

Talentontwikkeling

van

Hoogbegaafde

Leerlingen

in het

Basisonderwijs

Talentontwikkeling voor een hoogbegaafde leerling vergt meer dan alleen het geven van instructie aan deze doelgroep.

Master Onderzoek

CIMA

2012

Naam: R.C. Jelluma
Universiteit: Universiteit Twente (UT)
Faculteit: Educational Science & Technology (EST)
Department: Curriculum, Instruction & Media Applications (CIMA-track)
Studentnummer: s 1014226
Naam begeleider 1: Tessa Eysink
Naam begeleider 2: Hans v.d. Meij
E-mail: R.C.Jelluma@student.utwente.nl

Samenvatting

In het onderzoek zijn twee instructiebenaderingen bij hoogbegaafden in het basisonderwijs vergeleken met elkaar. Dit is gedaan omdat uit literatuur is gebleken dat de instructie van invloed is op de kennis, het inzicht en de motivatie van hoogbegaafde leerlingen in het basisonderwijs. Voor het onderzoek zijn directe instructie (FPI) en onderzoekend leren instructive (Scientific Reasoning) vergeleken op mathematische kennis, inzicht (conceptuele kennis en misconcepties van het domein drijven en zinken) en motivatie (emotionele staat, taakrelevantie en flow-ervaring). Aan het onderzoek deden 30 hoogbegaafde leerlingen uit groep 7 en 8 van het basisonderwijs regio Hengelo mee. De resultaten waren dat op de concepten mathematische kennis, conceptuele kennis en taakrelevantie geen verschil in niveau tussen de twee vormen van instructie is gevonden. Op het gebied van inzicht betreffende misconcepties was het resultaat dat de hoogbegaafde leerlingen na een onderzoekend leren instructie beter in staat is de misconcepties te verlaten dan na een directe instructie. De hoogbegaafde leerlingen geven aan dat hun emotionele staat na de directe instructie overwegend blij is en na de onderzoekend leren instructie is dat vooral een gevoel van zekerheid. Tot slot bleek de flow-ervaring van hoogbegaafde leerlingen na de onderzoekend leren instructie lager te zijn dan na de directe instructie. De wetenschappelijke implicatie is dat hoogbegaafde leerlingen het niet altijd leuker vinden om na te denken in de zin van het op originele en vindingrijke wijze oplossingen voor problemen bedenken en problemen kunnen bedenken. Praktische implicatie is dat onderzoekend leren instructie uitnodigt tot meer tot nadenken, wat uiteindelijk leidt tot elaboratieprocessen die gerelateerd zijn aan hogere leerprestaties.

Introductie.

De afgelopen jaren is er in het primair onderwijs meer aandacht gekomen voor talentontwikkeling. Er wordt steeds vaker onderkend, dat het in het belang van het kind en de maatschappij is om te zorgen dat alle leerlingen in de klas hun talenten kunnen ontwikkelen. Deze focus op talentontwikkeling heeft er ondermeer voor gezorgd dat hoogbegaafde leerlingen meer mogelijkheden worden geboden om talenten optimaal te kunnen benutten. Er zijn voor dat doel ondermeer plusklassen ontstaan in het basisonderwijs en er zijn in Nederland diverse Leonardo scholen opgericht. Hoogbegaafdheid kent geen genetische of sociaal-culturele stabiliteit waardoor veel van de persoonskenmerken van een hoogbegaafde leerling afhankelijk zijn van drie contextfactoren (school, gezin en vrienden) (Mönks & Ypenburg, 1993). De persoonskenmerken van een hoogbegaafde leerling bestaan naast de buitengewone intellectuele capaciteiten uit de motivatie en creativiteit (Renzulli, 1978; Mönks & Ypenburg, 1993). Deze drie factoren kennen een onderlinge interdependentie, waardoor voor het goed tot ontwikkeling komen van de hoogbegaafdheid niet alleen gekeken moet worden of een hoogbegaafde leerling zich kenmerkt door een met een prestatie- of intelligentietest (bv. WISC III of WAIS III) gemeten Intelligentie Quotiënt (IQ) van boven de 130 (Mönks & Ypenburg, 1993). Ook al doorloopt waarschijnlijk 90 % van deze 'geïdentificeerde' hoogbegaafde leerlingen met succes het basisonderwijs (Betts & Neihart, 1988). Vanwege de onderlinge interdependentie van de persoonskenmerken kan pas van daadwerkelijke hoogbegaafdheid worden gesproken als alle persoonskenmerken zijn ontwikkeld (Renzulli, 1978; Mönks & Ypenburg, 1993). De vraag is dan: Wat is de invloed op de hoogbegaafde leerling van directe instructie ten opzichte van de onderzoekend leren instructie, daar waar het de mathematische kennis, inzicht (conceptuele kennis en misconcepties van het domein) en motivatie (emotionele staat, taakrelevantie en flow-ervaring) betreft?

Het belang van lerenleren.

Voor die ontwikkeling van persoonskenmerken is dus ondermeer de invloed van de context school van belang. Ondermeer op de school moet een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten ook het creatieve vermogen kunnen ontwikkelen om op een originele en vindingrijke wijze oplossingen voor problemen te bedenken en problemen kunnen bedenken (Mönks & Ypenburg, 1993). Tevens moet een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten op de basisschool in de gelegenheid gesteld worden om de wil en het doorzettingsvermogen te ontwikkelen om aangetrokken te worden tot een bepaalde taak of een opdracht met plezier tot een goed einde te kunnen brengen (motivatie) (Mönks & Ypenburg, 1993). Worden aan deze respectievelijke creativiteit en motivatie op de basisschool onvoldoende aandacht besteed, dan kan de hoogbegaafde leerling zijn buitengewone intellectuele capaciteiten gaan maskeren (Betts & Neihart, 1988) en gaan onderpresteren (Mönks & Ypenburg, 1993; de Vries, 1996; Span, 1988). De leerling kan dan bij het verlaten van de basisschool kenmerken vertonen zoals slechte toets- en proefwerkresultaten tot zelfs prestaties beneden groepsniveau, vermijden van nieuwe activiteiten uit angst voor mislukking, blij geven van een negatieve zelfwaardering en niet graag meedoen aan groepsactiviteiten (Span, 1988). Een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten moet derhalve de mogelijkheid geboden worden om te lerenleren, anders gezegd de motivatie om te leren kunnen aanleren. In dat kader is het van belang te beseffen dat de manier van denken van de leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten beduidend anders is, dan die van de 'gemiddelde' leerlingen binnen het basisonderwijs (Mönks & Ypenburg, 1993). Een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten denkt ondermeer met grotere gedachte 'sprongen', begrijpt en onthoudt bijvoorbeeld moeilijke onderwerpen uitstekend, kan beschikken over uitzonderlijk grote kennis van feiten, soms bezit deze leerling een zeer levendige verbeelding, de gebieden van belangstelling kunnen dan ook zeer uiteenlopend zijn en kan een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten veel affiniteit hebben met dingen onderzoeken (Span, 1988).

Het aanspreken van motivatie.

Een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten moet dus ter bevordering van het leren leren aspect op een basisschool in de gelegenheid gesteld worden om vaardigheden aan te leren die als belangrijke componenten voor het succesvol aanleren van nieuwe domeinen en het effectief mobiliseren van voorkennis en het organiseren van informatie en informatiebronnen worden gezien (Bransford & Stein, 1993; Brown et al., 1983; Scardamalia & Bereiter, 1991, in Lin et al., 1999). De vaardigheden die uiteindelijk het metacognitief denken (Brown, Bransford, Ferrara, & Campione, 1983; Flavell, 1987, in Lin et al., 1999) versterken, welke bijvoorbeeld wordt gekenmerkt door het frequent reflecteren op de kwaliteit van het geleerde (Bransford & Nitsch, 1978, in Lin et al., 1999) en het frequent van gedachten kunnen veranderen (Bransford et al., 2000; Wiske et al., 2001; in ten Brummelhuis & Kuiper, 2008). Indien de pedagogische en vakinhoudelijke factoren (PCK-factor) (Fisser, 2009) van de gegeven instructie echter geen stimulans bieden tot metacognitief denken, dan kan dit zeer ongemotiveerde leerlingen opleveren (de Vries, 1996).

De flow-ervaring.

De theorie van de optimale flow is oorspronkelijk ontwikkeld door Csikszentmihalyi met als doel om de staat te beschrijven waarin mensen een activiteit zo intens ervaren dat niets in de omgeving die ervaring lijkt te kunnen verstoren, omdat de ervaring zelf zo veel vreugde met zich meebrengt dat mensen de taak willen doen tegen elke prijs puur vanwege het uitvoeren van de taak zelf (cf. Csikszentmihalyi, 1990, p. 4 in Ghani & Deshpande, 1994). De flow-ervaring kenmerkt zich door twee aspecten te weten de totale concentratie op de taak en het plezier dat men heeft met de taak (cf. Ghani & Deshpande, 1994). Die momenten komen volgens de literatuur meestal voor als het lichaam of de geest van een persoon tot het uiterste wordt gedwongen, in een vrijwillige poging om een taak te volbrengen die zowel moeilijk als de moeite waard is (Csikszentmihalyi, 1975; Deci & Ryan, 1985; Csikszentmihalyi, 1990 in Ghani & Deshpande, 1994). Er is echter een optimaal niveau van zo een uitdaging, gerelateerd aan het niveau van te bereiken vaardigheid (cf. Ghani & Deshpande, 1994). Als het niveau van de uitdaging van de taak te hoog of zwaar is zal een leerling dat ervaren als een verlies van controle over de taak en daarvan geïrriteerd en gefrustreerd worden (cf. Ghani & Deshpande, 1994). Als de uitdaging van een taak echter te laag is dan zal de leerling zijn interesse voor de taak verliezen (cf. Ghani & Deshpande, 1994).

Directe instructie.

Directe instructie wordt over het algemeen vormgegeven op basis van cognitieve theorieën en modellen (Merrill, 2002, 2007). De leerkracht gebonden instructie of directe instructie beoogt de leerling kennis te laten verkrijgen door denken en ervaren (Dede, 2008), dit aspect moet de motivatie van de leerling verhogen. De directe instructie wordt meestal gegeven door de leerkracht die frontaal aan meerdere leerlingen tegelijk de les geeft en daarbij uitgaat van het gemiddelde niveau van de leerlingen in zijn/haar klas. Voor een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten kan een dergelijke les derhalve onder het niveau zijn. Daarnaast geeft de leerkracht les met behulp van klassikaal beschikbare lesmaterialen, bijvoorbeeld PowerPoint of werkbladen, waardoor de creativiteit van een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten is beperkt tot wat de leerkracht de leerling aanbiedt. Een directe instructie wordt over het algemeen opgezet op basis van de vijf principes van de 'First Principles of Instruction' (FPI) (Merrill, 2002, 2007). Om te zorgen dat de leerling een goede start maakt en gemotiveerd gaat beginnen aan de taak wordt door de leerkracht tijdens de *activatie fase* voorkennis van de leerling geactiveerd (Merrill, 2002, 2007). De bedoeling daarvan is de leerling niet te confronteren met een grote hoeveelheid nieuw aan te leren kennis en de leerling zodoende in staat te stellen voorkennis naar boven te halen (Merrill, 2002, 2007). De leerling wordt in beginsel aan de hand genomen in het door de leerkracht te bepalen leerproces. De leerkracht gaat na de fase van activatie over het algemeen voordoen (*demonstratie fase*) wat de leerling in een later stadium zelf moet gaan uitvoeren (*applicatie fase*). De leerling wordt dan geacht op te letten op wat de leerkracht voor de klas uitvoert en verbaal of via een (digi)bord uitlegt. De demonstratie fase is bedoeld om de leerling naast verbale en abstracte informatie ook concrete en visuele informatie aan te bieden uitgaande van de relevante taken rond het onderwerp dat de leerkracht wil behandelen (Merrill, 2002, 2007). De applicatie fase is dan de fase waarin de leerling hetzelfde mag doen als de leerkracht in de demonstratie fase heeft voorgedaan. In het jargon van het basisonderwijs heet dit over het algemeen: 'de leerling zelfstandig laten werken aan een taak'. In het geval van een les op het gebied van techniek, wordt dit zelfstandig werken over het algemeen omschreven als: 'de leerling de proefjes zelf laten doen'.

Onderzoekend leren instructie.

Intrinsieke en extrinsieke factoren als nieuwsgierigheid, uitdaging of genoegdoening uit behaalde prestaties kenmerken instructie welke is vorm gegeven door constructivistische leertheorieën (Dede, 2009). Als een instructie een educatieve activiteit wordt waarin een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten bijvoorbeeld een natuurkundig fenomeen onderzoekt en daarover conclusies trekt (Kuhn, Black, Keselman and Kaplan, 2000), spreekt men van een onderzoekend leren instructie. Hoe de onderzoekend leren instructie feitelijk moet worden vormgegeven, daarover verschillen de diverse onderzoekers nogal (Chang, Sung & Lee, 2003). Men is het er echter grotendeels wel over eens dat een leerling in ieder geval in vier stappen moet kunnen denken. Dit denken staat in de literatuur bekend als 'Scientific Reasoning' (Zimmerman, 2000) en bestaat uit hypothesen genereren, data verzamelen, bewijs interpreteren en conclusies trekken op basis daarvan (Chang, Sung & Lee, 2003). Een van de meest uitgebreid gestructureerde wijze van vormgeven van een onderzoekend leren omgeving bevat een regulatief en een transformatief proces die synchroon aan elkaar plaatsvinden tijdens de onderzoekend leren instructie. Het transformatief proces kenmerkt zich door de eerder genoemde vier stappen van het wetenschappelijk denken, met dien verstande dat er evaluatie a (gedane voorspellingen van een hypothese vergelijken met elkaar) aan is toegevoegd (De Jong, 2006, Zimmerman, 2000). Het regulatief proces bestaat uit plannen (hoe wil de leerling gaan leren), monitoring (de kunst betreffende het overzicht houden over eigen verrichtingen) en evaluatie b (reflecteren op de nieuw aangeleerde kennis) (De Jong, 2006). In het regulatief proces wordt de leerling voorzien van uitleg en/of evaluatie van wat hij/zij doet voor, tijdens of na het oplossen van een probleem (Lin et al., 1999).

Onderzoeksvraag.

Het zou kunnen zijn dat directe instructie door een leerkracht (Merrill, 2002, 2007) een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten kan belemmeren in de ontwikkeling (Mönks & Ypenburg, 1993). Het remmende karakter van het in kleine stapjes aanbieden van leerstof, zou de motivatie van de leerling kunnen doen afnemen tot een zo laag niveau dat de leerling kan gaan onderpresteren (Mönks & Ypenburg, 1993; de Vries, 1996; Span, 1988). Onderzoeken naar hoogbegaafdheid gaan echter over het algemeen uit van buitengewone intellectuele capaciteiten en creativiteit als belangrijke kenmerken, terwijl gebrek aan motivatie bij een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten minder frequent wordt gezien als belangrijk kenmerk (Heller, Mönks, Sternberg, & Subotnik, 2000; de Boer & Cuijpers, 2004; Gottfried, Gottfried, Cook & Morris, 2005 in Knorth, Minnaert & Ruijsenaars, 2005). De vraag is daarom wat is de invloed op de hoogbegaafde leerling van directe instructie ten opzichte van de onderzoekend leren instructie, daar waar het de mathematische kennis, inzicht (conceptuele kennis en misconcepties van het domein) en motivatie (emotionele staat, taakrelevantie en flow-ervaring) betreft?

