

TalentenKracht Module mee- en tegenvallen





TalentenKracht Module mee- en tegenvallen

Colofon

Auteurs: Els Feijs, Fokke Munk, Willem
Uittenbogaard (Fisme, Universiteit Utrecht)

Redactie: Jacqueline Kuijpers, MareCom, Breda

Coördinatie: Anneleen Post

Vormgeving: PlanB Amsterdam, Bert van Zutphen

Foto's: Team TalentenKracht satelliet Utrecht

Druk: Kaldenbach producties



Voorwoord

Kinderen gaan van nature op onderzoek uit, om te ontdekken hoe hun wereld in elkaar zit en hoe zij deze vorm kunnen geven. Het is belangrijk dat zij hiervoor de ruimte krijgen van ouders en leraren. Op de basisschool geven leraren vorm aan deze nieuwsgierigheid, aan het onderzoeken, uitproberen en ontdekken binnen het domein wetenschap en techniek. Aandacht voor wetenschap en techniek op de basisschool betekent niet alleen een verrijking van de leeromgeving, maar ook het leggen van verbindingen tussen vakken als taal en rekenen en de wereld om ons heen.

Wetenschap en techniek zijn ook van belang voor de toekomstige plaats van kinderen in de samenleving. Daarom stimuleert het programma VTB-Pro dat leraren zich hierin verder verdiepen door zelf te onderzoeken, te ontwerpen en te ontwikkelen. Want enthousiaste leraren brengen een positieve houding ten aanzien van wetenschap en techniek op hun leerlingen over. Om dit tot stand te brengen, ontwikkelen Kenniscentra Wetenschap en Techniek binnen VTB-Pro scholingsarrangementen voor leraren en pabostudenten. Professionalisering is een van de activiteiten van VTB-Pro om de kwaliteit van het onderwijs in wetenschap en techniek op zowel de basisschool als op de pabo te verhogen. Daarnaast vindt in het kader van VTB-Pro wetenschappelijk onderzoek plaats naar de meest effectieve aanpak voor leraren. Voor het eerst ontstaat zo een kennisbasis wetenschap en techniek, gebouwd op ervaringen uit de praktijk én uit onderzoek. Vele ontwikkelaars en wetenschappers uit diverse disciplines zien het belang hiervan in en werken eraan mee om dit op een vernieuwende en inspirerende manier vorm te geven.

Voor u ligt een van de modules voor groep 1 tot en met 8, ontwikkeld door het Expertisecentrum TalentenKracht Groningen/Utrecht. TalentenKracht is een onderzoeksprogramma gericht op de natuurlijke nieuwsgierigheid, het 'bètalent' en de onderzoekende en ontdekkende houding van jonge kinderen. Het programma wil deze talenten in kaart brengen (zie www.talentenkracht.nl). In deze modules is veel aandacht voor de analyse van videobeelden en voor het 'kijken met andere ogen' naar de talenten van kinderen. Naast kennis over wetenschap en techniek, komen ook pedagogische vaardigheden aan bod.

Wij zijn heel trots op de totstandkoming van deze modules, als resultaat van de samenwerking tussen wetenschappelijk onderzoek en de onderwijspraktijk. Wij hopen dat deze module van TalentenKracht u nieuwe inzichten geeft en u enthousiasmeert om met andere ogen te kijken naar wetenschap en techniek, zodat u én uw leerlingen hiervan kunnen profiteren. Veel plezier en inspiratie gewenst!

Sylvia Peters, procesmanager VTB-Pro,

Den Haag, juli 2009

Inhoudsopgave

Achtergrond en verantwoording	9
Wat is TalentenKracht?	9
TalentenKracht en VTB-Pro	10
TalentenKracht modules	11
Verantwoording	12
Ten slotte	13
Mee- en tegenvallen in Framework VTB-Pro	14
Mee- en tegenvallen - een inleiding	16
Bijeenkomst 1 : Meevallen	18
1 - Opdrachten op eigen niveau	18
2 - Kijken naar kinderen	21
3 - Didactische implicaties	23
4 - Suggesties voor de praktijk	25
5 - Inhoudelijke verdieping	26
Bijeenkomst 2 : Tegenvallen	28
1 - Reflectie	29
2 - Opdrachten op eigen niveau	29
3 - Kijken naar kinderen	31
4 - Didactische implicaties	36
5 - Inhoudelijke verdieping	38
Literatuur en bronnen	41
Materialen	42

Achtergrond en verantwoording

Deze module is het resultaat van de samenwerking tussen twee projecten: VTB-Pro en TalentenKracht. Beide projecten zijn ondergebracht bij het Platform Bèta Techniek, en meer in het bijzonder bij de afdeling VTB. VTB staat voor Verbreding van Techniek in het Basisonderwijs. In de loop der tijd is dit verbreed tot Wetenschap en Techniek in het Basisonderwijs. Deze verbreding vormt de aanleiding tot deze module. Waar het immers om draait is kinderen een onderzoekende en ontdekkende houding mee te geven. Maar hoe pak je dat in de klas aan? De ervaringen opgedaan bij het onderzoeksprogramma TalentenKracht kunnen hiervoor als wegwijzer en inspiratiebron dienen. Hieronder schetsen wij kort de inhoud van het programma TalentenKracht en de relevantie hiervan voor u in uw lespraktijk.

Wat is TalentenKracht?

TalentenKracht is een onderzoeks- en ontwikkelprogramma dat probeert een beeld te krijgen van de vele talenten van jonge kinderen van 3 tot en met 5 jaar op het gebied van wiskunde, science en techniek. Daarbij staan wetenschappelijk denken, probleemoplossen en redeneren binnen het brede domein van wetenschap en techniek centraal.

TalentenKracht heeft drie doelstellingen:

- 1) het in kaart brengen van talenten van jonge kinderen;
- 2) inzicht krijgen in de wijze waarop deze talenten verder ontwikkeld kunnen worden;
- 3) leraren, pedagogisch medewerkers en ouders 'ogen' geven om deze talenten beter te herkennen en de ontwikkeling ervan te stimuleren.

Uniek aan het programma TalentenKracht is dat het wordt uitgevoerd door een brede groep wetenschappers met zeer verschillende achtergronden. Wiskundigen en ontwikkelingspsychologen, hersenwetenschappers en natuurkundigen, taalkundigen en (neuro)pedagogen: zes groepen bij zes universiteiten (Amsterdam, Groningen, Leiden, Maastricht, Nijmegen en Utrecht) voeren het onderzoek uit, ieder vanuit hun eigen ervaring maar in nauwe samenwerking met elkaar.

Wat is talent?

Talent is een vermogen van een kind tot hoge ontwikkeling op een specifiek gebied met als kenmerken:

1. een hoog leerpotentieel op het betreffende gebied,
samenhangend met:
2. het vermogen aan de sociale en materiële omgeving een hoge kwaliteit van ondersteuning en hulp te ontlokken,
3. een grote diepte-van-verwerking,
4. originaliteit,

5. een hoge waargenomen (leer)competentie bij het kind (de overtuiging in staat te zijn ook moeilijke talentspecifieke vaardigheden te kunnen leren),
 6. een sterke drijfveer en positieve waardering voor het talentgebied (zich onder andere uitend in nieuwsgierigheid, doorzettingsvermogen, en plezier).
- (Van Geert en Steenbeek, 2007)

Talent komt tot uitdrukking in een bepaalde manier van waarnemen, handelen en redeneren in concrete taaksituaties. Talent duidt op een proces dat te zien is in de concrete interactie tussen het kind, de taakobjecten en de volwassene (en eventueel ook een ander kind). Voorwaarde voor het optreden van dit proces zijn de volgende kenmerken van de situatie en taak: voldoende talentontlokkend, open en tegelijk ondersteunend.

Talent is ook een kenmerk van een persoon. Dus er moet sprake zijn van een proces op de korte termijn van een concrete taaksituatie, maar ook op de lange termijn van het behoud en de verdere ontwikkeling van deze vorm van probleemoplossend gedrag (talent is dus geen eenmalig 'succes', niet eenmalig de talentkenmerken laten zien in een taakje).

TalenteKracht en VTB-Pro

TalenteKracht laat zien dat jonge kinderen van nature een diepe interesse hebben in Wetenschap en Techniek: ze borrelen over van nieuwsgierigheid naar de wereld rondom hen. Ofwel: ze sprankelen. Eenmaal op school verdwijnt die sprankeling. Daarmee gaat veel talent verloren. Inmiddels beseffen overheid en onderwijs dat dit anders kan en anders moet. Een belangrijke stap hierin is de bijscholing van (aspirant)leraren basisonderwijs in VTB-Pro. Dit landelijke scholingstraject streeft ernaar de kennis van leraren op het gebied van Wetenschap en Techniek te vergroten en hun attitude op dit vlak te verbeteren. Zodat zij in de klas de ruimte (durven) geven aan de natuurwetenschappelijke interesse van hun leerlingen en hun onderzoekende en ontdekkende houding kunnen stimuleren.

In deze modules van TalenteKracht kunt u inspiratie opdoen voor onderwijs dat een onderzoekende en ontdekkende houding stimuleert: u leert kijken naar kinderen die actief - fysiek en mentaal - bezig zijn met uiteenlopende wetenschappelijke activiteiten. De videoclips met de 'academische' gesprekken tussen onderzoeker en kind vormen de basis van de modules. U krijgt inzicht in hoe kinderen redeneren en hoe de onderzoekers daar bij aansluiten om de kinderen nét even een stapje verder te helpen. U verkrijgt inzicht in welke materialen kinderen aanzetten tot creatief denken. Het gaat er dus niet om getalenteerde kinderen te leren spotten, maar de talenten bij alle kinderen in uw klas te stimuleren door hen 'talentontlokkend' materiaal te bieden en de juiste vragen te stellen.

TalenteKracht modules

Achtergrond

De TalenteKracht modules zijn ontwikkeld door de onderzoeksgroep Utrecht, of specifieker, onderzoekers verbonden aan het Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen. Zij zijn sinds januari 2006 bezig met het in kaart brengen van de talenten van jonge kinderen. Voor deze zoektocht hebben de onderzoekers spelactiviteiten ontwikkeld die zij jonge kinderen laten uitvoeren. Zij gebruiken daarvoor materiaal (speelgoed) waarvan verwacht mag worden dat het 'talentontlokkend' is. In de ontmoeting tussen onderzoeker en kind staat het handelen en redeneren van de kinderen centraal. De onderzoekers fungeren als coach; zij voeren gesprekken met de kinderen om inzicht te krijgen in hun redeneerwijze en proberen door middel van interventies meer van het aanwezige talent te ontlokken. Al deze gesprekken zijn vastgelegd op video. Samen met de vakgroep ontwikkelingspsychologie van de Rijksuniversiteit Groningen worden de video's geanalyseerd, zowel op gedrags- als op inhoudelijke aspecten. De gevonden talenten moeten uiteindelijk op een samenhangende manier gepresenteerd worden. Dit zou moeten resulteren in een 'TalenteKaart', die ouders en leerkrachten c.q. begeleiders inzicht geeft in de wetenschappelijke talenten die jonge kinderen kunnen laten zien en de wijze waarop deze gestimuleerd kunnen worden.

Plaats

Het actief bezig zijn met het onderzoeksproces van het kind, met de interventies door de volwassene en met de rol van het materiaal vormen het hart van iedere module. VTB-Pro heeft nadrukkelijk aangegeven dat de 'nieuwsgierigheid', als kenmerk van echte wetenschappers en jonge kinderen, als attitude gestimuleerd moet worden. Daarnaast spelen kennisontwikkeling en het verkennen van de mogelijkheden voor een ver-taalslag naar de praktijk een belangrijke rol. Samen vormen dit de drie pijlers van het scholingsarrangement VTB-Pro (zie de VTB-brochure *Wetenschap & techniek: een ontdekkingsreis naar kennis*):

Pijler 1: Kennis en vaardigheden met betrekking tot wetenschap en techniek

Pijler 2: Attitude ten opzichte van wetenschap en techniek

Pijler 3: Pedagogisch-didactische vaardigheden, met name op het gebied van onderzoekend en ontwerpend leren

De kapstok waaraan de modules zijn opgehangen is het Framework ontwikkeld door VTB-Pro (zie pag. 14 en 15). Iedere module sluit aan bij één van de vijf systemen waarin het domein Wetenschap en Techniek is onderverdeeld.

