noemen?

_____

Afbeelding 7. Voorbeeld natoets kennis declaratieve kennis vraag

Drie onderzoekers scoorden individueel 5% van de voortoets kennis en 5% van de natoets kennis. De Cohen's Kappa voor de beoordelaarsovereenstemming bedroeg .817. Voor het berekenen van de uiteindelijke score is gebruik gemaakt van de beoordeling van de eerste onderzoeker.

2.4.3.2 Flow Short Scale

Na het experimenteren hebben de leerlingen een vragenlijst ingevuld, zie Afbeelding 8. Hiermee gaven zij, door verschillende stellingen te waarderen met een cijfer,

aan of zij de taken als leuk en prettig ervaren hadden. Deze vragenlijst is gebaseerd op de Flow Short Scale van Rheinberg et al. (2003). Een lage score indiceert een hoge ervaring van flow. Leerlingen hebben deze vragenlijst na het experimenteren ingevuld, dus een lage score geeft aan dat de leerling achteraf zegt veel flow te hebben ervaren tijdens de interventie/het experimenteren.

Voor de Flow Short Scale is de betrouwbaarheid van het meetinstrument berekend aan de hand van Cronbach's Alpha. Voor de Flow Short Scale werd een alpha van .841 (n=9) behaald.

2.5 Procedure

Vier dagen vóór het experiment vulden de leerlingen de voortoets kennis en de Science Curiosity Scale in, deze werd afgenomen door de groepsleerkracht. De groepsleerkrachten hadden vooraf een duidelijke instructie gekregen over het afnemen van de voortoets kennis en de SCS. Zij kregen hiervoor 30 minuten de tijd. Vlak voor aanvang van het experiment werd een instructievideo aan alle leerlingen getoond. Deze instructievideo bevat een korte inleiding voor de leerlingen over het domein elektriciteit en de GIGO elektriciteitsset. Vervolgens kregen de leerlingen procedurele informatie, zoals dat zij in groepjes werden ingedeeld, dat ze geen cijfer zouden krijgen voor de toetsen en wat er ongeveer van hen verwacht werd. De leerlingen in de ongestuurde hands-on instructie en in de gestuurde hands-on instructie werden in vier delen (5 leerlingen per keer) uit het klaslokaal gehaald. De leerlingen in de minds-on instructie werden in twee keer (10 leerlingen per keer) uit het klaslokaal gehaald.

In de ongestuurde hands-on instructie kregen de leerlingen bij aanvang van het experiment één globale onderzoeksvraag. Wanneer zij – volgens eigen inzicht - klaar waren met de onderzoeksvraag kregen zij van de onderzoekers een Smileyometer. Op deze Smileyometer moesten de leerlingen hun stemming aangeven en het tijdstip invullen Vervolgens kregen zij een tweede globale onderzoeksvraag, waarna ook weer een Smileyometer ingevuld moest worden en eventueel – als de tijd het toeliet - een derde onderzoeksvraag. In totaal mocht het experimenteren maximaal 25 minuten duren. De leerlingen kregen geen hulp of feedback van een leerkracht. Direct na afloop van het experimenteren werden de natoets kennis en de Flow Short Scale afgenomen. De leerlingen kregen voor deze testen in totaal 40 minuten de tijd.

In de gestuurde hands-on instructie kregen de leerlingen bij aanvang van het experiment de opdrachtkaart, het invulblad en het materiaal van de GIGO elektriciteitsset en mochten zij experimenteren met het materiaal. Zij moesten de opdrachtkaart stap voor stap volgen. Na vraag 5, vraag 10 en vraag 12 vulden zij de Smileyometer in. Hierop vulden zij ook de tijd in. Voor het experimenteren kregen zij 25 minuten de tijd. De leerlingen kregen geen hulp of feedback van een leerkracht. Direct na afloop van het experimenteren werd de natoets kennis en de Flow Short Scale afgenomen. Hiervoor kregen de leerlingen in totaal 40 minuten de tijd.

In de minds-on instructie kregen de leerlingen een instructievideo te zien. De leerlingen moesten tijdens de video het invulblad invullen. Op vaste momenten in de video moesten de leerlingen de Smileyometer invullen. In totaal duurde de video 15 minuten, de leerlingen kregen tussendoor steeds even tijd om de antwoorden in te vullen op het invulblad. Direct na afloop werd de natoets kennis en de Flow Short Scale afgenomen. Ook zij kregen hier 40 minuten de tijd voor.

Hierna is een schematische weergave van de procedure weergegeven, zie Tabel 2 op de volgende bladzijde.