Hypotheses.

De verwachting op de eerste subvraag is dat het niveau van inzicht uitgedrukt in conceptuele kennis en het verlaten van misconcepties rond het domein voor de onderzoekend leren instructie hoger is. Dit omdat de hoogbegaafde leerling tijdens die vorm van instructie de eigen denkbeelden rond het domein kan ontwikkelen, met grotere gedachte 'sprongen' kan denken, de ingewikkelde aspecten van het domein op eigen manier kan leren begrijpen en onthouden en gebruik kan maken van eigen uitzonderlijk grote kennis van feiten (Span, 1988). Bij de directe instructie is de ontwikkeling van het begrip van het domein 'ingekaderd' in hetgeen de leerkracht in zijn instructie aan mogelijkheden heeft verwerkt, dus afhankelijk

van elementen die de pedagogische en vakinhoudelijke kwaliteiten van de leerkracht betreffen (PCK-factor) (Fisser, 2009).

De verwachting op de tweede subvraag is dat ook op dit gebied de hoogbegaafde leerling een hoger niveau van kennis heeft verworven met de onderzoekend leren instructie. De leerling die de directe instructie heeft gehad weet de rekenformule enkel toe te passen op basis van de aanwijzingen van de leerkracht. Ook hierbij is de PCK-factor van de leerkracht van belang, omdat de leerkracht de sommen moet uitleggen en daarin wellicht niet succesvol is.

De verwachting op de derde subvraag is dat de emotionele staat van hoogbegaafde leerlingen na de onderzoekend leren instructie positiever is dan na de directe instructie. Dit omdat leerlingen met buitengewone intellectuele capaciteiten veel affiniteit hebben met dingen onderzoeken (Span, 1988). De leerlingen die de directe instructie hebben gehad zullen naar verwachting eerder geneigd zijn de emoticons zeker en neutraal aan te kruisen, omdat de les gegeven wordt op het niveau van een gemiddelde leerling. Dat wil zeggen dat het niveau van de les enigszins onder het niveau van de hoogbegaafde leerling zal liggen. De verwachting ten aanzien van de taakrelevantie (Keller & Kopp, 1987) is dat de taak op onderzoekend leren instructie hoger scoort dan op de directe instructie, omdat de onderzoekend leren instructie voorziet in een basisbehoefte (Keller & Kopp, 1987) van de hoogbegaafde leerlingen, zijnde het motief bij de hoogbegaafde leerling tot het doen van onderzoek (Span, 1988). Taakrelevantie zal bij de directe instructie een stuk lager zijn. De leerling die de directe instructie heeft gehad ervaart het als een les die ze moesten volgen, gegeven door de leerkracht en niet iets dat ze zelf mochten kiezen. Tot slot zal bij de onderzoekend leren instructie de flow-ervaring (Ghani & Deshpande, 1994) naar verwachting hoger zijn dan bij de directe instructie. Dit omdat de metacognitieve zelfregulatie een substantieel deel uitmaakt van het regulatief proces binnen de onderzoekend leren instructie en bij de directe instructie wordt dat niet specifiek belicht. Bij de directe instructie maakt dat indirect deel uit van de First Principles of Instruction (Merrill, 2002, 2007), terwijl bij de onderzoekend leren instructie vorm gegeven volgens de '*Constitutive Cognitive Processes Model*' (De Jong, 2006) en uitgevoerd op de manier zoals in onderhavige onderzoek is gebeurd, de leerkracht zich per individuele leerling concentreert op het regulatief proces.

Methode.

In deze studie is onderzocht wat de invloed op de hoogbegaafde leerling van directe instructie ten opzichte van de onderzoekend leren instructie is, daar waar het de mathematische kennis, inzicht (conceptuele kennis en misconcepties van het domein) en motivatie (emotionele staat, taakrelevantie en flow-ervaring) betreft. De directe instructie is voor het doel van het onderzoek vorm gegeven middels de First Principles of Instruction (Merrill, 2002, 2007), waarbij de leerkracht in vijf fases (probleem fase, activatie fase, demonstratie fase, applicatie fase, integratie fase) klassikaal instructie geeft. De onderzoekend leren instructie is opgebouwd volgens de principes van het Scientific Reasoning (Zimmerman, 2000), waarbij de leerling zelf het transformatief proces (De Jong, 2006) (oriëntatie, hypothese stellen, experimenteren, conclusies trekken en evalueren a) vorm moet geven en de leerkracht het regulatief proces (plannen, monitoren en evalueren b) (De Jong, 2006).

Participanten

Aan het gehele onderzoek deden 21 jongens en 19 meisjes mee, waarbij 6 leerlingen uit groep 7 kwamen en 34 leerlingen uit groep 8 en de gemiddelde leeftijd 11.4 jaar ($sd = .70$) was. Aan iedere vorm van instructie hebben in totaal 20 leerlingen meegedaan, die allen op de school van herkomst zijn ingedeeld in een plusklas. Het inclusie criterium was dat de leerkracht van de leerling van mening was dat de leerling hoogbegaafd was. De leerlingen waren dus niet allen 'geïdentificeerde' hoogbegaafde leerlingen, omdat het meten van het IQ niet altijd wordt gedaan door de basisscholen. De leerlingen zaten in de regio Hengelo op het basisonderwijs.

Domein.

Het domein is geoperationaliseerd als drijven en zinken omdat dit op geen enkele basisschool in het curriculum is opgenomen, het voldoet aan de kerndoelen basisonderwijs (bijlage 7) en is uitvoerbaar in beide gekozen vormen van instructie.

Procedure van de directe instructie.

De directe instructie werd door de onderzoeker als zijnde een gediplomeerde leerkracht basisonderwijs, gegeven aan in totaal 20 leerlingen van een masterclass in Hengelo (Overijssel). Een selectie van de leerlingen was gemaakt door de betreffende basisscholen in Hengelo, die de leerlingen naar de masterclass sturen. Alle leerlingen presteren boven gemiddeld op de eigen basisschool en konden zich vrijwillig opgeven voor de les techniek. De lesdag startte om 8:30 en eindigde om 12:00, vooruitlopend op de instructie was de pre-test gedaan betreffende de conceptuele kennis (duur 15 minuten). Om 8:45 begon de instructie en om 10:00 was een pauze ingelast van 15 minuten. Na de pauze kon worden gestart met het doen van proefjes tot 11:30. Na de instructie is direct de motivatie meting gedaan (duur 15 minuten), waarna in een gecombineerde vragenlijst de conceptuele kennis, mathematische kennis en de misconcepties zijn onderzocht (duur ongeveer 20 minuten afhankelijk van de leerling).

Figuur 1: Ontwerprichtlijnen voor de les directe instructie.

1	FPI-p	de 'leerling' betrekken bij het oplossen van problemen die zich voordoen in de hem/haar omringende reële wereld.
2	FPI-p	de 'leerling' betrekken bij een probleem met een progressieve oplossing strategie.
3	FPI-p	de 'leerling' betrekken bij een gehele taak oplossen en geen deeltaken laten uitvoeren.
4	FPI-p	de 'leerling' betrekken bij een representatief probleem.
5	FPI-a	de 'leerling' de kans geven nieuwe kennis te laten aansluiten op aanwezige relevante voorkennis en ervaring.
6	FPI-a	de 'leerling' de kans geven voorkennis en ervaring in herinnering te halen.
7	FPI-a	de 'leerling' de kans geven (dwars)verbanden te kunnen leggen met aanwezige voorkennis en ervaring.
8	FPI-a	de 'leerling' de kans geven aanwezige voorkennis en ervaring te beschrijven of toe te passen in de nieuwe aangeleerde situatie.
9	FPI-a	de 'leerling' de kans geven de relevantie te zien tussen deze zijn/haar aanwezige voorkennis en ervaring en de nieuw te leren kennis en zich zo zeker te voelen van eigen kunnen.
10	FPI-d	de 'leerling' de nieuwe kennis voordoen.
11	FPI-d	de 'leerling' de nieuwe kennis voordoen in meerdere situaties en omstandigheden waarin de nieuwe aan te leren kennis is te plaatsen.
12	FPI-d	de 'leerling' de nieuwe kennis voordoen in één bepaalde representatieve situatie, waarin de nieuwe aan te leren kennis zich voordoet.
13	FPI-d	de 'leerling' de nieuwe kennis voordoen onder de instructies die consistent zijn met het gewenste resultaat.
14	FPI-t	de 'leerling' zelfstandig de mogelijkheid geven de nieuw aan te leren kennis toe te passen in een nieuwe specifieke situatie.
15	FPI-i	de 'leerling' de gelegenheid geven het geleerde te integreren met voorafgaande voorkennis en ervaringen.
16	FPI-i	de 'leerling' de gelegenheid geven de nieuwe kennis deel te laten worden van het alledaagse bestaan van de 'leerling'.

Figuur 1 geeft de ontwerprichtlijnen voor de gegeven les weer, deze richtlijnen komen chronologisch terug in onderstaande fases van de instructie. Hieronder volgt de opzet van de instructie morgen:

De *eerste fase* wordt volgens Merrill (2002, 2007) het beste gestimuleerd als de leerling wordt betrokken bij het oplossen van problemen die zich voordoen in de hem omringende reële wereld (ontwerprichtlijn 1), daarom is gekozen voor een les drijven en zinken. De leerlingen werden bij aanvang van de les gevraagd een probleem te noemen dat zich voordoet betreffende drijven en zinken en waarna ze leren dit probleem op te lossen volgens een progressieve oplossingsstrategie (ontwerprichtlijn 2) (Merrill, 2002, 2007). Hierna heeft de leerkracht de gehele taak uitgevoerd (ontwerprichtlijn 3), niet slechts een deeltaak, en moest de taak representatief (ontwerprichtlijn 4) zijn (Merrill, 2002, 2007).

De *tweede fase* betrof het testen door de leerkracht van een aantal uit de keuken meegenomen materialen en de leerlingen moesten steeds het werkblad 1 invullen gedurende de les. Hierdoor is het leren gefaciliteerd en sloot het aan op relevante voorkennis en ervaring (ontwerprichtlijn 5)" (Merrill, 2002, 2007). De voorkennis en ervaring

konden de leerlingen in herinnering halen (ontwerprichtlijn 6)” (Merrill, 2002, 2007) doordat de voorwerpen die gebruikt werden als zodanig herkenbaar waren. Tevens konden ze (dwars)verbanden leggen met deze voorkennis en ervaring (ontwerprichtlijn 7)” (Merrill, 2002, 2007) welke ze betreffende de bekende voorwerpen hoogstwaarschijnlijk al zouden bezitten voorafgaande aan de les.

De *derde fase* die daarna volgde herbergde de aspecten van de rekenformule betreffende dichtheid, er werd in deze fase gebruik gemaakt van een aantal kubussen met een volume van 2,5 cm. Op die manier konden de leerlingen hun voorkennis en ervaring toepassen in de nieuwe aangeleerde situatie (ontwerprichtlijn 8). Immers de meeste leerlingen herkenden de materialen waarvan de kubussen waren gemaakt, hierbij geholpen door de leerkracht die op een PowerPoint slide een voorbeeld van betreffende materiaal in de reële wereld toonde (een kubus van populier hout => een plaatje van een populier). Hierdoor konden de leerlingen tijdens de demonstratie fase de relevantie zien tussen eigen voorkennis en ervaring, waarna ze de nieuw te leren kennis daaraan konden koppelen en zich zo zeker konden gaan voelen van eigen kunnen (ontwerprichtlijn 9)” (Merrill, 2002, 2007). De opzet was zo gekozen dat in de demonstratie fase op het niveau van informeren van de leerling bestond uit het voordoen van meerdere situaties en omstandigheden waarin de nieuwe aan te leren kennis was te plaatsen (ontwerprichtlijn 11) (Merrill, 2002). De leerling kon in de fase zien dat een kubus ging drijven of zinken afhankelijk van de massa, dit moesten de leerlingen tijdens het experiment invullen op werkblad 2. Doordat het volume constant werd gehouden en de massa variabel was, werd in de demonstratie fase tevens het niveau van de portrayal bereikt. Dat wil zeggen dat een bepaalde representatieve situatie werd getoond, waarin de nieuwe aan te leren kennis zich zou voordoen (ontwerprichtlijn 12) (Merrill, 2002). Gagné (1985 in Merrill, 2002, 2007) heeft hierover geschreven dat “effectief leren zich alleen voordoet als de condities waaronder het demonstreren gebeurt, consistent zijn met het gewenste resultaat” (ontwerprichtlijn 13). Het experiment in de demonstratie fase paste daarom gedeeltelijk de formule van dichtheid toe (Massa gedeeld door Volume (=lxbxh)) en wel op een dusdanige wijze dat enkel de teller variabel was en de noemer constant op een volume van 15 kubieke cm stond. De leerling kon zich goed voorstellen dat het gewicht er toe doet als het gaat over de vraag of een voorwerp blijft drijven of zinken. Als tijdens de demonstratie fase een constante massa en een variabel volume zou zijn genomen, was de kans groot dat de leerlingen zouden denken dat drijven en zinken heeft te maken met de grootte van de bak water of het feit dat het voorwerp hol is van binnen. Het gekozen experiment had de voorkeur boven een abstracte algemene besproken overdracht van de nieuwe kennis, omdat de leerlingen door het zien gebeuren beter in staat zijn hun misconcepties te verlaten (Merrill, 2002, 2007). Voordat de leerlingen individueel aan het experiment begonnen, werd op abstracte wijze het concept dichtheid toegelicht. De leerlingen kregen een slide te zien met de rekenformule $\text{massa}/l \times b \times h$ (uitgedrukt in gr/cm^3). Pas daarna gingen de leerlingen zelf werkblad 3 bestaande uit sommen invullen, dit is klassikaal nagekeken. Information en Portrayal correspondeert voorts met het type taak die de leerlingen daarna moesten uitvoeren, want in de toepassingsfase betrof het kubussen met een variabele massa en volume.