Opzet

Iedere module bestaat uit een aantal bijeenkomsten met (huiswerk)opdrachten. We starten met opdrachten op eigen niveau met betrekking tot het onderwerp van de module, bekijken en analyseren vervolgens gesprekken met kinderen in videoclips en werken zo toe naar ideeën voor implementatie binnen de eigen groep.

In de modules wordt u om te beginnen steeds in de rol van onderzoeker geplaatst. U start met problemen en opdrachten op uw eigen niveau,

om lol te krijgen in het zelf uitzoeken, het gevoel van nieuwsgierigheid beleven, maar ook om te oefenen met de systematiek van onderzoeken en de activering van het denken. Als begeleider van de jonge onderzoeker in de klas heeft u immers zelf ook een wetenschappelijke houding nodig, een gezonde honger naar 'willen weten hoe het zit'. Kenmerken van een wetenschappelijke houding zijn cognitief/kritisch zijn, nieuwsgierig zijn, onderzoekend of vragend zijn, niet snel tevreden zijn met een antwoord. Dit ontwikkelen is een belangrijk doel van deze modules; een doel dat boven de inhoud uitstijgt.

Het gekozen onderwerp van iedere module is slechts exemplarisch voor een van de domeinen van wetenschap en techniek. De informatie over het onderwerp is bedoeld als basis voor verdere verkenning. Belangrijker is de zoektocht naar hoe belangstelling gewekt wordt en hoe nieuwsgierigheid te voeden is door vragen te stellen, met behulp van voorbeelden van kinderen in proefsituaties. Het doel is om te zien en te ervaren dat vragen naar de bekende weg tot het bezoeken van onbekende gebieden kan leiden.

Dat vragen belangrijker zijn dan antwoorden is een uitgangspunt dat in de wetenschappelijke wereld tot vele nieuwe ontdekkingen heeft geleid. De geschiedenis van de zwaartekracht is hier een mooi voorbeeld van: van de verwondering over het feit dat een appel uit de boom rechtstreeks naar de aarde valt, naar de verklaring van de baan van een gegooid voorwerp, naar de worsteling met vragen over de plaats van de aarde en andere planeten in het zonnestelsel. Steeds opnieuw bleek het nodig om theorieën te herzien, steeds kwamen er barsten in een bestaand wereldbeeld.

De zoektocht van de mens begint met vragen en blijft vragen opleveren. De nieuwe generatie zal weer met nieuwe vragen worstelen. Om zo ver te komen, geven de 'oude' vragen de richting aan van het onderzoek en krijgt het kind de kans zich via experiment en met sturing van de volwassene een plaats als onderzoeker te verwerven.

Verantwoording

Bij deze keuze om vanuit het TalentenKracht-onderzoek modules te ontwikkelen die passen of aansluiten bij de domeinbeschrijving in vijf systemen kunnen kanttekeningen geplaatst worden. In de eerste plaats is de domeinbeschrijving een voorlopige. In de tweede plaats is het heel lastig, en wellicht hier en daar geforceerd, om de concepten waarvan de leerling aangeeft begrip te hebben, op verantwoorde wijze toe te delen aan een specifiek systeem.

In de modules wordt de 'vaktaal' vaak niet (correct) gebruikt. Net als in de gesprekken met de kinderen ligt de focus op het achterhalen van (pre-)concepten die aanwezig lijken te zijn zonder daarbij nadruk te leggen op de vaktaal. De kinderen spreken hun kindertaal. Volwassenen moeten niet te snel de vaktaal als enig communicatie-instrument willen zien: het gaat er in de scholing primair om de gedachten, de redenering achter bepaalde verschijnselen te achterhalen en ter discussie te stellen. Daarom vermijden we vaktaal waar mogelijk.

Het gebruik van de TalentenKracht videoclips is een centraal punt. Belangrijk is dat de gesprekken tussen kinderen en onderzoeker gericht zijn op het laten zien van talenten en dat het geen onderwijsleergesprekken zijn. In het lesmateriaal worden observatievragen gesteld om de deelnemers gericht te laten kijken naar de videoclips.

De nascholing richt zich op het hele team van de basisschool. Dit betekent dat er niet alleen gesprekken met jonge kinderen uit de doelgroep van het onderzoek van TalentenKracht zijn gevoerd maar ook met oudere leerlingen van de basisschool. Ook daarvan zijn videoclips in de modules opgenomen.

Ten slotte

De modules zijn in zoverre open van karakter dat de trainer zelf ook andere keuzen kan maken in de opdrachten. Ook de organisatievorm van de bijeenkomsten kan volgens eigen inzichten worden ingevuld.

De gesprekken met de kinderen laten vooral onderzoeksactiviteiten zien en nauwelijks ontwerpactiviteiten. In wetenschap en techniek is onderzoeken en ontwerpen meestal een cyclisch proces. Onderzoek leidt tot een nieuw ontwerp dat weer leidt tot onderzoek, et cetera. In de vertaalslag van de activiteiten naar het niveau van de klas zal nadrukkelijk aandacht gegeven moeten worden aan het ontwerpen als volgende fase.

De natuurlijke sprankeling die van de kinderen afstraalt in de vele gesprekken die door het Utrechtse onderzoeksteam van TalentenKracht zijn gevoerd, krijgt hopelijk via deze modules een vervolg. Als de (aspirant)leraar gaat sprankelen dan kunnen de kinderen nog veel beleven!

Janneke Corvers

Els Feijs

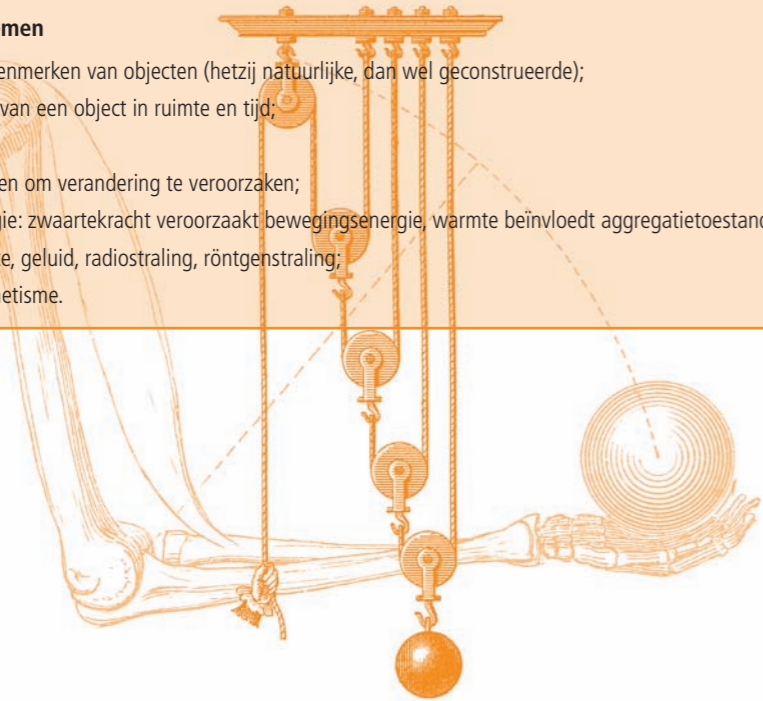
Fokke Munk

Willem Uittenbogaard

'Mee- en tegenvallen' in Framework VTB-Pro

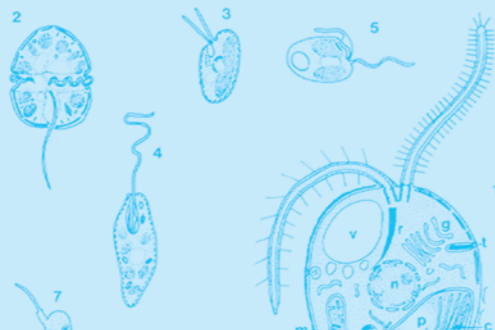
Natuurkundige systemen

- (a) eigenschappen en kenmerken van objecten (hetzij natuurlijke, dan wel geconstrueerde);
- (b) plaats en beweging van een object in ruimte en tijd;
- (c) kracht en beweging;
- (d) energie: het vermogen om verandering te veroorzaken;
- (e) omzetting van energie: zwaartekracht veroorzaakt bewegingsenergie, warmte beïnvloedt aggregatietoestand;
- (f) straling: licht, warmte, geluid, radiostraling, röntgenstraling;
- (g) elektriciteit en magnetisme.



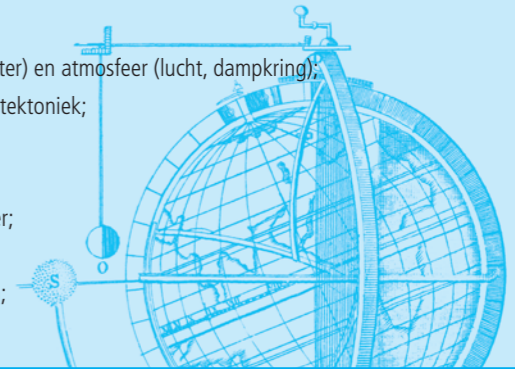
Levende systemen

- (a) cel, orgaan en organisme;
- (b) mens, plant en dier;
- (c) ademhaling, bloedsomloop en spijsvertering;
- (d) levenscyclus en voortplanting;
- (e) populatie: soorten, diversiteit en uitsterven;
- (f) ecosysteem, voedselketen, landbouw;
- (g) biosfeer: duurzame ontwikkeling.



Aarde en ruimte systemen

- (a) de structuur van lithosfeer (gesteenten, zand en modder), hydrosfeer (water) en atmosfeer (lucht, dampkring);
- (b) gesteenten: bodem, gebergten, gelaagdheid, verandering (ververing) en tektoniek;
- (c) water: oceaan, zee, meren, rivieren, kanalen, getijde;
- (d) lucht: atmosfeer, stratosfeer;
- (e) klimaat en weer: ook als interactie tussen gesteenten, water en atmosfeer;
- (f) geschiedenis: fossielen;
- (g) aarde *in* de ruimte: structuur ruimte, met name aarde, maan, zon, sterren;
- (h) zwaartekracht.



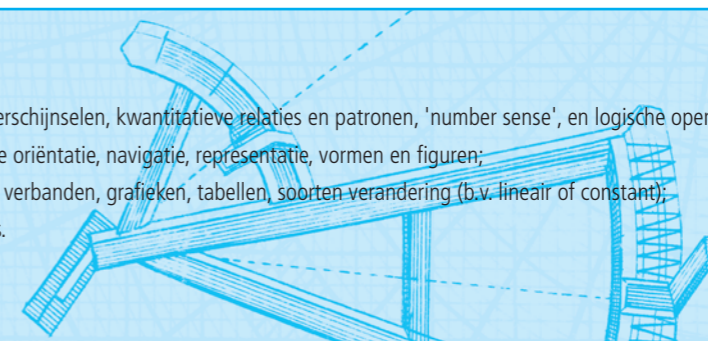
Techniek systemen

- (a) de rol van techniek (ontwerpen, construeren, faciliteren van vooruitgang);
- (b) ontwerpen: criteria, beperkingen, innovatie, uitvinding, probleemoplossend;
- (c) construeren: bewerken, energieomzetting, functie, materiaal, systeem, vormgeving;
- (d) faciliteren van een 'beter leven' en vooruitgang der wetenschap: informatietechnologie, mobiele telefoons, games, medische systemen, verkeersveiligheidssystemen, navigatie-instrumenten en tools, etc.



Mathematische systemen

- (a) hoeveelheid: numerieke verschijnselen, kwantitatieve relaties en patronen, 'number sense', en logische operaties;
- (b) vorm en ruimte: ruimtelijke oriëntatie, navigatie, representatie, vormen en figuren;
- (c) veranderingen en relaties: verbanden, grafieken, tabellen, soorten verandering (b.v. lineair of constant);
- (d) onzekerheid: data en kans.



Mee- en tegenvallen - een inleiding

Beweging

Binnen deze module staat het onderzoek centraal naar een van de meest aanwezige bewegingsdrijfveren in ons dagelijks leven: zwaartekracht. We kunnen van de zwaartekracht genieten, denk maar aan het glijden op een glijbaan, maar er ook veel hinder van hebben, bijvoorbeeld als we iets moeten optillen. Een mee- en tegenvaller dus.