Wat vond je van deze taak?	**Klopt**						**Klopt niet**
Ik vind de opdrachten leuk	1	2	3	4	5	6	7
Ik vind het fijn dat je bij deze opdrachten nieuwe dingen leert	1	2	3	4	5	6	7
De opdrachten vind ik nuttig	1	2	3	4	5	6	7
Ik hoef geen beloning, de opdrachten gaven me plezier genoeg!	1	2	3	4	5	6	7

Afbeelding 8. Een deel van de Flow Short Scale

Tabel 2.
Schematische weergave van de procedure

Testen	Ongestuurde hands-on instructie *Conditie 1*	Gestuurde hands-on instructie *Conditie 2*	Minds-on instructie *Conditie 3*
Voortoets kennis	Deze test werd voor de interventie afgenomen. (15 min.)	Deze test werd voor de interventie afgenomen. (15 min.)	Deze test werd voor de interventie afgenomen. (15 min.)
Science Curiosity Scale	Deze test werd voor de interventie afgenomen (15 min.)	Deze test werd voor de interventie afgenomen. (15 min.)	Deze test werd voor de interventie afgenomen. (15 min.)
Activiteit 1	Onderzoeken a.d.h.v. eerste globale onderzoeksvraag. (gem. 9 min.)	Onderzoeken met behulp van de opdrachtkaart, vraag 1 t/m 5. (gem. 9 min.)	Kijken naar instructievideo. (gem. 10 min.)
Smileyometer 1	Ingevuld na activiteit 1.	Ingevuld na vraag 5 van opdrachtkaart.	Ingevuld na 10 min. kijken.
Activiteit 2	Onderzoeken a.d.h.v. tweede globale onderzoeksvraag (gem. 6 min.)	Onderzoeken met behulp van de opdrachtkaart, vraag 6 t/m 12. (gem. 8 min.)	Kijken naar instructievideo. (gem. 6 min.)
Smileyometer 2	Ingevuld na activiteit 2.	Ingevuld na vraag 12 van opdrachtkaart.	Ingevuld na 6 min. kijken.
Activiteit 3	Onderzoeken a.d.h.v. derde globale onderzoeksvraag (gem. 8 min.)	Onderzoeken met behulp van de opdrachtkaart, vraag 1 t/m 10. (gem. 6 min.)	Kijken naar instructievideo. (gem. 7 min.)
Smileyometer 3	Ingevuld na activiteit 3.	Ingevuld na vraag 10 van opdrachtkaart.	Ingevuld na 7 min. kijken.
Natoets kennis	Deze test werd direct na de interventie afgenomen. (25 min.)	Deze test werd direct na de interventie afgenomen. (25 min.)	Deze test werd direct na de interventie afgenomen. (25 min.)
Flow Short Scale	Deze test werd direct na de interventie afgenomen (15 min.)	Deze test werd direct na de interventie afgenomen. (15 min.)	Deze test werd direct na de interventie afgenomen. (15 min.)

3 Resultaten

3.1 Data analyse

In deze quasi experimentele studie worden drie condities met elkaar vergeleken. Op drie verschillende meetmomenten, voor, tijdens en na afloop van de interventie zijn data verzameld. Een variantie-analyse op de resultaten van de voormetingen laat zien dat er geen verschillen tussen de condities zijn betreffende de science curiosity en de scores op de voorkennistoets (zie Tabel 3). Tevens blijkt uit de resultaten van een variantie-analyse dat er op de voormetingen geen significant effect van *gender* op de scores van de science curiosity scale en de scores op de voorkennis toets is. Bij het analyseren van de resultaten van de tussentijdse metingen en nametingen is gebruik gemaakt van (multivariate) variantie-analyse technieken. Significante effecten zijn nader onderzocht met behulp van post hoc Bonferonni gecorrigeerde paarsgewijze vergelijkingen. Bij de alle uitgevoerde analyses hanteren we $\alpha < .05$ als het verwerpingsniveau en bij significante resultaten rapporteren we partial eta squared (η^2) als indicator voor de effectgrootte.