De *vierde fase* (applicatie fase) was gericht op de leerling individueel de kans geven om de nieuw aan te leren kennis toe te passen in een nieuwe specifieke situatie (ontwerprichtlijn 14) (Merrill, 2002, 2007). Leerlingen moesten werken met zwarte kubussen waarop alleen een klein stickertje met een kleur was aangegeven. Dit om ervoor te zorgen dat de leerlingen zich enkel op het mathematische aspect van drijven en zinken zouden concentreren tijdens het doen van het experiment en niet werden afgeleid door de aard of de vorm van de materie. Alle gegevens betreffende het experiment moesten de leerlingen meten met een

weegschaal (massa) of met een liniaal (lengte, breedte en hoogte) en uiteindelijk berekenen met een rekenmachine. De toepassing moest consistent met de doelen van de instructie, omdat alleen zo een effectief leerproces zou ontstaan (Merrill, 2002, 2007). De blokken hadden verschillende volumes en verschillende gewichten, de leerlingen waren hier echter niet van op de hoogte. Het was de bedoeling dat ze daar al experimenterend uit zouden komen en op dat moment passen ze toe wat in de demonstratie fase als abstracte sommen was gedemonstreerd. Zodoende konden de leerlingen de nieuwe kennis leren gebruiken in plaats van enkel onthouden en reproduceren (Merrill, 2002, 2007). De leerlingen vulden werkblad 4 in, welke klassikaal werd nagekeken.

De afsluitende *vijfde fase* was de gelegenheid voor de leerlingen om de aangeleerde kennis te integreren met de eerder genoemde voorkennis en ervaringen. (ontwerprichtlijn 15) (Merrill, 2002, 2007).

De integratie fase kon echter niet worden gedaan op de manier zoals aangegeven in de literatuur, omdat de leerlingen de aangeleerde kennis niet zouden kunnen verdedigen in een presentatie o.i.d.. Om die reden kregen de leerlingen toch de gelegenheid nieuwe kennis deel te kunnen laten worden van het alledaagse bestaan (ontwerprichtlijn 16)” (Merrill, 2002,2007), doordat de leerkracht via PowerPoint presentatie een drietal voorbeelden uit de reële maatschappij liet zien. De echte motivatie van de leerling in het leren van kennis ligt namelijk daar waar de leerling kan aantonen dat het een verbetering van vaardigheden heeft bereikt en in staat is de nieuwe kennis te kunnen verdedigen, er achter kan staan (Merrill, 2002, 2007).

Procedure van de onderzoekend leren instructie.

De onderzoekend leren instructie werd door de onderzoeker als zijnde een gediplomeerde leerkracht basisonderwijs, gegeven aan in totaal 20 leerlingen op diverse scholen in Hengelo en omgeving. Er werden op de scholen groepjes van maximaal vijf hoogbegaafde leerlingen geformeerd door de leerkracht. De leerlingen werden in een aparte ruimte les gegeven vanaf 8:30 tot 12:00, vooruitlopend op de instructie was de pre-test gedaan betreffende de conceptuele kennis (duur 15 minuten). Om 8:45 was de instructie begonnen en om 10:00 was een pauze ingelast van 15 minuten. Na de pauze kon verder worden gegaan met het onderzoek waar de leerling mee bezig was, tot 11:30 de instructie werd afgerond. Na de instructie is direct de motivatie meting gedaan (duur 15 minuten), waarna in een gecombineerde vragenlijst de conceptuele kennis, mathematische kennis en de misconcepties zijn onderzocht (duur ongeveer 20 minuten afhankelijk van de leerling). Als de leerling eerder klaar was met de onderzoekend leren instructie, kon direct op individueel niveau de motivatie meting worden gedaan (duur 15 minuten). Daarna werd op individueel niveau de gecombineerde vragenlijst de conceptuele kennis, mathematische kennis en de misconcepties afgenomen (duur ongeveer 20 minuten afhankelijk van de leerling). Indien de leerling klaar was werd deze leerling gevraagd een bibliotheek boek te gaan lezen en te wachten tot de instructie officieel werd afgerond om 11:30. Snelheid werd gestimuleerd middels de materialen van de onderzoekend leren instructie. Hieronder volgt de opzet van de instructie morgen:

Het *transformatief proces* begon met het ontwikkelen van een voorstelling van het probleem, om daaruit een oplossing te genereren binnen een serie beperkingen (Zimmerman, 2000). Daardoor realiseerde de leerling zich gedurende de gehele les de beperkingen van de in zijn eigen geheugen opgeslagen kennis (De Jong, 2006) en moest deze kennis zelf eventueel vergroten met behulp van kaarten (zie materialen paragraaf).

Gedurende de oriëntatie fase kreeg de leerling aan de centrale tafel uitleg van de leerkracht over de manier waarop de onderzoekend leren instructie zou plaatsvinden. De onderzoekend leren instructie was gericht op het beantwoorden van twee vragen (bijlage 2; oriëntatie kaart 1) betreffende het domein.

Het *regulatief proces* werd in de onderzoekend leren instructie verzorgd aan de eerder genoemde uitleg tafel. Aan die tafel werd de planning van de leerling doorgenomen, wat er meestal uit bestond dat met de leerling werd gekeken of de antwoorden op de initiële vraag de leerling in de goede richting zou helpen. Aan die tafel werd door de leerkracht het monitoren van het transformatief proces uitgevoerd, zodat de leerling de kans werd gegeven continu een overzicht te houden van het eigen onderwijsleerproces en de ontwikkelde nieuw aangeleerde kennis (De Jong, 2006). Dit monitoren moest bestaan uit twee elementen te weten 'process display' en 'process prompting'. Elementen die de pedagogische en vakinhoudelijke kwaliteiten van de leerkracht betreffen (PCK-factor) (Fisser, 2009). In het kader van de 'process display' activiteit moest de leerling aan de uitleg tafel expliciet aangeven wat de leerling doet tijdens/gedurende het oplossen van de taak (Lin et al., 1999). Hierin zit tevens een element van evaluatie, omdat de leerling ook een reflectie op het product of de kwaliteit van de conclusie van de leerling moest geven en een reflectie op het proces waarop het product tot stand was gekomen (Lin et al., 1999). De uitleg aan de tafel van de leerkracht vormde in de zin van process display een springplank voor het zelfmonitoren, zelfcorrigeren en/of zelfmotiveren van de leerling (Lin et al., 1999). Normaal gesproken zou dit proces van het oplossen van een taak niet zichtbaar zijn, omdat dit een proces is dat overwegend in of bij de leerling gebeurt. Dat terwijl het een belangrijke deel van onderzoekend leren is en de leerling wel de mogelijkheid moet worden geboden om op de juiste manier onafhankelijke metacognitieve strategieën te ontwikkelen (Lin et al., 1999). Process prompting was een activiteit die vanuit de leerkracht kwam op het moment dat de leerling aan de uitleg tafel kwam met een mogelijk antwoord op de vraag, of als de leerkracht van afstand observeerde dat de leerling niet verder kwam met de onderzoekend leren taak. Process prompting richtte zich vervolgens uitsluitend op uitleg en evaluatie van wat de leerling deed voor, tijdens en/of na het oplossen van een taak (Lin et al., 1999). Process display en process prompting moesten samen de leerling de mogelijkheid bieden om de mentale activiteiten gedaan in het onderzoek zichtbaar te maken (Scardamalia & Bereiter, 1985, in Lin et al, 1999). Het regulatief proces werd aan een centrale tafel door de leerkracht zijnde de PABO gediplomeerde onderzoeker gedaan. Waarbij de leerkracht tijdens de gesprekken er op toezag dat de leerling:

1. kon tonen wat de hypothesen waren geweest.
2. kon uitleggen waarom het tot zijn/haar conclusie was gekomen.
3. kon uitleggen wat de relevantie was van zijn/haar conclusie.
4. kon uitleggen hoe het tot zijn/haar conclusie was gekomen.
5. zichzelf kritische vragen kon stellen over de gevonden conclusie.

Materialen van de directe instructie.

De leerlingen werkten klassikaal met werkbladen (bijlage 1), die zo waren opgezet dat er een progressieve leerstrategie kon worden gestimuleerd. Elk werkblad moest worden ingevuld van links naar rechts en de leerling moest dat rij voor rij doen. De werkbladen dienden ter ondersteuning van de instructie maar werden verder niet gebruikt in het onderzoek. Zie bijlage 1 voor toelichting over de opzet van de werkbladen.

Materialen van de onderzoekend leren instructie.

Gezien het karakter van onderzoekend leren instructie werd de leerling niet geholpen door de leerkracht met het 'scientific reasoning' deel van het transformatief proces. Uitleg bestond dus niet uit het op weg helpen in dat proces, maar de leerling kon in het uiterste geval wel worden ondersteund (oriëntatie en evaluatie a) in het 'denken' doordat de leerling hypothese kaarten, experimenteer kaarten of conclusie kaarten (bijlage 2) kon krijgen op eigen initiatief of op initiatief van de leerkracht.

Meetinstrumenten.

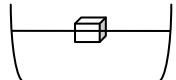
De *mathematische kennis* is geoperationaliseerd als rekenkundige formule van dichtheid zijnde massa gedeeld door lengte x breedte x hoogte (uitgedrukt in gr/cm³). De leerling moest daarnaast weten dat materie met een dichtheid boven de 1 zinkt en onder de 1 drijft, zodat de hoogbegaafde leerling op abstracte wijze uitspraak kon doen over drijven of zinken van de uitgerekenende dichtheid. De zes vragen naar de mathematische kennis (bijlage 3) zijn na de instructie en de motivatie meting middels een vragenlijst afgenomen bij de leerling. In figuur 2 zijn de vragen weergegeven.

Figuur 2: Vragen naar mathematische kennis.

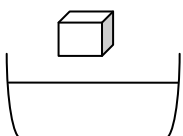
Massa	Volume	Dichtheid	Zinkt/drijft
620 gram	$10,5 \times 10,5 \times 10,5 = 1157,63 \text{ cm}^3$	0,54 g/cm ³	Drijft/Zinkt
1240 gram	$8,0 \times 8,0 \times 8,0 = 512,00 \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt
620 gram	$6,5 \times 6,5 \times 6,5 = \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt
190 gram	$4,5 \times 4,5 \times 4,5 = \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt
10 gram	$4,5 \times 4,5 \times 4,5 = \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt
180 gram	$3,0 \times 3,0 \times 3,0 = \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt

De *conceptuele kennis* is geoperationaliseerd als kennis van het domein drijven en zinken onder constant houding van de massa. In figuur drie is een voorbeeld van een een van de vijf vragen naar conceptuele kennis onder constant houding van massa weergegeven.

Figuur 3: Voorbeeld van een vraag naar conceptuele kennis onder constant houding van massa.

1) Dit blokje drijft in een waterbak. 

a) Als hetzelfde blokje 10 keer zo groot zou zijn, blijft het dan drijven of zal het zinken?



A. Het blijft drijven

B. Het zal zinken

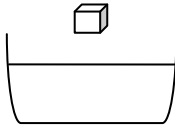
C. Dit kun je niet weten, omdat.....

Daarnaast is conceptuele kennis geoperationaliseerd als kennis van het domein drijven en zinken onder constant houding van het volume (bijlage 4). In figuur vier is een voorbeeld van een van de vijf vragen naar conceptuele kennis onder constant houding van volume weergegeven.

Figuur 4: Voorbeeld van een vraag naar conceptuele kennis onder constant houding van volume.

3) Dit blokje drijft in een waterbak.

a) Als eenzelfde blokje 10 keer zo zwaar zou zijn, zal het dan blijven drijven of gaan zinken?



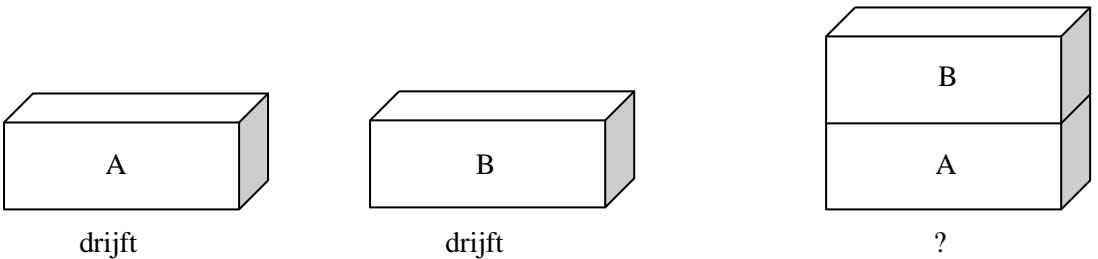
A. Het blijft drijven
B. Het zal zinken
C. Dit kun je niet weten, omdat.....

De leerling moest zodoende middels in totaal tien vragen het concept de formule van dichtheid toepassen. De vragen naar de conceptuele kennis (bijlage 4) zijn voor instructie middels een vragenlijst als pre-test afgenomen bij de leerling. Daarnaast zijn de vragen naar de conceptuele kennis (bijlage 4) na de instructie en de motivatie meting middels een vragenlijst als post-test afgenomen bij de leerling. Pre-test en post-test waren daarmee dus identiek en bevroegen de leerling naar de conceptuele kennis van het domein drijven en zinken.

De *misconcepties* zijn geoperationaliseerd door uit te gaan van een aantal misconcepties die volgens de literatuur (Yin, Tomita & Shavelson, 2008) bestaan bij studenten rond het domein drijven en zinken. De vragen naar de misconcepties (bijlage 5), in figuur vijf is een voorbeeld van een vraag naar misconcepties opgenomen, zijn na de instructie en de motivatie meting middels een vragenlijst afgenomen bij de leerling. Dit is gedaan om de leerlingen voorafgaande aan de instructie niet in verwarring te brengen met mogelijke misconcepties rond het domein, iets dat geen probleem vormt bij de concepties van het domein.

Figuur 5: Voorbeeld van een vraag naar misconcepties.

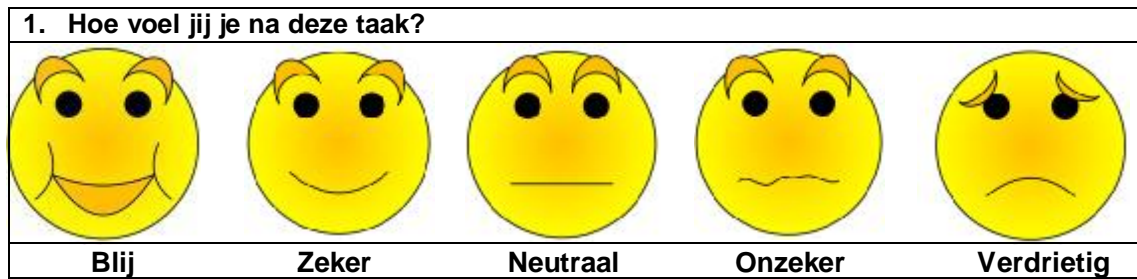
Blok A en Blok B blijven beide drijven in water. Stel je voor, dat we beide blokken stevig tegen elkaar aan lijmen. Wat gebeurt er als je de twee aan elkaar gelijmde blokken in water legt? **Samen zullen ze gaan _____.**



drijft drijft ?

De *emotionele staat* is geoperationaliseerd door uit te gaan een vijftal 'emoticons' die de emotionele staat van de leerling direct na de gegeven instructie kon uitdrukken. In figuur zes is deze vraag opgenomen. De vraag naar de emotionele staat (bijlage 6) is tijdens de motivatie meting direct na de instructie middels een vraag afgenomen bij de leerling. De vraag maakte deel uit van een vragenlijst betreffende de motivatie van de leerling.