In de fysica (natuurkunde) worden belangrijke krachten toegeschreven aan:

- aantrekking, bijvoorbeeld gravitatie (zwaartekracht) of elektro-magnetisme
- wrijving (contact tussen oppervlakten)
- druk (samengeperste vloeistof of gas)
- warmte
- beweging

De mechanica, een belangrijke tak van de fysica, heeft als studieobject: 'bewegingen onder invloed van of als resultaat van een of meer krachten'.

Een paar voorbeelden:

- Een speelgoedautootje, neergezet op een horizontaal oppervlak, blijft staan. Er is een extra kracht (een duwtje, spierkracht) nodig om het te laten rijden. Zonder verdere aandrijving staat het na korte tijd weer stil.
- Een speelgoedautootje, neergezet op een hellend oppervlak, begint uit zichzelf te rijden. De beweging wordt versneld op het hellende oppervlak. Als het oppervlak weer horizontaal wordt, neemt de snelheid langzaam af en uiteindelijk stopt het autootje.
- Dezelfde situaties, maar nu met een blokje in plaats van een autootje: het blokje laat vergelijkbare beelden zien. Alleen komt het blokje later (pas bij meer helling) in beweging en ligt het eerder stil als het oppervlak horizontaal wordt.
- Een rijdend speelgoedautootje kan een paar blokjes omver duwen, een stilstaand autootje niet.
- Een draaitol draait heel lang op een puntje. Stompe voorwerpen draaien niet of nauwelijks.
- Als je een ballon opblaast, voel je de druk van de lucht die wil ontsnappen. Als je de ballon niet sluit maar loslaat, vliegt de ballon weg.
- Een magneet kan een roestvrijstalen lepel in beweging krijgen.
- De aarde, een bolvormige planeet, draait rond zijn eigen as, maar niemand valt eraf.

In de techniek wordt veel gebruik gemaakt van wetenschappelijk verworven kennis over verbanden tussen bewegingen en hun oorzaken. Technische uitvindingen maken het mensen mogelijk om zich te verplaatsen met behulp van voertuigen als fiets, auto, schip of vliegtuig. Om deze verplaatsingen mogelijk te maken, wordt gebruik gemaakt van het omzetten van energie in kracht. Kracht wordt omgezet in beweging. In beweging komen, in beweging blijven en afremmen spelen daarbij een rol.

Kinderen en beweging

Jonge kinderen zie je vaak nadenken over situaties vanuit de vraag 'hoe werkt dit?' Ze lijken een interne drive te hebben om te willen weten hoe het zit en gaan experimenteren en onderzoeken. Kijkend naar bovenstaande voorbeelden van beweging rijst vroeg of laat bij ieder kind de vraag hoe al die bewegingen te verklaren zijn. Omdat het onderzoekende kind (nog) geen concepten voorhanden heeft, zal het zelf concepten gaan bedenken om zulke vragen te beantwoorden. Concepten die het kind op dezelfde wijze als in de wetenschap in nieuwe situaties zal verifiëren of falsificeren. Ouders, pedagogisch medewerkers en leraren kennen deze 'waaromvragen' van jonge kinderen maar al te goed. Vaak zijn het vragen over verschijnselen waarover je je als volwassene al lang niet meer verbaast. De vraag 'waarom zijn de bananen krom?' is het spreekwoordelijke voorbeeld van dit soort 'kinderlijke' maar in wezen wetenschappelijke vragen.

Tijdens de basisschoolleeftijd gaan kinderen op zoek naar middelen om de realiteit te beschrijven. Meestal beginnend bij eigen tekeningen. De tekeningen worden een eigen beeldtaal waarin een toenemend abstractievermogen zichtbaar wordt. Later gebruiken zij verschillende representatiemogelijkheden: plattegronden, verschillende aanzichten, doorsneden, maquettes, modellen, grafen, grafieken, tabellen, diagrammen, symbolen, pictogrammen en formules. Ze maken kennis met meetinstrumenten uit het dagelijkse leven zoals de klok, de weegschaal en de meetlat. Op school komt dit bij verschillende vakken terug. Denk aan de tijdbalk bij geschiedenis en het gebruik van kaarten bij aardrijkskunde.

In het voorgezet onderwijs leren kinderen allerlei modellen die in de fysica gebruikt worden om bewegingen te verklaren. Met deze modellen maken leerlingen in de bovenbouw van havo en vwo berekeningen over afstand, snelheid en versnelling van objecten in bewegingsituaties. Het model van de klassieke mechanica uit de tijd van Newton is daarbij het uitgangspunt. De wetenschap vertelt de kinderen hoe het zit, en zij moeten laten zien dat ze die kennis kunnen gebruiken. Ze leren denken en redeneren over de variabelen in een situatie en over de mogelijke verbanden tussen die variabelen. Hierbij is het eigen concept van het kind niet in beeld.

Al vanaf jongs af zijn gesprekken met volwassenen en andere kinderen belangrijk voor de ideevorming van kinderen. Deze gesprekken stimuleren de denkontwikkeling. Kinderen ontwikkelen zo de juiste taal om verschijnselen te beschrijven en leren zo hun gedachten met anderen delen. Tijdens zulke gesprekken is het belangrijk dat u, als volwassene, niet gaat vertellen dat 'vallen' een beweging is die verklaard kan worden met het model van de zwaartekracht. Het gaat erom met de kinderen te spreken en na te denken over de vragen die te stellen zijn en over de mogelijke experimenten om die vragen te beantwoorden. Filosofer eens met de kinderen over werelden waar alles heel anders gaat, laat ze voorstellen wat daar gebeurt en probeer naar boven te krijgen waarop die voorspellingen dan zijn gebaseerd. Een boeiende maar moeilijke tocht, omdat we als volwassenen onze eigen 'kennis' even moeten parkeren. En dat valt niet altijd mee.

Bijeenkomst 1: Meevallen

In onderzoek naar de meest voor de hand liggende verschijnselen, zoals het onderzoeken wat er gebeurt met een losgelaten voorwerp, ligt precies de uitdaging voor de wetenschapper. Ook het onderwijs kan daar een belangrijke uitdaging in zien.

In de eerste bijeenkomst starten we met een onderzoeksopdracht op eigen niveau naar een vermoeden uit een ver verleden. Het onderzoek representeert een methode van werken die kenmerkend is voor de natuurwetenschappelijke wereld: een reeks experimenten moet duidelijk maken of het vermoeden in de richting gaat van een ware uitspraak of juist niet. Het aantal experimenten is altijd eindig. Er zijn eisen te stellen aan een experiment, bijvoorbeeld aan de herhaalbaarheid. Kennis is daarmee altijd experimenteel, dus te onderzoeken. Vanuit een vermoeden wordt er op de proef gesteld.

Na de onderzoeksopdracht wordt u als ontwerper aangesproken. U wordt al spelend met een knikkerbaan gevraagd om ontwerpen te maken voor experimenten. De knikkerbaan is een speelobject waarvan veel kinderen enthousiast worden. In het kader van 'meevallen' is het echter ook een context waarin kinderen allerlei ontdekkingen zijn te doen.

1 - Opdrachten op eigen niveau

Het vermoeden van Aristoteles

De Griekse geleerde Aristoteles vermoedde dat een zwaar voorwerp sneller valt dan een licht voorwerp.

Opdracht 1

1. Beantwoord individueel de volgende vragen:

- Hoe denkt u over het bovenstaande vermoeden?
- Heeft u er ook een redenering of verklaring bij?
- Hoe zou u dit vermoeden kunnen onderzoeken?

2. Bespreek in een groep van vier elkaars ideeën over het vermoeden en bedenk samen een experiment waarin dit vermoeden onderzocht kan worden.

Voorspel de uitkomst en probeer uit te leggen waarop de voorspelling berust.

Voer het experiment uit en bespreek de resultaten.

- Heeft het experiment antwoord gegeven op de vraag of een zwaarder voorwerp sneller valt dan een licht voorwerp?
- Zijn er nieuwe vragen ontstaan?

3. Beantwoord individueel de volgende vragen:

- Kunt u naar aanleiding van de uitkomst van de experimenten met zekerheid zeggen dat de uitspraak van Aristoteles waar of niet waar is?
- Wanneer zou u spreken over zekerheid van een uitspraak?
- Hoe ziet uw verklaring er op dit moment uit?

4. Reflecteer op de ervaringen met de gehele groep aan de hand van de volgende vragen:

- Hoe luiden de diverse voorspellingen?
- Welke variabelen - denkt men - spelen een rol in het onderzoek naar het vermoeden van Aristoteles?
- Welke experimenten zijn er bedacht en uitgevoerd om dit vermoeden te testen?
- Wat zijn de resultaten?
- Geven de resultaten aanleiding om het experiment te veranderen?
- Geven de resultaten steun aan het vermoeden?
- Wat heeft men gedaan met de vraag 'zeker of niet?'
- Hebben de experimenten mensen aan het twijfelen gebracht?



Op een hellend vlak

Als een knikker op een horizontaal vlak wordt geplaatst, gaat deze wellicht even rollen maar komt vervolgens snel tot stilstand. Een blokje blijft gewoon liggen. Anders wordt het als het horizontale vlak verandert in een hellend vlak. De knikker komt in beweging, begint te rollen, en krijgt steeds meer vaart. Het blokje gaat, afhankelijk van de helling, schuiven of blijft liggen.

Elk kind weet al van jongs af aan dat er iets gebeurt op een hellend vlak. Uit de ervaringswereld van kinderen is de glijbaan daar een mooi voorbeeld van. In de speelgoedwereld is de knikkerbaan een voorbeeld. Knikkerbaan is hier een verzamelwoord voor allerlei objecten, al dan niet zelf gefabriceerd, waar een knikker een weg over of door aflegt.

Op internet zijn er, bijvoorbeeld via YouTube, vele knikkerbanen te vinden. Zowel professionele bouwers als kinderen laten zien dat het ontwerpen van knikkerbanen eindeloos plezier kan geven vanwege het naar je hand zetten van de weg die de knikker moet volgen. Uit de beelden blijkt dat de ontwerpers proberen te spelen met het gegeven dat een knikker in beweging een energiebron voor nieuwe bewegingen is. Een mooi voorbeeld is te zien in de filmpjes van een Japanner, onder de naam Crazy Japanese Marbles.

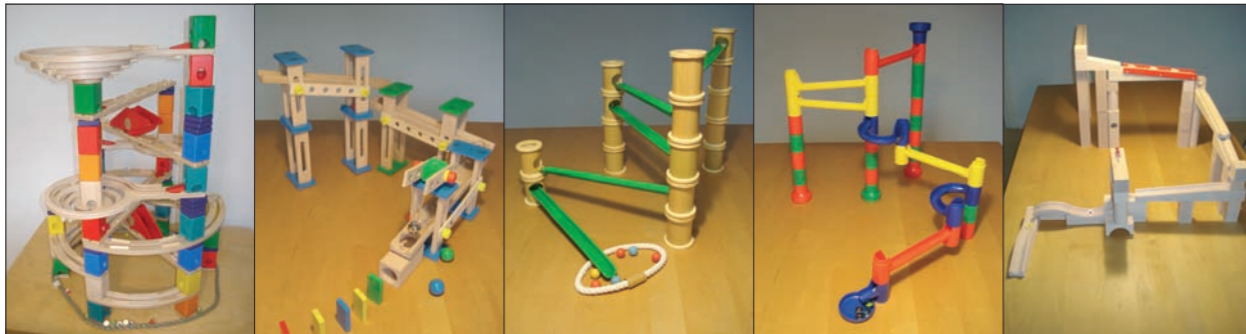
Opdracht 2

1. **Formuleer** in tweetallen, al spelend met een knikkerbaan, zelf een aantal vragen die te maken hebben met begrippen als zwaartekracht, snelheid, gewicht, helling, wrijving.
2. **Ontwerp** een paar experimenten, op de knikkerbaan, waarmee u antwoorden kunt vinden op de hierboven zelf geformuleerde vragen.
3. **Besprek** in de gehele groep de opzet en de resultaten van de experimenten.

