

Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Waarnemen en bewegen, **Onder invloed** en **Gevaarlijke ideeën**

Marieke Peeters, Winnie Meijer & Roald Verhoeff (redactie)

Hoofdstuk 2: Waarnemen en bewegen



Colofon

Redactie: dr. Marieke Peeters, Winnie Meijer MSc & dr. Roald Verhoeff

Ontwerp cover en binnenwerk: Elke Jacobs

Opmaak binnenwerk: Inhoud & Vorm, Madelon van Honk, Nathan Tax

Druk en afwerking: Drukkerij Efficiënt Nijmegen

Eerste druk, januari 2014

ISBN : 978-90-818461-2-7

Wilt u een exemplaar bestellen?

Ga naar: www.wkru.nl/boek

Uitgave:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen

Heyendaalseweg 135 – postvak 77

Postbus 9010

6500 GL Nijmegen

Nederland



E-mail: infowkru@ru.nl

Telefoon: (024) 366 72 22

Internet: www.wkru.nl



2014 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen

Dit werk is gelicenseerd onder de licentie Creative Commons Naamsvermelding-GelijkDelen 4.0 Internationaal. Ga naar <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.nl> om een kopie van de licentie te kunnen lezen.

Voor afbeeldingen gelden andere licentievoorwaarden zie pagina 194 in dit boek.



Hoofdstuk 2. Waarnemen en bewegen

Dit hoofdstuk beschrijft in twee delen het onderzoeksthema 'Waarnemen en bewegen'. Paragraaf 2.1 gaat dieper in op de koppeling tussen waarnemen en bewegen in onze hersenen. In paragraaf 2.2. wordt een praktijkvoorbeeld beschreven van hoe het onderzoek naar waarnemen en bewegen vertaald is naar een bovenbouwklas op basisschool de Muze. De activiteiten zijn ook hier weer beschreven aan de hand van de zeven stappen van het onderzoekend leren.

2.1 Onderzoek naar waarnemen en bewegen op het Donders Instituut

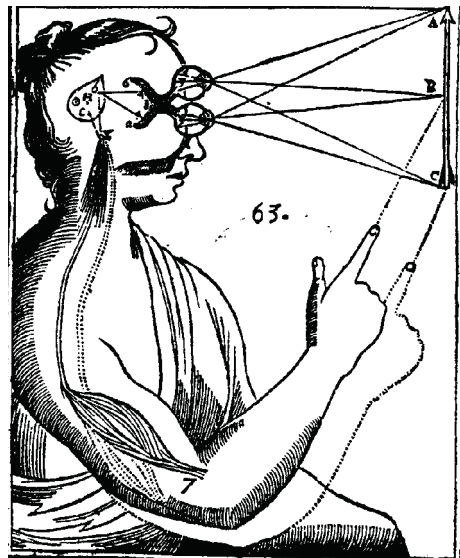
‘Waarnemen en bewegen’

Pieter Medendorp (hoogleraar Sensomotorische Integratie), Femke Majj (postdoctoraal onderzoeker), Jeroen Atsma (promovendus) en Bart Alberts (promovendus). Allen zijn werkzaam in het sensorimotorlab van het Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour aan de Radboud Universiteit Nijmegen.

Inleiding

Mensen zijn uitgerust met meerdere zintuigen, die ieder reageren op specifieke prikkels, zoals het oog op licht en het oor op geluid. Op basis van zulke continu veranderende prikkels bouwen we een waarneming op van dingen in onze omgeving, en vullen we ons geheugen met impressies van de wereld. Maar wat is het doel van onze waarneming? Een algemeen antwoord is dat de waarneming een rol speelt in het sturen en activeren van menselijk gedrag. De waarneming dient geen passieve beleving of statische ervaring, maar is een drijfveer voor actie. Acties brengen we tot stand met ons motorisch systeem. Door het activeren van onze spieren kunnen we kijken, reiken, rennen of ontsnappen aan gevaar. Maar de voordelen van bewegingen hebben ook een keerzijde. Bewegingen creëren een bron van verwarring voor de zintuigen, ofwel de waarneming. Als je bijvoorbeeld iets voelt op je huid kan het zijn dat je wordt aangeraakt door iets in de omgeving, of andersom, dat je zelf iets aanraakt in de omgeving door te bewegen. Hoe maakt onze waarneming het onderscheid? Algemeen geformuleerd: hoe komt de koppeling tussen waarnemen en bewegen tot stand? Het antwoord hierop vinden we in onze hersenen. In de zeventiende eeuw beschreef de Franse filosoof René Descartes al de koppeling tussen waarnemen en bewegen (zie afbeelding Descartes). Hij beschikte nog niet over de hedendaagse technieken om de rol van de hersenen te ontrafelen. Daarvoor had de wetenschap nog een lange weg te bewandelen. Inmiddels weten we dat zenuwcellen in de hersenen de informatie- en signaalverwerkers van het lichaam zijn.

Laten we, om meer te weten te komen, als kleine mensjes (homunculi) opklauteren langs versleten ruggenwervels naar de cortex van het huis, om Anna Enquist te parafraseren. We komen dan langs een aantal belangrijke zintuigen. De receptoren in de huid, deel van het zogenoemde tast-systeem, voelen de stappen van onze kleine voeten. Bij de ogen zien we hoe lichtstralen het netvlies bereiken om beelden van de wereld achter te laten, wat scherper in het midden van het netvlies, de gele vlek, en wat vager eromheen. Bij de gehoorgang lopen we het oor in en zien hoe geluidsgolven in het slakkenhuis omgezet worden in elektrische signalen. We verbazen ons over de

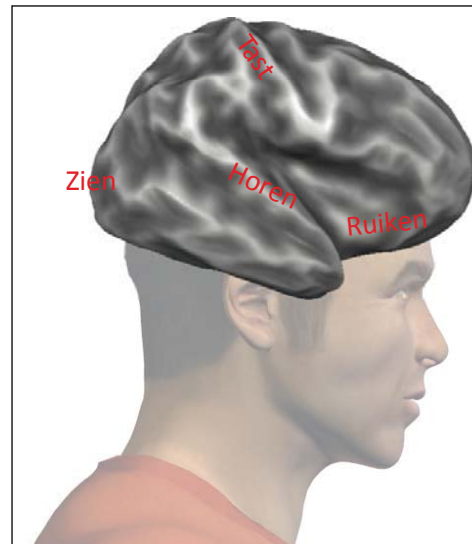


De relatie tussen zien en bewegen, volgens Descartes.

Onderzoek naar waarnemen en bewegen op het Donders Instituut

uitgeholde ruimte ernaast, het binnenoor, waar we een verzameling van zakjes en buisjes tegenkomen, waarmee draai- en rechte lijnige hoofdbewegingen gevoeld worden. Dit diep verborgen zintuig wordt ook wel het vestibulaire systeem genoemd, maar we kennen het beter als het evenwichtsorgaan. Het helpt ons om balans te houden, zodat we kunnen lopen en fietsen.

Onder het schedeldak liggen onze hersenen, verdeeld in twee helften. Groeven en windingen wisselen elkaar af en creëren een enorm oppervlak met een dunne laag zenuwcellen, die beter zichtbaar is als we virtueel de hersenen als een ballon opblazen (zie afbeelding van zij-aanzicht van de hersenen). Deze zenuwcellen, neuronen genoemd, miljarden in getal, communiceren door elektrische prikkels aan elkaar door te geven. De informatie van ieder zintuig wordt verwerkt in een specifiek hersengebied. Informatie arriveert daar met een zekere vertraging, die kan oplopen tot 100 milliseconden. Kijkinformatie vanuit de ogen komt aan in het achterste gedeelte van de hersenschors, de oren sturen de geluids-informatie door naar de meer zijwaarts gelegen gebieden en het tastgevoel begint centraal bovenin. Daartussen liggen de hersengebieden die betrokken zijn bij het koppelen van waarnemen en bewegen, evenals het gebied waar onze eerdere ervaringen, herinneringen en kennis opgeslagen zijn.



Zij-aanzicht van de hersenen. Door de hersenen als een ballon op te blazen, kan zowel in de groeven (sulci) als op de windingen (gyri) gekeken worden.

In ons dagelijks leven zijn we ons niet bewust van de complexiteit onder ons schedeldak. Zonder moeite nemen we onze omgeving waar en met schijnbaar gemak komen onze interacties met de omgeving tot stand. Pas wanneer een nieuwe beweging geleerd moet worden, zoals bij ballet, merken we hoe moeilijk het is om waarnemen en bewegen goed op elkaar af te stemmen. Ook als we geblesseerd raken, bij sommige hersenziekten of vanwege ouderdom, raken waarnemen en bewegen minder goed op elkaar afgestemd. Er ontstaan fouten in de waarneming, bewegingen worden trager en minder nauwkeurig. Waarom dit gebeurt is een belangrijke vraag. Niet alleen om te begrijpen hoe de afstemming tussen waarnemen en bewegen in elkaar steekt, maar ook om deze afstemming te kunnen herstellen of verbeteren als die bijvoorbeeld door ziekte is aangetast. Hiervoor is wetenschappelijk onderzoek nodig naar de relatie tussen hersenen en gedrag en meer in het bijzonder naar de afstemming tussen waarnemen en bewegen. Op dit laatste richten wij ons in ons laboratorium, het sensorimotorlab van het Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour aan de Radboud Universiteit Nijmegen.

Waarnemen en bewegen

Prof. dr. Pieter Medendorp

Pieter Medendorp studeerde technische natuurkunde aan de Hogeschool Enschede en experimentele natuurkunde, met specialisatie Biofysica, aan de Radboud Universiteit. In 2001 promoveerde hij aan de Radboud Universiteit op onderzoek naar de controle van oog-, hoofd- en armbewegingen voor perceptie en actie. Vervolgens werkte hij in Canada als postdoctoraal onderzoeker aan de York University in Toronto en de Western University in London. In 2003 werd hij als senioronderzoeker aangesteld bij het Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour, waar hij de onderzoeksgroep Sensorimotor Control leidt. Hij is bijzonder geïnteresseerd in hoe de hersenen de koppeling tussen waarnemen en handelen tot stand brengen, wat hij bestudeert met behulp van gedragsexperimenten, beeldvormende technieken en computersimulaties. Sinds september 2011 is hij hoogleraar Sensomotorische Integratie en sinds oktober 2011 directeur van het Centre for Cognition, binnen het Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour aan de Radboud Universiteit Nijmegen.



De juiste onderzoeksvraag

Onderzoek naar de relatie tussen waarnemen en bewegen begint met het stellen van de juiste onderzoeksvraag. In onze onderzoeksgroep stellen we kleinere deelvragen. Met deze deelvragen kunnen we allerlei kenmerken van waarnemen en bewegen bestuderen, zoals: hoe interpreteren de hersenen onbetrouwbare informatie, hoe maken de hersenen keuzes, hoe maken de hersenen voorspellingen en hoe passen de hersenen zich aan een nieuwe omgeving aan? Verderop in deze paragraaf zullen we hier nader op ingaan.

Wij doen een aanname in ons onderzoek, namelijk dat onze hersenen gedrag teweegbrengen dat optimaal is voor de doelen die het nastreeft. Maar let op: optimaal betekent niet foutloos of perfect. Optimaliteit heeft te maken met de manier waarop het brein met informatie omgaat. Wat is informatie? Om het begrip informatie te doorgronden is zijn tegenhanger eigenlijk handiger: het idee van onzekerheid. Je hebt meer informatie nodig om je onzekerheid te verminderen. Onzekerheid ontstaat wanneer gebeurtenissen bepaald worden door kans. Als je een euro opgooit, zijn er twee mogelijke uitkomsten (kop en munt) en is er dus 50 procent kans op kop en 50 procent kans op munt. Als je een dobbelsteen gooit, ben je nog minder zeker van de uitkomst, omdat er zes mogelijke uitkomsten zijn. Op dezelfde manier is de informatie van de zintuigen ook onzeker. Er zijn willekeurige schommelingen in de zintuiglijke signalen die de hersenen binnenkomen. We spreken dan van ruis op het signaal, te vergelijken met een radiozender die niet goed afgestemd is. Door de aanwezigheid van ruis is de informatie die de zintuigen leveren over dezelfde stimulus niet elke keer gelijk. Optimaliteit stelt dat het brein op de best mogelijke manier uit ruizige informatie de waarneming construeert. Dat wil zeggen, hoe ruiziger het signaal, hoe minder invloed het heeft op de waarneming. Hetzelfde geldt voor de signalen waarmee we onze spieren aansturen; probeer met darten maar eens drie keer achter elkaar in de roos te gooien. De variaties in de plek waar de dart terecht komt, geeft aan dat de signalen naar de spieren ruizig zijn. Deze ruis kan veranderen gedurende het leven, bijvoorbeeld ten gevolge van ziektes, of doordat neuronen afsterven naarmate we ouder worden. Optimaliteit gaat ervan uit dat het brein de spieren zo aanstuurt dat de effecten van ruis op de gemaakte beweging minimaal zijn.

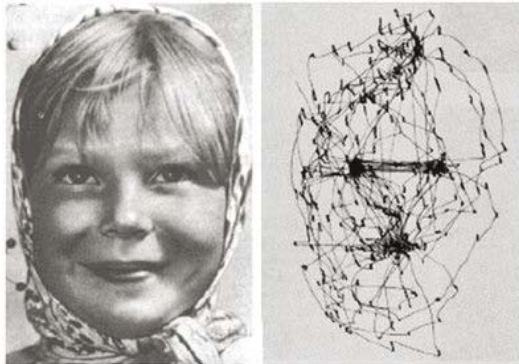
1. We kunnen het brein, of beter gezegd een deel van het brein proberen na te bootsen met een computermodel. Als we hier toe in staat zijn, begrijpen we beter hoe de hersenen reageren tijdens bepaalde taken.
2. We moeten heel precies de output van het brein – de beweging – opmeten, om wetmatigheden in dit gedrag te ontdekken. Hiervoor gebruiken we allerlei apparatuur waarmee we bewegingen vastleggen, zoals speciale oog-camera's, arm- en hoofdcamera's en andere bewegingsregistratiesystemen (zie afbeelding van de oogvolgcamera). De gevonden wetmatigheden dienen als basis van computersimulaties, op eenzelfde manier als de natuurwetten ten grondslag liggen aan simulaties in de natuurkunde.
3. We kunnen meten aan de hersenen zelf. We kunnen bijvoorbeeld gebruikmaken van functionele magnetische resonantie imaging, fMRI, een techniek die de activiteit van hersengebieden meet op basis van hun doorbloeding. Een sterkere doorbloeding betekent een verhoging van de activiteit in een bepaald gebied. Andere methodes zijn magneto- en elektro-encefalografie (MEG en EEG), die magnetische en elektrische signalen van het brein oppikken.
4. We moeten aantonen dat er een directe relatie bestaat tussen geactiveerde hersengebieden en het menselijke gedrag. Dit kan door hersengebieden tijdelijk uit te schakelen, bijvoorbeeld door een techniek genaamd transcraniële magnetische stimulatie (TMS). Met TMS worden op het hoofd kortdurende magnetische pulsen gegeven, waarmee de hersenschors kortdurend onderdrukt kan worden. Ook kunnen we patiënten bestuderen met een hersenaandoening en aldus nieuw inzicht krijgen in het ziektebeeld.