Figuur 6: Vraag naar emotionele staat van de leerling direct na de instructie.



De *taakrelevantie* (Keller & Kopp, 1987) is geoperationaliseerd door de motivatie van de leerling te bepalen op basis van de relevantie die de leerling in de taak ziet. De vragen naar de taakrelevantie (bijlage 6) zijn tijdens de motivatie meting direct na de instructie middels een vijftal vragen afgenomen bij de leerling. Er is daarvoor eerst onderzocht of de taak voldeed aan de behoefte van de leerling om een affectieve band met de uit te voeren taak te hebben. Vervolgens is onderzocht of de taak voldeed aan de behoefte van de leerling om te presteren, de gedachte daarbij was dat de taak niet te eenvoudig moest zijn en de hoogbegaafde leerling de kans gaf om talenten te laten zien. Ten derde is onderzocht of de leerling de taak bruikbaar achtte voor de toekomst, waarbij de leerling zelf de link moest leggen tussen lesinhoud en eventuele toekomstige doelen. Als vierde en vijfde vraag werd onderzocht wat de waardering van de taak door de hoogbegaafde leerling was. Dit alles gaf een beeld van de bijdrage die de taak leverde aan de basisbehoefte van een hoogbegaafde leerling, het motief bij de hoogbegaafde leerling tot het doen van de taak en welke waarde of waardering gaf de hoogbegaafde leerling aan de taak. De vragen betreffende taakrelevantie, zoals allen weergegeven in figuur 7, maakten deel uit van een vragenlijst betreffende de motivatie van de leerling.

Figuur 7: Vraag met betrekking op taakrelevantie.

	Klopt niet						Klopt wel
Ik houd van deze uitzoek-taak	1	2	3	4	5	6	7
Ik vond het fijn dat je bij deze taak nieuwe dingen leert	1	2	3	4	5	6	7
Deze taak lijkt me nuttig	1	2	3	4	5	6	7
Ik hoef geen beloning, de taak gaf me plezier genoeg	1	2	3	4	5	6	7
Deze taak vond ik erg interessant	1	2	3	4	5	6	7

De *flow-ervaring* (Ghani & Deshpande, 1994) is als optimale cognitieve belasting geoperationaliseerd door uit te gaan van vaardigheden die als noodzakelijk worden gezien voor de ontwikkeling van het metacognitief denken. Gezien de aard van de moeilijk zichtbaar te maken aspecten wordt er gesproken in het onderzoek van een ervaring en zijn de vragen een poging het onzichtbare zichtbaar te maken. De vragen betreffende flow-ervaring, zoals allen weergegeven in figuur 8, maakten deel uit van een vragenlijst betreffende de motivatie van de leerling.

Figuur 8: Vraag met betrekking op flow-ervaring.

	Klopt niet						Klopt wel
Denken ging gemakkelijk	1	2	3	4	5	6	7
De juiste gedachten kwamen vanzelf	1	2	3	4	5	6	7
Bij iedere stap wist ik wat ik moest doen	1	2	3	4	5	6	7
Ik had het gevoel dat ik alles onder controle had	1	2	3	4	5	6	7

Resultaten en betrouwbaarheid.

De betrouwbaarheid van de mathematische kennis kon niet berekend worden in verband met gebrek aan variantie. De betrouwbaarheid van de conceptuele kennis op de pre test is, zoals gemeten met Cronbach's Alpha, $\alpha = .51$ na verwijderen van de items 1.b en 2.a (7 items resterend). De betrouwbaarheid van de conceptuele kennis op de post-test is, zoals gemeten met Cronbach's Alpha, $\alpha = .56$ na verwijderen van de items 1.b, 2.a en 3.a (6 items resterend). De betrouwbaarheid van de misconcepties is, zoals gemeten met Cronbach's Alpha, $\alpha = .22$ wat waarschijnlijk wordt veroorzaakt door het geringe aantal items (3 items). De betrouwbaarheid van de taakrelevantie is, zoals gemeten met Cronbach's Alpha, $\alpha = .82$ (5 items). De betrouwbaarheid van de flow-ervaring is, gemeten met Cronbach's Alpha, $\alpha = .89$ (4 items).

Mathematische kennis en inzicht.

Tabel 1

Gemiddelde Scores & Standaard Deviatie op mathematische kennis en inzicht voor onderzoekend leren instructie en directe instructie.

		DI		OL		
		Mean	SD	Mean	SD	
Mathematische kennis		max. 6	6.00	0.00	5.95	0.22
Inzicht (Pre-test)	Conceptuele kennis	max. 7	4.10	1.41	4.15	1.18
Inzicht (Post-test)	Conceptuele kennis	max. 6	4.40	1.09	4.90	1.07
Inzicht	Misconcepties	max. 3	1.05	0.94	1.55	0.75

Note: DI = directe instructie; OL = onderzoekend leren.

In tabel 1 zijn de gemiddelden en de standaard deviaties van mathematische kennis en inzicht per instructie weergegeven.

De resultaten van de *mathematische kennis* (bijlage 3) zijn gebruikt om te bepalen of er sprake is van een verschil in mathematische kennis tussen de onderzoekend leren instructie en de directe instructie. De onafhankelijke variabele is de instructie (directe instructie, onderzoekend leren instructie) en de afhankelijke variabele is het type test (mathematische kennis en misconcepties test). Er bestaat geen significant verschil in mathematische kennis tussen de directe instructie en de onderzoekend leren instructie ($t(38) = -1.00, p = .16$).

De resultaten van de *conceptuele kennis* middels de pre-test en de post-test (bijlage 4) zijn gebruikt om te bepalen of er sprake is van een verschil in inzicht op het gebied van de conceptuele kennis op het domein tussen de onderzoekend leren instructie en de directe instructie. De onafhankelijke variabele is de instructie (directe instructie, onderzoekend leren instructie) en de afhankelijke variabele is het type test (pre-test en post-test). De pre-test van de directe instructie is vergeleken met die van de onderzoekend leren instructie, om te bepalen of er een verschil in conceptuele kennis is tussen beide groepen leerlingen bij aanvang van de instructie. Er bestaat geen significant verschil tussen de directe instructie en de onderzoekend leren instructie op de pre-test ($t(38) = .12, p = .45$). De post-test van de directe instructie is vergeleken met die van de onderzoekend leren instructie, om te bepalen of er een verschil in conceptuele kennis is tussen beide groepen leerlingen na afloop van de instructie. Er is geen significant verschil is tussen de post-tests ($t(38) = 1.45, p = .15$).

De resultaten van de *misconcepties* (bijlage 5) zijn gebruikt om te bepalen of er sprake is van een verschil in inzicht op het gebied van misconcepties op het domein tussen de onderzoekend leren instructie en de directe instructie. De onafhankelijke variabele is de instructie (directe instructie, onderzoekend leren instructie) en de afhankelijke variabele is

het type test (misconcepties). Er bestaat **een significant verschil** tussen de directe instructie en de onderzoekend leren instructie voor wat betreft misconcepties ($t(38) = 1.84, p = .03$).

Resultaten motivatie meting.

Tabel 2

Percentuele scores op de emoticons voor onderzoekend leren instructie en directe instructie.

		DI	OL
Motivatie (emotionele staat)		%	%
	Blij	45.0	25.0
	Zeker	30.0	55.0
	Neutraal	20.0	20.0
	Onzeker	5.0	0.0
	Verdrietig	0.0	0.0

In tabel 2 de resultaten betreffende de *emotionele staat* van de leerling (emoticons van vraag 1) wijzen uit dat na de directe instructie negen leerlingen (45 %) heeft aangegeven een blij gevoel te hebben, zes leerlingen (30 %) voelden zich na de directe instructie zeker, vier leerlingen (20 %) hebben de mogelijkheid gebruikt om neutraal te omcirkelen en 1 leerling gaf aan zich na de directe instructie onzeker te voelen (5 %). Na de onderzoekend leren instructie hebben 5 leerlingen (25 %) aangegeven een blij gevoel te hebben, elf leerlingen (55 %) heeft aangegeven zich zeker te voelen na de onderzoekend leren instructie en vier leerlingen (20 %) hebben de mogelijkheid gebruikt om neutraal aan te geven.

Tabel 3

Gemiddelde Scores & Standaard Deviatie op taakrelevantie en flow-ervaring voor onderzoekend leren instructie en directe instructie.

		DI		OL		
Motivatie		Mean	SD	Mean	SD	
	Taakrelevantie	max. 7	5.95	1.07	5.75	0.87
	Flow-ervaring	max. 7	5.07	1.44	3.71	0.24

Note: DI = directe instructie; OL = onderzoekend leren.

In tabel 3 zijn de gemiddelden en de standaard deviaties van de motivatie meting betreffende taakrelevantie en flow-ervaring per instructie weergegeven.

De resultaten van de *taakrelevantie* binnen de motivatie meting (bijlage 6) zijn gebruikt om te bepalen of er sprake is van een verschil in taakrelevantie tussen de onderzoekend leren instructie en de directe instructie. De onafhankelijke variabele is de instructie (directe instructie, onderzoekend leren instructie) en de afhankelijke variabele is het type test (taakrelevantie). Er bestaat geen significant verschil tussen de directe instructie en de onderzoekend leren instructie voor wat betreft taakrelevantie ($t(38) = -6.44, p = .26$).

De resultaten van de *flow-ervaring* (bijlage 6) zijn gebruikt om te bepalen of er sprake is van een verschil in flow-ervaring tussen de onderzoekend leren instructie en de directe instructie. De onafhankelijke variabele is de instructie (directe instructie, onderzoekend leren instructie) en de afhankelijke variabele is het type test (flow-ervaring). Er bestaat **een significant verschil** tussen de directe instructie en de onderzoekend leren instructie voor wat betreft misconcepties ($t(38) = -3.38, p = .00$).

Discussie & Conclusie

In deze studie is onderzocht wat de invloed op de hoogbegaafde leerling van directe instructie ten opzichte van de onderzoekend leren instructie is, daar waar het de mathematische kennis, inzicht (conceptuele kennis en misconcepties van het domein) en motivatie (emotionele staat, taakrelevantie en flow-ervaring) betreft. De directe instructie is voor het doel van het onderzoek vorm gegeven middels de First Principles of Instruction (Merrill, 2002, 2007), waarbij de leerkracht in vijf fases (probleem fase, activatie fase, demonstratie fase, applicatie fase, integratie fase) klassikaal instructie geeft. De onderzoekend leren instructie is opgebouwd volgens de principes van het Scientific Reasoning (Zimmerman, 2000), waarbij de leerling zelf het transformatief proces (De Jong, 2006) (oriëntatie, hypothese stellen, experimenteren, conclusies trekken en evalueren a) vorm moet geven en de leerkracht het regulatief proces (plannen, monitoren en evalueren b) (De Jong, 2006).

Mathematische kennis en inzicht

De verwachting was dat de hoogbegaafde leerling een hoger niveau van mathematische kennis zou krijgen door de onderzoekend leren instructie en dat de hoogbegaafde meer inzicht (conceptuele kennis en misconcepties) van het domein zou krijgen tijdens de onderzoekend leren instructie.

De resultaten laten zien, dat leerlingen die onderzoekend leren instructie hebben gehad niet meer mathematische kennis verkrijgen dan bij directe instructie. De verklaring dat de mathematische kennis blijikbaar niet verschilt tussen de beide vormen van instructie zou te maken kunnen hebben met het feit dat daarvoor een rekenformule nodig was, welke op de eerste pagina van de toets werd aangereikt aan de leerling. Dat was voor de leerling dus puur een kwestie van toepassen van de geleerde formule van dichtheid, waardoor deze vragen in bijna alle gevallen foutloos werden gemaakt.

De resultaten laten zien, dat leerlingen die onderzoekend leren instructie hebben gehad niet meer conceptuele kennis verkrijgen dan bij directe instructie. De verklaring voor het feit dat er geen verschil is in inzicht tussen de twee instructies, als het gaat om conceptuele kennis zou te maken kunnen hebben met het feit dat de vragen voor de leerlingen een vrij grote 'gokkans' in zich herbergden.

De resultaten laten zien dat als het gaat om het verlaten van misconcepties, wel een beter resultaat in geval van de onderzoekend leren instructie wordt geboekt. De verklaring zou kunnen zijn dat de leerlingen die de onderzoekend leren instructie hebben gehad, meer in staat zijn tot metacognitieve zelfregulatie uitgedrukt in termen als plannen, monitoren en evalueren (De Jong, 2006). Dit zou ervoor kunnen zorgen dat tijdens de instructie zelfmonitoren, zelfcorrigeren en/of zelfmotiveren door de hoogbegaafde leerling (Lin et al., 1999) worden verbeterd, waardoor het verlaten van een misconceptie ten aanzien van een domein beter gaat. De relatief korte en eenmalige sessie van de onderzoekend leren instructie blijkt daartoe beter in staat dan de directe instructie.

Motivatie

Naast meer kennis werd verwacht dat leerlingen in de onderzoekend leren instructie gemotiveerder zouden zijn dan leerlingen in de directe instructie. Hierbij werd gekeken naar

de emotionele staat van de leerling direct na de instructie, de taakrelevantie (Keller & Kopp, 1987) en de flow-ervaring (Ghani & Deshpande, 1994).

De resultaten geven aan dat hoogbegaafde leerlingen zich na de onderzoekend leren instructie overwegend zekerder voelen, terwijl de leerlingen na de directe instructie aangeven overwegend blijer te zijn. De verklaring daarvoor kan zijn dat emotioneel gezien de directe instructie voor de leerlingen vooral 'leuk' was, misschien wel vanwege het feit dat er een andere leerkracht dan normaal voor de klas stond die gepassioneerd en enthousiast kon vertellen. Zoiets maakt een leerling wellicht niet zekerder, maar emotioneel gezien wellicht vooral blij.

De resultaten geven aan dat de taakrelevantie (Keller & Kopp, 1987) in geval van zowel de onderzoekend leren instructie als de directe instructie gelijk is. De verklaring kan zijn dat voor beide instructies hetzelfde domein is gekozen, dat de taak aansluit op de basisbehoefte van een hoogbegaafde leerling, het motief bij de hoogbegaafde leerling tot het doen van de taak in beide instructie vormen even groot is en ook de waarde of waardering die de hoogbegaafde leerling voor de instructie heeft in beide gevallen even groot is. In die zin zijn de ontworpen lessen voor wat betreft deze vorm van motivatie volledig geslaagd, bij het ontwerp van de lessen was deze gelijkheid beoogd.

De resultaten geven aan dat hoogbegaafde leerlingen de cognitieve belasting van de onderzoekend leren instructie minder optimaal vinden dan die van de directe instructie. Al is het construct moeilijk te meten, blijktbaar vonden leerlingen in de onderzoekend leren instructie het denken lastig, ging het niet vanzelf, wisten ze niet altijd wat ze doen moesten en hadden ze niet het gevoel alles onder controle te hebben. Dit zou verklaard kunnen worden door het feit dat leerlingen over het algemeen weinig ervaring hebben met onderzoekend leren waarin leerlingen zelf na moeten denken over hypothesen, experimenten en conclusies en waarin niet alle stappen in het proces opeenvolgend worden gegeven door de leerkracht.