De keuze van een knikkerbaan als onderzoeksinstrument is niet toevallig. Knikkerbanen blijken namelijk vele uitgangspunten voor uitdagende experimenten te bieden:

- De knikkerbaan als een model voor beweging op een hellend vlak: rollen, schuiven, vallen, stromen. Vragen over beweging van het ene punt naar het andere, snelheid en versnelling; vragen over materiaalfactoren, grootte van de knikker, massa van de knikker; vragen over doorstroom en verstopping; vragen over het ontstaan van wrijving als tegenkracht, de weg van de minste weerstand.
- De knikkerbaan als technisch object dat in elkaar gezet moet worden. Vragen over de constructie; vragen over het materiaal; vragen over verbindingen; vragen naar de representatie van de constructie, zoals in bouwvoorschrift en bouwtekening.
- De knikkerbaan als route (3-dimensionaal) van A naar B: vragen op het gebied van ruimtelijk redeneren, zoals: 'Waar komt de knikker uit als die hier wordt losgelaten?' En: 'Waar moet ik de knikker loslaten om ervoor te zorgen dat de knikker hier uit komt?' In deze categorie speelt ook de representatie of visualisatie van de weg van de knikker een rol.

De knikkerbaan heeft dus een aantal functies als onderzoekobject in zich. Dit maakt de knikkerbaan tot een aantrekkelijk leermiddel voor het onderwijs. Hieronder is een aantal knikkerbanen weergegeven die in het onderzoek van TalentenKracht worden gebruikt.



2 - Kijken naar kinderen

De knikkerbaan en de trapkogelbaan



In vier videoclips kunt u zien welke vragen een knikkerbaan bij kinderen oproept. Twee clips gaan over een trapkogelbaan. Bij de trapkogelbaan gaat door het draaien van een hendel een as draaien. Aan de as zitten schijven die vervolgens blokjes omhoog drukken. De draaibeweging resulteert in een opwaartse beweging van een knikker. U ziet kinderen van diverse leeftijden aan het werk.

videoclip: Jaap (4;10 jaar) en de knikkerbaan



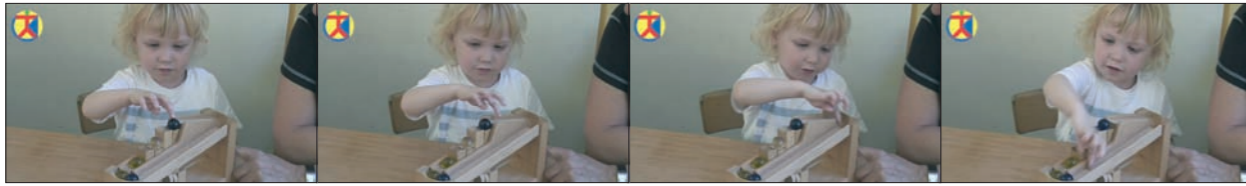
In het gesprek gaat de onderzoeker met Jaap op zoek naar constructieprincipes vanuit de vraag: 'Hoe kunnen we ervoor zorgen dat de knikker uitkomt waar wij willen?' In de vragen komt het aspect ruimtelijk redeneren sterk naar voren.

videoclip: Maurits (6;11 jaar) en de knikkerbaan



Maurits heeft als kleuter met dezelfde knikkerbaan als die van Jaap ervaring opgedaan. In dit vervolgesprek, na ruim twee jaar, wil de onderzoeker met Maurits (nu in groep 4) allerlei nieuwe vragen onderzoeken die opkomen tijdens het opbouwen van een andere knikkerbaan.

videoclip: Daan (3,1) en de trapkogelbaan



Daan praat met de onderzoeker over de trapkogelbaan, die hij nog niet eerder heeft gezien. Naast het ontdekken van de werking van de trap speelt ook de constructie van het apparaat een rol.

videoclip: Kim (7;0) en de trapkogelbaan



Kim praat met de onderzoeker eveneens over de trapkogelbaan. Ook zij heeft zoiets nog niet eerder gezien. Ze noemt het apparaat een knikkerorgel.

Opdracht 3

Bekijk iedere videoclip vier keer. Een eerste keer om de situatie in z'n geheel te bekijken, daarna vanuit verschillende perspectieven: eerst vanuit het kind, dan gericht op het gebruikte materiaal en ten slotte als begeleider.

Beantwoord bij iedere videoclip de volgende vragen:

1. Kijken vanuit het kind:

- Wat vindt u kenmerkend voor het gedrag van het kind?
- Bespreek het kind vanuit de woorden 'nieuwsgierig', 'betrokken', 'vasthoudende concentratie', 'taalniveau', 'sprankelend'.
- Welke redeneringen maakt het kind?
- Heeft het kind iets ontdekt? Zo ja, waaruit blijkt dat?
- Geeft het kind blijk van kennis (concepten)? Zo ja, welke?

2. Kijken vanuit de onderzoeker:

- Welke vragen stelt de onderzoeker?
- Met welke vragen probeert de onderzoeker het kind gericht te laten kijken?
- Met welke vragen probeert de onderzoeker het kind te stimuleren om verder te denken?
- Met welke vragen probeert de onderzoeker het kind preciezer te laten formuleren?
- Hoe worden ervaringen met zwaartekracht hier vertaald naar vragen over de knikkerbaan/trapkogelbaan?
- Wie heeft de leiding in het onderzoek?

3. Kijken vanuit het materiaal:

- Is het materiaal gemakkelijk hanteerbaar?
- Biedt het materiaal het kind genoeg mogelijkheden om te onderzoeken?
- Biedt het materiaal genoeg mogelijkheden om het onderzoek te verdiepen?
- Biedt het materiaal mogelijkheden om oplossingen ook te representeren op papier (voor kinderen in de bovenbouw van de basisschool)?

3 - Didactische implicaties

Op weg naar een onderzoekssystematiek

Uit onderzoek, onder andere zichtbaar gemaakt in het Mathematics and Science project van de Harvard University en het Smithsonian Institute in de Verenigde Staten, blijkt dat kinderen al op jonge leeftijd bezig zijn met het vormen van concepten om hun eigen ervaringen en waarnemingen te verklaren (zie: www.learner.org). We weten inmiddels dat het startpunt voor verdere verwerving van kennis ligt bij het bewust maken van deze eigen concepten, inclusief alle vragen die daarbij horen. Het beeld van het vullen van een lege emmer als metafoor voor het onderwijzen van kinderen, heeft dan ook al lang geleden afgedaan. Toch zien we in de praktijk nog steeds veel leraren die werken volgens de methode van 'uitleggen en voordoen'. Hoe zou dat komen? Heeft het te maken met onzekerheid over de eigen kennis van de basisconcepten? Een overladen programma? Of met een zeker geloof in het resultaat van reproductie van onderwijs, bijvoorbeeld vanuit de eigen ervaringen als leerling? Hoe dan ook, het lijkt er op dat menig leraar de nieuwe inzichten in het leren van kinderen niet toepast. Een menselijke eigenschap, zo blijkt. Want mensen zijn overwegend niet snel geneigd om hun zelf gevormde verklaringsmodellen los te laten. In de cognitieve psychologie wordt hiervoor de term 'assimileren' gebruikt, versus 'accommoderen':

- Assimileren is de inpassing van nieuwe informatie in al gevormde concepten.
- Accommoderen is het opnieuw ordenen van kennis en het vormen van nieuwe concepten.

Mensen zijn dus gericht op assimilatie van nieuwe informatie: ook al klopt de informatie niet, ze passen het in en stellen het geheel een beetje bij.

Het is deze valkuil waar leraren ook in hun lespraktijk voor moeten oppassen. Want het zoeken naar bevestiging van de eigen concepten is een sterke kracht, waarmee terdege rekening gehouden moet worden in het leerproces van kinderen.

Opvallend genoeg geldt dit overigens niet alleen voor individuele concepten. De geschiedenis van de wetenschap laat zien dat eenmaal geaccepteerde verklaringsmodellen heel lang kunnen blijven bestaan, ondanks het feit dat allerlei nieuwe verschijnselen niet meer (eenduidig) verklaard kunnen worden met het model. Een mooi voorbeeld daarvan zijn de theorieën van Aristoteles (rond 350 voor Chr.) over beweging die zo'n 2000 jaar hebben standgehouden. Volgens Aristoteles was alle beweging op aarde ofwel 'natuurlijk' ofwel 'gedwongen'. Natuurlijke bewegingen waren altijd loodrecht gericht op het middelpunt van de aarde. Aristoteles beweerde dat alles altijd beweegt naar zijn natuurlijke plaats, ingegeven door het idee dat een object een natuurlijke plaats heeft en die probeert te bereiken, afhankelijk van de hoeveelheid zwaarte en lichtheid die het object bevat. Een stof met veel lichtheid, zoals een vlam, stijgt op. Een appel met veel zwaarte valt op de grond. Bij een gedwongen beweging, zoals een steen die weggegooid wordt, krijgt het object een duw(kracht) mee. Als de duw ophoudt, komt het object weer in de natuurlijke beweging. (Meer informatie over de ontwikkeling in het denken over de zwaartekracht vindt u in het boek 'Zwaartekracht, van Aristoteles tot Einstein en verder'. Zie literatuur en bronnen.)

Voorspellen - controleren - bijstellen

In het onderwijs worden kinderen, nadat een experiment is uitgevoerd, vaak direct geconfronteerd met een vast verklaringsmodel. Kinderen leren dit model in het algemeen wel en beantwoorden braaf de bijbehorende vragen, maar feitelijk blijkt er niets te veranderen in het denken van het kind. Uit interviews gehouden onder afgestudeerde studenten technische wetenschappen, bleek dat verklaringsmodellen van basale processen - zoals het ontstaan van seizoenen en het laten branden van een lampje met een batterij - vaak berusten op eigen bedenksels. Alle theorievorming hierover, overgedragen op school, was weer verdwenen. Er was geen invloed te bespeuren op de primitieve, vaak al op jonge leeftijd gevormde concepten.

Hoe moet het dan wel?

Bij het onderzoek doen met kinderen is 'voorspellen' een belangrijke stap. Vaak beschikken kinderen al over een eigen verklaringsmodel, dat ze gebruiken om een voorspelling te doen over de afloop van een onderzoek. Maak kinderen hiervan bewust, voorafgaand aan het onderzoek. En kom er na afloop op terug. In uitgebreide versie ziet dit proces er zo uit:

Stap 1: Bewustwording van eigen concepten, het beschrijven/benoemen van deze concepten, de uitwisseling van ideeën.

Vragen als: Hoe denk je dat dit komt? Kun je vertellen hoe jouw idee om dit te verklaren eruit ziet?

Stap 2: Komen tot nieuwe onderzoeksvragen gericht op het eigen concept. Vragen stellen die nog niet gesteld zijn.

Stap 3: Opstellen van plannen om de vragen te vertalen in concrete onderzoekssituaties. Eigenlijk een eerste verkenning naar belangrijke variabelen.

Stap 4: Uitvoeren van deze onderzoeken. Het uitzoeken van wat we willen weten.

Stap 5: Verzamelen en uitwisselen van de uitkomsten van de gedane onderzoeken. Wat wilden we graag weten en hebben we daar antwoorden op gekregen?

Stap 6: Inventarisatie en stand van zaken.

Stap 7: Komen tot het opstellen van een (nieuw/bijgesteld/aangepast) model.

Stap 8: Herhaling stap 2 - stap 7.

Kortom: als u, als leraar, de trits *voorspellen - controleren - bijstellen / heroverwegen* zoals uitgewerkt in het stappenplan gebruikt, kunt u samen met de kinderen op zoek gaan naar hun eigen ideevorming. Maar er is meer. Er is nog een andere belangrijke manier om kinderen naar bestaande ideeën 'toe te leiden'. Het gaat om het principe van 'guided reinvention', ofwel 'geleid heruitvinden', dat gebruikt wordt in het ontwerpen van leertrajecten. De leerlingen worden door de geschiedenis van een ontdekking of de ontwikkeling van een concept geleid via een aantal kenmerkende stappen uit die geschiedenis. De probleemsituaties worden zó gekozen dat de noodzaak voor ontwikkeling van bepaalde concepten duidelijk wordt voor de leerlingen. (Voor meer informatie over guided reinvention, zie www.fisme.uu.nl/wiki/index.php/Guided_reinvention.)