3.2 Tussentijdse metingen

3.2.1 Trainingstijd

Condities verschilden van elkaar met betrekking tot de trainingstijd die besteed is aan het eerste ($F(2,47)= 10.85$, $p < .01$, ηp^2 .316, zie Tabel 4) en derde onderwerp ($F(2,47)= 7.07$, $p < .01$, ηp^2 .231 zie Tabel 4) en de totale trainingstijd ($F(2,47)= 63.48$, $p < .01$, ηp^2 .730, zie Tabel 4). Leerlingen in de ongestuurde hands-on conditie besteedden significant minder tijd aan de eerste en tweede deelvraag dan leerlingen in de gestuurde hands-on conditie. Er zijn met betrekking tot de tijd die door de leerlingen is besteed aan het eerste en derde onderwerp, geen significante verschillen tussen de ongestuurde hands-on conditie en de minds-on conditie. De gestuurde hands-on conditie en de minds-on conditie blijken ook niet van elkaar te verschillen met betrekking tot de tijd die door de leerlingen is besteed aan het eerste en derde onderwerp. Bonferroni paarsgewijze vergelijkingen tonen aan dat de totale trainingstijd in de ongestuurde hands-on conditie significant lager is dan de totale trainingstijd in beide overige condities. De totale trainingstijd van leerlingen in de gestuurde hands-on conditie en de minds-on conditie verschillen niet significant van elkaar.

Tabel 3.
Scores op de voortoets kennis en de science curiosity scale per conditie

	Voorkennis		Science Curiosity Scale	
Conditie	*M*	*s.d.*	*M*	*s.d.*
Ongestuurde hands-on instructie	17,45	1,82	98,40	16,34
Gestuurde hands-on instructie	16,95	2,66	96,63	19,88
Minds-on instructie	17,38	2,82	99,52	19,85
Totaal	17,27	2,44	18,48	2,38

M = gemiddelde; *s.d.* = standaard afwijking.

Tabel 4.
Overzicht van de totale trainingstijd en de trainingstijd (in minuten) voor de deelonderwerpen per conditie.

	Totale train		Onderwerp1		Onderwerp2		Onderwerp3	
Conditie	*M*	*s.d.*	*M*	*s.d.*	*M*	*s.d.*	*M*	*s.d.*
Ongestuurde hands-on instructie	12,00	9,50	7,10	4,18	3,20	8,62	1,75	7,19
Gestuurde hands-on instructie	23,11	10,44	10,53	5,03	9,26	5,81	3,31	14,46
Minds-on instructie	23,00	0,00	10,00	0,00	6,00	0,00	7,00	0,00
Totaal	19,38	9,47	9,20	3,95	6,10	6,35	4,08	9,25

M = gemiddelde; *s.d.* = standaard afwijking.

Gedurende het experiment is op drie momenten de stemming van de leerlingen gepeild met behulp van de Smileyometer. Leerlingen vulden de Smileyometer in na het afronden van ieder deelonderwerp. De stemming van leerlingen in de verschillende condities blijkt na afloop van het eerste ($F(2,57)= .106$, n.s.) en tweede onderwerp ($F(2,52)= 1,115$, n.s.) niet significant van elkaar te verschillen. Wel blijkt er een effect te zijn van conditie op de stemming die door de leerlingen werd gerapporteerd na afloop van het derde onderwerp ($F(2,52)= 4,890$, $p < .01$, ηp^2 .292). Post hoc vergelijkingen tonen aan dat leerlingen na afloop van het derde onderwerp in de minds-on conditie significant vaker een positieve stemming rapporteerden dan leerlingen in de ongestuurde hands-on conditie. Tevens rapporteerden de leerlingen in de ongestuurde hands-on conditie na afloop van het derde onderwerp significant vaker een neutrale stemming dan de leerlingen in de minds-on conditie, zie Tabel 5.

Analyses laten geen significant hoofdeffect van *gender* of interactie-effect van conditie en *gender* op trainingstijd en gerapporteerde stemming zien.

3.3 Nametingen

3.3.1 Is er sprake van kennistoename met betrekking tot de basisvragen?

De natoets bestond 39 vragen, waarvan 14 zich richten op de declaratieve kennis en 25 zich richten op de conceptuele kennis. Een deel van de vragen in de natoets kwam overeen met de vragen uit de voortoets, dit zijn de zogenaamde basisvragen. Om inzicht te krijgen in de kennisontwikkeling van de deelnemende leerlingen zijn de basisvragen met behulp van herhaalde metingen (waarin wordt gecorrigeerd voor de verschillen in trainingstijd) geanalyseerd. Uit deze analyse blijkt er sprake is van een significant negatief effect van test op declaratieve basisvragen ($F(1,53)= 30,61$ $p < .05$, ηp^2 .366), zie Tabel 6.

Uit een herhaalde metingen analyse blijkt dat er, gecorrigeerd voor trainingstijd, geen significant leereffect is op de basisvragen voor conceptuele kennis ($F(1,56)= .30$, p = n.s., ηp^2 .001), en er geen significant interactie effect is van conditie en kennisontwikkeling ($F(2,55)= 3.573$, p = n.s., ηp^2 .113), zie Tabel 7. Er is geen significant (interactie) effect van *gender* op de verschillende typen basisvragen gevonden.