Wetenschappelijke implicatie van het onderzoek is dat leerlingen het niet altijd leuker vinden (cf. Adams-Byers, Whitsell, & Moon, 2004) om op een originele en vindingrijke wijze oplossingen voor problemen te bedenken en problemen kunnen bedenken (Mönks & Ypenburg, 1993). Het onderzoek weerlegt helemaal niet dat er sprake is van interdependentie tussen de persoonskenmerken van leerlingen met buitengewone intellectuele capaciteiten (Renzulli, 1978; Mönks & Ypenburg, 1993), het geeft echter de complexiteit van deze interdependentie aan. Nadruk op een van de persoonskenmerken zoals de buitengewone intellectuele capaciteiten, kan er juist in resulteren dat de hoogbegaafde leerling zijn buitengewone intellectuele capaciteiten gaat maskeren (Betts & Neihart, 1988) en gaat onderpresteren (Mönks & Ypenburg, 1993; de Vries, 1996; Span, 1988). Bij instructie aan hoogbegaafde leerlingen moet systematisch worden nagegaan wat er mogelijk is op het gebied van de metacognitieve vaardigheden (Minnaert & Janssen, 1999; Cain, Oakhill & Bryant, 2004 in Knorth, Minnaert & Ruijsenaars, 2005), motivationele vaardigheden (Schiefele, 1991; Boekaerts, 1997; Peetsma & Roeleveld, 2002 in Knorth, Minnaert & Ruijsenaars, 2005) en/of de sociaal-emotionele vaardigheden (Op 't Ende & Minnaert, 1997; Winner, 2000; Boekaerts, 1998, 2002 in Knorth, Minnaert & Ruijsenaars, 2005). Vreemd

genoeg blijkt uit tal van onderzoek dat deskundigen creativiteit en buitengewone intellectuele capaciteiten als meest kenmerkende signalen van hoogbegaafdheid zien (Heller, Mönks, Sternberg & Subotnik, 2000; De Boer & Cuijpers, 2004; Top, 2005 in Knorth, Minnaert & Ruijsenaars, 2005). Instructie die uitnodigt tot meer tot nadenken leidt uiteindelijk tot elaboratieprocessen die gerelateerd zijn aan hogere leerprestaties (Eysink, de Jong, Berthold, Kolloffel, Opfermann & Wouters, 2009), maar de lagere motivatie die daaruit voort kan komen kan op zich bijdragen aan niet succesvol willen aanleren van nieuwe domeinen / effectief mobiliseren van voorkennis en het organiseren van informatie en informatiebronnen (Bransford & Stein, 1993; Brown et al., 1983; Scardamalia & Bereiter, 1991, in Lin et al., 1999).

Het onderzoek betreft slechts 10 scholen in de regio Hengelo, er hebben in totaal slechts 40 leerlingen (20 per instructie) aan het onderzoek deelgenomen en leerlingen van scholen waar men niet bereid was deel te nemen aan het onderzoek hebben geen bijdrage kunnen leveren aan de resultaten. Voorts is er gebruik gemaakt van een vragenlijst betreffende motivatie, die zijn beperkingen kent en dus niet de gehele range aan mogelijke vormen van motivatie van een leerling met buitengewone intellectuele capaciteiten voor een instructie heeft kunnen bestrijken. Er is geen retentie toets gedaan in dit onderzoek, waardoor de duurzaamheid van de opgedane kennis niet is gemeten. Daarnaast zou er op een andere manier mathematische kennis en conceptuele kennis getoetst kunnen worden, waaruit wel een verschil tussen beide vormen van instructie naar voren komt.

Vervolg onderzoek zou zich kunnen richten op andere vormen van motivatie in relatie tot de instructie. Er zou nader onderzoek kunnen worden gedaan naar het feit of de onderzoekend leren instructie leidt tot het duurzaam aanwezig blijven van de kennis. Er zou in vervolg onderzoek kunnen worden gekeken of de onderzoekend leren instructie invloed heeft op de Competentie (de behoefte van de leerling om zichzelf capabel te ervaren om gewenste resultaten te behalen en negatieve resultaten te vermijden (Connell & Welborn, 1991 in Knorth, Minnaert & Ruijsenaars, 2005)), Autonomie (de innerlijke behoefte van een individu is om zelf keuzes te maken en zelf activiteiten te kunnen sturen (Connell & Wellborn, 1991; Zimmerman & Risemberg, 1994; Ryan, Deci & Grolnick, 1995 in Knorth, Minnaert & Ruijsenaars, 2005) en de Relatie met de leerkracht. Deze aspecten hebben een onderlinge afhankelijkheid (Deci & Ryan, 1985; Deci, Vallerand, Pelletier & Ryan, 1991; Boekaerts & Minnaert, 2003,2006 in Knorth, Minnaert & Ruijsenaars, 2005), maar wellicht ook een relatie met de vorm van instructie. In onderhavige onderzoek is motivatie gebruikt, maar competentie, autonomie en relatie blijken goede voorspellers te zijn van Engagement voor een bepaalde leerstof en dientengevolge leiden deze aspecten ook tot hogere leerprestaties (Van der Werf, 2005 in Knorth, Minnaert & Ruijsenaars, 2005).

Referenties

- Adams-Byers, J., Squiller Whitsell, S., & Moon, S. M. (2004). Gifted students' perceptions of the academic and social/emotional effects of homogeneous and heterogeneous grouping. *Gifted Child Quarterly*, 48, 7-20.
- Betts, T.G. & Neihart, M., (1988). Profiles of the gifted and talented. *Gifted Child Quarterly*, 32(2), 248-253.
- Brummelhuis ten, A., & Kuiper, E. (2008). Driving forces for ICT in learning. In: J. Voogt & G. Knezek (Eds.), *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*. (pp 97-111). Springer.
- Chang, K.E., Sung, Y.T., Lee, C.L. (2003). Web-based collaborative inquiry learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 56-69.
- Dede, C., (2008). Theoretical perspectives influencing the use of information technology in teaching and learning. In: J. Voogt & G. Knezek (Eds.), *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*. (pp 43-62). Springer.
- Dede, C., (2009). Interview with C. Dede retrieved 20 December 2009 from the site: <http://edusummit.nl/resultssummit/interviews/dede>
- De Jong, T. (2006a). Computer simulations: Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532-533.
- De Jong, T. (2006b). Scaffolds for Scientific discovery learning. *Advances in learning and instruction series. Handling complexity in learning environments*. 107-111.
- Eysink, T. H. S., de Jong, T., Berthold, K., Kolloffel, B., Opfermann, M., & Wouters, P. (2009). Learner performance in multimedia learning arrangements: An analysis across instructional approaches. *American Educational Research Journal*, 46, 1107-1149.
- Fisser, P. (2009). Natuurlijk nieuwsgierig. Kinderen als onderzoekende ontwerpers. Hengelo: Hogeschool Edith Stein/Onderwijscentrum Twente en Expertis Onderwijsadviseurs.
- Ghani, J. A., & Deshpande, S.P. (1994). Task characteristics and the experience of optimal flow in human-computer interaction. *Journal of Psychology*, 128, 4, 381-391.
- Knorth, E. J., Minnaert, A. E. M. G., & Ruijsenaars, A. J. J. M. (2005). Verschillen onderscheiden. Orthopedagogische hulpverlening en begeleiding bij problematische opvoedings- en onderwijsleersituaties. Utrecht: Agiel.
- Keller, J.M. & Kopp, T.W. (1987). An application of the ARCS model of motivational design. In: C.M. Reigeluth (Ed), *Instructional theories in action*. Hillsdale: Erlbaum.
- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., & Kaplan, D., (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and instruction*, 18(4), 495-523.
- Lin, X., Hmelo, C., Kinzer, C. & Secules, T., (1999). Designing technology to support reflection. *Educational Technology, Research and Development (ETR&D)*, 47(3), 43-62.
- Merrill, M.D., (2002). First Principles of instruction. *Educational Technology, Research & Design (ETR&D)*, 50(3), 43-59.
- Merrill, M.D., (2007). First Principles of instruction: A synthesis. In Reiser, R.A., & Dempsey, J.V. (2007). *Trend and issues in instructional design and technology, 2nd edition*, pp. 62-71. Upper Saddle River, NJ: Pearson.

- Mönks, F.J., & Ypenburg, I.H., (1993). Hoogbegaafde kinderen thuis en op school. Assen, Dekker en van de Vegt, 1993.
- Span, P., (1988). Onderpresteren op school door hoogbegaafde leerlingen. *Tijdschrift voor orthopedagogiek, kinderpsychiatrie en klinische kinderpsychologie*, 13.
- Tule (n.d.). Inhouden en activiteiten. Retrieved November 3, 2009, from <http://tule.slo.nl/OrientatieOpJezelfEnWereld/F-L42.html>
- Vries, H., de (1996). Intelligente kinderen. Een handleiding voor opvoeders. Antwerpen: Bosch & Keuning.
- Yin, Y., Tomita, M.K. & Shavelson, R.J. (2008). Diagnosing and dealing with student misconceptions: Floating and Sinking. *Science scope*, 34 – 39.
- Zimmerman, C., (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99 – 149.

Bijlage 1 Werkbladen voor de directe instructie

WERKBLAD 1

Materialen uit de bak.

Materiaal	Wat denk je?	Waarom denk je dit?	Wat gebeurt er?
Stuk hout	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Steen	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Knikker	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Paperclip	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Spijker	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Kaars	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Elastiekje	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Knijper van hout	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Knijper van plastic	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Spons	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>

Kun je nu zeggen waarom iets drijft of gaat zinken?

WERKBLAD 2

Blokjes van 2,5 cm uitgevoerd uit diverse materie.

Materiaal	Wat denk je?	Waarom denk je dit?	Gewicht	Wat gebeurt er?
Aluminium	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Staal	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Brons	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Koper	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Eiken	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Acryl	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Nylon	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
PVC	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Grenen	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Populier	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Iron wood	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
PolyPropyleen	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>

Kun je nu zeggen waarom iets drijft of gaat zinken?

WERKBLAD 3

Sommen.

	Massa (gr)	Inhoud (Volume = lxbxh)	Dichtheid	Zinkt/drijft
1	620 gram	10,5x10,5x10,5= 1157,63 cm ³	0,54 g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
2	1240 gram	10,5x10,5x10,5= 1157,63 cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
3	620 gram	8,0x8,0x8,0= 512,00 cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
4	370 gram	8,0x8,0x8,0= 512,00 cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
5	190 gram	6,5x6,5x6,5= 274,63 cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
6	190 gram	4,5x4,5x4,5= 91,25 cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
7	10 gram	4,5x4,5x4,5= 91,25 cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>

Kun je nu zeggen waarom iets drijft of gaat zinken?

WERKBLAD 4

Blokken.

Blok	Wat denk je?	Waarom denk je dit?	Gewicht	Volume	Dichtheid	Wat gebeurt er?
Geel	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Blauw	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Groen	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Paars	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Rood	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Oranje	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Roze	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Grijs	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>

Kun je nu zeggen waarom iets drijft of gaat zinken?

WERKBLAD 5

Blokken vergelijken.

Welke blokken heb je vergeleken?	Verschillen in	Wat valt je op?
geel/blauw/groen/paars/rood/oranje/roze/grijs	volume/gewicht	
geel/blauw/groen/paars/rood/oranje/roze/grijs	volume/gewicht	

TOELICHTING OP DE WERKBLADEN EN DE WERKWIJZE

De leerlingen werkten klassikaal met de werkbladen, die zo waren opgezet dat er een progressieve leerstrategie kon worden gestimuleerd. Elk werkblad moest worden ingevuld van links naar rechts en de leerling moest dat rij voor rij doen.

WERKBLAD 1

Materialen uit de bak.

Materiaal	Wat denk je?	Waarom denk je dit?	Wat gebeurt er?
Stuk hout	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>

Schema 2: Werkblad 1 voor de les directe instructie.

Werkblad 1 diende ter ondersteuning van de activatie fase, om te voorkomen dat de leerling overdonderd zou raken door de nieuwe kennis (Merrill, 2002, 2007). De leerling werd eerst gevraagd aan te geven wat er zou gebeuren als het materiaal in de bak met water werd gedaan. Vervolgens moest de leerling aangeven waarom dit zo was, om ten slotte door eigen observatie waar te nemen wat er gebeurde. Uiteindelijk zou er voor het oog van de leerling een hoeveelheid data per kolom ontstaan waaruit de leerling gedurende de fase conclusies kon trekken. De leerkracht stimuleerde het trekken van conclusies.

WERKBLAD 2 Blokjes van 2,5 cm uitgevoerd uit diverse materie.

Materiaal	Wat denk je?	Waarom denk je dit?	Gewicht	Wat gebeurt er?
Aluminium	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>

Schema 3: Werkblad 2 voor de les directe instructie.

Werkblad 2 diende ter ondersteuning van de demonstratie fase en had dezelfde opzet als werkblad 1 om zo ontwerprichtlijnen 1 t/m 9 te kunnen waarborgen. Er was om het leren te faciliteren een kolom betreffende de massa toegevoegd, waarop de nieuwe opgedane kennis (ontwerprichtlijn 10) (Merrill, 2002, 2007) conform de procedure kon worden genoteerd. Uiteindelijk zou er voor het oog van de leerling een hoeveelheid data per kolom ontstaan, waaruit de leerling gedurende de fase conclusies kon trekken. Voornamelijk de data uit de kolom 'Gewicht' en 'Wat gebeurt er?' moesten gedurende de les worden vergeleken. Door causale verbanden te leggen tussen deze twee kolommen en door de kolom van het gewicht te 'middelen' kon de leerling, voordat de leerkracht dat aanleerde, ontdekken dat er een bepaald gewicht is (te weten 15 gram) waaronder het voorwerp bleef drijven en waarboven het voorwerp zou zinken. Als de leerling dat getal wist te combineren met het volume van het blokje, dan zou de leerling zelfstandig zijn uitgekomen op de rekenformule van dichtheid. Mocht dit niet het geval zijn, dan zou de leerkracht in het verloop van de les deze formule aanleren.

WERKBLAD 3 Sommen.

	Massa (gr)	Inhoud (Volume = lxbxh)	Dichtheid	Zinkt/drijft
1	620 gram	10,5x10,5x10,5= 1157,63 cm ³	0,54 g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>

Schema 4: Werkblad 3 voor de les directe instructie.

Werkblad 3 diende ter ondersteuning van de demonstratie fase en had dezelfde opzet als werkblad 1 om zo ontwerprichtlijnen 1 t/m 9 te kunnen waarborgen. De opzet van rijen en kolommen was identiek om er zo voor te zorgen dat de leerlingen een vast patroon van werken konden toepassen gedurende de instructie. Dit voorkwam dat ieder werkblad apart

zou moeten worden uitgelegd. Werkblad 3 bestond uit sommen die zelfstandig door de leerlingen moesten worden ingevuld, op basis van de in de instructie aangeboden rekenformule. Uiteindelijk werden de antwoorden via een PowerPoint slide klassikaal nagekeken.