Onderzoek 1. *Zien in beweging*

37

Waarnemen en bewegen

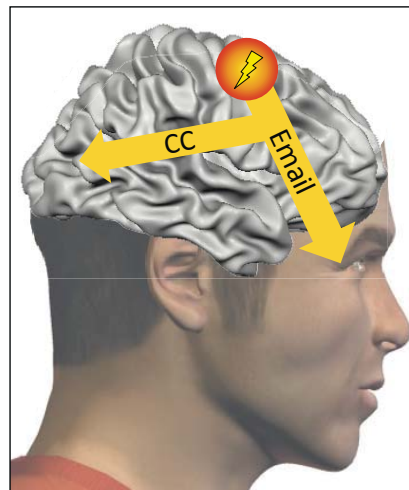
ogen blijven een fractie van een seconde staan en springen vervolgens razendsnel naar het volgende deel van de zin. In ons dagelijks leven maken we drie tot vier van zulke snelle oogbewegingen per seconde¹. In de afbeelding zie je oogbewegingsdata van een proefpersoon gedurende drie minuten.



Oogbewegingsopnamen (rechts) van een proefpersoon die drie minuten naar de foto van het meisje kijkt (links). De dunne lijntjes geven de snelle oogbewegingen weer, de zwarte puntjes komen overeen met de fixaties (het stilstaan van het oog).

Tijdens dat verspringen van de ogen, zien we dan eigenlijk wel iets? Als je voor een spiegel staat en je kijkt van je linker- naar je rechteroog, dan zie je de beweging van je ogen niet. We zijn nagenoeg blind tijdens zo'n snelle oogbeweging. Probeer ook eens het volgende: kijk recht vooruit met je linkeroog gesloten en leg je rechter wijsvinger vlak naast je rechteroog (niet bij je neus, maar aan de andere kant). Druk nu voorzichtig tegen je oogbol. Wat zie je? Doordat ons oog een klein beetje beweegt, lijkt de wereld te wiebelen! Dit illustreert iets waar wetenschappers zich al honderden jaren het hoofd over breken. Als we het beeld van onze ogen zouden opnemen en vervolgens zouden terugzien op een tv, dan zouden we helemaal duizelig worden van alle bewegingen. Toch ervaren wij onze omgeving doorgaans als stabiel. Hoe kan dat?

Er is een belangrijk verschil tussen 'normale' oogbewegingen en het bewegen van je oog met behulp van je vinger. Voorin onze hersenen zit een gebiedje dat onze oogspieren aanstuurt. Als dit gebiedje besluit je oog te bewegen, dan stuurt het niet alleen een signaal naar je oogspieren, maar ook een kopie van dit signaal naar de waarnemingsgebieden in de hersenen. Dit andere deel gaat vervolgens, op basis van ervaringen, voorspellen hoe de wereld eruit zal zien nadat de oogbeweging gemaakt is. Na de oogbeweging bepaalt je brein of de voorspelling ongeveer klopt. Als dat zo is, dan ben je niet verrast en zie je nog steeds een stabiele wereld. Het brein stuurt als het ware een e-mail naar de oogspieren en gelijktijdig een cc-tje naar de waarnemingsgebieden om ze te vertellen dat de veranderingen die binnenkomen door het brein zelf veroorzaakt zijn, en niet door de buitenwereld. Op deze manier kunnen de hersenen dus onderscheid maken tussen extern en intern veroorzaakte gebeurtenissen. Bij het met de vinger bewegen van je oog gaat er geen signaal naar je oogspieren; dit is dus een externe gebeurtenis. Er wordt geen kopie verstuurd en dus ook geen voorspelling gemaakt. Je bent verrast en ziet een instabiele wereld.

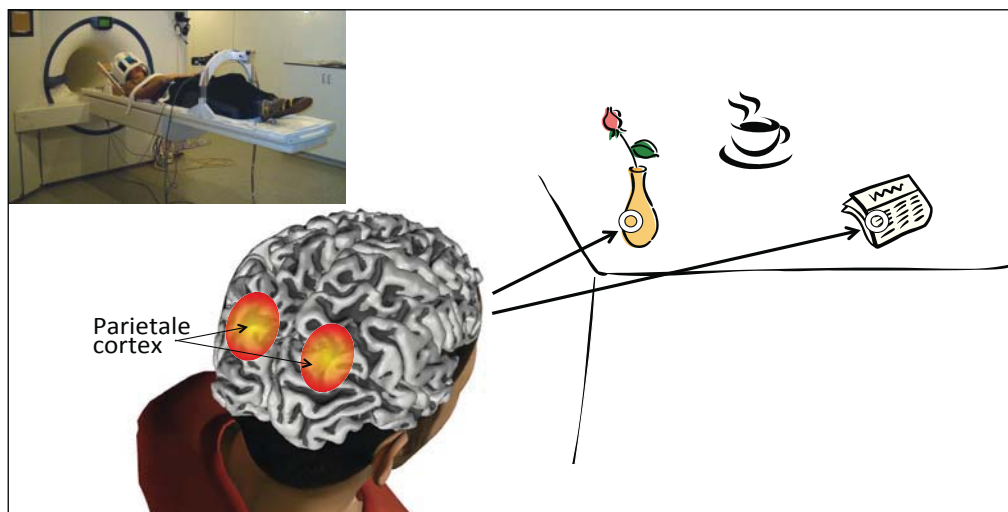


In analogie met de cc in het e-mail verkeer, maakt het brein een kopie van een motorisch signaal om op de sensorische consequenties van de beweging te anticiperen.

Onderzoek naar waarnemen en bewegen op het Donders Instituut

Een gerelateerd voorbeeld is kietelen. We weten allemaal dat we ons zelf niet kunnen kietelen, maar dat we wel gekieteld kunnen worden door anderen. Het brein maakt een voorspelling van de zintuiglijke informatie op basis van de zelf gegenereerde motorische signalen en trekt die af van de daadwerkelijk zintuiglijke informatie; wat overblijft, is extern veroorzaakt. In ons sensorimotor laboratorium proberen wij onder andere uit te zoeken hoe ons brein zo'n voorspelling maakt. Recentelijk hebben we aangetoond dat de pariëtale schors in de hersenen, een gebied vlak onder je kruin, hierbij een belangrijke rol speelt. Het experiment ging in als volgt. Proefpersonen lagen in een fMRI-scanner en keken naar een aantal objecten op een tafel. Door het maken van een oogbeweging tussen het bloemvase en de krant schoof het koffiekopje van het ene blikveld naar het andere. Deze verandering van het beeld op het netvlies werd opgeanticipeerd door neurale activiteit in de pariëtale schors, die steeds voorspelde waar het kopje gezien zou worden na de oogbeweging, met als resultaat een stabiele waarneming van de objecten.

Om door de wereld te kunnen navigeren, moet onze waarneming niet alleen stabiel blijven tijdens oogbewegingen, maar ook tijdens hoofd- en lichaamsbewegingen. Als je in de trein naar buiten kijkt, zie je bomen dichtbij voorbij schieten terwijl het kerkje in de verte op een vaste locatie lijkt te blijven. Dit wordt bewegingsparallax genoemd en is gemakkelijk te demonstreren door eerst de blik te richten op een voorwerp op grote afstand en dan een paar stappen zijwaarts te zetten: de richting van een dichtbij doel verandert veel meer dan die van een ver doel. Als we bijvoorbeeld met onze ogen niet precies naar het object kijken, maar juist ervoor of erachter, dan lijkt het alsof het object meer naar rechts of naar links wordt waargenomen. Dit heeft natuurlijk grote invloed op het reiken en grijpen van deze objecten.

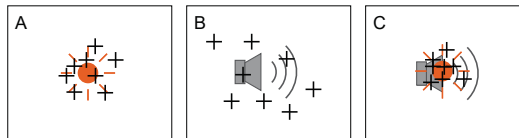


Anticipatie van sensorische consequenties in de pariëtale schors, gemeten met fMRI.

Waarnemen en bewegen

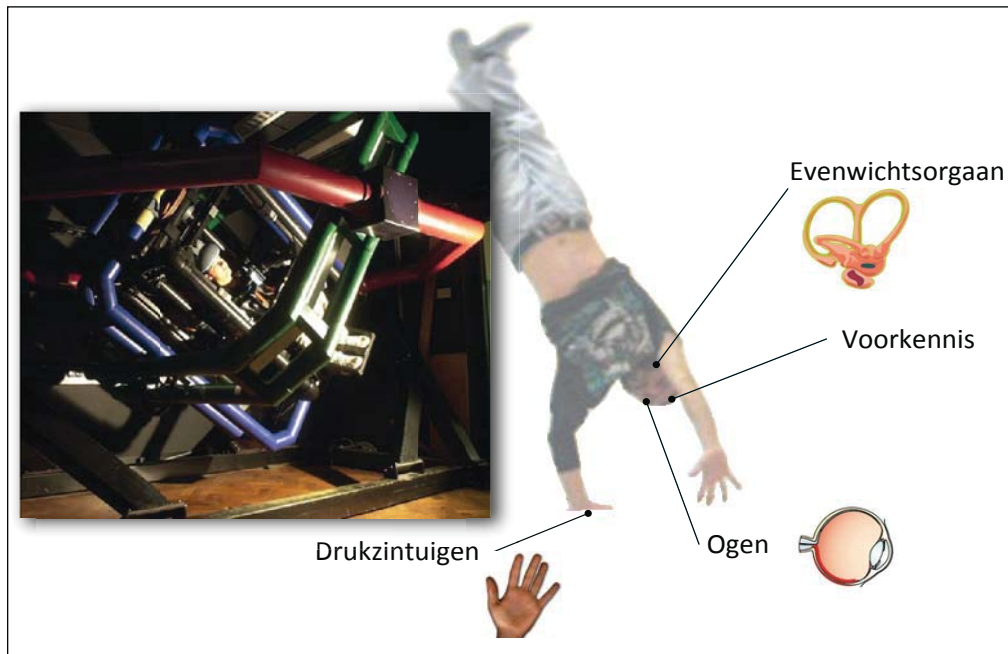
Onderzoek 2. *Bouwen aan vertrouwen*

De koppeling tussen waarnemen en bewegen hangt af van de manier waarop het brein met ruizige signalen omgaat. Uit de stroom van signalen uit verschillende zintuigen, alle ruizig, moet in het brein de waarneming ontstaan. Wanneer bijvoorbeeld iemand spreekt, horen we geluid via onze oren en zien we de gelaatsuitdrukking en beweging van de lippen via onze ogen. De waarneming heeft dus te maken met de integratie en interpretatie van informatie uit meerdere zintuigen (ogen, gehoor, evenwicht, tast, et cetera). Het meest optimaal is dat het brein de signalen die dezelfde informatie bevatten, combineert. De vraag is of de hersenen dit doen. Stel je bijvoorbeeld eens voor dat je meerdere keren moet wijzen naar een lampje op een tafel dat kort geflikt wordt, terwijl je zelf in het donker zit. Afbeelding A toont de eindpunten van verschillende pogingen, aangeven met plusjes. Er is dus wat spreiding in de eindpunten. Deze spreiding is een maat voor de ruis van de signalen die betrokken zijn bij de koppeling van waarnemen en bewegen. Afbeelding B toont de resultaten als er gewezen wordt naar een onzichtbare geluidsbron die een kort piepje geeft. De spreiding in de eindpunten is duidelijk groter dan bij het lampje. Dit betekent dus dat de informatie die via ons gehoor binnenkomt en de wijsbeweging moet aansturen minder betrouwbaar is. Hoe wijzen we als de flits en het piepje gelijktijdig gegeven worden? De hersenen beschikken nu dus over twee soorten signalen (visuele en auditieve), die beide de positie van het doel aangeven. In afbeelding C zien we het resultaat: er is minder spreiding in de eindpunten van de beweging in vergelijking met zowel afbeelding A als B. Dus door het combineren van twee ruizige informatiebronnen bouwt het brein een groter vertrouwen op dan op basis van enkelvoudige bronnen, hetgeen inderdaad het meest optimale is om te doen.



De spreiding in de eindpunten (+) van wijsbewegingen naar een visueel doel (A), een auditief doel (B) en een visueel-auditief doel (C).

Zintuiglijke informatie is echter niet de enige bron van informatie waarmee de hersenen vertrouwen opbouwen. Er is ook een andere vorm van informatie, namelijk eerder opgedane kennis. Dit is informatie die je verzamelt tijdens je leven en die je opslaat in het geheugen. We weten bijvoorbeeld dat het onwaarschijnlijk is dat het in de zomer vriest. Een ander voorbeeld is de interpretatie van de signalen van het evenwichtsorgaan. De meest voorkomende toestand in ons dagelijks leven is dat we rechtop zitten of staan. Dit is de eerder opgedane kennis. Het brein ontvangt de zintuiglijke signalen, niet alleen van het evenwichtsorgaan, maar ook visuele informatie en informatie uit de tastzintuigen in de handen. Daarnaast is er de eerder opgedane kennis. In het laboratorium onderzoeken we dit proces door gebruik te maken van een door elektromotoren aangedreven kantelstoel. Door het precies meten van de waarneming bij verschillende kantelstanden, opgelegd door deze kantelstoel, kunnen we terug redeneren wat de ruizigheid van de verschillende betrokken zintuigen is, maar ook bepalen welke kennis het brein al heeft opgeslagen. In een vervolgstap kunnen we dan berekenen hoe het systeem reageert met een volledig defect zintuig en zo het gedrag van bepaalde patiëntpopulaties, bijvoorbeeld patiënten met een uitgevallen evenwichtsorgaan, nabootsen.



Ruimtelijke oriëntatie is een proces waarbij meerdere zintuigen betrokken zijn. De kantelstoel draait de proefpersoon zijwaarts naar verschillende kantelstanden. De proefpersoon geeft vervolgens een schatting van zijn/haar gevoelde kantelstand of schat de oriëntatie van een visuele lijn voor hem/haar. Uit de metingen kan de betrokken informatie (drukzintuigen, ogen, evenwichtsorgaan en voorkennis) gereconstrueerd worden.

Onderzoek 3. Kiezen in beweging

Stel je gaat op de fiets naar school. De ingang van de school is aan de achterkant en als je vlak voor school bent, kun je kiezen: ga je linksom of rechtsom. Linksom is misschien net iets korter, maar er is daar ook een vervelende hond in de buurt, en een smal bruggetje. En wat doe je als er plotseling een tak van een boom voor je fiets valt? Probeer je zo hard mogelijk te remmen? Of spring je snel van je fiets? Met andere woorden, welke keuzes maak je en waarom?