4 - Suggesties voor de praktijk

Samen met kinderen onderzoek doen is een boeiend proces. Een mooi voorbeeld uit de praktijk is een activiteit die in veel kleuterklassen wordt gedaan rondom zinken en drijven. Kinderen gooien allerlei voorwerpen in het water en kijken wat er gebeurt. Meestal is het doen belangrijker dan het redeneren over en bespreken van de resultaten. Dat is een gemiste kans, want daardoor blijft een 'proefje' een incident. Immers: zoals in de vorige paragrafen beschreven komt onderzoek pas op gang nadat er een vraag of een vermoeden is geformuleerd. Een systematische bespreking van mogelijke variabelen is een belangrijke volgende stap. Na vaststelling van het experiment waarmee een vermoeden te onderzoeken is, volgt een voorspelling van het gedrag van de variabelen.

Opdracht 7

- 1. Formuleer** samen met uw leerlingen een onderzoeksvraag. Voorbeelden zijn te vinden in het deel 'Opdrachten op eigen niveau'. Bijvoorbeeld het vermoeden van Aristoteles over de val van voorwerpen, namelijk of een zwaar voorwerp sneller valt dan een licht voorwerp. Een tweede voorbeeld is de vraag of je gewicht verandert als je beweegt. Mogelijk zijn er voor de kinderen meer betekenisvolle uitspraken die zich lenen voor een nader onderzoek.
- 2. Probeer** met de kinderen ten minste één cyclus te doorlopen waarin experimenten gedaan worden om de vraag te onderzoeken.
- 3. Beschrijf** het proces dat zich afspeelt in de klas, de experimenten, de eigen concepten van de kinderen en het gesprek erover met de kinderen.

5 - Inhoudelijke verdieping

Gewicht als onderzoeksobject

Op de basisschool onderzoeken kinderen 'gewicht' als een van de grootheden in de wereld van het meten. De meetvragen die erbij horen hebben in het curriculum van het reken- en wiskundeonderwijs een opbouw vergelijkbaar met die van grootheden als lengte, oppervlakte en inhoud.

Deze opbouw is als volgt te beschrijven:

- *vergelijken* van gewicht;
- vanuit het vergelijken een *ordering* kunnen aanbrengen;
- ervaren dat een gewicht ook *samengesteld* kan zijn uit gewichten van meerdere voorwerpen;
- allerlei *natuurlijke maten* gebruiken om andere voorwerpen te kunnen wegen;
- kennis maken met de *standaardmaat* - de gram;
- kennismaken met het verdere *metrieke stelsel*, met maten zoals kilogram en milligram;
- gewicht in verband brengen met grootheden als volume en oppervlakte en zo *nieuwe maten afleiden*, zoals gewicht per oppervlakte-eenheid en dichtheid of soortelijke massa.

Om de leefwereld van de kinderen te verbinden met de schoolse kennis bespreken we op de basisschool ervaringen met gewicht en het meten van gewicht. In de fase van bezig zijn met metrieke maten worden ook inhoud en volume met elkaar in verband gebracht. Immers, het soortelijk gewicht (gewicht/volume) is een belangrijke maat in verdere toepassingsituaties.

Wanneer we spreken over gewicht, dan zitten daar allerlei concepten achter. Woorden als 'zwaar', 'licht', 'even zwaar als' en 'zwaarder dan' geven een kwalitatieve uitdrukking aan zoiets als zwaarte of gewicht van een object.

Kinderen doen hiermee al jong ervaringen op, bijvoorbeeld als ze op een wip zitten. Ze ervaren dat een wip, als balans, alleen goed werkt als de kinderen die erop zitten niet teveel in gewicht verschillen. Een zwaar persoon kan de ander in de lucht houden. Met het optillen van voorwerpen ontdekken ze dat sommige voorwerpen, ondanks dat ze klein zijn, soms te zwaar zijn om te tillen. En dat andere dingen wel makkelijk op te tillen zijn, al zijn ze groot. Spelen met een balans of weegschaal, bijvoorbeeld als ze helpen in de keuken, laat kinderen ervaren dat wegen het vergelijken met behulp van een balans is.

Gewicht is een statisch begrip, het gaat over meten van iets dat stil staat. Gewicht is een kenmerk dat bij een voorwerp of persoon hoort. Als een kind ouder wordt, neemt in het algemeen ook zijn gewicht toe. Alle dingen om ons heen hebben een gewicht, zelfs lucht: een opgeblazen ballon is zwaarder dan een lege ballon. Kinderen leren dat als je op een personenweegschaal gaat staan, de wijzer aangeeft hoe zwaar je bent. Maar als je springt op de weegschaal, verandert de wijzer. De vraag of gewicht verandert als een voorwerp in beweging is en hoe je dat zou kunnen meten, komt echter op school meestal niet naar voren. Echt onderzoek doen naar wat er precies gemeten wordt, is er niet bij.

Standaardmaat

Van vergelijken met verschillende gewichten als maat, gaat het naar vergelijken met een standaardmaat. Woorden als gram en kilogram komen al snel in het leven van de kinderen. Veel kinderen weten in groep 3 of 4 al hoeveel kilo ze wegen. De kilo gaat als voorvoegsel (met betekenis 1000) van gram een eigen leven leiden binnen de maatkennis van kinderen. Vaak is het verband met gram nauwelijks aanwezig. Wel wordt duidelijk dat je gewicht op verschillende manieren kunt meten, bijvoorbeeld met een balans, aan een veer, of met een weegschaal. Tegelijkertijd maakt deze volgorde van instrumenten het voor kinderen moeilijker te begrijpen wat ze nu eigenlijk meten. Is het met een balans nog inzichtelijk wat je meet, met een weegschaal is dit nauwelijks te vatten.

In de bovenbouw van de basisschool komen kinderen bewuster in aanraking met het begrip gewicht. Ervaringen met zinken, drijven en zweven in vloeistof, en ervaringen bij het schommelen, in de zweefmolen of in de achtbaan, geven betekenis aan het begrip 'zweven'. Nieuwe woorden als 'gewichteloosheid' geven te denken. Ook de vrijheid van bewegen in het water geeft een soortgelijk gevoel: het gevoel van lichter worden. In veel gevallen blijft het bij beleven en wordt er niet gefilosofeerd over hoe dat nu allemaal zit. Dat het uitdagend maar ook nodig is om dit wél te doen in de klas blijkt hopelijk uit het voorgaande.

Meestal wordt pas in het voortgezet onderwijs de term zwaartekracht geïntroduceerd als een nieuw fenomeen: zwaartekracht als de aantrekkingskracht tussen twee objecten. Deze kracht is afhankelijk van de massa van de objecten. 'Afhankelijk van de massa' betekent bijvoorbeeld dat op de aarde en op de maan er een verschillende aantrekkingskracht bestaat omdat de aarde een andere massa heeft dan de maan. De leerlingen in het voortgezet onderwijs krijgen in de natuurkundeles een modelmatige aanpak voorgeschoteld waarin krachten als getekende pijlen weergegeven worden. De overgang naar het weergeven van krachten in schematische voorstellingen (model) geeft een nieuwe werkelijkheid die verder afstaat van de ervaring. Via enkele proeven wordt de verbinding gelegd en ondersteuning gegeven aan dit nieuwe denken.

Gewicht wordt massa genoemd en gewichtskraft wordt verbonden met de zwaartekracht en uitgedrukt in een nieuwe grootheid (Newton). Het verband wordt beschreven door de formule $G = m \cdot g$, waarin m staat voor massa (in kilogram), g voor de zwaartekrachtscoëfficiënt en G voor de gewichtskraft. De formule geeft uitdrukking aan de aantrekkingskracht die het object ondervindt van de aarde.



Bijeenkomst 2: Tegenvallen

De geschiedenis van de mensheid laat zien dat de strijd tegen de zwaartekracht een moeilijke strijd is. Kijkend naar technische prestaties uit vroegere tijden, zoals de uitvinding van hijsconstructies en de katapult (al uit de tijd van Archimedes, derde eeuw voor Christus), maakt duidelijk dat technische inventiviteit iets is van alle tijden. Vele eeuwen geleden werden in Egypte de beroemde piramiden gebouwd. De stenen die daar gebruikt zijn, laten zich niet zomaar optillen. Hoe is zo'n bouwwerk tot stand gekomen? Deze vraag is te stellen voor heel veel bouwwerken in allerlei culturen. Je kunt je telkens afvragen wat de stand van de techniek geweest moet zijn om mensen in staat te stellen bouwmaterialen van die afmetingen verplaatst en omhoog te krijgen.

Om een zwaar voorwerp omhoog te krijgen (zoals een wasmachine die naar zolder moet, of het plaatsen van een piano op de derde verdieping van een huis) is kracht nodig. Een eerste beschrijving hiervoor zou kunnen zijn: je hebt een kracht nodig die groter is dan het gewicht van het voorwerp, om het gewicht omhoog te krijgen. Deze beschrijving vergelijkt kracht en gewicht. Die kracht kan een ander gewicht zijn, maar dan moet er nagedacht worden over een technische constructie waarin het ene gewicht het andere gewicht omhoog moet krijgen.

Op een bouwplaats heeft de hijskraan de functie van 'omhoogbrenger'. Binnen gebouwen speelt de lift eenzelfde rol. In Amsterdam zie je aan de gevels van oudere huizen (zoals pakhuizen) een haak uit de gevel steken. Verhuizingen gaan daar niet over de trap (die vaak steil en smal is) maar door het raam: voorwerpen worden omhoog getakeld in plaats van omhoog gedragen. Aan de gevelhaak komt een blok te hangen met een wiertje waar het hijstouw overheen kan lopen.

Een ander fenomeen uit de menselijke geschiedenis is ook belangrijk voor het nadenken over de strijd tegen de zwaartekracht. Namelijk de wens om te kunnen vliegen, zelfs om het heelal te verkennen. De drang naar het vervullen van deze wens heeft heel veel kennis opgeleverd over vliegen. Niet alleen over het zweven zelf, bijvoorbeeld door gebruikmaking van luchtcirculatie, maar ook over het omhoog brengen van een voorwerp. Als een raket de lucht in wordt geschoten, zie je de raket loodrecht van het aardoppervlak weggaan. De kracht die daarvoor nodig is, is gigantisch. Niet alleen moet zo'n gevaarte, inclusief brandstof, opgetild worden, de raket moet ook nog genoeg startsnelheid meekrijgen om op eigen kracht verder te stijgen. Vroeg u zich wel eens af hoe die raket omhoog komt?

In deze tweede bijeenkomst kijken we op exemplarische wijze naar de strijd van de mensheid tegen de 'zwaarte'kracht. We kiezen daarbij voor de uitvinding van de katrol. Deze keuze heeft te maken met de nog zichtbare aanwezigheid van de katrol in ons dagelijks leven, bijvoorbeeld op bouwplaatsen en bij verhuizingen. Kinderen kennen veelal het beeld dat iets omhoog gehesen wordt met een touw dat over een wiertje loopt.

Met kinderen uit groep 6, 7 en 8 zijn gesprekken gevoerd waarin zij al allerlei vermoedens bleken te hebben over de werking van een katrol. Als jonge onderzoekers gingen ze aan de slag met het verifiëren van deze vermoedens.

Dit laat zien dat de rol van de begeleider heel belangrijk is in zo'n proces. Het stellen van productieve vragen, de bespreking van vermoedens in concrete termen en telkens op het niveau van de kinderen inspelen op hun onderzoek, zijn essentiële begeleidingsvaardigheden in dit proces. De focus op een gewenst resultaat slaat het proces van conceptontwikkeling vaak dood. De kunst is dan ook om als leraar onderzoeker te worden met de focus op het proces van conceptontwikkeling.

1 - Reflectie

Als suggestie voor de praktijk eindigde de eerste bijeenkomst met opdracht 7, waarin u gevraagd werd samen met de kinderen een onderzoeks-cyclus te doorlopen. Onderstaande opdracht stelt u in de gelegenheid om samen met anderen te reflecteren op uw bevindingen.

Opdracht 1

- 1. Wissel met een collega ervaringen uit.**
 - a. Wat heeft het u opgeleverd?
 - b. Wat zijn de resultaten?
 - c. Welke didactische en organisatorische tips zou u willen delen met uw collega's?
- 2. Bekijk en bespreek de resultaten in de gehele groep.**

Welke bevindingen zijn bruikbaar voor uw eigen praktijk?

2 - Opdrachten op eigen niveau

Lichter maken

U gaat een onderzoek doen naar de werking van katrollen. Het vermoeden is dat het gebruik van katrollen een voorwerp 'lichter' kan maken. Anders gezegd: je hebt minder kracht nodig om de emmer op te tillen. Het ontwerpen van een hijsconstructie met katrollen met het oog op 'lichter' maken, is een manier om dit te onderzoeken.