WERKBLAD 4 Blokken.

Blok	Wat denk je?	Waarom denk je dit?	Gewicht	Volume	Dichtheid	Wat gebeurt er?
Geel	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>

Schema 5: Werkblad 5 voor de les directe instructie.

Werkblad 4 & 5 dienden ter ondersteuning van de applicatie of experimenteer fase, waarbij werkblad 5 puur diende voor die leerlingen die sneller klaar zouden zijn dan de rest van de leerlingen. De leerlingen werkten met zwarte kubussen waarop alleen een klein stickertje met een kleur was aangegeven. Het in te vullen werkblad was verder identiek aan werkbladen 1 & 2 met dien verstande dat er een kolom voor volume en dichtheid aan het werkblad was toegevoegd. De leerling was niet verteld dat ze in feite op werkblad 3 de sommen al hadden uitgerekend, dit kon de leerling gedurende het experimenteren eventueel zelf ontdekken. De materialen van de leerkracht bestonden verder uit een PowerPoint presentatie ten behoeve van de integratie fase.

Bijlage 2 Kaarten onderzoekend leren instructie

De leerling krijgt ter ondersteuning van de oriëntatie fase onderstaande kaart gratis:

<p style="text-align: center;">DRIJVEN & ZINKEN</p> <p style="text-align: center;">Oriëntatie kaart 1</p> <p>Jullie kunnen vast wel iets opnoemen die in water goed blijven drijven of direct zinken. De vraag of iets blijft drijven of gaat zinken, lijkt eenvoudig te beantwoorden en te begrijpen. Het is toch wel wat ingewikkelder dan je denkt. Daarom ga je in dit onderzoek het drijfvermogen van materie nader onderzoeken.</p> <p style="text-align: center;"><u>DE OPDRACHT</u></p>
<ol style="list-style-type: none">1. Uitleggen waarom iets blijft drijven of gaat zinken,2. Een rekenformule bedenken zodat je vooraf kunt uitrekenen of iets blijft drijven of gaat zinken.

De leerling kan ter ondersteuning van de hypothese fase met onderstaande kaarten kopen:

<p style="text-align: center;">DRIJVEN & ZINKEN</p> <p style="text-align: center;">Oriëntatie kaart 2.a</p> <p style="text-align: center;">Materialen uit de bak</p> <p>Hypothese: Je kunt zien aan het voorwerp of het blijft drijven of gaat zinken.</p>

<p style="text-align: center;">DRIJVEN & ZINKEN</p> <p style="text-align: center;">Oriëntatie kaart 3.a</p> <p style="text-align: center;">Blokjes van 2,5 cm uitgevoerd uit diverse materie.</p> <p>Hypothese: Het drijfvermogen van blokjes die allemaal 2,5 cm lang, breed en hoog zijn, hangt af van de massa van het blokje.</p>

<p style="text-align: center;">DRIJVEN & ZINKEN</p> <p style="text-align: center;">Oriëntatie kaart 4.a</p> <p style="text-align: center;">Blokken met verschillende massa's én verschillende volumes.</p> <p>Hypothese: Het drijfvermogen is niet alleen afhankelijk van massa maar ook van hoe groot een blokje is.</p>

<p style="text-align: center;">DRIJVEN & ZINKEN</p> <p style="text-align: center;">Oriëntatie kaart 5.a</p> <p style="text-align: center;">Blokken met een te wegen massa en te meten volume vergelijken.</p> <p>Hypothese: Het drijfvermogen hangt af van de verhouding tussen de massa en het volume van een voorwerp.</p>

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 6.a

Sommen

Hypothese:

Het drijfvermogen kan vooraf berekend worden op basis van de massa en het volume.

De leerling kan ter ondersteuning van de experimenteer fase met onderstaande kaarten kopen:

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 2.b

Materialen uit de bak

Materiaal	Wat denk je?	Waarom denk je dit?	Wat gebeurt er?
Stuk hout	drijft/ zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Steen	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Knikker	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Paperclip	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Spijker	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Kaars	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Elastiekje	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Knijper van hout	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Knijper van plastic	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>
Spons	drijft/zinkt		<i>Drijft/Zinkt</i>

DE OPDRACHT

3. Kun je nu uitleggen waarom iets blijft drijven of gaat zinken?
4. Kun je nu een rekenformule bedenken zodat je vooraf kunt uitrekenen of iets gaat drijven of zinken?

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 3.b

Blokjes van 2,5 cm uitgevoerd uit diverse materie.

Materiaal	Wat denk je?	Waarom denk je dit?	Gewicht	Wat gebeurt er?
Aluminium	drijft /zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Staal	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Brons	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Koper	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Eiken	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Acryl	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Nylon	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
PVC	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Grenen	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
Populier	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>

Iron wood	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>
PolyPropyleen	drijft/zinkt		gram	<i>Drijft/Zinkt</i>

DE OPDRACHT

5. Kun je nu uitleggen waarom iets blijft drijven of gaat zinken?
6. Kun je nu een rekenformule bedenken zodat je vooraf kunt uitrekenen of iets gaat drijven of zinken?

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 4.b

Blokken met een te wegen massa en te meten volume.

Blok	Wat denk je?	Waarom denk je dit?	Gewicht	Volume	Dichtheid	Wat gebeurt er?
Geel	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Blauw	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Groen	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Paars	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Rood	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Oranje	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Roze	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>
Grijs	drijft/zinkt		gram	cm ³	g/cm ³	<i>Drijft/Zinkt</i>

DE OPDRACHT

7. Kun je nu uitleggen waarom iets blijft drijven of gaat zinken?
8. Kun je nu een rekenformule bedenken zodat je vooraf kunt uitrekenen of iets gaat drijven of zinken?

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 5.b

Blokken met een te wegen massa en te meten volume vergelijken.

Welke blokken heb je vergeleken?	Verschillen in	Wat valt je op?
geel/blauw/groen/paars/rood/oranje/roze/grijs	volume/gewicht	
geel/blauw/groen/paars/rood/oranje/roze/grijs	volume/gewicht	

DE OPDRACHT

9. Kun je nu uitleggen waarom iets blijft drijven of gaat zinken?
10. Kun je nu een rekenformule bedenken zodat je vooraf kunt uitrekenen of iets gaat drijven of zinken?

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 6.b

Sommen

	Massa (gr)	Inhoud (Volume = lxbxh)	Dichtheid	Zinkt/drijft
1	620 gram	$10,5 \times 10,5 \times 10,5 = 1157,63 \text{ cm}^3$	0,54 g/cm ³	Drijft/Zinkt
2	1240 gram	$10,5 \times 10,5 \times 10,5 = 1157,63 \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt
3	620 gram	$8,0 \times 8,0 \times 8,0 = 512,00 \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt
4	370 gram	$8,0 \times 8,0 \times 8,0 = 512,00 \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt
5	190 gram	$6,5 \times 6,5 \times 6,5 = 274,63 \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt
6	190 gram	$4,5 \times 4,5 \times 4,5 = 91,25 \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt
7	10 gram	$4,5 \times 4,5 \times 4,5 = 91,25 \text{ cm}^3$	g/cm ³	Drijft/Zinkt

DE OPDRACHT

11. Kun je nu uitleggen waarom iets blijft drijven of gaat zinken?
12. Kun je nu een rekenformule bedenken zodat je vooraf kunt uitrekenen of iets gaat drijven of zinken?

De leerling kan ter ondersteuning van de conclusie fase met onderstaande kaarten kopen:

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 2.c

Materialen uit de bak

Conclusie: Je kunt aan het voorwerp niet zien of het blijft drijven of gaat zinken.

Materie kan voorkomen in vaste toestand, vloeibare toestand of gasvormige toestand. Dus niet alleen alles wat je om je heen ziet (hout, ijzer, lood, glas, marmer), maar ook wat je niet ziet (lucht, zuurstof, kooldioxide).

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 3.c

Blokjes van 2,5 cm uitgevoerd uit diverse materie.

Conclusie: Het drijfvermogen van blokjes die allemaal 2,5 cm lang, breed en hoog zijn, hangt niet alleen af van de massa van het blokje.

Massa is het gewicht van de materie in welke toestand dan ook. Dat kan je bepalen door de materie op een weegschaal te wegen in grammen (gr).

Voorbeelden van massa:

Neem bijvoorbeeld het volume van een plastic bekertje uit een automaat of waar limonade in kan.

Een bekertje met lucht weegt 0,19 g

Een bekertje met kooldioxide weegt 0,30 g

Een bekertje met vurenhout weegt 87 g

Een bekertje met **water weegt 150 g**

Een bekertje met ijzer weegt 1,2 kg

Een bekertje met lood weegt 1,7 kg

Een bekertje met goud weegt 2,9 kg
Een bekertje met platina weegt 3,2 kg

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 4.c

Blokken met verschillende massa's én verschillende volumes.

Conclusie:

Het drijfvermogen is niet alleen afhankelijk van massa maar ook van hoe groot een blokje is.

Volume is de lengte, breedte en de hoogte van de materie vermenigvuldigen met elkaar. Het is dus in formule de lengte keer de breedte keer de hoogte, of te wel de rekenformule van $\text{volume} = l \times b \times h$.

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 5.c

Blokken met een te wegen massa en te meten volume vergelijken.

Conclusie:

Het drijfvermogen hangt af van de verhouding tussen de massa en het volume van een voorwerp.

Je hebt nu voorbeelden gezien van hoe gewicht van een blok bepaald of een blok blijft drijven of gaat zinken. Daarbij is het je misschien niet opgevallen dat alle blokjes hetzelfde volume hadden. Dat volume of (inhoud) is echter wel van belang in combinatie met het gewicht. **De bedoeling is dat je vooraf kunt berekenen of een voorwerp blijft drijven of gaat zinken in zoet water.** Dat kun je doen door de dichtheid te bepalen.

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 6.c

Sommen

Conclusie:

Het drijfvermogen kan vooraf berekend worden op basis van de massa en het volume.

Sommen:

Waar het eigenlijk allemaal om gaat bij drijven en zinken (DICHTHEID)

De dichtheid van materie kun je uitrekenen door de massa te delen door het volume.

$(m/l \times b \times h)$

Je ziet dat elke materie een ander gewicht heeft, de dichtheid van alle materie verschilt daarom ook. De dichtheid van water is altijd 1 gr/cm^3 . Dat getal is belangrijk om te kennen als je wilt weten of iets blijft drijven of zinken. Alle materie met een hogere dichtheid zal zinken en alles met een lagere dichtheid zal drijven. We praten overigens dan wel over zoet of kraanwater, want in zoet water zit bijvoorbeeld geen zout. De dichtheid van dat zoute water is vanwege het zout weer hoger.

De leerling kan ter ondersteuning van de evaluatie fase a onderstaande kaarten kopen:

DRIJVEN & ZINKEN

Oriëntatie kaart 7.a

Sommen

Extra leuk om te weten (MARMER)!!

Marmer is een zeer zware steensoort, die in het buitenland wordt gedolven. Het is heel duur is en wordt vaak gebruikt in gebouwen. Maar je kunt er ook een boot van maken. Je zult het geloven of niet, maar zelfs marmer kan drijven!



Dit is de beroemde marmeren boot, die ligt in een vijver bij een van de keizerlijke paleizen in Beijing of Peking (in China). De boot is nu al meer dan honderd jaar oud, maar is nog steeds prachtig wit en enorm zwaar.

1. Hoe zwaar is marmer?
2. Waar wordt marmer gedolven?
3. Waar gebruiken ze marmer meestal voor?
4. Hoe zwaar zal deze boot zijn schat je?
5. Waarom blijft de boot toch drijven?

DRIJVEN & ZINKEN

Orientatie kaart 7.b

Sommen

Super grappig om ook te weten (DE DODE ZEE).

Je hebt zoet water in bijvoorbeeld de meren en rivieren. Je hebt zout water in bijvoorbeeld de zee. In beide soorten water kun je als mens drijven, maar als je niet kunt zwemmen dan zink je toch. Je zult het geloven of niet, maar er is ook water dat zo verschrikkelijk zout is dat zelfs mensen die niet kunnen zwemmen blijven drijven en de krant kunnen lezen.



Dit is het water van de 'dode zee' in Israël. Dit meer (het heet wel zee maar is toch een meer) is zo zout dat het wel elf keer zoveel zout als gewoon water in een echte zee. Mensen kunnen in dat water blijven drijven zonder te zwemmen. Ze kunnen zelfs de krant lezen terwijl ze in het zoute water liggen (als ze Hebreeuws kunnen lezen).

1. Waarom blijft deze man drijven op het water?
2. Hoe komt het dat dit meer zo verschrikkelijk zout water heeft?
3. Waarom kan iets beter drijven als het water zouter wordt?

DRIJVEN & ZINKEN

Oriëntatie kaart 7.c

Sommen

Leuk om te weten van vroeger (HET DUIKERSPAK)!!

Duikers hebben tegenwoordig een mooi strak duikerspak en een fles voor lucht op de rug. Vroeger was dat wel even heel anders. Dan zaten er allemaal slangen aan het duikerspak, die waren verbonden met een luchtpomp op de wal of het schip. De lucht werd gewoon door de slangen in het pak geblazen en zo kon de duiker onder water ademen. Daardoor werd het pak alleen wel heel bol van de lucht en bleef het makkelijk drijven. Het pak was net als een luchtbed vol lucht. Om te zorgen dat de duiker ook echt onder water kon duiken, werden in de schoenen van de duiker loden gewichten gedaan en kreeg de duiker een zware loden plaat op zijn borst gehangen. Kijk maar naar het plaatje hieronder.

1. Waarom blijft deze man in het duikerspak drijven op het water?
2. Hoe komt het dat dit meer zo gebeurt?



TOELICHTING OP DE KAARTEN EN DE WERKWIJZE

De hypothese kaarten (bijlage 1; nr. 2.a, 3.a, 4.a, 5.a, 6.a) ondersteunden de leerling met het formuleren van beweringen of groepjes van beweringen of zelfs het ontwerpen van een model (De Jong, 2006). De leerling kreeg zodoende met de kaarten de mogelijkheid om eigen minder ontwikkelde oplossingsstrategieën los te laten en open te gaan staan voor nieuwe meer ontwikkelde strategieën welke eigen voorkennis misschien wel tegen zouden kunnen spreken (Zimmerman, 2000). Een hypothesekaart werd enkel aan de leerling uitgereikt als gedurende de monitoring van de leerling bleek dat deze onvoldoende in staat was zelf 'op gang' te komen.