Tabel 5.
Frequenties van type stemming (positief, neutraal, negatief) tijdens training

	Stemming 1				Stemming 2				Stemming 3			
Conditie	*pos*	*neu*	*neg*	***Tot***	*pos*	*neu*	*neg*	***Tot***	*pos*	*neu*	*neg*	***Tot***
Ongestuurde hands-on instructie	16	2	2	**20**	7	5	4	**16**	2	6	5	**13**
Gestuurde hands-on instructie	14	5	0	**19**	14	4	1	**19**	12	3	1	**16**
Minds-on instructie	16	4	1	**21**	14	5	2	**21**	16	1	4	**21**

Tabel 6.
Estimated mariginal means basisvragen (declaratief, totaal) gecorrigeerd voor trainingstijd.

	Basis declaratief pre		Basis declaratief post		declaratief tot	
Conditie	M	sd	*M*	*s.d.*	*M*	*s.d.*
Ongestuurde hands-on instructie	9,36	,308	8,28	3,45	10,09	,469
Gestuurde hands-on instructie	9,71	,288	7,13	,350	12,02	,589
Minds-on instructie	9,51	,274	6,65	,375	11,47	,469

M = gemiddelde; *s.d.* = standaard afwijking.

3.3.2 Effecten van instructievorm en gender op de kennistoets

Om inzicht te krijgen in de effecten van de verschillende instructievormen (condities) en *gender* op de natoetsscores is een mulivariate covariantie analyse uitgevoerd. Uit de procesmetingen bleek dat de trainingstijd varieerde over de verschillende instructievormen. Om een uitspraak te kunnen doen over de effectiviteit van de verschillende instructievormen wordt de totale trainingstijd meegenomen als covariaat in de MANCOVA. Er werd een significant verschil tussen condities gevonden met betrekking tot de scores op de additionele vragen in de natoets ($F(2,43)= 11.60$, $p < .01$, ηp^2 .350) en de totale natoetsscore ($F(2,47)= 6.49$, $p < .01$, ηp^2 .231), zie Tabel 8. Er is geen significant effect van *gender* op de resultaten van de natoets gevonden. Jongens en meisjes scoorden vergelijkbaar op de basisvragen ($F(1,43)= 2.57$, n.s.), op de additionele vragen ($F(1,43)= .24$, n.s.) en op de toets als geheel ($F(1,43)= 1.42$, n.s.).

3.3.3 Effecten van instructievorm en gender op de ervaren flow

Met behulp van de flow short scale rapporteerden de leerlingen na afloop van het experiment de ervaren flow. Uit de resultaten van de MANCOVA waarbij trainingstijd mee werd genomen als covariaat, blijkt dat condities onderling niet van elkaar verschillen met betrekking tot de door de leerlingen gerapporteerde flow ($F(2,43)= .183$, n.s.). Wel blijken jongens tijdens de lessen significant meer flow te hebben ervaren dan meisjes ($F(1,43)= 11.38$, $p < .01$, ηp^2. 209).

Tabel 7.
Estimated mariginal means basisvragen (conceptueel, totaal) gecorrigeerd voor trainingstijd.

	Basis conceptueel pre		Basis conceptueel		Conceptueel totaal	
Conditie	M	sd	*M*	*s.d.*	*M*	*s.d.*
Ongestuurde hands-on instructie	8,65	,282	8,28	,355	10,41	,911
Gestuurde hands-on instructie	8,43	,296	8,41	,373	13,71	,910
Minds-on instructie	9,51	,274	6,65	,375	14,88	,725

M = gemiddelde; *s.d.* = standaard afwijking.

Tabel 8.
Score op de natoets kennis en op de extra vragen in de natoets kennis

	Basisvragen (max. 22 pnt)		Extra vragen (max. 17 pnt)		Totaal score (max. 39 pnt)	
Conditie	M	sd	*M*	*s.d.*	*M*	*s.d.*
Ongestuurde hands-on instructie	15,00	2,99	4,85	3,45	19,85	5,63
Gestuurde hands-on instructie	17,11	3,05	7,26	3,63	24,37	6,10
Minds-on instructie	16,71	3,28	9,62	2,82	26,33	5,12
Totaal	16,27	3,20	7,28	3,81	23,55	6,1

M = gemiddelde; *s.d.* = standaard afwijking.