Opdracht 2

Ontwerp een hijsconstructie met een of twee katrollen waarmee u minder kracht nodig hebt om een voorwerp op te tillen.

Opdracht 3

1. Per tweetal krijgt u een emmer gevuld met zand, een touw en een unster (trekkrachtmeter).

Til de emmer omhoog:

- a. met spierkracht;
- b. met een touw.

Beantwoord in tweetallen de volgende vragen:

- c. Hoe zwaar weegt de emmer? (schatting)
- d. Gebruikt u bij de schatting een referentiemaat?
- e. Hoe kunt u de emmer wegen?
- f. Kunt u de emmer met een unster wegen? Zo ja, hoe?
- g. Maakt het voor het gewicht van de emmer uit of u de emmer direct optilt of via een touw dat vastgemaakt wordt aan de emmer?



2. Per tweetal krijgt u nu een (lege) emmer, een touw en een katrol.

Beantwoord in tweetallen de volgende vragen:

- a. Hoe kunt u de emmer via de katrol ophijsen? Teken de situatie voordat u dit in het echt uitvoert.
- b. Veronderstel dat u de emmer via de katrol ophijst. Zou de emmer lichter, zwaarder of even zwaar aanvoelen (in vergelijking met gewoon optillen) als u deze via de katrol ophijst?

3. Voer het hijsen uit.

Beantwoord in tweetallen de volgende vragen:

- a. Hoe kunt u met de unster meten of uw vermoeden klopt?
- b. Kijk goed naar de uitvoering van het hijsen en de meting met de unster.
Levert deze meting nieuwe vragen op? Zo ja, welke?



4. Elk tweetal krijgt nu een tweede katrol erbij.

Beantwoord in tweetallen de volgende vragen:

- a. Zou een tweede katrol de emmer lichter kunnen maken? Zo ja, hoe?
- b. Teken de situatie voordat u het gaat uitvoeren.

Opdracht 4

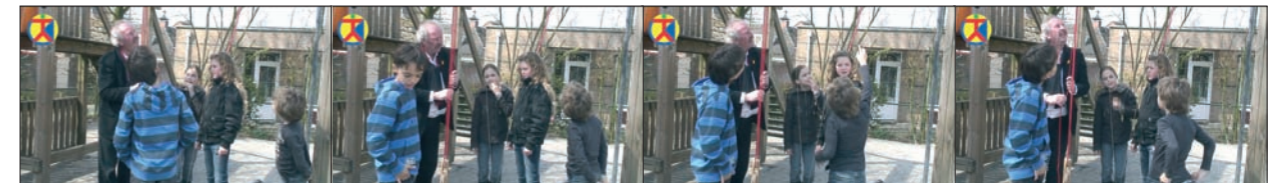
Kijk met de gehele groep naar het onderzoek van het vermoeden dat u met katrollen minder kracht nodig hebt om een voorwerp op te tillen. **Beschrijf de stappen** die in het door u uitgevoerde onderzoek gevolgd zijn.

3 - Kijken naar kinderen

Lichter maken

Na de ervaringen die u zelf hebt opgedaan, is het boeiend om te kijken hoe kinderen met deze problematiek bezig zijn. De onderzoekers hebben de kwestie van het 'lichter' maken van voorwerpen en het ontwerpen van daarvoor geschikte hijsconstructies met katrollen aan kinderen van groep 6, 7 en 8 voorgelegd. Als voorbeeld hebben ze een bouwplaats gebruikt: op welke manieren kun je een emmer met zand omhoog tillen? (Deze opzet is dus vergelijkbaar met de opdracht op eigen niveau uit de vorige paragraaf.) De eerste vraag die zich in het gesprek met de kinderen aandient luidt: 'Hoe krijg je een emmer zand naar boven?' Is het probleem boeiend voor de kinderen? Welke redeneringen geven zij en komen ze met de technische oplossing van het werken met meerdere katrollen?

Videoclip: *Bob, Matthijs, Bibi en Déna (groep 6) en de katrollen*



Opdracht 5

1. **Voorspel** met welke oplossingen de kinderen komen.
2. **Bekijk** vervolgens het eerste stuk van de videoclip.
3. **Beantwoord:** Waaraan kunt u zien dat Bob en Matthijs niet geheel onbekend zijn met de situatie?

In het volgende fragment in de videoclip moet een katrol in elkaar gezet worden.

Opdracht 6

1. **Bedenk** eerst zelf hoe een katrol in elkaar gezet moet worden. Probeer een bouwtekening te maken.
2. **Beantwoord:** Welke technische kennis moeten de kinderen hebben om te weten hoe de katrol gemaakt moet worden?

De onderzoeker die het groepje in de videoclip begeleidt snijdt de vraag aan of een voorwerp lichter wordt als je met behulp van een katrol gaat hijsen.

Opdracht 7

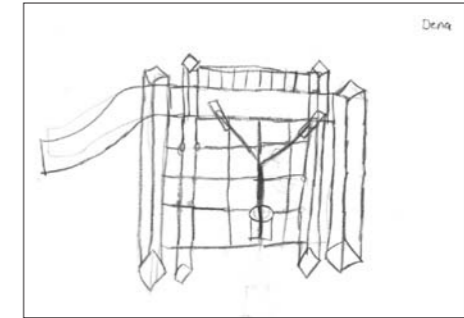
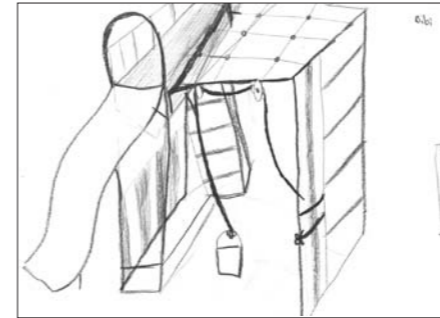
1. **Voorspel** met welke ideeën de kinderen komen en wat de kinderen gaan doen.
2. **Bekijk** het betreffende stuk van de videoclip **en beantwoord** de volgende vragen:
 - a. Welke ideeën over de vraag laten de kinderen zien?
 - b. Welke kenmerken van een onderzoekende houding laten de kinderen zien?
 - c. Welke vragen zou u willen stellen aan de kinderen?

Als duidelijk wordt dat een katrol geen verlichting brengt in het omhoog brengen van een voorwerp, laat de onderzoeker de kinderen nadenken over de hijsconstructie met twee katrollen. De vraag luidt: 'Kan een tweede katrol helpen om het lichter te maken? Zo ja, hoe?' Er breekt een nieuwe fase in het gesprek aan, namelijk experimenteren vanuit eerste ideeën over deze vraag. De rol van de onderzoeker is daarbij interessant.

Opdracht 8

- Bekijk** het deel van de videoclip over deze experimenteerfase **en bespreek** in tweetallen de volgende vragen:
- a. Valt te voorspellen hoe de kinderen denken?
 - b. Welke onderzoeksactiviteiten zou u willen voorstellen aan de kinderen?
 - c. Hoe zou u de begeleiding door de onderzoeker typeren?
 - d. Kunt u alternatieven bedenken voor de begeleiding?
 - e. Hoe zou u zichzelf positioneren als begeleider?

De onderzoeker vraagt de kinderen na een poosje experimenteren om te tekenen hoe met twee katrollen het voorwerp lichter gemaakt kan worden. Hieronder zijn de tekeningen van Bibi en Déna weergegeven.



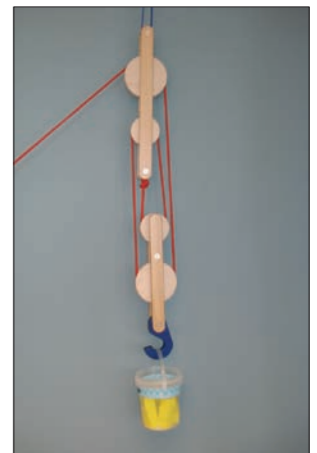
Opdracht 9

1. **Bekijk** de twee afgebeelde tekeningen die de kinderen gemaakt hebben **en beantwoord** de volgende vragen:
 - a. Wat valt af uit de tekening af te leiden over het denken van deze kinderen?
 - b. Waarom last de onderzoeker deze tekenfase in? Herkent u dat uit uw eigen praktijk?
2. Stel dat u met de kinderen verder zou willen gaan om de situatie met twee katrollen helderder te krijgen. Hoe zou dat eruit kunnen zien? **Maak een lesarrangement** voor een vervolg.

De onderzoeker laat ter afsluiting de kinderen kennismaken met een bestaande katrolconstructie (zie afbeelding hiernaast). Hierin zien de kinderen dat katrollen het leven echt gemakkelijker kunnen maken. Tenminste, als het om hijsen gaat.

Opdracht 10

- Bekijk** het laatste stuk van de videoclip om de reacties van de kinderen te zien **en beantwoord** de volgende vragen:
- a. Welke vragen werpt de onderzoeker in dit fragment op?
 - b. Hoe helpen de vragen van de onderzoeker de kinderen om meer inzicht te krijgen in de werking van de katrollen?



Lichter maken - met een unster

In bovenstaand onderzoek naar de denkbeelden en redeneringen van kinderen, zoals te zien in de videoclip, kan de eerste vraag (naar het 'lichter maken') alleen in kwalitatieve zin beantwoord worden: er is geen meetinstrument om metingen te verrichten. Op een andere school is met groepjes kinderen uit groep 7 en 8 eenzelfde gesprek gevoerd, maar dan met een unster. Door middel van onderstaande beschrijving van de activiteit zoals uitgevoerd met de leerlingen van groep 7 en 8 krijgt u een impressie van het verloop van het gesprek.

Beschrijving: Tim, Julia, Houdijn en Matthijs (groep 7) en Judith en Britt (groep 8) en de katrollen

Schatten - Op het schoolplein staat een tafel met daarop een emmer zand, touw, katrollen en een unster. De onderzoeker vraagt de vier kinderen uit groep 7 hoe zwaar de emmer met zand weegt. De emmer mag even worden opgetild om te voelen hoe zwaar die is. Eerste schattingen zijn:

'Twee à drie kilo.'

'Best wel zwaar, want ik kan 'm niet zo lang tillen.'

'Drie à vier kilo, want mijn broertje weegt 18 kilo en dit is ongeveer vier keer lichter.'

'Tien kilo want het is best wel zwaar en zeker meer dan één kilo.'



Wegen - De onderzoeker pakt de unster, laat deze zien en vraagt: 'Zou deze ons kunnen helpen? En hoe zou dat dan moeten?' Een tweetal zet de emmer op de grond, haakt de emmer aan de haak, tilt de emmer op aan de unster en leest het gewicht af: 'Ongeveer 7 kilo.' Het andere tweetal ziet ook vrij snel dat de emmer aan de haak moet en dat er getild moet worden.

Het derde tweetal doet de haak van de unster aan de emmer, laat de emmer staan, trekt een beetje en zegt: 'We komen niet verder dan 3 à 4 kilo.' De onderzoeker vraagt of ze de emmer nu echt wegen. Na enig overleg geven de kinderen aan dat ze niet goed weten hoe je de emmer met de unster kunt wegen. De onderzoeker laat de kinderen - via het wegen van z'n vinger en van een kruk - ontdekken dat het te wegen voorwerp vrij aan de haak moet hangen om het gewicht te kunnen aflezen.



Hijsen - Nu dient het volgende probleem zich aan: 'We willen graag de emmer omhoog kunnen hijsen, hoe zouden we dat kunnen doen? En wordt de emmer dan zwaarder, blijft hij even zwaar of wordt hij lichter?' Een eerste reactie is om een touw en een katrol te gebruiken. De onderzoeker vraagt de kinderen uit te leggen hoe ze dit zouden kunnen doen. De kinderen weten dit goed te benoemen: touw vastmaken aan de emmer, touw om het wielletje laten lopen en dan trekken aan het losse uiteinde. De constructie wordt gemaakt en al snel hangt de emmer in de lucht.