Het meest optimaal is dat het brein een kosten-batenanalyse maakt. Zo zijn oogbewegingen naar interessante objecten of personen sneller dan die naar saaie. Naast de beloning – snel het aantrekkelijke object zien – is het natuurlijk ook zo dat de kosten voor de ene activiteit hoger zijn dan voor de andere. De ene actie kost meer energie dan de andere.



Een bewegingsplatform om waarnemen, keuzes en actie in beweging te onderzoeken.

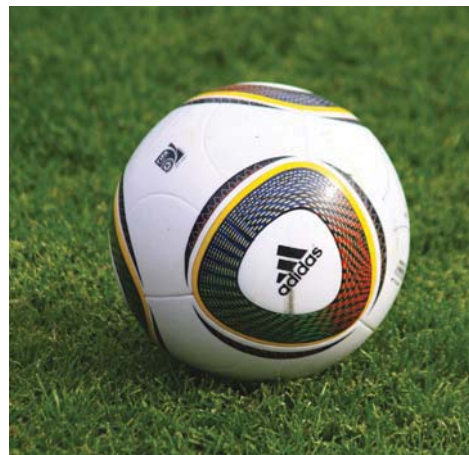
Waarnemen en bewegen

In onze onderzoeksgroep kijken we naar dit soort besluitvorming terwijl mensen in beweging zijn. We zetten mensen op een bewegingsplatform. Op een willekeurig moment verschijnen er twee lampjes. Dan is het ieders taak om zo snel mogelijk naar één van beide lampjes te wijzen. Welk lampje kiezen ze en met welke arm? Wijzen ze met hun voorkeurshand of met de dichtstbijzijnde hand? Het blijkt dat mensen in beweging andere keuzes maken dan wanneer ze stilstaan. Waarom dit zo is, wordt op dit moment onderzocht, maar het lijkt zeker dat waarnemen, beslissen en bewegen niet onafhankelijk bestudeerd kunnen worden.

Onderzoek 4. *Leer van je fouten*

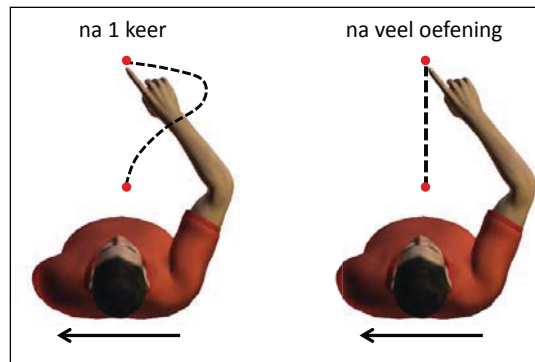
De afstemming tussen waarnemen en bewegen komt niet vanzelf tot stand, maar moet geleerd worden en voortdurend aangepast. Van kleins af aan zijn we daar constant mee bezig. We hebben leren lopen, praten, ballen vangen enzovoort. De bijstelling gaat te allen tijde door, bijvoorbeeld omdat de omgeving verandert, omdat ons lichaam verandert als we groter en zwaarder worden of omdat we een bril zijn gaan dragen. Ook hier speelt optimaliteit weer een rol. Het heeft geen zin om bij elke willekeurige verstoring bij te stellen. Alleen als verstoringen consistent lijken te zijn, moeten we rekening met ze houden. Niet elke hobbel in de weg moet tot ander sturgedrag leiden, maar met een caravan rijden we wel anders dan zonder. Deze bijstelling of adaptatie is wat we aanduiden met plasticiteit, of aanpassingsvermogen, van het brein. De kleine hersenen – het cerebellum – spelen hierbij een belangrijke rol.

Onderzoekers uit verschillende landen bestuderen hoe je bewegingen het beste kunt leren. Tot nu toe is veel van dit onderzoek naar adaptatie of leerprocessen uitgevoerd in eenvoudige laboratoriumsituaties. Bijvoorbeeld door iemand te leren zijn reikbewegingen aan te passen om een bepaalde weerstand of tegenkracht te compenseren. Wij zijn recentelijk begonnen met het bestuderen van dergelijke leerprocessen in situaties waarbij het hele lichaam een versnellende beweging ondergaat. Een soortelijke ervaring wordt opgedaan wanneer een bus plotseling afremt en passagiers de veiligheidsrail moeten vastgrijpen om zichzelf staande te houden. Onze proefpersonen nemen plaats op een bewegingsplatform en worden gevraagd naar lampjes te reiken. Zodra hun hand beweegt, beweegt ook het platform en ontstaat er een grote afwijking in de reikbeweging. Maar naarmate dezelfde verstoring vaker waargenomen wordt, zal de proefpersoon een steeds rechttere reikbeweging gaan maken. Die afnemende afwijking kunnen we beschrijven in een leercurve. Hoe kleiner de afwijking is, des te beter kon de proefpersoon met de verstoring door het bewegingsplatform omgaan.



Nieuwe EK bal nog grilliger. Ook Rafael van der Vaart sprak zich uit over de bal: "Niet normaal hoe die bal zwabbert. Daar kun je echt niet aan wennen", aldus Van der Vaart. Iker Casillas, de doelman van Spanje, ging zelfs zo ver de bal een 'strandbal' te noemen.

Wat gebeurt er als we het platform ineens niet meer laten bewegen op het moment van de reikbeweging? Omdat je niet weet dat het platform stil blijft staan, maakt de armbeweging een afwijking in tegengestelde richting. Dit komt doordat je probeert tegen de verwachte beweging van de stoel in te gaan; je compenseert dan dus voor de verwachte beweging van de stoel. Het duurt even voordat je dit gecorrigeerd hebt en weer rechtdoor reikt naar de lampjes. Je moet de geleerde beweging en compensatie weer afleren.

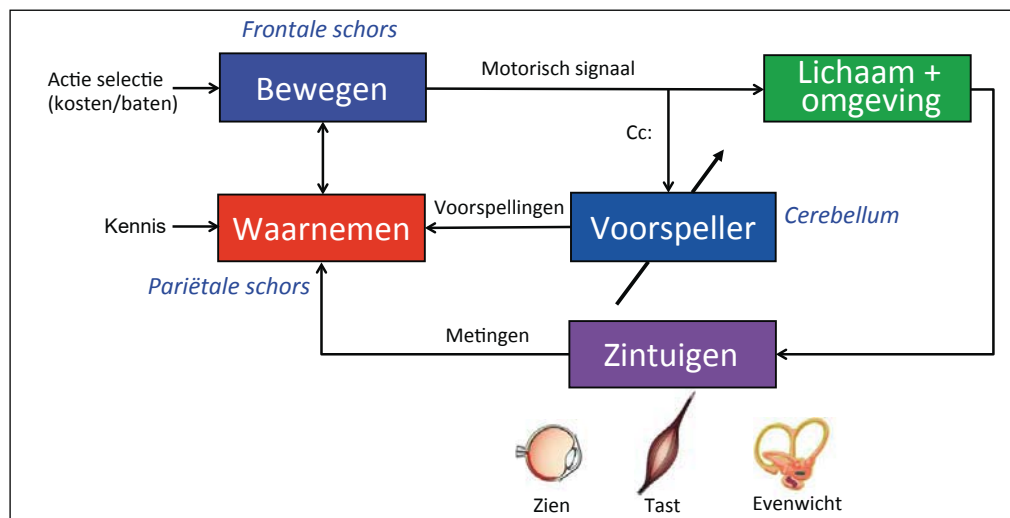


Motorisch leren tijdens lichaamsbewegingen.

Andere vragen die wij proberen te beantwoorden zijn: Leer ik beter door steeds hetzelfde te herhalen in dezelfde omstandigheden? Leer je bijvoorbeeld beter schieten door altijd met dezelfde bal te oefenen, dezelfde afstand tot het doel te nemen en onder dezelfde weersomstandigheden te trainen? Of leer je beter door in verschillende omgevingen te leren, met verschillende ballen, in wind en regen? Ook onderzoeken we of een taak die je met je linkerhand hebt geleerd daarna sneller geleerd wordt met je rechterhand. Op deze manier proberen we de generalisatie van leerprocessen in kaart te brengen, wat uiteindelijk belangrijke praktische consequenties kan hebben voor bijvoorbeeld revalidatie of trainingsmethodieken in sport.

Schema voor onderzoek naar en begrip van de relatie tussen waarnemen en bewegen

De vier besproken onderzoeken hebben we nog eens weergegeven in een schema. In dit schema zijn waarnemen (rode box) en bewegen (blauwe box) direct gekoppeld. De bewegingsmodule bepaalt de signalen naar de spieren: deze veranderen de relatie tussen het lichaam en de omgeving (groene box). Deze veranderingen worden gedetecteerd door de zintuigen (paarse box), die ruizige informatie naar de waarnemingsmodule in de hersenen sturen. De veranderingen worden ook geanticipeerd door de voorspeller (blauwe box) op basis van een kopie van het



Waarnemen en bewegen

signaal (zoals de cc van een e-mail). Voorspellingen worden geleerd en aangepast (aangegeven met de schuine pijl door de blauwe box) als de relatie tussen lichaam en omgeving blijvend anders wordt. De waarnemingsmodule bouwt de meest waarschijnlijke waarneming op basis van de voorspellingen, de werkelijk zintuiglijke informatie (metingen) en eerder opgedane kennis. De waarnemingsmodule voorziet de bewegingsmodule van input, waarbij de actiekeuzes uiteindelijk gebaseerd worden op een kosten-batenanalyse. Belangrijke neurale structuren waarvan wordt gedacht dat die betrokken zijn bij deze processen zijn aangegeven in het schema, zoals de pariëtale en frontale cortices en het cerebellum. Dit schema vormt de leidraad voor ons onderzoek. Het gaat uit van optimaliteit en bestudeert daarmee de essentiële kenmerken van de koppeling tussen waarnemen en bewegen, zoals representeren, interpreteren, voorspellen, kiezen en aanpassen.

Een belangrijke uitdaging voor toekomstig onderzoek is dit schema te testen in complexe, dynamische omgevingen, bijvoorbeeld als we zelf met ons hele lichaam in beweging komen en moeten waarnemen en bewegen onder tijdsdruk, zoals op het sportveld of in het verkeer. Dit schema is behulpzaam wanneer we een brug willen slaan naar de kliniek. Het proces van waarnemen en bewegen verandert als we geblesseerd raken tijdens het sporten of als we ouder worden en met ziekte te maken krijgen. Veroudering gaat gepaard met een toename in leeftijdsgerelateerde stoornissen in de waarneming, zoals gezichtsverlies, of evenwichtsstoornissen, verminderde motoriek en een toename van neurodegeneratieve ziekten, zoals de ziekte van Alzheimer en Parkinson. Onderzoek naar de koppeling van waarnemen en bewegen is daarvoor onontbeerlijk.

Vici-subsidie voor neurowetenschapper Pieter Medendorp²

Datum bericht: 22 december 2011

Pieter Medendorp, hoogleraar Sensomotorische integratie verbonden aan het Donders Institute van de Radboud Universiteit Nijmegen ontvangt een Vici-subsidie van 1,5 miljoen Euro van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO). Daarmee gaat hij de komende vijf jaar onderzoek doen naar de rol van de hersenen bij het kiezen voor de meest effectieve of efficiënte acties in een onzekere, dynamische omgeving. Medendorp is de vierde Radboudonderzoeker die dit jaar een Vici-subsidie ontvangt.

Waarnemen, bewegen, bewegen

We zijn voortdurend in beweging en voeren tegelijkertijd ook allerlei acties uit. Schijnbaar onbewust anticiperen we op een beweging van ons lichaam, terwijl we tegelijkertijd de veranderende posities van onszelf en die van ons omringende, bewegende mensen of objecten daarbij betrekken. Ook beslissen we om bepaalde objecten te vermijden en de meest effectieve actie uit te voeren, we anticiperen zelfs op de keuzes die we daarna zelf maken. Dit alles gebeurt onbewust en we hebben wonderlijke controlemechanismen die zorgen dat we de juiste beslissingen nemen, of niet.

Voetballen

Pieter Medendorp licht toe: 'Ik vergelijk het vaak met voetballen. Stel je voor je bent Barcelona's spits Lionel Messi en je speelt de finale in de Champion's League. Je bent constant in beweging: dribbelend, sprintend op topsnelheid. Tegelijkertijd houd je de posities van de teamgenoten in de gaten, passeert drie aanvallende tegenstanders die je uit balans proberen te brengen en schiet de bal op het juiste moment, met linker- of rechtervoet en scoort! Dit voorbeeld maakt duidelijk hoe goed mensen zijn in het waarnemen, kiezen en handelen, terwijl ze zelf ook bewegen.'

Vestibulaire slee

Hoe het brein dit regelt, gaat Medendorp de komende vijf jaar verder onderzoeken met een team van vijf medewerkers: twee postdoc's, twee aio's en een technicus. Dat gebeurt met verschillende technieken in het Donders Sensorimotorlab (www.sensorimotorlab.com). Zo nemen proefpersonen plaats in een vestibulaire slee - een slee die beweegt en je evenwicht verstoort - waarna er verschillende krachten op hen worden uitgeoefend terwijl ze in beweging zijn. Tegelijkertijd krijgen ze visuele of andere sensorische informatie, die soms past in een beweging, maar soms ook tegennatuurlijk is. Hierbij worden bewegingen van ogen, armen, handen en benen gemeten in verschillende condities.

TMS

'We zijn geïnteresseerd in wat er gebeurt in de sensomotorische gebieden van het brein. Deze zijn betrokken bij de voorbereiding van de beslissing om tot actie over te gaan,' vertelt Medendorp. 'Dat is geen statisch proces, maar een voortdurend actief netwerk, dat we in kaart willen brengen door meting met Electro-encefalographie (EEG). Daarnaast gaan we knooppunten manipuleren met TMS.' TMS (Transcraniële Magnetische Stimulatie) is een methode waarmee tijdelijk delen van het brein kunnen worden uitgeschakeld. 'Door systematisch bepaalde verbindingen te manipuleren en die te koppelen aan de voorbereiding van een actie, hopen we erachter te komen hoe het brein keuzes maakt voor een beweging, maar ook anticipeert op de keuzes die we maken.'

Ook een ERC

Eerder dit jaar ontving Pieter Medendorp ook al een Europese Starting Grant van anderhalf miljoen euro. Dat onderzoek is gericht op taakuitvoering en gaat over de rol van sensorische, motorische en cognitieve signalen terwijl we in beweging zijn.

Verwijzingen

- (1) Yarbus, A. L., 'Eye movements during perception of complex objects', In: Eye Movements and Vision, Riggs, L. A. (Ed.), pp. 171-196, Plenum Press, New York, 1967.
- (2) Radboud Universiteit Nijmegen, Vici-subsidie voor neurowetenschapper Pieter Medendorp, <http://www.ru.nl/@834967/pagina/> (21-6-2013)

2.2 Project ‘Waarnemen en bewegen’ de klas in!

In deze paragraaf beschrijven we hoe het winnende onderzoek van Pieter Medendorp naar waarnemen en bewegen vertaald is naar activiteiten voor een bovenbouwgroep van basisschool de Muze.