4 Conclusie en Discussie

De resultaten van dit onderzoek komen overeen met de hypothese dat de conditie invloed zou hebben op de kennisopbrengst van leerlingen. De verwachting was dat de gestuurde hands-on instructie voor meer kennisopbrengst zou zorgen dan de minds-on instructie en de ongestuurde hands-on instructie. Deze hypothese werd niet bevestigd, de minds-on instructie zorgde voor de hoogste kennisopbrengst gecorrigeerd voor trainingstijd. Tevens werd verwacht dat de gestuurde hands-on instructie voor meer kennisopbrengst zou zorgen dan de ongestuurde hands-on instructie. Deze hypothese werd bevestigd. De hypothese dat de instructievorm invloed heeft op de flow en stemming van de leerlingen werd verworpen, er zijn geen significante verschillen gevonden in de hoeveelheid flow en stemming die de leerlingen hebben ervaren.

De resultaten van deze studie komen overeen met het onderzoek van Klahr en Nigam (2004), waaruit blijkt dat de directe instructie, in deze studie minds-on instructie, effectiever is dan ongestuurde hands-on instructie. Minds-on instructie blijkt de meest effectieve instructievorm te zijn met betrekking tot kennisopbrengst. Echter verschilt de directe instructie instructievorm van Klahr en Nigam (2004) van de minds-on instructie die in dit onderzoek gebruikt is. In de directe instructievorm van Klahr en Nigam (2004) en in de minds-on instructie krijgen de leerlingen een leerkracht gestuurde instructie, waar het tempo wordt bepaald door de leerkracht die de experimenten demonstreert. Een belangrijk verschil met het onderzoek van Klahr en Nigam (2004) is dat de leerlingen zelf de mogelijkheid krijgen om de oplossing te bedenken, voordat het juiste antwoord gegeven wordt. De leerlingen krijgen de mogelijkheid om zelf te hypothetiseren. Hierdoor is de kans op declaratieve kennis groter tijdens de minds-on instructie, dan in de directe instructie van Klahr en Nigam (2004). De resultaten van dit onderzoek kunnen dit niet bevestigen, mogelijk waren de meetinstrumenten niet gevoelig genoeg om de twee verschillende typen kennis te meten.

In overeenstemming met de resultaten van de onderzoeken van Mayer (2004) en Alfieri et al. (2010) bleek gestuurde hands-on instructie effectiever dan ongestuurde hands-on instructie. Alfieri et al. (2010) stelden dat ongestuurde hands-on instructie alleen effectief kan zijn wanneer er sprake is van ervaring bij de leerlingen met betrekking tot het onderzoeksproces. De leerlingen in de gestuurde hands-on instructie conditie bleken significant beter te scoren dan de leerlingen in de ongestuurde hands-on instructie conditie.

De hypothese dat er tijdens minds-on instructie meer sprake zou zijn van een positieve stemming dan tijdens ongestuurde hands-on instructie werd bevestigd. Mogelijk werden de leerlingen tijdens ongestuurde hands-on instructie overweldigd door de complexe taken en hebben zij daardoor een minder positieve stemming tijdens het uitvoeren van de taken.

Kahle et al. (1993) suggereren een gender effect in de kennisopbrengst tijdens science. Deze resultaten zijn in tegenstelling tot de resultaten van dit onderzoek. Er is geen gender effect gevonden voor de kennisopbrengst. De jongens scoren niet beter dan de meisjes. In tegenstelling tot de resultaten van Kahle et al. (1993) blijkt er geen significant verschil in de stemming van jongens en meisjes te zijn.

Naast een gender effect voor stemming suggereren Kahle et al. (1993) ook een gender effect voor flow. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de resultaten van dit onderzoek. Na afloop van de les rapporteerden de leerlingen de ervaren flow. Jongens rapporteerden een hogere flow dan meisjes. Zoals eerder genoemd is flow een staat waarin de leerling zich bevindt wanneer de leerling intrinsiek bezig is, zichtbaar geconcentreerd en betrokken is, en zich maximaal uitgedaagd voelt omdat de leerling werkt in zijn of haar zone van naaste ontwikkeling (het niveau van de activiteiten ligt net iets hoger dan het niveau van de leerling op dat moment). In dit onderzoek bleken jongens zich meer uitgedaagd, meer betrokken en meer geconcentreerd te voelen dan meisjes. Gezien de stemming van de leerlingen van beide seksen tijdens het experiment vergelijkbaar was en er geen significante *gender* verschillen in kennisopbrengst en interesse in science zijn geconstateerd is de bevinding dat jongens achteraf aangeven meer flow te hebben ervaren opmerkelijk. Hierbij moet opgemerkt worden dat er bij de gemeten interesse in science (Science Curiosity Scale) sprake was van een trend, jongens waren nieuwsgieriger dan meisjes.