Lichter of zwaarder? - De vraag is nu: 'Weegt de emmer nog steeds 7 kilo? En hoe kunnen we dat nu meten?' Dat blijken interessante vragen. De eerste gedachten van de kinderen over het gewicht lopen uiteen van 'het wordt lichter' tot 'het wordt zwaarder'. Het waarom is niet zo duidelijk. De kinderen verklaren het lichter worden ('het gaat gemakkelijker') vaag met 'de katrol draagt ook iets', 'door het touw' en 'door het wielletje'. Vervolgens blijkt de meting met de unster aan het losse uiteinde een schommelend beeld te geven. Er lijkt een lichte indicatie voor zwaarder. De onderzoeker vraagt de kinderen de emmer iets hoger te hijsen. De emmer lijkt zwaarder te wegen. De nieuwe hypothese is dan ook: 'hoe hoger, hoe zwaarder'. Als de emmer even stil hangt, wordt het gewicht weer ongeveer 7 kilo. Als de kinderen de emmer laten zakken wordt hij zelfs lichter dan 7 kilo. Ook ontdekken ze dat als je met z'n tweeën trekt, het voor beiden lichter is. De gedachte is: 'voor allebei de helft lichter'. De onderzoeker vraagt zich hardop af of de regel 'hoe hoger hoe zwaarder' ook geldt voor andere situaties. Hij werpt de vraag op of je op een personenweegschaal op de begane grond evenveel weegt als op de eerste verdieping. De kinderen twijfelen maar vervolgens geven ze aan dat je boven niet zwaarder weegt dan beneden.



Meerdere katrollen - De onderzoeker werpt een nieuw probleem op: 'Ik heb wel eens gehoord dat je met meerdere katrollen iets lichter kan maken, zodat het hijsen makkelijker gaat. Zouden we dat ook kunnen uitzoeken?' Een van de tweetallen denkt dat nog een katrol erbij misschien een optie is. Ze hangen een tweede katrol naast de andere en doen het losse deel van het touw er doorheen. Het effect is dat beide wielletjes draaien als je trekt. Gevoelsmatig lijkt de emmer lichter te worden, maar controle met de unster wijst het tegendeel uit. Het andere groepje denkt het ei van Columbus gevonden te hebben door een dubbele katrol te gebruiken: de katrol ophangen, dan twee touwen aan de emmer en door de wielletjes van beide katrollen een touw. De emmer wordt zo door twee mensen omhoog gehesen: elk aan een touw trekkend. Aan een van de touwen wordt de unster bevestigd en de hypothese van de kinderen is dat nu het gewicht per touw ongeveer 3,5 moet zijn (zeven gedeeld door twee). Dat blijkt redelijk te kloppen. Dus deze oplossing werkt, maar er zijn wel twee mensen voor nodig. Het idee om iemand aan beide touwen te laten trekken wordt herkend als een optelling, en dus is dat weer even zwaar als met één touw. Wel wordt de uitbreidingsredenering gemaakt: het is nog lichter te maken door het aanbrengen van een derde katrol en een derde touw. De praktische realisatie van deze oplossing wordt echter niet haalbaar geacht, dat geldt ook al voor de twee touwen oplossing.



Katrolconstructie bouwen - Na afloop van het onderzoek vraagt de onderzoeker de kinderen eens rustig na te denken over de vraag: 'Kunnen katrollen ons helpen om de emmer lichter te maken?' Hierover voeren de kinderen, samen met de onderzoeker, de volgende dag een gesprek. Dat levert niet veel nieuwe inzichten op. Een van de leerlingen denkt een oplossing met twee katrollen te hebben, maar bij de uitvoering blijkt de oplossing de emmer alleen maar zwaarder te maken.

Het wordt tijd om de kinderen met een kant en klare katrolconstructie (met twee dubbele katrollen) te confronteren die antwoord geeft op de gestelde vraag. De verrassing is groot dat je de emmer wel vier keer lichter kunt maken met twee dubbele katrollen.

Het namaken van de kant en klare constructie met losse katrollen blijkt een goede opdracht te zijn om na te gaan hoe de touwen lopen.



Opdracht 11

Lees bovenstaande beschrijving en beantwoord de volgende vragen:

- Welke verschillen constateert u tussen de beide aanpakken, kwalitatief meten versus meten met de unster?
- Welke aanpak heeft uw voorkeur en waarom?

4 - Didactische implicaties

In deze module bent u bezig geweest met een verkenning van de woorden 'gewicht', 'zwaarte' en 'zwaartekracht'. De verkenning is geen doel op zich, maar zou aanknopingspunten moeten bieden voor verder onderzoek.

Het idee dat we als mensen zowel gemak als last hebben van de zwaartekracht geeft aanleiding voor nader onderzoek met de kinderen op de basisschool. Lang voordat kinderen op school horen hoe je deze fenomenen vanuit de fysica kunt verklaren en berekeningen kunt maken over de valweg en valsnelheid, is het zaak om eerst zelf verklaringen te zoeken en te verwoorden. Dit vormgeven aan je eigen ideeën, het leren vragen stellen en nadenken over hoe je iets kunt onderzoeken, zijn belangrijke stappen voor de ontwikkeling van kinderen. Het stimuleert de nieuwsgierigheid, het scherpt hun waarnemen van de wereld om hen heen en schept een basis voor de bestudering van denkbare beelden van anderen.

De kans dat u als leraar niet zelf de antwoorden weet op de vragen van de kinderen is bij dit type onderzoek natuurlijk levensgroot. Maar dat is nu juist de uitdaging van onderzoek zoals dat in deze module wordt aangedragen: het gaat erom met de kinderen samen op pad te gaan. Het gaat niet om vragen waarop de leraar al de antwoorden in het hoofd heeft, maar om vragen die leiden tot nieuwe vragen.

Laat kinderen een muurkrant maken om de voortgang in onderzoek te laten zien. Laat hen verhalen schrijven over de vragen die ze onderzoeken en hun resultaten presenteren in de vorm van tekeningen of stellingen.

Natuurlijk bent u als leraar de stimulator en de aanjager van dit alles. U organiseert gesprekken met de klas over een onderwerp, laat kinderen opkomende vragen formuleren, zet hen aan tot nadenken over hoe zij iets kunnen onderzoeken, zorgt voor presentaties en ruimte voor een muurkrant, bewaakt de betrokkenheid. U vat af en toe samen vanuit de vraag 'Wat weten we nu al en wat willen we nog verder te weten komen?', u zorgt voor impulsen door materialen in te brengen, stelt kritische vragen, et cetera. U kiest - samen met de kinderen - het moment en de vorm om een onderzoeksgebied af te ronden. Kortom, binnen deze vorm van onderwijs bent u niet de deskundige in het onderwerp, maar wordt u aangesproken op uw rol als deskundige in begeleiden en faciliteren. Een spannende uitdaging!



5 - Inhoudelijke verdieping

De katrol (Bron: Technopolis, Mechelen, België)

Geschiedenis

Een van de eersten van wie we weten dat hij katrollen gebruikte, was Archimedes, in de derde eeuw voor Christus. Over Archimedes gaat het verhaal dat hij met koning Hieron van Syracuse (de stad op Sicilië waar Archimedes woonde) een weddenschap afsloot dat hij helemaal alleen een vrachtschip over het strand kon voorttrekken tot in zee. Normaal waren voor zo'n tewaterlating tientallen sterke mannen nodig.

Archimedes installeerde katrollen, liet het schip volladen met vracht en passagiers en trok het met één hand verder.

Van Archimedes is ook de uitspraak: "Geef mij een steunpunt en ik beweeg de Aarde." Behalve een steunpunt zou hij dan ook een enorme hefboom nodig hebben gehad. De Aarde weegt 100 000 000 000 000 000 000 maal meer dan Archimedes, en zijn machtarm zou dan ook evenveel keer langer moeten zijn dan zijn lastarm. Een dergelijke hefboom zou doorzakken onder zijn eigen gewicht. Maar in principe had Archimedes wel gelijk.

Katrollen worden dus al heel lang gebruikt. Voor verschillende doelen en op verschillende manieren. Zo waren Middeleeuwse kruisbogen soms zo sterk dat de schutters ze niet met alleen hun eigen menskracht konden spannen. Ze gebruikten dan een systeem met katrollen.

Bekend ook zijn de hijsbalken bovenin de Amsterdamse grachtenpanden, bedoeld om via een katrol zware lasten gemakkelijk langs de gevel omhoog te trekken. Ook bovenin molens zijn dergelijke hijsbalken met katrollen bevestigd.

Katrollen in de moderne samenleving

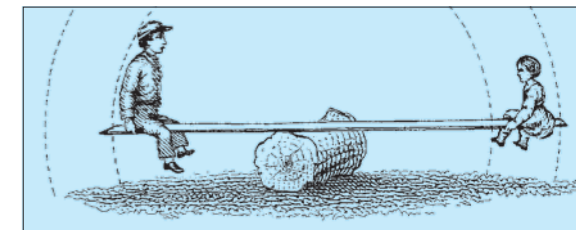
Vandaag de dag worden katrollen nog steeds volop gebruikt:

- Verhuizers gebruiken soms takels met katrollen om zware lasten naar boven te tillen.
- Zware hijskranen hebben bovenin een reeks vaste katrollen, en onderin een takelblok met losse katrollen en een haak, waaraan de last komt te hangen.
- Garages beschikken over katrollen om het motorblok uit een auto te tillen. In plaats van touwen worden hier vaak kettingen gebruikt.
- Zeilschepen gebruiken katrollen om de zware zeilen vlot met menskracht omhoog te krijgen, en om een zeil te kunnen verplaatsen tegen de grote kracht van de wind in.
- Speleologen gebruiken katrollen om zichzelf en hun bagage aan touwen op te tillen of neer te laten.

Hefboom

In feite is een katrol een hefboom in vermomming. Een hefboom is een 'boom' (staaf) waarmee je een gewicht kunt heffen (optillen) en in een andere richting verplaatsen. Een hefboom draait altijd rond een steunpunt. Je oefent er kracht op uit (de 'macht'), om er een gewicht (de 'last') mee te verplaatsen.

In een wip en een koevoet herkent iedereen meteen een hefboom: een onbuigbare 'boom' met een steunpunt, een macht en een last. Bij de wip staat het steunpunt in het midden, is je eigen gewicht de macht (de kracht die je kunt uitoefenen om het kind aan de andere kant op te tillen) en is het gewicht van het kind aan de andere kant de last.



Als u een koevoet onder een zware kist schuift om deze op te tillen is het steunpunt de plaats waar de koevoet op de grond steunt, is het gewicht van de kist de last en is uw eigen kracht de macht. De kist oefent haar kracht uit op het korte eind van de koevoet, u duwt tegen het lange eind.



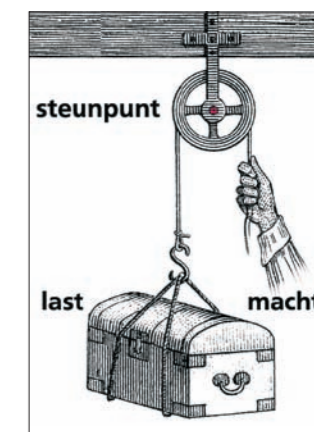
Steunpunt

Zowel bij de wip als bij de koevoet kunnen we vaststellen dat hoe verder van het steunpunt je duwt, hoe minder kracht je moet gebruiken om hetzelfde effect te bereiken. Als u op een wip dubbel zo ver gaat zitten als uw tegenspeler, dan kunt u een tegenspeler optillen die dubbel zoveel weegt als uzelf. Als de lange arm van de koevoet tien keer zo lang is als de korte arm, dan hoeft u slechts een kracht uit te oefenen die tien keer zo klein is als het gewicht van de kist.

Typen katrollen

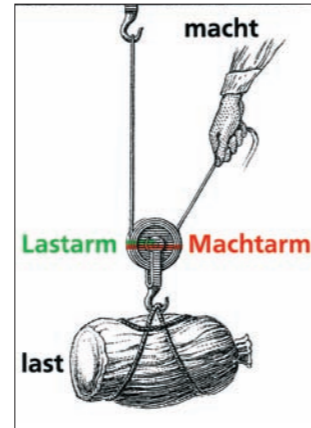
Met wat goede wil ziet u nu waarom een katrol een hefboom in vermomming is: in het midden heb je het steunpunt (de as). De macht en de last trekken aan de hefboom op het punt waar het touw de katrol raakt.