2.2.1 Project ‘Waarnemen en bewegen’ op basisschool de Muze

Jaap van Oosteren (pabo-student aan de HAN)

Ada de Metz (lerares basisschool de Muze)

Wetenschap en techniek op basisschool de Muze

Op basisschool de Muze werken we al enkele jaren aan talentontwikkeling. Ons uitgangspunt daarbij is dat we excellent onderwijs willen realiseren voor alle kinderen. Om dat te bewerkstelligen, stelt ons team hogere denkopdrachten samen die aansluiten op ons wereld-oriëntatieonderwijs. Daarbij ontwikkelen de leerlingen meerdere vaardigheden, waaronder onderzoeksvaardigheden.

De Muze is volop in ontwikkeling en wil zoveel mogelijk ervaring opdoen met onderzoekend leren. Meedoen aan een projectteam van het Wetenschapsknooppunt hoort daar ook bij. Eén groep doet nu mee en deelt die ervaringen met de rest van het team om zo het onderzoekend leren op school verder te ontwikkelen. We besteden op verschillende manieren aandacht aan Wetenschap en Technologie. Zo hebben groep 7 en 8 dit jaar vijf maal het Junior Technovium bezocht, gaan we regelmatig naar het natuurmuseum en leren we de leerlingen wat eerlijk onderzoek doen inhoudt. Het team bezoekt regelmatig workshops en studiemiddagen, zoals de jaarlijkse Winterschool van het Wetenschapsknooppunt, zodat we de onderzoekende houding bij kinderen nog beter kunnen stimuleren.

Overzicht project in groep 8b van basisschool de Muze

Het project is uitgevoerd door groep 8b van basisschool de Muze. Zeven weken lang zijn we twee middagen per week bezig geweest met het project. Per week is er één stap gezet in het zevenstappenplan van de didactiek van het onderzoekend leren. Het grootste deel van het project is op school uitgevoerd, maar soms werd uitgeweken naar een andere locatie, als de leerlingen zelf hun onderzoeken moesten gaan bedenken en opzetten. Zo heeft één groep onderzoek gedaan in het zwembad, een andere in een sporthal, een derde op een sportveld en een vierde in de aula. We hebben ook klassikale uitstapjes gemaakt: de introductie van het project vond plaats bij het scheve huisje in Berg en Dal, dichtbij Nijmegen, en ter



Groep 8b van basisschool de Muze.

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

verdieping bezocht onze klas het Donders Instituut van de Radboud Universiteit. Daar hebben enkele leerlingen hun onderzoek aan de 'volwassen onderzoekers' gepresenteerd en toonden alle leerlingen tijdens een wetenschappelijk symposium aan onderzoekers, ouders en andere geïnteresseerden de zelfgemaakte, flitsende posters over hun onderzoek.

Talenten komen tot ontwikkeling

Met dit project laten we kinderen zien en ervaren dat onderzoek doen erg leuk kan zijn. Door te onderzoeken, zijn de kinderen actief betrokken en lichamelijk bezig. Er zijn veel verschillende talenten nodig om tot een goed onderzoek te komen, dus iedereen kan zijn steentje bijdragen en ieder kind kan op zijn eigen niveau bezig zijn.

Thema 'waarnemen en bewegen'

Waarom geldt dat nou specifiek voor dit project? Sommige kinderen weten al heel veel over het heelal of het klimaat. Ze weten bijvoorbeeld hoe een vleermuis zijn weg kan vinden in het donker en hoe een eend kan blijven drijven op het water. Maar ze weten heel weinig over dat wat ze elke seconde doen: bewegen. Dit project gaat over dingen waar de kinderen elk moment van de dag ervaring mee opdoen. Ieder kind neemt voortdurend waar en ieder kind beweegt. Het onderzoeksthema sluit dus direct aan bij waar ze voortdurend mee bezig zijn en gaat dus over henzelf. Hierdoor wordt hun nieuwsgierigheid gewekt en daarmee hun onderzoekende houding gestimuleerd.

In dit project organiseren de leerlingen veel zelf. Ze zijn verantwoordelijk voor hun eigen onderzoek, zijn daardoor heel betrokken en hebben veel plezier. En dat laatste is het allerbelangrijkst. Als de leerlingen plezier hebben in het onderzoeken van waarnemen en bewegen is de kans groter dat ze na het voortgezet onderwijs kiezen voor een profiel met natuur en techniek. En dat willen wij stimuleren, vooral bij meisjes.

Tijdens het project wordt duidelijk dat er aan betrokkenheid en plezier geen gebrek is. Leerlingen komen regelmatig met een nieuw idee voor een onderzoek, bijvoorbeeld omdat ze tijdens het basketballen in de pauze ineens veel beter scoorden toen ze aangemoedigd werden. "Is dat ook echt zo?", willen ze weten, "mogen we dat onderzoeken?" Een andere leerling wil na een blinddoekspel graag een hele dag geblinddoekt rond gaan lopen om te onderzoeken wat er met haar gebeurt en of ze er snel aan kan wennen. Zo'n project gaat niet over beroemde mensen of over een arm land ver weg, maar gaat echt over de leerlingen zelf. Ze gaan graven in zaken die zó vanzelfsprekend zijn, dat ze er nog niet eerder over hebben nagedacht. En ook al staat het onderzoeksthema heel dicht bij hun belevingswereld en interesse, er gaat evengoed een wereld voor hen open.

Leerkrachtvaardigheden

Ons uitgangspunt was de leerlingen zoveel mogelijk zelf te laten doen. We wilden ze vooral door ervaringen kennis op laten doen. Om dat te bereiken, zijn andere leerkrachtvaardigheden nodig dan bij een doorsnee methodeles. Maar nog belangrijker dan die vaardigheden is *vertrouwen te hebben in je eigen leerlingen*. We laten hen heel veel zelf doen, dus dan moeten we er ook wel vertrouwen in hebben dat ze dat ook kunnen.

Waarnemen en bewegen

Omdat de leerlingen veel zelf doen, ben je als leerkracht tijdens het project vooral bezig met *motiveren en inspireren*. Je bent meer coach dan leraar. Het project zal niet altijd perfect lopen, de leerlingen zullen tegenslagen krijgen. Hoe laat je hen daarmee omgaan? Hoe laat je ze kritisch naar hun eigen werk kijken? Hoe inspireer je ze om een uitdagender onderzoek te doen?

Het project vraagt van de leerkracht ook de nodige *organisatorische kwaliteiten*. Om te bedenken hoe je het circuit met pingpongballen of het gooien met pittenzakjes door 28 leerlingen in een klaslokaal goed laat verlopen, bleek een echte breinbreker – maar het was wél mogelijk. Daarna stelden de leerlingen in groepen hun eigen onderzoeksplan op en voerden dat uit. De onderzoeken varieerden qua niveau, tijd en locatie. De leerlingen waren steeds met verschillende dingen en op verschillende locaties bezig. Daarom moet je als leerkracht bedenken hoe je toch in de gaten kunt houden waar iedereen mee bezig is en dat iedereen op tijd klaar is.

Het onderzoeksthema vraagt van de leerkracht ook de nodige *creativiteit*. De meeste leerkrachten weten zelf weinig van het onderwerp. Het is behoorlijk abstract, dus zie dat maar eens het klaslokaal in te krijgen. Wij moesten zelf soms ook diep nadenken over wat de juiste aanpak was. Zo wilden we de voorkennis activeren met behulp van een *mindmap*, maar de leerlingen bleken in het begin nauwelijks iets te kunnen bedenken dat met het thema te maken had. Hoe baken je het thema goed af zonder alleen maar klassikaal les te geven? Hoe stimuleer je de leerlingen bij het maken van eigen onderzoeksvragen? Dat bleek een heel proces van overleggen met collega's, het projectteam en docenten van de PABO, van verdiepen in de vakdidactiek en van eenvoudigweg uitproberen en aanpassen. Dit alles heeft geleid tot een prachtig project voor de leerlingen, maar het heeft ook de professionaliteit van de leerkracht als didacticus een sterke impuls gegeven.

Doelen

- De onderzoekende houding van kinderen stimuleren;
- Kinderen leren hoe ze een eigen onderzoek kunnen doen;
- Kinderen leren over het onderzoek dat Pieter Medendorp doet naar waarnemen en bewegen;
- Kinderen leren waar wetenschappers zich over verwonderen, wat een wetenschapper precies doet en dat wetenschappers net zo nieuwsgierig zijn als kinderen;
- Tijdens het project ontwikkelen de kinderen hun taalvaardigheid (verslagleggen, verwoorden, presenteren) en rekenvaardigheid (meten, resultaten vastleggen in grafieken en verbanden leggen) op een functionele manier.

Kerdoelen

Mondeling en schriftelijk taalonderwijs

- 1 De leerlingen leren informatie te verwerven uit gesproken taal. Ze leren tevens die informatie, mondeling of schriftelijk, gestructureerd weer te geven.
- 2 De leerlingen leren zich naar vorm en inhoud uit te drukken bij het geven en vragen van informatie, het uitbrengen van verslag, het geven van uitleg, het instrueren en bij het discussiëren.
- 4 De leerlingen leren informatie te achterhalen in informatieve en instructieve teksten, waaronder schema's, tabellen en digitale bronnen.
- 5 De leerlingen leren naar inhoud en vorm teksten te schrijven met verschillende functies, zoals: informeren, instrueren, overtuigen of plezier verschaffen.

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

- 8 De leerlingen leren informatie en meningen te ordenen bij het schrijven van een brief, een verslag, een formulier of een werkstuk. Zij besteden daarbij aandacht aan zinsbouw, correcte spelling, een leesbaar handschrift, bladspiegel, eventueel beeldende elementen en kleur.

Rekenen

- 23 De leerlingen leren wiskundetaal gebruiken.
- 25 De leerlingen leren aanpakken bij het oplossen van rekenwiskunde problemen te onderbouwen en leren oplossingen te beoordelen.
- 26 De leerlingen leren structuur en samenhang van aantallen, gehele getallen, kommagetalen, breuken, procenten en verhoudingen op hoofdlijnen te doorzien en er in praktische situaties mee te rekenen.
- 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.

Oriëntatie op jezelf en de wereld

- 41 De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.
- 42 De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur.

Kunstzinnige oriëntatie

- 54 De leerlingen leren beelden, muziek, taal, spel en beweging te gebruiken, om er gevoelens en ervaringen mee uit te drukken en om er mee te communiceren.

Opzet project en tijdsinvestering

Het project *Waarnemen en bewegen* is in zeven weken uitgevoerd. Elke donderdag en vrijdag werd de gehele middag aan het project besteed en elke week werd een stap gezet uit het stappenplan.

Wij vonden het belangrijk dat de leerlingen hun eigen onderzoek konden uitvoeren. Een zelf bedacht onderzoek zorgt immers voor meer betrokkenheid en een groter verantwoordelijkheidsbesef. Moeilijkheid daarbij was voor ons de vraag hoe we ervoor konden zorgen dat de leerlingen een werkbare onderzoeksvraag bedachten, die bovendien aansloot bij het thema: het onderzoek naar waarnemen en bewegen van Pieter Medendorp? Om de leerlingen voor te bereiden op het zelfstandig uitvoeren van een onderzoek hebben we in een taalles met hen onderzocht wat voor *soorten vragen* er zijn en waar een goede onderzoeksvraag aan moet voldoen. Daarbij heeft elke leerling ook een onderzoeksvraag over een bepaald onderwerp opgesteld. Huiswerkopdracht was het beantwoorden van die vraag. De ervaringen daarmee zijn klassikaal besproken; de leerlingen namen die ervaringen mee naar hun eigen onderzoek in het project.

Bij elke activiteit binnen het project zijn vragen gesteld over het stellen van een onderzoeksvraag. Welke onderzoeksvraag zou bij dit experiment passen? Welk vervolgonderzoek kun je hieraan koppelen en hoe zou je de onderzoeksvraag dan formuleren? Al deze vragen kregen een plaats op de 'vragenmuur', zodat ze voor iedereen goed zichtbaar waren. Ten slotte hebben we het vragenrad geïntroduceerd, een hulpmiddel waarmee de leerlingen vragen konden bedenken met betrekking tot zowel waarnemen als bewegen.

Waarnemen en bewegen

Vakintegratie

Het project hebben we gekoppeld aan de taal- en rekenlessen, zodat de leerlingen de theorie direct kunnen toepassen in de praktijk. Zo hebben we het hoofdstuk over statistiek uit de rekenmethode naar voren gehaald, evenals de lessen over tekstschrijven uit de taalmethode.

De onderzoeken van de leerlingen zelf vormden de kern van het project. Tijdens elke les hebben we aandacht besteed aan het vragen stellen, omdat maar zo ‘normaal mogelijk’ te maken.



Stap 1. Introductie

De introductie- en verkenningsfase zijn gericht op het opwekken van nieuwsgierigheid. Het onderzoek van Pieter Medendorp hebben we verkend door middel van verschillende activiteiten, waarbij de kinderen vooral ervaringen opdoen.

Doelen binnen deze stap:

- Introduceren van het thema ‘waarnemen en bewegen’ bij de kinderen;
- Opwekken van verwondering en nieuwsgierigheid;
- Oproepen van vragen;
- Activeren van voorkennis over het thema;
- Introduceren van het onderzoek van Pieter Medendorp bij de kinderen;
- Introduceren van de vragenmuur;
- Introduceren van de thematafel.

Circuit

We verdelen de klas in vier groepen. We zetten een circuit uit van vier activiteiten waarbij de leerlingen ervaringen opdoen met de relatie tussen waarnemen en bewegen.



Bekijk filmpje **201. Circuit** om te zien hoe de uitvoering van deze opdrachten verloopt.

Het scheve huisje

In de speeltuin van Hotel Erica in Berg en Dal staat het zogenaamde ‘scheve huisje’¹. Omdat niet alleen de vloer of een muur, maar het hele huisje scheef staat, is het moeilijk om in dit huis goed te bewegen. Hier ervaren de leerlingen de relatie tussen waarnemen en bewegen en ze merken dat ze het bewegen met hun hersenen kunnen leren. Dit vormt een leuk en passend begin van het project.

De leerlingen voeren een aantal opdrachten uit in het scheve huisje. Ze meten op hoe lang ze erover doen om het parcours in het huisje af te leggen en onderzoeken of het de tweede keer misschien sneller gaat. Ze beantwoorden een aantal denkvragen en proberen te verwoorden wat er nou eigenlijk gebeurt. Ze ervaren dat het bewegen (rechttop lopen) ineens heel moeilijk

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

wordt als je de omgeving scheef waarneemt. Dan moet je opeens over elke stap nadenken en gaat het bewegen niet meer automatisch. Maar ze merken ook dat hun hersenen zich erop kunnen instellen, of – anders gezegd – dat je bewegen kunt leren.