De perceptie van flow bij meisjes is in dit onderzoek negatiever, hierbij moet opgemerkt worden dat de flow achteraf gemeten is. Wanneer een leerling achteraf aangeeft tijdens de activiteit flow te hebben ervaren geeft dit geen accuraat beeld van flow tijdens het experimenteren. Om een goed beeld van flow tijdens het experimenteren te krijgen zou er een flow-intermediate test afgenomen moeten worden.

De bevindingen van dit onderzoek kunnen belangrijk zijn voor het huidige science onderwijs. Hands-on instructievormen binnen het science onderwijs blijken niet het meest effectief met betrekking tot kennisopbrengst, gecorrigeerd voor trainingstijd. Minds-on instructie blijkt het meest tijdseffectief te zijn. Kan uit deze resultaten worden geconcludeerd dat minds-on instructie de beste instructievorm is voor science onderwijs?

Minds-on instructie lijkt de meest effectieve instructievorm te zijn met betrekking tot kennisopbrengst, gecorrigeerd voor trainingstijd. Minds-on instructie kost de minste leertijd, vergt de minste voorbereiding, eist de minste (kostbare) materialen en is het meest effectief op korte termijn. Er is echter geen retentietoets is afgenomen om te meten of de verschillen in kennisopbrengst ook op lange termijn significant verschillen.

Wellicht kunnen basisscholen rekening houden met de lagere flow die meisjes ervoeren na de instructie. Het beeld dat meisjes achteraf hebben van science onderwijs

zou misschien positiever kunnen worden door andere science onderwerpen. In plaats van elektriciteit – stroomkringen, zouden meer gender neutrale onderwerpen behandeld kunnen worden. Misschien kan het beeld van meisjes veranderd worden door meer meisjesachtige science onderwerpen te behandelen, een voorbeeld van een dergelijk onderwerp kan zijn: 'Hoe werkt een steiltang?' en 'Hoe wordt zeep gemaakt?'.

5 Referenties

Alfieri, L., Brooks, P.J., Aldrich, N.J. & Tenenbaum, H.R. (2010). Does Discovery-Based instruction Enhance Learning? *Journal of Educational Psychology,* 103 (1), 1-18.

Aspinwall, L.G. (1998). Rethinking the role of positive affect in self-regulation. *Motivation and Emotion, 22,* 1-32.

Baram-Tsabari, A. & Yarden, A. (2011). Quantifying the Gender Gap in Science Interests. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 523-550.

Cosgrove, M. (1995). A study of science-in-the-making as students generate an analogy for electricity. *International Journal of Science Education*, 17, 295- 310.

Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play.* San Francisco: Jossey-Bass.

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience.* New York: Harper & Row.

De Jong, T. (2005). The guided discovery principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 215-229). Cambridge (UK): Cambridge University Press.

De Jong, T. & Ferguson-Hessler, M. (1996). Types and qualities of knowledge. *Educational Psychologist*, 31(2), 105-113.

De Jong, T., & van Joolingen, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-202.

Deci, E.L., Vallerand, R.J., Pelletier, L.G. & Ryan, R.M. (1991). Motivation and education: Self-Determination Perspective. *Educational Psychologist*, 26, 325-346.

Efklides, A. & Petkaki, C. (2005). Effects of mood on students' metacognitive experiences. *Learning and Instruction,* 15, 415-431.

Edward, A., Jones, S.M., Wapstra, E. & Richardson, A.M.M. (2007). *Engaging students through authentic research experience.* Sydney: National Uniserve Con ference, 26-28/9/07.

Ferguson-Hessler, M.G.M., & De Jong, T. (1993). Het leren van exacte vakken. In: W. Tomic & P. Span (Eds.), *Onderwijspsychologie. Beïnvloeding, verloop en resultaten van leerprocessen* (pp. 331-353). Utrecht: Lemma.

Fielding, G.D., Kameenui, E. & Gersten, R. (1983). A comparison of an inquiry and a direct instruction approach to teaching legal concepts and applications to secondary school students. *Journal of Educational Research*, 76, 287-293.

Fisser, P. (2009). *Nieuwsgierigheid zet aan tot ontdekken, onderzoeken en ontwerpen.*

Flick, L.B. (1993). The Meanings of Hands-on science. *Journal of Science Teacher Education*, 4, 1-8.