De experimenteer kaarten (bijlage 1; nr. 2.b, 3.b, 4.b, 5.b, 6.b) ondersteunden de leerling bij het doen van voorspellingen, deze aan de praktijk te kunnen toetsen en de uitkomsten te kunnen interpreteren (De Jong, 2006). De leerling kreeg middels deze kaarten de mogelijkheid om de kracht van eigen observaties te ontdekken, door een gestructureerde aanpak van experimentele testen te waarborgen (Zimmerman, 2000). Een experimenteer kaart was de enige manier om een experiment te mogen doen, deze kaart werd door de leerkracht uitgereikt als tijdens het regulatief proces bleek dat de leerling niet op abstracte wijze tot een antwoord op de initiële vraag zou komen. Meestal werden twee van de 3 van de twee experimenteer kaarten uitgereikt of door de leerling gevraagd aan de leerkracht. Experimenteren met een experimenteer kaart is niet hetzelfde als proefjes doen in de directe instructie, de experimenten zijn namelijk niet vooraf voorgedaan door de leerkracht. Ook geven de experimenteer kaarten nauwelijks handvatten betreffende de aanpak van het experiment, het zijn puur invulbladen voor de resultaten van een experiment.

Conclusie kaarten (bijlage 1; nr. 2.c, 3.c, 4.c, 5.c, 6.c) ondersteunden de leerling doordat daarmee de validiteit van eigen hypothesen en experiment kon worden gecontroleerd (De Jong, 2006). Uiteindelijk moest de leerling zo de moeilijke taak volbrengen om eigen regels rond het domein aan te nemen of te weerleggen op basis van de feedback uit de vorige fases (Zimmerman, 2000). Conclusie kaarten werden net als de hypothese kaarten uitgereikt als in de monitoring fase door de leerkracht werd opgemerkt dat de leerling consequent tot de verkeerde conclusies kwam, of in een bepaalde oplossingsstrategie bleef hangen. Gemiddeld genomen werd per leerling een of twee conclusie kaarten uitgereikt.

De kaarten waren inhoudelijk vorm gegeven volgens het principe van 'process modelling', waarbij de leerling het probleem vanuit het perspectief van de leerkracht te zien kreeg (Lin et al., 1999). De kaarten lieten bovendien niet de gehele oplossing zien, maar slechts een deel van de oplossing en dienden enkel ter stimulatie van de leerling. De kaarten moesten dus niet de onderzoekend leren omgeving transformeren tot een directe instructie op papier.

Bijlage 3 Vragen naar mathematische kennis.

De toets is vooral gericht op je inzicht, dus maak je niet druk omdat je niets uit je hoofd hebt kunnen leren.

Zoals ook in de les, wil ik vooral weten wat je van drijven en zinken begrijpt.

Ga vooral goed nadenken over de vragen, voordat je antwoord geeft.

Voor de rekensommen moet je de dichtheid gebruiken.

In een rekenformule is dat:

massa

lxbxh

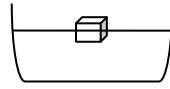
(in g/cm³)

De dichtheid van water is 1 g/cm³

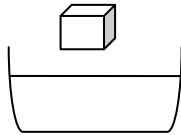
Massa	Volume	Dichtheid	Zinkt/drijft
620 gram	10,5x10,5x10,5 = 1157,63 cm ³	0,54 g/cm ³	Drijft/Zinkt
1240 gram	8,0x8,0x8,0 = 512,00 cm ³	g/cm ³	Drijft/Zinkt
620 gram	6,5x6,5x6,5 = cm ³	g/cm ³	Drijft/Zinkt
190 gram	4,5x4,5x4,5= cm ³	g/cm ³	Drijft/Zinkt
10 gram	4,5x4,5x4,5= cm ³	g/cm ³	Drijft/Zinkt
180 gram	3,0x3,0x3,0 = cm ³	g/cm ³	Drijft/Zinkt

Bijlage 4 Vragen naar conceptuele kennis (Pre-test & Post-test).

1) Dit blokje drijft in een waterbak.



a) Als hetzelfde blokje 10 keer zo groot zou zijn, blijft het dan drijven of zal het zinken?



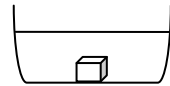
- A. Het blijft drijven
- B. Het zal zinken
- C. Dit kun je niet weten, omdat.....

b) Als er nog een blokje is dat 10 keer zo klein is, zal het dan drijven of zinken?

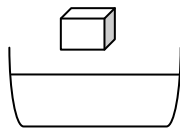


- A. Het blijft drijven
- B. Het zal zinken
- C. Dit kun je niet weten, omdat.....

2) Dit blokje zinkt in een waterbak.

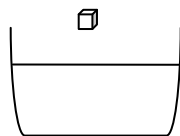


a) Als hetzelfde blokje 10 keer zo groot zou zijn, zal het dan blijven drijven of zal het gaan zinken?



- A. Het blijft drijven
- B. Het zal zinken
- C. Dit kun je niet weten, omdat.....

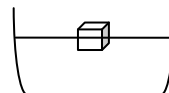
b) Als hetzelfde blokje 10 keer zo klein zou zijn, zal het dan drijven of zinken?



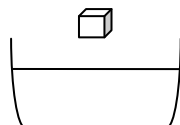
- A. Het blijft drijven
- B. Het zal zinken
- C. Dit kun je niet weten, omdat.....

c) Als je alleen weet hoe groot een blokje is, weet je of het zal drijven of zinken.
goed/fout

3) Dit blokje drijft in een waterbak.



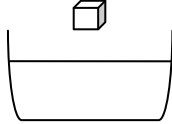
a) Als eenzelfde blokje 10 keer zo zwaar zou zijn, zal het dan blijven drijven of gaan zinken?



- A. Het blijft drijven
- B. Het zal zinken

C. Dit kun je niet weten, omdat.....

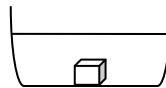
- b) Als eenzelfde blokje 10 keer zo licht zou zijn, zal het dan blijven drijven of gaan zinken?



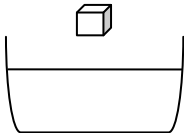
- A. Het blijft drijven
B. Het zal zinken

C. Dit kun je niet weten, omdat.....

- 4) Dit blokje zinkt in een waterbak.



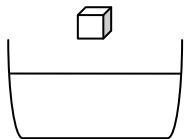
- a) Als eenzelfde blokje 10 keer zo zwaar zou zijn, zal het dan blijven drijven of gaan zinken?



- A. Het blijft drijven
B. Het zal zinken

C. Dit kun je niet weten, omdat.....

- b) Als eenzelfde blokje 10 keer zo licht zou zijn, zal het dan blijven drijven of gaan zinken?



- A. Het blijft drijven
B. Het zal zinken

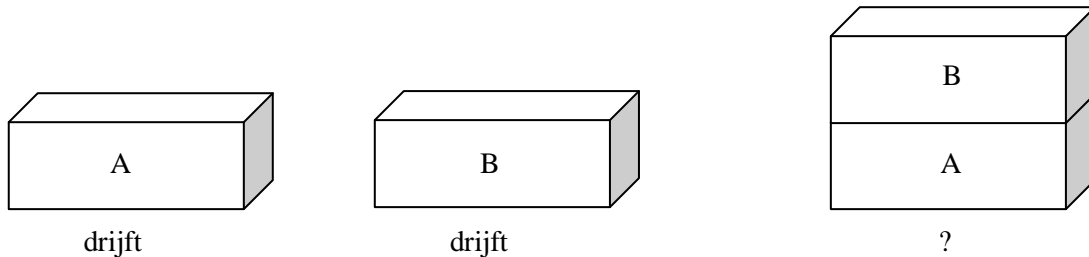
C. Dit kun je niet weten, omdat.....

- c) Als je weet hoe zwaar een blokje is, weet je of het drijft of zinkt. *goed/fout* (streek door)

Bijlage 5 Vragen naar de misconcepties.

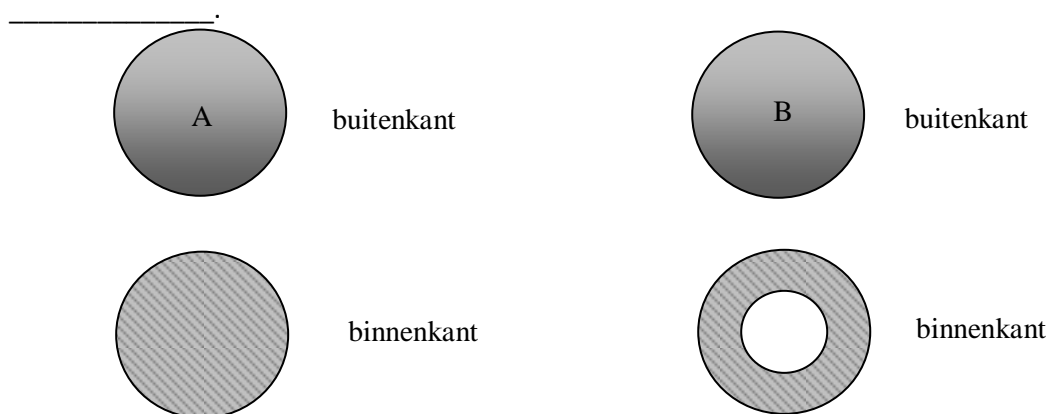
Vraag 5:

Blok A en Blok B blijven beide drijven in water. Stel je voor, dat we beide blokken stevig tegen elkaar aan lijmen. Wat gebeurt er als je de twee aan elkaar gelijmde blokken in water legt? **Samen zullen ze gaan _____.**



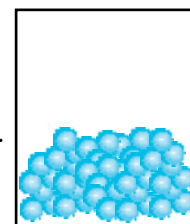
Vraag 12:

Bal A en Bal B zijn gemaakt van verschillend materiaal, maar ze hebben **hetzelfde** gewicht en **hetzelfde** volume. Bal A is helemaal massief en bal B is hol van binnen (zie de plaatjes hieronder). Bal A zinkt in water, maar wat gebeurt er als je bal B in water legt? **Bal B zal gaan _____.**



Vraag 13:

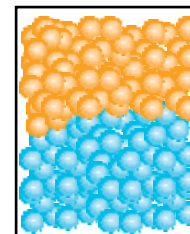
Een waterdichte doos is half gevuld met stenen (●) en zinkt in water.



Stel je voor dat we de rest van de doos vullen met piepschuim (●).

Wat gebeurt er nu als je de waterdichte doos in het water legt?

De waterdichte doos gaat _____.



Bijlage 6 Motivatie meting (emotionele staat, taakrelevantie & flow-ervaring)

1. Hoe voel jij je na deze taak?



Blij



Zeker



Neutraal



Onzeker



Verdrietig

2. Hoe heb je deze taak ervaren?

	Klopt niet	1	2	3	4	5	6	Klopt wel
Ik houd van deze uitzoek-taak	1	2	3	4	5	6	7	
Ik vond het fijn dat je bij deze taak nieuwe dingen leert	1	2	3	4	5	6	7	
Deze taak lijkt me nuttig	1	2	3	4	5	6	7	
Ik hoef geen beloning, de taak gaf me plezier genoeg	1	2	3	4	5	6	7	
Deze taak vond ik erg interessant	1	2	3	4	5	6	7	
Denken ging gemakkelijk	1	2	3	4	5	6	7	
De juiste gedachten kwamen vanzelf	1	2	3	4	5	6	7	
Bij iedere stap wist ik wat ik moest doen	1	2	3	4	5	6	7	
Ik had het gevoel dat ik alles onder controle had	1	2	3	4	5	6	7	

3. Welke tijd geeft de klok nu aan?

Tijd invullen

Bijlage 7 Kerndoelen basisonderwijs.

Domein bepaling.

In de onderbouw (groep 1 & 2) van het basisonderwijs kan het domein drijven en zinken in de vorm van de 'watertafel' wel eens aan de orde zijn gekomen, voorts vormt het domein geen onderdeel van het curriculum. Aspecten als massa, volume, dichtheid blijken in de kerndoelen van het basisonderwijs niet aan de orde te zijn gekomen in groep 7 en 8. Kennis van inhoud en oppervlakte is er bij de leerlingen, als ook het meten met een lineaal en het wegen van voorwerpen (zie bijlage 6: kerndoelen). De les benaderde het aspect van drijven en zinken van materie vanuit de invalshoeken van de natuurkunde, wiskunde en taalkunde. Het leerdoel van de lessen was zo gekozen dat de leerling mathematisch moesten kunnen bepalen of een voorwerp bleef drijven of ging zinken. De les drijven en zinken, voldoet aan de kerndoelen basisonderwijs (bijlage 6) op het leergebied Oriëntatie op jezelf en de wereld welke is ingedeeld in vier domeinen, waarvan het domein Natuur en techniek (kerndoelen 40 t/m 46) van toepassing zijn. Binnen dat domein zijn er drie kerndoelen die aansluiten bij de kennis die de leerlingen in het basisonderwijs moeten op doen. Kerndoel 42 houdt in dat de leerling onderzoek doet aan materialen en natuurkundige verschijnselen (Tule, n.d.). In groep 1-2 is drijven en zinken een specifiek onderdeel, de kinderen moeten dan experimenteren met de kracht van water door verschillende voorwerpen op hun drijfvermogen te testen aan de watertafel. De voorkennis van de leerlingen voor de les wordt daarom geschat op minimale kennis van drijfvermogen. De leerling moet voor kerndoel 44 leren bij producten uit hun eigen omgeving relaties te leggen tussen de werking, de vorm en het materiaalgebruik (Tule, n.d.). De leerling moet ook leren oplossingen voor technische problemen te ontwerpen, deze uit te voeren en te evalueren aldus kerndoel 45 (Tule, n.d.). Alle kerndoelen zoals genoemd zijn verwerkt in de ontworpen les drijven en zinken. Daarnaast zijn er kerndoelen betreffende de mathematische kant van toepassing op de les. Kerndoel 23 betreffende het wiskundig inzicht en handelen, houdt in dat de leerling leert wiskunde taal gebruiken (Tule, n.d.). Tevens leert de leerling in de onderhavige les, praktische en formele rekenwiskundige problemen op te lossen en redeneringen helder weer te geven (kerndoel 24 in Tule, n.d.). Tot slot kan de leerling leren aanpakken bij het oplossen van wiskunde problemen te onderbouwen en leren oplossingen te beoordelen in de les drijven en zinken volgens kerndoel 25 (Tule, n.d.). Op het gebied van meten en meetkunde leert de leerling eenvoudige meetkundige problemen op te lossen aldus kerndoel 32" (Tule, n.d.) en leert de leerling meten en rekenen met eenheden en maten, zoals lengte, breedte, hoogte, volume, oppervlakte, inhoud en gewicht volgens kerndoel 33 (Tule, n.d.).

Oriëntatie op jezelf en de wereld

Karakteristiek

(Uit de beschrijving van de kerndoelen primair onderwijs)

In dit leergebied oriënteren leerlingen zich op zichzelf, op hoe mensen met elkaar omgaan, hoe ze problemen oplossen en hoe ze zin en betekenis geven aan hun bestaan. Leerlingen oriënteren zich op de natuurlijke omgeving en op verschijnselen die zich daarin voordoen. Leerlingen oriënteren zich ook op de wereld, dichtbij, veraf, toen en nu en maken daarbij gebruik van cultureel erfgoed.