Het bezoek aan het scheve huisje heeft de leerlingen aan het denken gezet over wat er eigenlijk is gebeurd. Ze leggen in de nabespreking perfect uit hoe waarnemen het bewegen beïnvloedt. Een leerling zegt: "Het leek alsof het huisje recht was, de palen stonden ook recht naar het plafond. Maar dat maakte het juist raar, want het stond wél schuin. Je ogen raken daardoor een beetje in de war."

Het werkblad van 'het scheve huisje' is te downloaden via de website www.wkru.nl/boek.



Het scheve huisje van buiten.



Het scheve huisje van binnen.

De ober-estafette 1

De activiteiten ober-estafette 1 en ober-estafette 2 zijn aan elkaar gekoppeld. De leerlingen doen een estafetteloop terwijl ze een dienblad vol met pakjes drinken dragen. Ze moeten het dienblad, net als een ober, met één hand dragen. Halverwege het parcours halen ze vier pakjes van het dienblad. De kinderen nemen de tijd op, noteren hoe snel iedereen het parcours doorloopt en hoeveel pakjes er van het dienblad zijn gevallen. De kinderen kunnen hierbij even lekker bewegen. De volledige opdracht en bijbehorend werkblad is te downloaden vanaf de website www.wkru.nl/boek.

De ober-estafette 2

Bij deze activiteit doen we hetzelfde als bij ober-estafette 1, maar nu halen de leerlingen niet zelf de pakjes van het dienblad, maar doet een andere leerling dat. Opnieuw nemen ze de tijd op en tellen ze hoeveel pakjes van het dienblad zijn gevallen. Is dit moeilijker? Snappen de kinderen hoe dat komt? Het heeft alles te maken met het waarnemen-bewegen schema. Wanneer je zelf een pakje van het dienblad haalt, kun je dankzij de voorspeller sneller reageren (zie schema 'Waarnemen en bewegen in het brein' bij stap 2). Het is dan makkelijker om het dienblad recht

Waarnemen en bewegen

te houden dan wanneer iemand anders een pakje van het dienblad haalt. Je hersenen moeten dan immers eerst de informatie van de zintuigen (je ziet en/of voelt waar het pakje drinken van het dienblad is gehaald) verwerken.

De volledige opdracht en het werkblad zijn te downloaden vanaf de website www.wkru.nl/boek

We blikken samen met de kinderen terug op de openingsdag van het project en delen de ervaringen door middel van *dialogic talk*. Dit is een gespreksvorm waarbij de leerlingen met elkaar in gesprek gaan en ideeën uitwisselen. Het gesprek loopt dus van leerling naar leerling naar leerling, in plaats van het traditionele verloop van leerling naar leerkracht naar leerling. Sommige leerlingen kunnen al ongelooflijk goed verwoorden wat er is gebeurd. Het bezoek aan het scheve huisje heeft de leerlingen aan het denken gezet.

“Ik heb er thuis nog eens over nagedacht. Ik voelde me heel raar en volgens mij komt dat omdat je ogen het gewend zijn om recht te kijken, maar iets binnenin het huisje verandert iets in je hersenen of je ogen, waardoor je het allemaal iets anders ziet. Als je je ogen dicht doet, waardoor je dus niks meer ziet, denk ik dat je wel gewoon recht loopt. Het is eigenlijk zo moeilijk door het beeld dat je ziet.” (Leerling)



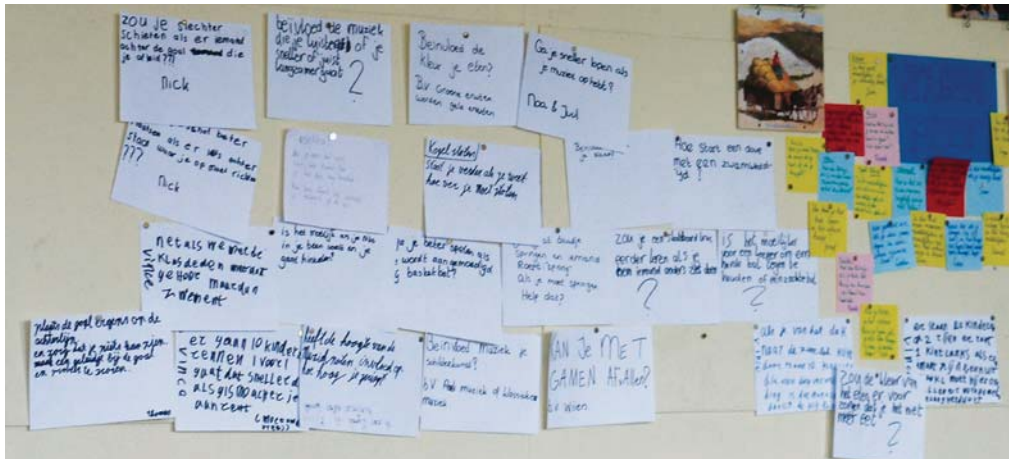
Ober-estafette lopen.

Vragenmuur

We introduceren de vragenmuur. Wij hebben nog niet veel ervaring met het formuleren van onderzoeksvragen, dus dit is een belangrijk hulpmiddel in ons project. Voor veel kinderen is vragen stellen iets gênants. Mensen die vragen stellen, weten iets niet, ze staan voor schut, vinden sommigen. Wij willen een wijziging in dit denkpatroon aanbrengen. Het is natuurlijk wel zo dat mensen die een vraag stellen iets niet weten, maar daar gaat het niet om.

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

Belangrijker is: mensen die vragen stellen, willen iets weten. Dat scheelt maar één woord, maar het maakt een groot verschil. Om die denkomslag te krijgen, moet het vragen stellen voortdurend gestimuleerd en gewaardeerd worden. De vragenmuur neemt daarom een prominente plaats in in de klas. Bij elke activiteit stimuleren we de leerlingen om onderzoeksvragen te bedenken, te noteren en op te hangen. We hebben eerder gewerkt met post-its, maar daar hadden we niet zo'n goede ervaringen mee. Ze vallen snel van de muur en je kunt de vragen vanachter uit de klas niet lezen. We kiezen nu voor grote vellen papier, beschreven met een dikke, zwarte stift. De vragen zijn nu ook achterin de klas te lezen, zodat de leerlingen elkaar met elkaars vragen kunnen inspireren en stimuleren. Het maken van vragen moet onderdeel worden van de klassencultuur.



De vragenmuur.

In een korte les vertellen we de leerlingen waar het onderzoek van Medendorp over gaat. Dit doen we om een koppeling te maken met de universiteit en met wetenschappelijk onderzoek en om het onderwerp af te bakenen. We leggen uit op welke vragen Medendorp (zie paragraaf 2.1) antwoorden zoekt en hoe hij dat doet. Bewust gaan we niet inhoudelijk in op de theorie, omdat we willen dat de leerlingen het thema al onderzoekend verkennen. Ze moeten zelf de dingen gaan ontdekken. Tijdens de les merken we dat het sommige kinderen duizelt. Ze vinden het heel ingewikkeld!

Mindmappen

In groepjes van vier verwoorden de leerlingen wat ze al weten over het onderwerp. Ze verwerken deze kennis in een mindmap. Het is de bedoeling dat ze deze mindmap elke vrijdagmiddag aanvullen met nieuw opgedane kennis en zo hun eigen leerproces laten zien. We merken echter dat de leerlingen het ontzettend moeilijk vinden om hun ervaringen en geringe kennis over het onderwerp op papier te zetten. Het lukt ze eenvoudigweg niet om een mindmap te maken, omdat het onderwerp nog te abstract en ingewikkeld is en omdat het nog niet duidelijk voor ze is waar het onderwerp precies over gaat. Het onderwerp is niet duidelijk genoeg afgebakend.

Waarnemen en bewegen

Na alle ingewikkelde wetenschappelijke informatie is het nu tijd om de kinderen even iets anders te laten doen. We gaan naar het schoolplein om met de hele klas het zogenaamde neuron-firing experiment te doen. Dat geeft ons even de tijd om ons te bezinnen op een andere aanpak.

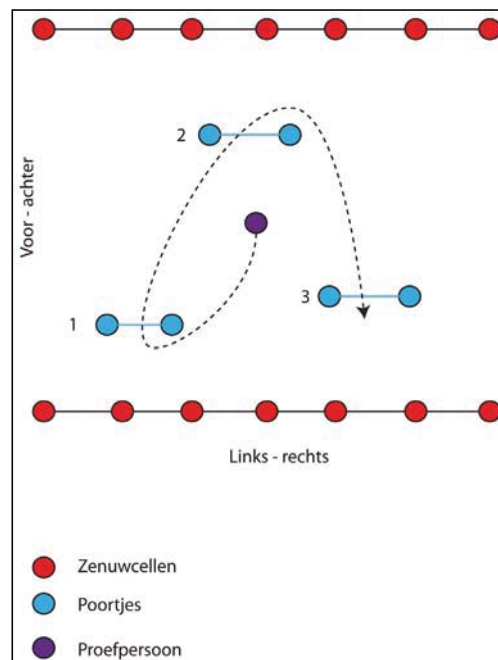
Het neuron-firing experiment

De opdracht die we de kinderen geven, luidt als volgt. "Een persoon doet een blinddoek om. De anderen leiden de blinde naar het midden van het parcours. De blinde draait een paar keer rond, zodat hij niet meer weet waar hij is. De andere zes kinderen gaan links en rechts van het parcours staan, drie aan de ene en drie aan de andere kant. Tijdens het spel bewegen zij niet! Ze spreken af welke route de blinde moet gaan lopen. De zes moeten samenwerken om de blinde te leiden en mogen wel geluiden maken zoals klappen en stampen, maar niet praten. Het kind met de blinddoek moet dan het parcours gaan lopen; het volgt de geluiden die de andere zes kinderen maken. Kunnen jullie de blinde de goede route laten lopen?"

Het neuron-firing experiment is een metafoor voor het verwerken van informatie door neuronen in het brein. Als iemand een bepaalde richting op wil lopen, wordt deze richting in zijn of haar brein gecodeerd. Bij deze activiteit proberen we dit na te bootsen met een geblinddoekt kind dat naar een bepaald doel moet lopen. In zekere zin lijkt het klappen (of stampen) op de manier waarop zenuwcellen met elkaar communiceren: de klappende kinderen zijn als het ware de individuele zenuwcellen die de richting in het brein coderen.



Neuron-firing experiment.



Hoe neuronen informatie verwerken in het brein.

De volledige opdracht en het werkblad zijn te downloaden vanaf de website www.wkru.nl/boek.

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!



Stap 2. Verkennen

Doelen binnen deze stap:

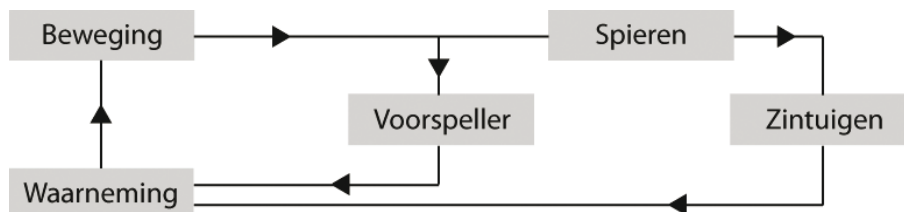
- Verkennen van het thema;
- Kennismaken met het doorlopen van een onderzoekscyclus;
- Ervaringen opdoen met het verwerken van gegevens;
- Ervaringen opdoen met het maken van grafieken;
- Oefenen met het opstellen van onderzoeksvragen.

Waarnemen en bewegen in schema

Tijdens de vorige les bleek dat de leerlingen nog niet goed begrijpen waar het onderzoek van Pieter Medendorp eigenlijk over gaat en dat ze wel behoefte hebben om het te begrijpen. In de didactiek van het onderzoekend leren is het gebruikelijk om leerlingen inzicht te geven door ze zelf dingen te laten ervaren. Dat wilden we nu ook doen: eerst ervaren, dan pas theoretisch onderbouwen. Het feit dat de leerlingen het onderwerp nu nog niet goed kunnen afbakenen, maakt ze echter onzeker. We besluiten om toch een korte les over de theorie in te passen, om ervoor te zorgen dat de leerlingen helder voor ogen hebben waar het project precies over gaat. In die les leggen we het schema 'waarnemen en bewegen in het brein' uit aan de hand van foto's van de activiteiten tijdens de introductiefase. Dit is in feite een verdieping van de introductiefase. Het is lastig voor de kinderen, maar doordat we de theorie koppelen aan hun eigen ervaringen komen ze tot inzicht. Dat wordt duidelijk als de leerlingen later in de middag in hun eigen woorden kunnen vertellen waar het project over gaat en het zelfs kunnen uittekenen. Nu kunnen we verder met de geplande verkenningsfase.

Uitleg in een notendop van het schema 'waarnemen en bewegen'

In dit schema worden de koppelingen tussen waarnemen en bewegen uitgelegd. Het schema ziet er als volgt uit:



We leggen het schema uit aan de hand van het *kietelen*. Stel iemand komt naar je toe en begint je plotseling te kietelen (beweging en geen voorspeller). Op dat moment voel je het kriebelen en is je waarneming dat je gekieteld wordt. Maar als je jezelf kietelt, maken je vingers een kietelende beweging. Je voelt het vervolgens wel kriebelen, maar er is tevens een voorspeller die meedoet. Want je weet dat je jezelf gaat kietelen. Je weet dat je vingers die beweging maken. Daardoor ontstaat er een verschil in je waarneming: je voelt kriebels en je weet dat het je eigen vingers zijn. Hierdoor ervaar je het niet als kietelen.

Waarnemen en bewegen

Drie experimenten om het schema te verkennen

Onderzoekers van de Radboud Universiteit hebben een drietal experimenten bedacht om het thema te verkennen. Het zijn drie activiteiten, waarbij op speelse wijze kennis wordt gemaakt met onderdelen van het onderzoek van Medendorp. Het uitvoeren van deze experimenten lijkt ons de beste manier om het onderwerp met de leerlingen te verkennen, vooral ook omdat de leerlingen zo een mini-onderzoekscyclus doorlopen. Ze doen dus al ervaring op met het doen van onderzoek voordat ze met hun eigen onderzoek beginnen en weten zo al een beetje wat er van hen verwacht wordt.

Om zoveel mogelijk leerlingen actief te betrekken, zetten we een circuit op van twee maal drie experimenten. De leerlingen doen onderzoek, waarbij het onderzoeken onder andere bestaat uit het gooien van zandzakjes en het wegslaan van pingpongballetjes. Om dat ordelijk te laten verlopen, is goed klassenmanagement onmisbaar.

We delen de klas op in zes groepen. In iedere groep wijzen we een groepsleider, een notulist, een proefleider en proefpersonen aan. Ieder kind heeft dus een eigen taak, maar niet ieder kind kan betrokken worden bij de uitvoering van de experimenten. Dat ondervangen we door de experimenten op de taak-week-kaart te zetten, zodat de andere leerlingen het experiment de week erna alsnog kunnen uitvoeren.