Greven, J. & Letschert, J. (2006). *Kerndoelen Primair Onderwijs.* Retrieved from www.slo.nl/primair/kerndoelen/Kerndoelenboekje.pdf/download

Harty, H. & Beall, D. (1984). Toward the development of a children's science curiosity measure. *Journal of research in science teaching*, *21*, 425-436.

Hirt, E.R., McDonald, H.E. & Melton, R.J. (1996). Processing goals and the affect-performance link: mood as main effect or mood as an input? In L.L. Martin & A. Tesser (Eds.), *Striving and feel ing: Interactions among goals, affect, and self-regulation* (pp. 303-328). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Jones, M.G., Howe, A. & Rua, M.J. (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science Education*, *84,* 180-192.

Kahle, J.B., Parker, L.H., Rennie, L.J. & Riley, D. (1993). Gender differences in science education: Building a model. *Educational Psychologist,* 28, 379-404.

Kemmers, P., Klein Tank, M. & van Graft, M. (2007). Onderzoekend en ontwerpen leren bij natuur en tech niek. Evalueren van brede ontwikkeling van leerlingen in open onderwijsvormen. *Primair onderwijs*. En schede: Stichting Leerplanontwikkeling.

Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learn ing paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science, 15,* 661–667.

Klahr, D., Triona, L.M. & Williams, C. (2007). Hands on What? The Relative Effectiveness of Physical Versus Virtual Materials in an Engineering Design Project by Middle School Children. *Journal of research in science teaching, 44*, 183-203.

Kuhn, D. & Pease, M. (2008). What Needs to Develop in the Development of Inquiry Skills? *Cognition and Instruction, 26*, 512-559.

Lane, A.M. & Terry, P.C. (2000). The Nature of Mood: Development of a Conceptual Model with a Focus on Depression. *Journal of Applied Sport Psychology, 12,* 16-33.

Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psycholo gist, 59*,14–19.

Nakamura, J. & Csikszentmihalyi, M. (2001). The concept of flow. In C.R. Snyder & S.J. Lopez (Eds.), *Handbook of positive Psychology* (pp. 89-105). Oxford: Oxford University Press.

Pieters, J.M. & Verschaffel, L. (2003). *Onderwijskunde.* Hoofdstuk 6: Beïnvloeden van leerprocessen 251-284. Groningen/Houten, Nederland: Wolters-Noord hoff.

Pine, J., Aschbacher, P., Roth, E., Jones, M., McPhee, C., Martin, C., Phelps, S., Kyle, T. & Foley, B. (2006). Fifth Graders' Science Inquiry Abilities: A Comparative Study of Students in Hands-on and Textbook Curricula. *Journal of Research in Science Teaching, 43,* 467-484.

Read, J. C. (2007). Validating the Fun Toolkit: an instrument for measuring children's opinions of technology. *Cogn Tech Work, 10,* 119-128.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003). Die Er fassung des Flow-Erlebens. *Diagnostik von Motivation und Selstkonzept*, *2*, 261-279.

Swaak, J. (1998). *What-If: Discovery simulations and as sessment of intuitive knowledge.* Unpublished Doctoral Thesis. Oldenzaal, Nederland: Dinkeldruk.

Taraban R, Box C, Myers R, Pollard R, Bowen CW (2007). Effects of Active-Learning Experiences on Achieve ment, Attitudes, and Behaviors in High School Biology. *Journal of Research in Science Teaching, 44*, 960-979.

Veermans, K. & Van Joolingen, W.R. (1998). *Using Induction to Generate Feedback in Simulation Based Discovery Learning Environments, 1452,* 196-205.

Vygotsky, L.S. (1978). Interaction between learning and development. In M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Souberman (Eds.), *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes.* (pp. 79-91). Cambridge: Harvard University Press.

Woolfolk, A., Hughes, M. & Walkup, V. (2008). *Psychology in education*. Harlow, Engeland: Pearson Education Limited.

6 Bijlagen

- Bijlage 1: Opdrachtkaart
Gestuurde hands-on instructie

- Bijlage 2: Globale onderzoeksvragen
Ongestuurde hands-on instructie

Bijlage 1

Opdrachtkaart
Gestuurde hands-on instructie

Stroomkringen

Elektriciteit moet kunnen stromen

1 Bekijk de opstelling hiernaast.

2 Vul de lijst verder in:
Ik zie

Onderdelen	
2	grondplaten
	verbindingsstukjes
	batterij(en)
	rode draad/draden
	zwarte draad/draden
	lampje(s)

3 Pak de onderdelen die je nodig hebt en bouw de opstelling na.

4 a. Wat denk je dat er zal gebeuren als je de zwarte draad en de rode draad niet tegen elkaar houdt?

b. Wat zie je?