Katrollen heb je in twee typen: vaste katrollen en losse katrollen. De afbeelding hiernaast laat een vaste katrol zien. Dat is een wielje waarover een touw loopt, en dat vast bevestigd is aan het plafond. Aan de ene kant van het touw hangt de last (lastarm), op het andere eind oefent de gebruiker de macht uit (machtarm). Het 'steunpunt' is de as van de katrol. In deze hefboom zijn de machtarm en de lastarm even lang: ze zijn gelijk aan de straal van het wielje van de katrol. Als machtarm en lastarm even groot zijn, is er slechts één manier om aan de wet van de hefbomen te voldoen: de macht en de last moeten ook even groot zijn. Met andere woorden: met een vaste katrol kun je de kracht die je uitoefent van richting doen veranderen (je trekt naar beneden om de last omhoog te tillen), maar je kracht blijft even groot als de last.



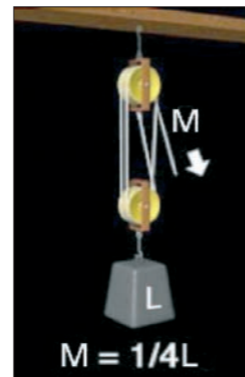
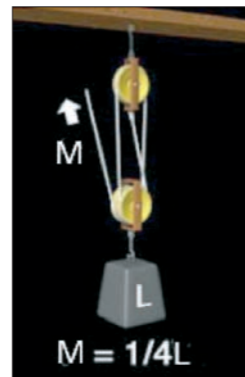
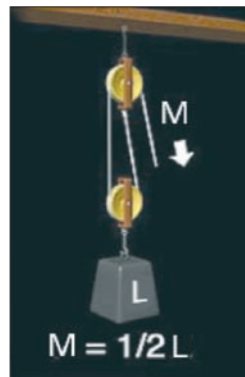
Een losse katrol hangt niet vast aan het plafond of een andere onbeweeglijke drager. Een losse katrol kan vrij bewegen en verplaatst zich mee met de last.

Op de hiernaast weergegeven illustratie van een losse katrol zit het steunpunt van de hefboom links, waar de katrol op het touw 'steunt'. De last hangt aan de as van de katrol en de gebruiker oefent een kracht uit op het punt rechts van de katrol, waar het eind van het touw de katrol raakt. Nu is de lastarm gelijk aan de straal van de katrol (de afstand van het steunpunt tot de as). De machtarm is gelijk aan de diameter van de katrol (de afstand van het steunpunt tot het raakpunt aan de overkant van de katrol, waar het touw aangrijpt op de katrol). Bij een losse katrol is de machtarm dubbel zo groot als de lastarm, zodat de macht slechts half zo groot moet zijn als de last. Een losse katrol halveert de kracht die moet worden uitgeoefend om de last op te tillen.



Takelblok

Wanneer niet één maar twee losse katrollen gebruikt worden halveert dat de benodigde macht nog eens, tot een kwart. Met drie losse katrollen is slechts een achtste van de kracht nodig, enzovoorts. In de praktijk worden al die losse katrollen samengebouwd tot één geheel: een takelblok. Dit is een as met een reeks wielletjes naast elkaar. Elk wielletje waar het touw over loopt, halveert de benodigde macht. Om het touw herhaaldelijk langs de wielletjes van het takelblok te laten passeren, moet het in lussen lopen. Het andere eind van die lussen wordt door een vaste katrol geleid, met evenveel wielletjes als er in de losse katrol zitten.



Literatuur en bronnen

TalenteKracht

1. *TalenteKracht en VTB-Pro: Sprankelen in de praktijk*. Den Haag: Programma VTB-Pro.
2. Steenbeek, H., & Uittenbogaard, W. (2008). *TalenteKracht brengt talent voor wetenschap en techniek van jonge kinderen in kaart*. In H. van Keulen & J. Walma van der Molen (red), *Onderzoek naar wetenschap en techniek in het Nederlandse basisonderwijs*. Den Haag: Programma VTB-Pro.
3. *Curious Minds, an innovative interface between scientific disciplines and children's development* (2008). Den Haag: Programma TalenteKracht.

Algemeen: Wetenschap en techniek

1. Kuijpers, J., & Walma van der Molen, J. (2007). *Wetenschap & techniek: Een rijke leeromgeving*. Den Haag: Programma VTB-Pro.
2. Dijkgraaf, R. e.a. (red). (2008). *De bètacanon*. Amsterdam: Meulenhoff.
3. Graft, M. van, & Kemmers, P. (2007). *Onderzoekend en Ontwerpend leren bij Natuur en Techniek*. Den Haag: Stichting Platvorm Bèta Techniek. Basisdocument vanuit het project 'Leren Onderzoekend en Ontwerpend Leren (2007)', ontwikkeld door de SLO en het Amstel Instituut van de Universiteit van Amsterdam. Hierin is voor het schoolvak natuur en techniek lesmateriaal ontwikkeld vanuit een didactiek gericht op het leren onderzoeken en ontwerpen van begrippen en concepten uit natuur en techniek.

Over zwaartekracht

1. Darling, D. (2008). *Zwaartekracht, van Aristoteles tot Einstein en verder*. Diemen: Veen Magazines.
2. McKeever, S. (1994). *Wetenschap voor de jeugd*. Baarn: Bosch & Keuning.

Over gewicht

1. TAL-team (2004). *Jonge kinderen leren meten en meetkunde: Tussendoelen Annex Leerlijnen*. Groningen: Wolters Noordhoff.
2. TAL-team (2007). *Meten en meetkunde in de bovenbouw: Tussendoelen Annex Leerlijnen*. Groningen: Wolters Noordhoff.

Internet

1. Over onderwijzen van wetenschap en techniek
www.vtbpro.nl
www.learner.org
2. Over guided reinvention
www.fisme.uu.nl/wiki/index.php/Guided_reinvention

3. Over katrollen

www.technopolis.be

Technopolis is een doe-centrum voor wetenschap en technologie waar bezoekers de wereld om hen heen (her)ontdekken volgens de filosofie: 'Ik hoor en ik vergeet. Ik zie en ik onthoud. Ik doe en ik begrijp.'

Om zelf verder te experimenteren met katrollen, kunt u op de website van Technopolis online experimenten doen.

www.wikipedia.nl

4. Over knikkerbanen

Bij google geeft 'knikkerbaan' heel veel resultaten; een paar mooie sites:

www.youtube.com, kinetische knikkerkunst en Crazy Japanese Marbles

www.knikkerbaan.nl, een site van de knikkerbanen bouwer Jelle Bakker

www.ontdekplek.nl, zelf een papieren knikkerbaan maken

<http://proto2.thinkquest.nl/~klc040/index.html>, een website waarin het maken van speciale knikkerbanen centraal staat,

voor leerlingen van groep 7/8 en klas 1 en 2 VO

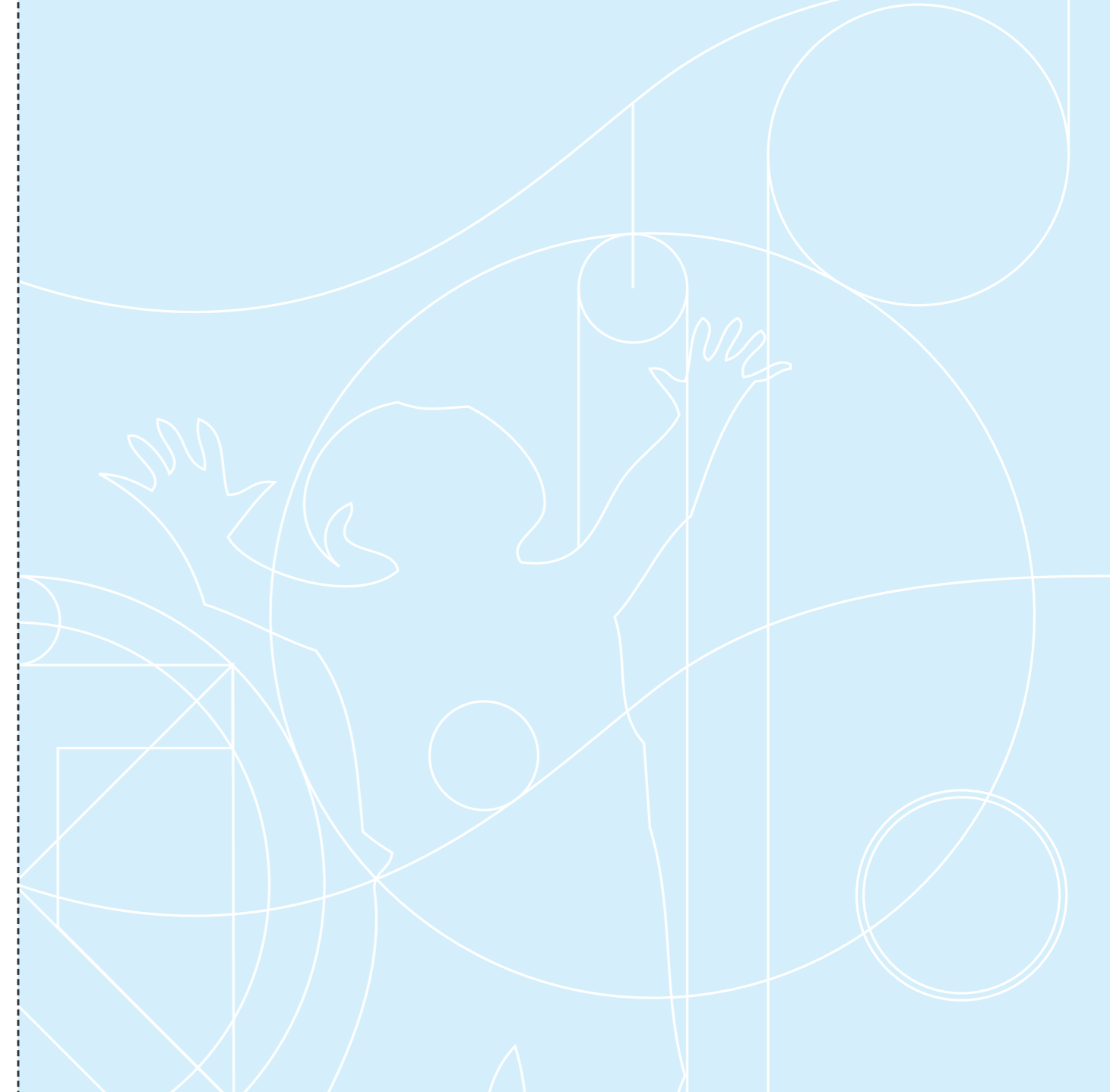
Materialen

De trapkogelbaan is te koop bij Arabesk; zie www.arabesk.nl

De bestaande katrollenconstructie (Flashenzug, in de videoclip: Bob, Matthijs, Bibi en Déna (groep 6) en de katrollen; pag. 33) is van het merk Haba; zie www.haba.de/haba of www.toy-tma.com/haba-toys-information-and-buying-guide

De katrollen die met boutjes in elkaar gezet moeten worden (Flashenzüge, in de videoclip: Bob, Matthijs, Bibi en Déna (groep 6) en de katrollen; pag. 32) zijn van de firma KRAUL; zie www.spielzeug-kraul.de

De overige katrollen (pag. 30) zijn te koop in een zeilwinkel.



VTB-Pro is een programma dat aansluit bij de aandacht voor wetenschap en techniek in het basisonderwijs. Het gaat om een brede kijk op wetenschap en techniek, die erop gericht is scholen handvatten te bieden om wetenschap en techniek in het basisonderwijs in te passen.

TalenteKracht is een onderzoeksprogramma gericht op de natuurlijke nieuwsgierigheid, het 'bètalent' en de onderzoekende en ontdekkende houding van jonge kinderen. Voor VTB-Pro zijn ervaringen uit het onderzoek van TalenteKracht verwerkt in (na)scholingsmodulen om (aspirant-)leerkrachten vanuit bèta-wetenschappelijk perspectief te leren kijken naar hun leerlingen en de eigen lespraktijk. Voor u ligt een van deze modulen.



In de TalenteKracht-modulen is veel aandacht voor het 'kijken met andere ogen' naar kinderen, door bijvoorbeeld analyse van videobeelden. Naast kennis over wetenschap en techniek, krijgt u ook inzicht in materialen die kinderen aanzetten tot creatief denken en passende pedagogische vaardigheden. De modulen bieden hiermee handvatten om de talenten bij alle kinderen in uw klas te ontdekken, te stimuleren en te ontwikkelen.