De groepsleiders zijn verantwoordelijk voor het goede verloop van de activiteiten. 's Ochtends leggen we de drie experimenten zeer gedetailleerd uit aan de groepsleiders, zodat zij precies weten wat er moet gebeuren. Aan het eind van de ochtend nemen we de experimenten met de hele klas door. Als een leerling dan toch niet weet wat hij moet doen, kan hij het aan de groepsleider vragen. Komen ze er samen niet uit, dan zijn er altijd nog de werkbladen, waarop stap-voor-stap staat beschreven wat ze moeten doen. We schatten in dat de experimenten 20 tot 30 minuten zullen duren.

We waarschuwen de leerkracht in het aangrenzende lokaal voor het nodige rumoer tijdens de uitvoering van de experimenten, maar dat blijkt achteraf erg mee te vallen. Het is een gezellige drukte. De leerlingen zijn anderhalf uur zeer intensief bezig met onderzoek. Terwijl links de pingpongballen in de rondte vliegen, zitten leerlingen rechts tabellen in te vullen en probeert een groepje in het midden zich te concentreren om de positie van sommige voorwerpen te onthouden.

Experiment 1. Hoe leer ik omgaan met een nieuwe situatie?

Het experiment van de Winterschool 2013² hebben we omgezet naar kindniveau. Het doel daarvan was kinderen te laten ervaren dat ze de 'voorspeller' kunnen aanpassen. In dit experiment zullen kinderen ervaren dat je iets kunt aanleren en dat het vervolgens even duurt voordat je het weer hebt afgeleerd. Ook leren ze hiermee hoe een leercurve eruit ziet.



Bekijk filmpje **202 'Experiment 1: Hoe leer ik omgaan met een nieuwe situatie?'** voor een kijkje in de klas en de nabespreking in de kring van dit experiment.

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

Het experiment gaat als volgt:

- Deel 1: De *werper*, degene die de zandzakjes gaat gooien, staat achter een lijn en gooit een zandzakje zo dicht mogelijk naar het gemarkeerde kruis op de vloer. Na iedere worp kijkt de meter, degene die de worpen opmeet, naar het meetlint en noemt de afwijking van het zakje vanaf het nulpunt op het meetlint in centimeters. De afwijking naar links is +, de afwijking rechts is – de afstand. De *schrijver* noteert dit in de tabel op het werkblad. Dit doen ze tien keer snel achter elkaar. Na tien worpen staan er dus tien afstanden genoteerd in de tabel.
- Deel 2: Als deel 1 klaar is, gaan de kinderen aan de slag met de periscoop. Een periscoop is een optisch instrument waarmee je vanuit een verborgen positie de omgeving op een hoger niveau kunt observeren. Dat is een heel gekke ervaring. Ze gaan vervolgens onderzoeken wat er dan eigenlijk precies gebeurt. De werper gaat weer achter de lijn staan met tien zandzakjes., net als in deel 1, maar nu kijkt hij door een periscoop. De werper werpt, de meter meet en de schrijver vult de tabel in op het werkblad. Het is belangrijk dat de werper steeds door de periscoop kijkt. Na tien snelle worpen staan er ook nu dus tien afstanden in de tabel. De vragen die de leerlingen moesten beantwoorden waren: Hoe ging dat? Wat valt jullie op?
- Deel 3: Nu kijkt de werper door de periscoop en begint meteen weer tien keer snel achter elkaar een zakje te gooien. Hij ziet nu weer alles zoals hij het normaal ziet, dus net als in deel 1. Er wordt opnieuw tien keer geworpen, gemeten en geschreven.

In de workshop op de Winterschool werd gebruikgemaakt van een prismabril in plaats van een periscoop. De ervaring leert dat een prismabril beter werkt dan een periscoop. Het gaat er echter om dat de waarneming verandert en dat er sprake is van een leercurve. Het brein moet wennen aan de 'nieuwe' waarneming, maar na enkele keren verbetert het zicht.



Voor een idee over hoe de prismabril werkt is dit Youtube filmpje³ leuk om te bekijken.

De volledige beschrijving van het experiment en de werkbladen voor de kinderen zijn te downloaden via de website www.wkru.nl/boek.



Experiment 1 – pittenzakjes gooien.

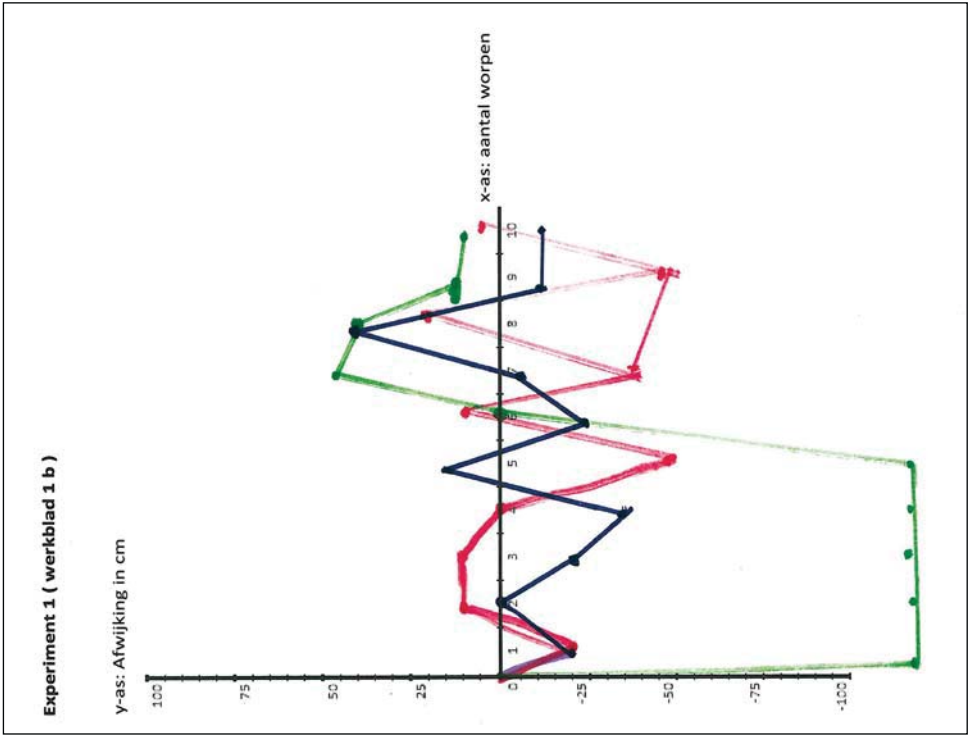


Door de periscoop kijkend is het lastiger om de zakjes te gooien.

Waarnemen en bewegen

Experiment 1 (werkblad 1 a)
(Noteer: + 10 (links) / -10 (rechts) gemeten vanaf het 0 punt)

Poging	Zonder periscoop (1 ^e werpronde)	Met periscoop 2 ^e werpronde)	Met periscoop (3 ^e werpronde)
1	-20	-120	-20
2	0	-120	+10
3	-20	-120	+10
4	-35	-120	0
5	+15	-120	-50
6	-25	0	+10
7	-5	+45	-40
8	+40	+40	+20
9	-10	+12	-50
10		+10	+5



Ingevuld werkblad experiment 1.

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

Experiment 2. Door het oog van de naald

Kinderen ervaren dat er binnen het waarnemen-bewegen schema vertragingen optreden in de informatieverwerking. Door het doen van experimenteel onderzoek kunnen de kinderen laten zien dat de binnenbocht in het schema (de voorspeller-route) sneller is dan de buitenbocht.



Bekijk filmpje **203. Experiment 2: Door het oog van de naald** voor een kijkje in de klas en de nabespreking in de kring van dit experiment.

Proefje 1

Een van de kinderen hanteert de pingpongbal, een ander is de proefpersoon en een derde hanteert het karton. De proefpersoon houdt zijn hand op een hoogte ten opzichte van het loslaten van de pingpongbal waar bij hij/zij altijd de pingpongbal kan wegslaan. Deze hoogte wordt opgemeten. Daarna zal degene die de pingpongbal hanteert altijd de pingpongbal op die hoogte loslaten en de proefpersoon altijd zijn hand op de hoogte van wegslaan houden. De truc zit hem in degene die het karton hanteert. Door steeds meer van het visuele veld te laten verdwijnen, wordt het voor de proefpersoon steeds lastiger om de pingpongbal weg te slaan. Het karton wordt op vijf verschillende hoogten gehouden, zodat altijd het loslaten wordt afgeschermd. De baan van de bal die de proefpersoon krijgt te zien, wordt dus steeds korter. Op iedere hoogte zal de bal tien keer losgelaten worden en de proefpersoon moet de bal tien keer proberen weg te slaan. Op iedere hoogte wordt gemeten hoe vaak de bal correct wordt weggeslagen! Naar verwachting vaker op grotere afstand tussen karton en proefpersoon.

Opdracht voor de kinderen is om een grafiek te maken waarin op de y-as het percentage weggeslagen ballen staat en op de x-as de hoogte van het karton ten opzichte van de proefpersoon. Door een lijn door de punten te trekken, kan het 50%-gevangen-punt bepaald worden. De hoogte die hierbij hoort, is dus eigenlijk de vertraging in het systeem. Om dit in milliseconden uit te kunnen drukken, moet het nog omgerekend worden aan de hand van de gemiddelde valsnelheid van de pen.

Proefje 2

In dit proefje wordt slechts één ding veranderd ten opzichte van proefje 1. Nu laat niet iemand anders de bal los, maar doet de proefpersoon dat zelf. Nu kan hij vanaf het moment dat hij de bal loslaat de zintuiglijke consequenties bepalen aan de hand van een voorspelling. Hierdoor zal het 50%-punt van deze proefpersoon op een hoogte liggen veel dichterbij het karton, wat betekent dat er een kleinere vertraging is in het systeem. De vertraging van de zintuiglijke verwerking is hiermee als het ware opgelost en er is nu alleen nog motorische vertraging. Dit komt nu doordat de vertraging tussen de binnen- en de buitenbocht is overkomen.



Experiment 2 – de pingpongbal proberen te raken.

Waarnemen en bewegen

De volledige beschrijving van het experiment en de werkbladen voor de kinderen zijn te downloaden via de website www.wkru.nl/boek.

Experiment 2 (Werkblad a)

	worp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hoogte 1											
Hoogte 2											
Hoogte 3											
Hoogte 4											
Hoogte 5											

Ingevuld werkblad experiment 2.

Experiment 3. Waar staan de voorwerpen op tafel?

Met dit experiment ervaren kinderen dat waarneming een selectief en actief proces is. Het is selectief omdat maar een deel van de zintuiglijke informatiestroom verwerkt kan worden. Het is actief omdat we continu voorspellingen doen, ook al gebeurt dat vaak onbewust.

Bij de twee proefjes in dit experiment tellen we het aantal voorwerpen waarbij de taak goed uitgevoerd kan worden. Dit zal ongeveer 7 zijn. Het eerste proefje dient als opstap voor het tweede.



Bekijk filmpje **204. Experiment 3: Waar staan de voorwerpen op tafel?** voor een kijkje in de klas en de nabespreking in de kring van dit experiment.

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

Proefje 1. Locaties onthouden

In je brein wordt een voorstelling gemaakt van de visuele buitenwereld. Deze voorstelling wordt opgebouwd door je ogen op diverse punten in de ruimte te fixeren. Wanneer je je ogen sluit, kun je deze voorstelling een tijdje vasthouden. In het eerste deel van dit experiment gaan we kijken hoe goed je hierin bent.

We zetten twee voorwerpen (bijvoorbeeld een pen en een mok) op een tafel. De proefpersoon kijkt ernaar en moet onthouden waar de voorwerpen precies liggen. Vervolgens sluit de proefpersoon de ogen en de proefleider draait één van de voorwerpen om zijn verticale as (bijvoorbeeld 45 graden). Daarna mag de proefpersoon weer kijken en moet hij of zij aangeven welk voorwerp is veranderd. Met twee voorwerpen is dit nog gemakkelijk, maar nu leggen we er een extra voorwerp bij en doen het nog een keer. Vervolgens blijven we het aantal voorwerpen verhogen, net zo lang totdat er twee keer op rij fout geantwoord is. De kinderen krijgen als extra opdracht om tijdens het experiment op de oogbewegingen van de proefpersoon te letten.

Proefje 2. Draaien in je brein

Wanneer je rechthout loopt, lijkt het voor je ogen alsof de wereld zich naar achteren verplaatst. Echter, wat wij (normaal gesproken) ervaren, is geen bewegende, maar een stilstaande wereld. Dit komt omdat bij iedere beweging die je maakt, je brein onbewust voorspelt hoe de wereld eruit zal zien. Als deze voorspelling niet klopt, dan is je brein verrast. In dit experiment gaan we kijken hoe goed je brein is in het maken van een dergelijke voorspelling.

We herhalen het vorige experiment, maar plaatsen nu het aantal voorwerpen waarbij de taak nog goed ging op een draaiplateau. Er zijn twee condities: in de ene conditie wordt op het moment dat de proefpersoon niet kijkt één voorwerp veranderd en de draaischijf 180 graden

gedraaid. In de andere conditie wordt één voorwerp veranderd en loopt de proefpersoon 180 graden om de tafel, zonder dat hij de voorwerpen ziet. In beide condities is wat de proefpersoon uiteindelijk te zien krijgt gelijk. Het verschil is dat bij de ene conditie het brein een voorspelling maakt zonder en bij de andere conditie mét bijbehorende beweging. In plaats van er steeds een voorwerp bij te leggen, mag nu de proefpersoon slechts twee tellen kijken, waarna er antwoord gegeven moet worden. We tellen dan het aantal fouten.



Experiment 3 – welk voorwerp is gedraaid?

Waarnemen en bewegen

Nabespreking experimenten

We bespreken de activiteiten na in de kring. De ervaringen worden besproken, maar sommige leerlingen koppelen de theorie van die ochtend al knap aan de experimenten van de middag. Een kind tekent het waarnemen-bewegen schema op het bord, terwijl twee anderen aan de hand van dat schema uitleggen wat er tijdens het pingpongbal-experiment gebeurt.

Bekijk de filmpjes **202**, **203** en **204** voor de uitvoering en de bespreking van de experimenten.

Gegevens verwerken

Vervolgens verwerken de leerlingen zelfstandig de gegevens van de experimenten van de vorige les. Ze beantwoorden de vragen en verwerken de metingen in grafieken. Dat gaat prima, omdat we het hoofdstuk statistiek uit de rekenmethode gelijktijdig met dit project doen. Ze kunnen hun daar opgedane kennis direct op een functionele manier toepassen. Het maken van de grafieken helpt ze bij het interpreteren van metingen en bij het schrijven van de conclusies.

Aan de slag met onderzoeksvragen.....met het vragenrad!