5 a. Wat denk je dat er zal gebeuren als je de rode en de zwarte draad wel tegen elkaar houdt?

b. Wat zie je?

6 Een stroomkring kan open zijn en gesloten.
a. Is de kring bij vraag 4 een gesloten of een open kring?
b. Is de kring bij vraag 5 een gesloten of een open kring?

7 a. Denk je dat een schakelaar invloed heeft op de felheid van het licht van de lamp?

b. Pak nu een schakelaar en plaats deze in de stroomkring.

c. Wat zie je?

8 Kun je bedenken hoe de schakelaar werkt?

9 Pak een potlood en een schaar.

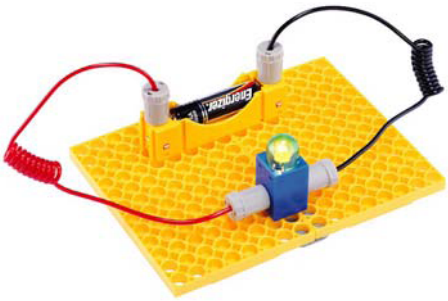
10 Denk je dat je de schaar en het potlood kunt gebruiken om de stroomkring langer te maken?

11 Denk je dat het lampje blijft branden als je de schaar of het potlood tussen de draden houdt?

12 Zoek uit welke materialen elektriciteit geleiden en welke niet. Vul de lijst in.

Geleiders	Isolatoren

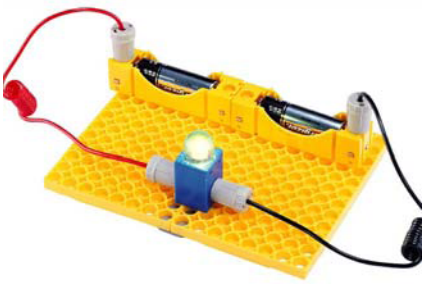
Batterijen en lampjes



1 Bouw de opstelling die je hiernaast ziet.

2 Wat zou er gebeuren als je nog een batterij in de stroomkring plaatst?

3 Bouw nu de opstelling met de twee batterijen na.

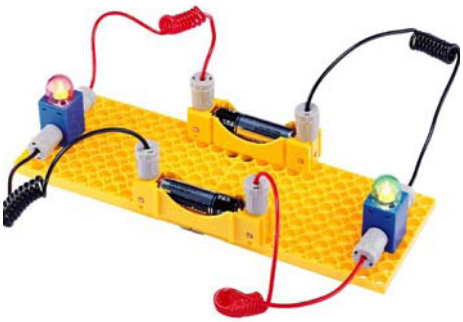


4 Wat gebeurt er met het lampje?
De lamp brandt nu feller/even fel/minder fel dan met één batterij.

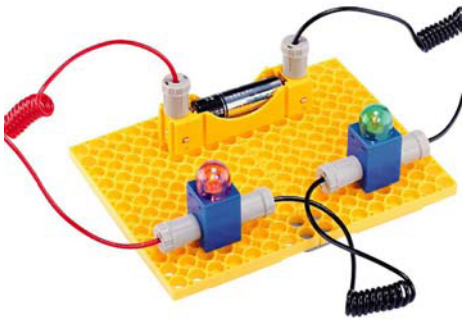
5 Wat denk je dat er zal gebeuren als je nog een lampje in de stroomkring plaatst?
De lampjes branden feller/even fel/minder fel dan wanneer er één lampje in de stroomkring zit.

6 a. Plaats nu nog een lampje in de stroomkring.

b. Wat zie je?



7 Denk je dat de plaats van het lampje in de stroomkring invloed heeft op de felheid van het licht?



8 Gaat de lamp door het verplaatsen feller/even fel/minder fel branden?

9 Wat denk je dat er zal gebeuren als je één batterij weghaalt?
De lamp gaat dan feller/even fel/ minder fel branden.

10. a. Haal nu één batterij weg.

b. Wat zie je?

Bijlage 2

Globale onderzoeksvragen

Ongestuurde hands-on instructie

Stroomkringen

Onderzoek welke materialen je nodig hebt om een lampje te laten branden.

Stroomkringen

Onderzoek of je het lampje kunt laten branden met verschillende materialen die je in je etui hebt.

Stroomkringen

Onderzoek of de hoeveelheid lampjes en batterijen invloed heeft op de felheid van het licht.