Kinderen zijn nieuwsgierig. Ze zijn voortdurend op zoek om zichzelf en de wereld te leren kennen en te verkennen. Die ontwikkelingsbehoefte is een aangrijpingspunt voor dit leergebied. Tegelijk stelt de samenleving waarin kinderen opgroeien haar eisen. Kinderen vervullen nu en straks taken en rollen, waarop ze via onderwijs worden voorbereid. Het gaat om rollen als consument, als verkeersdeelnemer en als burger in een democratische

rechtstaat. Kennis over en inzicht in belangrijke waarden en normen en weten hoe daarnaar te handelen, zijn voorwaarden voor samenleven. Respect en tolerantie zijn er verschijningsvormen van.

Bij het leren kennen van de wijze waarop mensen hun omgeving inrichten, spelen economische, politieke, culturele, technische en sociale aspecten een belangrijke rol. Het gaat daarbij om datgene wat van belang is voor betekenisverlening aan het bestaan, om duurzame ontwikkeling, om (voedsel)veiligheid en gezondheid en om technische verworvenheden.

Bij het oriënteren op de natuur gaat het om jezelf, om dieren en planten en natuurverschijnselen. Bij de oriëntatie op de wereld gaat het om de vorming van een wereldbeeld in ruimte en tijd. Leerlingen ontwikkelen een geografisch wereldbeeld aan de hand van gebieden en met behulp van kaartvaardigheden. Ze ontwikkelen een historisch wereldbeeld. Dat betekent dat ze kennis hebben van historische verschijnselen in delen van de wereld en van chronologie. Leerlingen leren hun wereldbeeld (over henzelf en de wereld) aan de hand van actuele onderwerpen voortdurend 'bij de tijd' te brengen.

Waar mogelijk worden onderwijsinhouden over mensen, de natuur en de wereld in samenhang aangeboden. Dit komt het 'begrijpen' door leerlingen ten goede en draagt voorts bij aan vermindering van de overladenheid van het onderwijsprogramma. Ook inhouden uit andere leergebieden worden betrokken op de 'oriëntatie op jezelf en de wereld'. Te denken valt aan het lezen en maken van teksten (begrijpend lezen), het meten en het verwerken van informatie in onder andere tabellen, tijdlijn en grafieken (rekenen/wiskunde) en het gebruik van beelden en beeldend materiaal (kunstzinnige oriëntatie). Onderwijs is er immers vooral op gericht om leerlingen zicht te geven op betekenis en samenhang.

Vier domeinen

De kerndoelen van het leergebied **Oriëntatie op jezelf en de wereld** zijn ingedeeld in vier domeinen:

Mens en samenleving (kerndoelen 34 t/m 39)

Natuur en techniek (kerndoelen 40 t/m 46)

Ruimte (kerndoelen 47 t/m 50)

Tijd (kerndoelen 51 t/m 53)

Het domein 'Mens en samenleving' gaat in op maatschappelijke thema's als gezondheid, milieu en consumentengedrag. Bij 'Natuur en techniek' komen onderwerpen als plant, dier en mens aan de orde, evenals natuurkundige onderwerpen als licht, geluid en magnetisme. Het domein 'Ruimte' vertegenwoordigt het vak aardrijkskunde. Kinderen leren over de inrichting van de omgeving en topografische vaardigheden ontwikkelen. Tenslotte is er het domein 'Tijd'. Kinderen ontwikkelen historisch besef en leren over de geschiedenis van Nederland.

Natuur en techniek

kerndoel 40

De leerlingen leren in de eigen omgeving veel voorkomende planten en dieren onderscheiden en benoemen en leren hoe ze functioneren in hun leefomgeving.

kerndoel 41

De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.

kerndoel 42

De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur. Bij kracht is dat voor groep 1-2: De kinderen experimenteren met het bouwen van dammetjes en ervaren de kracht van water. Ze testen verschillende voorwerpen op hun drijfvermogen.

kerndoel 43

De leerlingen leren hoe je weer en klimaat kunt beschrijven met behulp van temperatuur, neerslag en wind.

kerndoel 44

De leerlingen leren bij producten uit hun eigen omgeving relaties te leggen tussen de werking, de vorm en het

materiaalgebruik.

kerndoel 45

De leerlingen leren oplossingen voor technische problemen te ontwerpen, deze uit te voeren en te evalueren.

kerndoel 46

De leerlingen leren dat de positie van de aarde ten opzichte van de zon, seizoenen en dag en nacht veroorzaakt.

Wiskundig inzicht en handelen

kerndoel 23

De leerlingen leren wiskundetaal gebruiken.

Groep 5/6 taal voor het uitdrukken of benoemen van:

- (komma)getallen weergeven op de getallenlijn breuken noteren met breukstreep (bijv. $\frac{3}{4}$)
- kolomsgewijs rekenen en cijferen (bijv. wisselen, positiewaarde, kolom, verkorten, tussenuitkomst, 'onthouden', 'lenen')
- breuken (bijv. het benoemen van breuken: twee derde; teller en noemer; gelijkwaardig en gelijknamig; schrijfwijze van breuken: ... deel van ...)
- maten (bijv. bij lengte: km, m, cm, mm; omtrek, oppervlakte, inhoud: m^3 en l; gewicht: mg, g, kg, ton)
- komma getallen (bijv. tienden, honderdsten, duizendsten, vóór en achter de komma)
- algoritmen bij kolomsgewijs rekenen en cijferen bij optellen, aftrekken en vermenigvuldigen
- termen uit het meten (bijv. lengte, oppervlakte, inhoud, gewicht)
- grote getallen en kommagetallen noteren en lezen
- taal om klassen van gelijkwaardige breuken te benoemen
- taal om gelijkwaardige maten te beschrijven (bijv. 1 km = 1000m)
- taal om gelijkwaardige (inwisselbare) bedragen en getallen te benoemen (bijv. € 20 kan ik wisselen voor 4×5 ; 20 tientallen kan ik wisselen voor (is gelijkwaardig met) 2 honderdtallen)
- taal om nauwkeurigheid van kommagetallen en meetresultaten te benoemen (bijv. 2,25 m is op een centimeter precies; 2,255 m is op 1 mm precies)
- taal om strategieën en algoritmes te beschrijven en te beoordelen bijv. bij het rijgen: eerst de tientallen er bij, dan de eenheden; bij het kolomsgewijs optellen: eerst doe je de honderdtallen, dan de tientallen en dan de eenheden; bij het cijferen: 3 onthouden betekent dat je 30 wisselt tegen 3 op de volgende positie)

Groep 7/8 als groep 5/6 plus taal voor het uitdrukken of benoemen van:

- gelijkheid van breuken (bijv. $\frac{3}{4} = \frac{6}{8}$, $1 \frac{2}{3} = \frac{5}{3}$)
- vereenvoudigen van breuken (bijv. $\frac{8}{5} = 1 \frac{3}{5}$)
- vaste oplossingschema's bij cijferen zowel bij het kolomsgewijs rekenen als het cijferen met decimale getallen
- verhoudingen (bijv. 1 op 3; 2 van de 5; € 3 per pak)
- verhoudingen in allerlei contexten (bijv. taal voor prijs: euro per stuk, euro per eenheid van lengte, gewicht of inhoud; snelheid: tijd-afstand; schaal; belasting: BTW)
- verhoudingen vergelijken (bijv. is 3 op 5 méér dan 10 op 16?) percentages (bijv. procent (per honderd) in verscheidene contexten zoals: rente, korting, winst)
- het onderling omzetten van verhoudingen, procenten en breuken
- het onderling omzetten van breuken, procenten en kommagetallen
- berekeningen met maten (bijv. het "omzetten" van km in meters)
- gemeten waarden op meetinstrumenten en schalen aflezen, benoemen en noteren
- tijd en tijdsverschillen weergeven met tijdlijnen
- (samengestelde) breuken lezen en schrijven en weergeven op de getallenlijn verhoudingen en procenten formeel noteren
- taal om klassen van gelijkwaardige verhoudingen te benoemen (bijv. 3 op 6 is gelijkwaardig met 9 op 18)
- taal om gelijkwaardige maten te benoemen (bijv. 60 km/uur = 1 km/min = 1000 m/min = 1000 m/60sec = 166 m/sec)

- taal om conclusies te generaliseren (bijv. 25 is deelbaar door 5, 30 en 35 zijn dat ook. Zijn dan ook alle volgende getallen in deze rij deelbaar door 5? Ja, want elk tiental is deelbaar door 5 (10 is deelbaar door 5) en elk tiental plus vijf is dan ook deelbaar door 5)

Wat doen de kinderen?

- De kinderen beschrijven met genoemde taalelementen de hoeveelheden, structuur van de getallen, de getallen en hun relaties tot tenminste 1000, grootheden en hun maten (zoals lengte, gewicht en tijd), vormen, structuren en handelingen (procedures), die in de situaties (contexten) aan de orde zijn en ze geven hun redeneringen weer in spreektaal en modellen.
- Ze gebruiken bij getallen en basisbewerkingen ook wiskundige standaardtaal en formele taal. Ze leren dat spreektaal anders is dan wiskunde taal en dat voor wiskundetaal ook regels zijn, zoals bijvoorbeeld voor de volgorde van bewerkingen, maar ook bij gebruik van symbolen: je mag niet zomaar overal een '=' teken tussen zetten.
- De kinderen leren werken met de rekenmachine en vergroten aan de hand van de machinetaal ook weer hun inzicht in bewerkingen, het gebruik van symbolen en functies ervan.
- De kinderen beschrijven hun rekenprocedures en leggen deze uit en vergelijken verschillende oplossingsmanieren. Ze verwoorden welke oplossingsmanieren handig zijn en wanneer.
- Ze verwoorden de wiskundige kern van een situatie of praktisch probleem in modellen en in formele wiskundetaal en ze leggen verband met problemen die in andere situaties op een andere manier werden verwoord: ze generaliseren en verbijzonderen.

kerndoel 24

De leerlingen leren praktische en formele rekenwiskundige problemen op te lossen en redeneringen helder weer te geven.

Groep 7/8 als groep 5/6 plus taal voor het uitdrukken of benoemen van:

- problemen in verband met breuken (bijv. Wanneer krijg je het meest: als je drie pannenkoeken met vijf mensen verdeelt of als je 4 pannenkoeken met 6 personen verdeelt?)
- problemen in verband met omzettingen (bijv. Hoeveel meter per seconde ga je als je 60 km / uur rijdt?; Hoeveel procent is $1/3$?)
- problemen in verband met kommagetallen (bijv. Welk getal is het grootst: 0,446 of 0,45?)
- problemen in verband met verhoudingen (bijv. Welke olie is het duurst: 0,75 l voor € 3,40 of 0,8 l voor € 3,60?; Hoe lang is Chili (landkaart en schaal)?; Waarom is 10% korting op € 110 geen € 10?)
- problemen in verband met de rekenmachine (bijv. Hoe bereken je $5 \times 835 + 7 \times 56$?; Wat is de rest van $678 : 34$?)
- problemen in verband met maten (bijv. Welke rechthoek met een omtrek van 60 cm heeft de grootste oppervlakte?)

kerndoel 25

De leerlingen leren aanpakken bij het oplossen van rekenwiskundeproblemen te onderbouwen en leren oplossingen te beoordelen.

Groep 5/6 taal voor het uitdrukken of benoemen van:

- onderbouwen en beoordelen van redeneringen op bijvoorbeeld de volgende gebieden:
- aantallen, maten, tijd, en berekeningen daarmee in de context van het leven van alledag
- de tientallige structuur van de getallen en de telrij (bijv. getallen hun plaats geven tussen andere getallen en daarbij te redeneren op basis van inzicht in deze structuur)
- rekenstrategieën (bijv. in het schattend rekenen, hoofdrekenen en het kolomsgewijs rekenen, rekenwijzen onderbouwen op basis van eigenschappen en structuur van getallen en telrij) tijd en tijdsduur: op basis van de klok, de kalender en tijdmeting

Groep 7/8 als groep 5/6 plus taal voor het uitdrukken of benoemen van:

- onderbouwen en beoordelen van redeneringen op bijvoorbeeld de volgende gebieden:
- verbanden, zoals verhoudingen, samengestelde maten en deel-geheel-relaties
- kommagetallen, breuken en verhoudingen, kennis maken met de formele kant van het rekenen

(bijv. beredeneren waarom je als je deelt door 100 de komma twee plaatsen naar links mag zetten)

- het maatschappelijk verkeer, redeneren over kopen, verkopen, winst en korting en redeneren over sparen, rente, en lenen
- bij complexe maatschappelijke realiteiten:
- situaties voorstellen en alert zijn op redeneerfouten informatie uit de media, in reclame en in dagelijkse situaties kritisch wiskundig doordenken (bijv. aanbiedingen van mobieltjes)

Meten en meetkunde

kerndoel 32

De leerlingen leren eenvoudige meetkundige problemen op te lossen.

kerndoel 33

De leerlingen leren meten en leren te rekenen met eenheden en maten, zoals bij tijd, geld, lengte, omtrek, oppervlakte, inhoud, gewicht, snelheid en temperatuur.

Bijlage 7 Misconcepties t.a.v. drijven en zinken.

Misconceptions	supporting evidence	Counterevidence
I Big/heavy things sink; small/light things float.	A boulder sinks, while a leaf and a feather float.	<i>Small rocks or coins sink, although they are small. Objects made of floating wood will float in water regardless of size. Two pieces of floating wood bundled together still float. A piece of soap sinks in water. If cut into two unequal pieces, both pieces still sink in water regardless of size.</i>
II Hollow things float; things with air in them float.	Balloons, beach balls, and basketballs float.	<i>A submarine sinks although it has air in it all the time.</i>
III Things with holes sink.	A boat or ship with a hole in it sinks, e.g., <i>Titanic</i> .	<i>Objects made of floating materials (e.g., wood and foam) will float in water even if there is a hole in them.</i>
IV Flat things float.	Water rafts and surfboards float.	<i>A flat piece of iron and a ceramic plate sink.</i>
V The sharp edge of an object makes it sink.	Things with an edge are easier to push in snow, soil, and other solid materials.	<i>A piece of clay made into an edge shape will sink in water no matter how it is placed in water.</i>
VI Vertical things sink; horizontal things float.	When we stand in water, we sink; when we lie on water, we float.	<i>If we put a piece of wood pencil in water, no matter how you put it in, it floats.</i>
VII Hard things sink; soft things float.	Rocks sink, while balloons float.	<i>A piece of clay sinks in water although it is soft. A piece of wood floats in water although it is hard.</i>
VIII Floating fillers help heavy things float.	Life preservers help people float in water.	<i>If a sealed container sinks, adding foam peanuts and resealing the container won't make it float.</i>
IX A large amount of water makes things float.	Boats float in the ocean.	<i>Some things sink in the ocean although the ocean is huge.</i>
X Sticky liquid makes things float.	A marble floats in corn syrup.	<i>Objects that sink in water will sink in cooking oil, although the oil is very sticky.</i>