Daarna gaan we aan de slag met de onderzoeksvragen. De afgelopen weken hebben we al veel aandacht besteed aan het maken van onderzoeksvragen. Bij de activiteiten van de introductie- en verkenningsfase hebben we de leerlingen steeds gestimuleerd om vragen te bedenken voor vervolgonderzoeken. We hebben een taalles gegeven over vragen opstellen. De leerlingen hebben daarbij onderzoeksvragen gemaakt over een heel ander onderwerp en deze vragen als huiswerk uitgewerkt. De ervaringen van dit kleine onderzoek hebben we in de klas besproken. Zo kwam een leerling erachter dat haar vraag veel te makkelijk was, terwijl een andere leerling een onderzoeksvraag had die juist onmogelijk was om te beantwoorden, waardoor hij genooddaakt was zijn vraag aan te passen. De vragenmuur was vorige week al geïntroduceerd en er hangen al enkele vragen op. Daar moeten er echter meer bijkomen. Het vragenstellen blijft lastig. Hoe doe je dat nou? Ik vertel over een eigen proces dat ik heb doorlopen. Ik vertel hen hoe ik in de pauze zelf met een aantal collega's tot onderzoeksvragen kwam. Ik beschrijf hoe wij hardop dachten, hoe we elkaar aanvulden en hoe we elkaars ideeën verbeterden, waardoor we uiteindelijk tot een aantal goede onderzoeksvragen kwamen. Het wordt ze duidelijk dat ook ik niet direct de perfecte onderzoeksvraag heb, maar dat het me wel lukte door open te staan voor ideeën van anderen, en door zelf mijn ideeën uit te wisselen. Vervolgens gaan de leerlingen zelf aan de slag met onderzoeksvragen die betrekking hebben op het onderzoek van Medendorp. Ze gebruiken daarbij een mooi hulpmiddel: het vragenrad.



Kinderen aan de slag met het vragenrad.

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

Het onderzoek van Medendorp gaat over waarnemen en bewegen en hoe die elkaar beïnvloeden. We hebben lang nagedacht over hoe we ervoor kunnen zorgen dat de leerlingen zelf tot een onderzoeksvraag komen die enigszins betrekking heeft op het werkterrein van Medendorp. Het stellen van onderzoeksvragen is al lastig, maar dan moet het ook nog eens betrekking hebben op een buitengewoon ingewikkeld onderwerp! Om de leerlingen daarbij te helpen, hebben we het vragenrad gemaakt. Iedere groep krijgt er twee. Op het ene rad staan allerlei vormen van bewegen. Op het andere staan verschillende vormen van waarnemen. De leerlingen draaien steeds aan het rad, waardoor de wijzer op een vorm van bewegen en een vorm van waarnemen komt. Met deze twee woorden gaan de leerlingen vervolgens proberen om onderzoeksvragen te maken.

We laten op het digibord zien hoe goede onderzoeksvragen kunnen beginnen.

- *Wanneer...?*
- *Wat gebeurt er als...?*
- *Wat is het effect van...?*

De leerlingen gaan aan de slag en hebben binnen de kortste keren een enorme hoeveelheid vragen. Ze kijken ook naar elkaars vragen en brengen elkaar op ideeën.

Na een minuut of twintig hangt de vragenmuur al bijna helemaal vol. We bespreken deze activiteit na. De leerlingen zoeken vragen die andere groepen hebben gemaakt, maar die zij interessant vinden. Ze zijn enthousiast over elkaars onderzoeksvragen en bedenken al hoe je bepaalde onderzoeken uit zou kunnen voeren. De leerlingen ervaren nu dat het stellen van vragen gewaardeerd wordt en dat je helemaal niet 'voor schut' staat.

Enkele onderzoeksvragen:

- *'Gaat touwtje springen beter als iemand "spring" roept?'*
- *'Kun je een schot (voetballen) beter plaatsen als er achter het doel iets staat waar je op moet richten?'*
- *'Beïnvloedt de temperatuur van het water je zwemkunsten?'*
- *'Kun je beter mikken met een harde bal of met een zachte bal?'*
- *'Op welke muziek ren je het snelst: opera, rock, hardcore of geen muziek?'*
- *'Welke invloed heeft het heen en weer schuiven van een proefpersoon op de bureaustoel op de resultaten van het mikken op een bepaald punt?'*

Waarnemen en bewegen



Stap 3. Opzetten onderzoek

Doelen binnen deze stap:

- Voorbereiden van het onderzoek;
- Vastleggen gemaakte afspraken;
- Oefenen met het maken van een planning;
- Verder ontwikkelen van taalvaardigheid en rekenvaardigheid op een functionele manier;
- De laatste voorbereidingen treffen voor het onderzoek.

Gedurende het project proefden we bij bepaalde leerlingen wat onrust. Sommige leerlingen maakten zich zorgen over het project. Ze waren bang dat hun onderzoek zou mislukken en dat we te hoge verwachtingen hadden, die ze niet waar konden maken. Het feit dat ze zelf hun eigen onderzoek moesten opzetten en uitvoeren, zorgde voor druk. Anderen vonden dat er zoveel op hen af kwam dat ze door de bomen het bos niet meer zagen. We hebben hier enkele keren over gesproken, maar omdat deze gevoelens niet minder werden, hebben we besloten hier in een les grondiger werk van te maken. We hebben het eerste deel van deze les vooral besteed aan het wegnemen van de zorgen en aan het aanbrengen van meer structuur in het project. Hiervoor hebben we de totale planning van het project verwerkt in een poster. De leerlingen kunnen zo precies zien wanneer we wat gaan doen en wanneer wat af moet zijn. We hebben de poster 's ochtends doorgenomen en die vervolgens in de klas opgehangen en op de website geplaatst. Veel leerlingen vonden dat prettig en ze maakten er ook echt gebruik van. We zagen dat verschillende groepen de poster hadden gedownload en alles wat ze af hadden, hadden afgevinkt.

Ook hebben we met de klas nogmaals gesproken over de verwachtingen en doelen van het project. We hebben benadrukt dat het vooral gaat om de ervaringen en het oefenen van onderzoeksvaardigheden. Het is leuk als ze een goed onderzoek doen, maar het kan en mag ook best mislukken. Ook heb ik de onderzoekers die 's middags een gastles kwamen geven, gevraagd om ook te vertellen hoe een onderzoek wel eens fout gaat en dat dit ook hoort bij onderzoek doen. Dat de zorgen toch niet bij iedereen waren weggenomen, bleek wel uit de eerste vraag die ze stelden aan de onderzoekers: "Wat vond je het moeilijkste onderzoek dat je ooit hebt gedaan?"

Indeling van de onderzoeksgroepjes

Wij besluiten zelf de groepen in te delen, om de groepsprocessen zo goed mogelijk te laten verlopen. We vinden het echter ook heel belangrijk dat de leerlingen het onderzoek van hun keuze kunnen uitvoeren. Daarom laten wij alle leerlingen de drie onderzoeksvragen van de vragenmuur kiezen die zij het meest interessant vinden. We maken vervolgens groepen van leerlingen die goed samen kunnen werken en die overeenkomstige vragen op hun lijstje hebben. Zo krijgen wij acht groepen van leerlingen met dezelfde interesse, die goed samen kunnen werken.

Oefenen met het onderzoeksplan

Vervolgens nemen we het onderzoeksplan samen door. Dat doen we door een fictief onderzoek, een onderzoeksvraag van de vragenmuur die niet is gekozen, samen in te vullen. Wij hebben vlak voor het project al eens met een onderzoeksplan gewerkt. Begrippen als 'onderzoeksvraag', 'variabele' en 'hypothese' zijn al bekend bij de leerlingen en dat is prettig; nu kunnen we het formulier vlot en goed invullen. De leerlingen gaan meteen in discussie over hoe het onderzoek eerlijker zou kunnen, of leuker.

Wetenschapsproject 2013

Jouw brein in actie

21 maart – 25 april: OBS De Muze, Nijmegen

Stap 1: Introductie

21 maart: 13:00-15:00 - Het scheve huisje

22 maart: 13:00-15:00 - Nabespreking

Stap 2: Verkenning

28 maart: 13:00-15:00 - Het circuit

Extra les: hoe maak ik een grafiek?

29 maart: 13:00-15:00 - Het vragenrad & de vragenmuur

Stap 3: Opzetten onderzoek

4 april: 13:00-15:00 - Gastcollege onderzoekers & onderzoeksplan

5 april: 13:00-15:00 - Plan afmaken & onderzoek starten

Stap 4: Uitvoeren

11 april: 13:00-15:00 - uitvoeren onderzoek

Extra les: hoe schrijf ik een goed artikel?

Stap 5: Concluderen

12 april: 13:00-15:00 - Uitvoeren onderzoek & concluderen

Extra les: hoe geef ik een goede presentatie?

Stap 6: Presenteren

18 april: 13:00-15:00 - Presenteren in de klas

Stap 7: Verdieping

25 april: 13:00-15:00 - Bezoek Donders Instituut

Resultaat:

Een presentatie van de onderzoeksresultaten

Een wetenschappelijk artikel over jullie wetenschappelijke doorbraak

Waarnemen en bewegen

Projectposter.

Waarnemen en bewegen

Gastles van onderzoekers

's Middags komen drie onderzoekers uit het projectteam van het Donders Instituut een gastles verzorgen. Ze vertellen waar hun onderzoeken precies over gaan en wat ze er leuk en moeilijk aan vinden. De leerlingen krijgen zo niet alleen een inhoudelijke verdieping van het onderwerp, maar krijgen ook een indruk van hoe het er tijdens een onderzoek aan toegaat en tegen welke problemen je aan kunt lopen. Dat laatste vinden sommige leerlingen wel fijn om te horen. Ze zien wel een beetje op tegen het onderzoek doen; het lijkt zo moeilijk. Te horen dat de onderzoekers van de universiteit ook wel eens tegen problemen oplopen en dat dat hoort bij onderzoek doen, lucht wel een beetje op.

Na hun presentatie helpen de onderzoekers de acht groepen bij het maken van hun onderzoeksplan.



Bekijk een gesprek tussen onderzoeker Bart en leerlingen in filmpje **205. Onderzoeker Bart helpt de leerlingen met het opstellen van hun onderzoeksplan.**

Sommige groepen hebben helemaal geen hulp nodig, zijn al snel klaar en beginnen meteen met het maken van de tabellen en werkbladen die ze nodig hebben voor het uitvoeren van hun onderzoek. Andere groepen zijn door de onderzoekers op goede ideeën gebracht of aan praktische tips geholpen. Het is sowieso fijn dat er wat extra mensen in de klas aanwezig zijn om de leerlingen te helpen bij dit belangrijke onderdeel van hun onderzoek. Het is voor de leerlingen helemaal een mooie ervaring dat die hulp van 'echte' onderzoekers komt. Ze voelen zich serieus genomen. Van ervaren onderzoekers nemen ze net wat sneller iets aan dan van de gemiddelde ouder.



Onderzoeker Femke in gesprek met de kinderen over hun onderzoek.

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

De laatste voorbereidingen van de onderzoeksgroepjes

Vandaag moeten alle voorbereidingen in principe helemaal klaar zijn: de volgende les moeten ze meteen kunnen beginnen. Omdat de leerlingen alles zelf doen, is het belangrijk om hun proces in de gaten te houden. Eerst inventariseren we welke groepen direct hulp nodig hebben en welke groepen zelfstandig verder kunnen.



Bekijk filmpje **206. Welke hulp hebben de kinderen nog nodig voor de uitvoering van hun onderzoek?**

De groepen beginnen zelfstandig met de voorbereidingen en we nemen het proces met alle groepen door. Ik begin met de groep die vastzit en help hen op gang. De leerlingen zijn niet gewend om alles zelf te doen en vragen vaak om bevestiging. Maar het werkt wel motiverend. Klaas vindt taal maar niks, maar heeft nu een prima e-mail geschreven om een gymzaal te regelen voor zijn onderzoek. Lieze maakt zelf meetinstrumenten voor haar onderzoek, terwijl een derde groep onderzoekt welk zwembad in Nijmegen baden met verschillende temperaturen heeft. Ze vinden er een en maken een afspraak om daar hun onderzoek uit te voeren. Ze denken er zelfs aan om een ouder te regelen die hen kan begeleiden. Een andere groep doet onderzoek naar de invloed van muziek op de hardloopprestaties.



Stap 4. Uitvoeren onderzoek

Doelen binnen deze stap:

- Onderzoek uitvoeren;
- Uitvoeren van metingen;
- Ontwikkelen van taalvaardigheid en rekenvaardigheid op een functionele manier.

De dag van het onderzoek is aangebroken, de dag waar de leerlingen al die weken zo hard voor gewerkt hebben. De leerlingen zijn er helemaal klaar voor. Zinga vraagt even de aandacht omdat er wegens ziekte extra proefpersonen geregeld moeten worden. Gelukkig zijn er klasgenoten die als proefpersoon in kunnen vallen. Ik inventariseer of iedereen direct kan beginnen. Eén groep heeft wel een sporthal geregeld, maar is vergeten begeleiding te regelen. De conciërge wordt gevraagd om mee te gaan, zodat ook dit probleem is opgelost. Als de onderzoeken vervolgens kunnen beginnen, gebeurt er iets heel bijzonders. Alle groepen zwermen uit naar de locatie waar hun onderzoek plaatsvindt en ze gaan direct aan de slag. Iedereen doet iets anders, maar weet precies wat er moet gebeuren.

Sommige leerlingen lopen aan tegen praktische problemen waar ze vooraf geen rekening mee hadden gehouden. Zo onderzoekt een groep of je in warm water sneller kunt zwemmen dan in koud water. Daarbij zijn de leerlingen proefleider en proefpersoon tegelijk. Het blijkt lastig de meetgegevens in te vullen en tegelijkertijd het formulier droog te houden. Maar in het

Waarnemen en bewegen

algemeen lopen de onderzoeken prima. De grondige voorbereidingen hebben hun werk gedaan. De leerlingen komen terug met lijsten vol met meetgegevens en zijn klaar om deze uit te werken.

Eén proefpersoon heeft een paar keer slecht op doel geschoten. Sam wil dat hij het opnieuw doet, omdat de proefpersoon ongeconcentreerd was. Yusuf is het daar niet mee eens: “Dan is het geen eerlijk onderzoek meer: dan zouden alle andere proefpersonen toch ook opnieuw moeten schieten?”

Onderzoek. *‘Kun je beter voetballen als je eerst hebt gefifaad ten opzichte van Kill Zone 3?’*

Lars, Menze en Tom onderzoeken of je beter kunt schieten als je eerst een voetbalspel op de computer hebt gespeeld. De jongens pakken het groots aan. De proefpersonen uit groep 7 schieten eerst 20 keer op het zelfgemaakte doel. Vervolgens schieten ze 20 keer op doel in het computerspel Fifa 13, waarna ze nog eens 20 keer op het echte doel schieten. Eén van de onderzoekers houdt nauwkeurig in de gaten of er steeds vanaf dezelfde plek wordt geschoten; een tweede onderzoeker vult op de zelfgemaakte werkbladen in welke schoten raak zijn en welke mis. De derde onderzoeker zorgt dat de bal snel weer terugkomt bij de proefpersoon. Ze hebben zelf de taken verdeeld en wisselen door, zodat het afwisselend blijft. De volgende dag doen ze dezelfde metingen met dezelfde proefpersonen, maar nu met een ander computerspel: Kill Zone 3, dus géén voetbalspel. Het valt niet mee, want het regent beide dagen, waardoor de proefpersonen, de spelcomputer en de werkbladen kleddernat worden. Ze komen erachter dat 2 maal 20 schoten per proefpersoon en dat maal 2 wel erg veel tijd kost. De meeste klasgenoten zijn de eerste dag al klaar, maar deze groep is dan pas op de helft. Toch gaan ze de tweede dag gewoon door en ze voeren alle metingen uit. Omdat het onderzoek zelf zoveel tijd kost, spreek ik met ze af dat ze wat minder tijd hoeven te besteden aan het schrijven van het artikel. Toch kom ik in de artikelen enkele knappe observaties tegen, waar ook een goede samenwerking uit blijkt. Door de resultaten goed te bekijken, komen ze erachter dat het niet veel uitmaakt welk spel je speelt. Ze zien wel dat het spelen van een computerspel invloed heeft op de voetbalprestatie.



En dan schieten.

Tom schrijft: *“Lars merkte als eerste dat het mikken op de goal een stuk beter ging na het spelen van de spelletjes. Daarna kwam Menze met de conclusie dat je na het spelen nog altijd geconcentreerd bent en daarom ook veel beter scoort. Toen ging ik bedenken waarom het klopt wat Menze zei en dacht dat het waarschijnlijk komt omdat je bij het spelletje altijd geconcentreerd bent en na het spelletje er nog een beetje van die concentratie in je hersenen zit en dat je daarom ook tijdelijk beter schiet.”*

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

Onderzoek. 'Beïnvloedt de temperatuur van het water je zwemkunsten?'

Thomas, Britt, Franca, Nick en Mink zoeken uit of je in warm water sneller kunt zwemmen dan in koud water. Ze hebben uitgezocht welk zwembad in de regio twee baden heeft met verschillende temperaturen en hoeveel de entree kost. Wat er vervolgens moet gebeuren, hebben ze in het onderzoeksplan beschreven. Gelukkig is er geld gevonden om naar het zwembad te gaan, dus de onderzoeken kunnen plaatsvinden. De leerlingen zijn zelf proefpersoon en zwemmen allen eerst in het warme water en daarna in het koude water. Het zwembad is bijna helemaal leeg, dus heel geschikt voor het onderzoek.

Uit de metingen blijkt dat je in warm water sneller kunt zwemmen dan in koud water. De badmeester beweert echter dat je in koud water sneller kunt zwemmen, omdat je daarin beter je lichaamswarmte kwijt kunt. Dit zet de kinderen aan het denken en ze komen tot de conclusie dat het onderzoek misschien is beïnvloed doordat ze eerst in het warme bad hebben gezwommen en daarna in het koude bad: misschien zwommen ze in het koude bad minder snel omdat ze vermoeid waren van het zwemmen in het warme bad. Het is mooi om te zien dat de leerlingen kritisch naar hun eigen werk kunnen kijken en dat ze laten zien dat ze echt inzicht hebben gekregen in wat eerlijk onderzoeken inhoudt. Ze komen in de artikelen en tijdens de presentatie met goede suggesties voor vervolgonderzoek.

Franca beschrijft het in haar artikel als volgt: *"Als we meer tijd hadden gehad, dan hadden we het veel eerlijker gedaan. Dan zouden we meer proefpersonen nemen en twee keer meten: de eerste keer eerst warm en de volgende keer eerst koud. En als we miljonairs waren, hadden we een eigen zwembad gekocht en dat eerst gevuld met warm water, het daarna laten leeglopen en het dan weer vullen met koud water."*



Bekijk het interview met dit groepje in filmpje **207. Onderzoek uitvoeren: Beïnvloedt de temperatuur van het water je zwemkunsten?**



Tijd opnemen hoe snel ze gaan.

Waarnemen en bewegen

Onderzoek. *'Kun je je schot beter plaatsen als er in het doel een mikpunt hangt waar je op moet richten?'*

Yusuf, Kamiel en Sam willen weten of je beter kunt mikken als er een mikpunt in de goal hangt. Hun hypothese is dat je beter kunt mikken als er een specifiek mikpunt in het doel hangt.

Om te onderzoeken of dat waar is, regelen ze een sporthal. Ze delen een goal met tape in vier delen op. De proefpersonen krijgen de opdracht steeds op een ander deel van het doel te mikken. Links boven, rechts boven, rechts onder, etc. Daarna wordt het mikpunt, een felrood gekleurde cirkel, opgehangen in dat deel van het doel waarop gemikt moet worden. Ze houden bij hoeveel schoten raak zijn. Vervolgens rekenen ze uit hoe vaak er gemiddeld raak wordt geschoten met én zonder mikpunt.

Sam beschrijft wat er uit hun onderzoek blijkt: *"Uit de uitslagen is gebleken dat je echt beter kunt schieten met een richtpunt. Je schiet dus tien keer met en tien keer zonder richtpunt. Het gemiddelde is mét richtpunt 7 en zonder richtpunt 4,67. Er zit dus echt veel verschil in. Dus mijn conclusie is dat je echt veel beter kunt mikken met een richtpunt. Ik denk dat dat komt door de felle kleuren rood en wit op het richtpunt."*



Bekijk de uitvoering en een interview met de kinderen over hun onderzoek in filmpje **208. Kun je je schot beter plaatsen als er in het doel een mikpunt hangt waar je op moet richten?**



Hoe goed kun je schieten of mikken met een richtpunt in het doel?



Bekijk ook de uitvoering van het onderzoek naar touwtjespringen in filmpje **209. Onderzoek uitvoeren: Gaat touwtjespringen beter als iemand 'spring' roept?**

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

Onderzoeksplan

1. Wat is het onderwerp?

Voetbal

2. Wat willen we gaan onderzoeken?

Of je beter geplaatst kan schieten als je erop mag richten.

3. Onze onderzoeksvraag is...

Kun je je schot beter plaatsen als er iets achter staat waar je op moet richten?

4. Onze voorspelling is...

Als er iets achter staat, kun je beter richten.

5. In een gevolgonderzoek mogen we altijd maar één ding veranderen. Wat kiezen we om te veranderen?

Iets om op te richten.

6. Wat moet in ons onderzoek steeds hetzelfde blijven?

Bal, doel, veld, plaats, richtpunt, kleren, schoenen.

7. Wat gaan we meten en hoe gaan we dat meten?

Tien schoten en hoeveel je er dan raakt.

8. Welke spullen hebben we nodig om dit uit te voeren?

Bal, gymzaal, schoenen, goal, richtpunt, kleding, papier, potlood.

9. Wie hebben we nodig om dit uit te voeren? Voorbeeld: hoeveel proefpersonen, notulist, wie doet de metingen?

Zes proefpersonen, notulist.

10. Waar moeten we het onderzoek uitvoeren?

Gymzaal

11. Wanneer of waar hebben we hulp bij nodig?

Donderdag in gymtijd.

12. Hoeveel metingen gaan we doen, met hoeveel verschillende proefpersonen?

Twintig per persoon (tien keer zonder en tien keer met een richtpunt)

13. Beschrijf stap voor stap wat je gaat doen

1. Alles verzamelen wat we nodig hebben
2. Drie proefpersonen regelen
3. Kijken wanneer we het kunnen uitvoeren
4. Alles klaarzetten.
5. De volgorde bepalen
6. Het onderzoek starten

Waarnemen en bewegen



Stap 5. Concluderen

Doelen binnen deze stap:

- Interpretieren van de metingen;
- Conclusies trekken;
- Het verder ontwikkelen van taalvaardigheid en rekenvaardigheid op een functionele manier.

Aan de slag met de resultaten

De leerlingen hebben de opdracht gekregen om drie dingen te doen met hun meetgegevens:

- Een presentatie maken waarin een grafiek met meetgegevens en de conclusie is verwerkt;
- Een artikel schrijven;
- Een poster maken waarmee ze hun onderzoek tijdens een symposium op het Donders Instituut kunnen presenteren.

De leerlingen hebben tijdens de rekenlessen over grafieken ervaren dat gegevens veel makkelijker zijn af te lezen uit een grafiek dan uit een tabel vol met cijfertjes. Dus ze beginnen met het maken van een grafiek. Mink heeft in Excel een prachtige grafiek van zijn metingen gemaakt en laat andere groepen zien hoe zij dat ook kunnen doen. Andere groepen ontdekken dat voor hun onderzoek een staafdiagram eigenlijk functioneler is en zoeken uit hoe je dat op de computer kunt maken. De taakverdeling gaat bij de meeste groepen op een vrij natuurlijke wijze. De goede rekenaars houden zich bezig met de grafieken, de schrijvers beginnen gelijk met het artikel, dat in veel gevallen ook de basis wordt van de presentatie, terwijl weer anderen meteen een mooie PowerPointpresentatie in elkaar zetten. We hoeven maar weinig leerlingen te stimuleren om aan het werk te gaan: het is hun eigen onderzoek en bijna iedereen wil zijn steentje bijdragen.

Gegevens verwerken in een artikel

De leerlingen hebben 's ochtends les gehad over het werken met een plan van aanpak bij het schrijven van een tekst. Ze passen die kennis toe bij het schrijven van een 'wetenschappelijk' artikel over hun onderzoek. Leerlingen krijgen op De Muze denkopdrachten gebaseerd op de taxonomie van Bloom en die is bij deze schrijfoopdracht perfect toe te passen. We differentiëren dus door opdrachten op verschillende denkniveaus aan te bieden en door te variëren in de lengte van de tekst. Dat levert 28 totaal verschillende artikelen op, wat een mooi inkijkje geeft in wat er tijdens de onderzoeken allemaal heeft plaatsgevonden en hoe de leerlingen dat hebben ervaren.

Onderzoeksposters

Omdat de leerlingen zelf zoveel digitaal hebben gemaakt, besluiten we dat ze de posters ook gaan digitaliseren. We laten foto's zien van symposia en hoe onderzoekers daar hun resultaten presenteren. We bespreken wat daarbij belangrijk is. We komen tot de conclusie dat het belangrijk is om weinig tekst te gebruiken, alleen steekwoorden. De uitleg geven de leerlingen wel tijdens hun presentatie. De poster moet wel opvallend en pakkend zijn, zodat de bezoekers nieuwsgierig worden en zin krijgen om iets over het onderzoek te horen. De onderzoeksvraag moet er op te vinden zijn, evenals de resultaten in de vorm van een grafiek of anderszins. De tekst op de posters moet goed leesbaar zijn, dus de leerlingen letten goed op lettergrootte en kleurgebruik. Ze maken ieder een eigen poster en ten slotte kiest elke groep één poster uit die afgedrukt gaat worden: met die poster presenteren alle groepen hun onderzoek op het Donders Instituut.

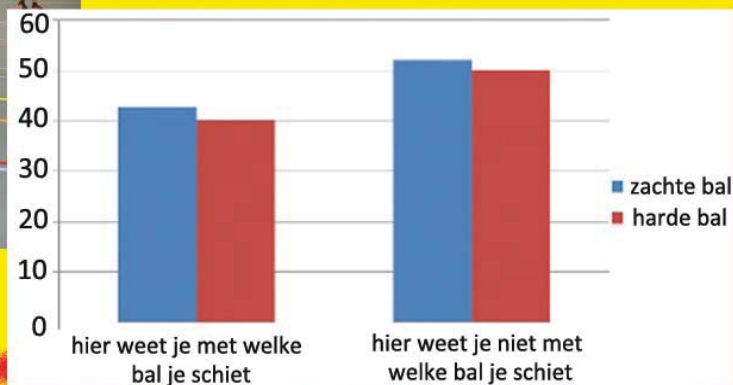
kun je beter mikken met een harde bal of met een zachte bal



met welke bal gaat het het best



resultaten



conclusies

1. met de harde bal schiet je beter.
2. als je niet weet met welke bal je schiet gaat het minder goed.



Waarnemen en bewegen



Stap 6. Presenteren/ communiceren

Doelen binnen deze stap:

- Het verder ontwikkelen van taalvaardigheid en rekenvaardigheid op een functionele manier;
- Het uitwisselen van onderzoeksvaardigheden en ervaringen met onderzoeken.

Onderzoeken presenteren aan klasgenoten

's Ochtends zetten sommige groepen nog even de puntjes op de i en 's middags is het dan zover: de leerlingen presenteren hun onderzoeksresultaten aan elkaar. Omdat acht presentaties achter elkaar te lang duurt, mogen de leerlingen na de vierde presentatie even buiten spelen. Hoewel ze erg lang moeten luisteren, geven de leerlingen aan dat ze het wel interessant vinden om te horen wat de andere groepen hebben gedaan. Ze zijn erg intensief met hun eigen onderzoek bezig geweest, waardoor hun deels is ontgaan waar de andere groepjes mee bezig waren. Sommige groepen vertellen wat er met hun onderzoeksresultaten gedaan zou kunnen worden. Eén groep heeft onderzocht of je bij het voetballen beter kunt mikken als er een fel gekleurd object in een goal hangt. Zij denken dat voetballers die nauwkeuriger willen leren schieten dit bij voetbaltrainingen het heel goed kunnen toepassen. Een andere groep kijkt kritisch naar de eigen onderzoeksresultaten en geeft daarbij ook aan hoe zij hun onderzoek moeten aanpassen om het eerlijker te laten verlopen.



Stap 7. Verdiepen/ verbreden

Doelen binnen deze stap:

- Het verder ontwikkelen van taalvaardigheid en rekenvaardigheid op een functionele manier;
- Het uitwisselen van onderzoeksvaardigheden en ervaringen met onderzoeken;
- Kinderen meer leren over het onderzoek dat Pieter Medendorp doet naar waarnemen en bewegen;
- Kinderen leren over de verwondering die wetenschappers hebben, wat een wetenschapper precies doet en dat wetenschappers net zo nieuwsgierig zijn als kinderen.

Onderzoek presenteren aan onderzoekers van het Donders Instituut

We sluiten het project af door een bezoek te brengen aan het Donders Instituut van de Radboud Universiteit. Twee groepen presenteren hun onderzoek in een collegezaal vol met leerlingen, ouders en onderzoekers. Enkele onderzoekers stellen kritische vragen, die prima beantwoord worden door de kinderen. Ze hebben er echt goed over nagedacht.



Bekijk de presentatie van de leerlingen en de vragen van de onderzoekers in filmpje **210. Onderzoek presenteren: Op welke muziek ren je het hardst?**

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

Daarna volgt de postersessie. In de hal worden de posters van de groepen opgehangen. Verschillende geïnteresseerden komen de posters bekijken en stellen soms pittige inhoudelijke vragen over de onderzoeken en de grafieken. De leerlingen nemen die vragen zeer serieus en bijna een half uur lang spreken ze met diverse onderzoekers over hun aanpak, de interpretatie van hun onderzoeksresultaten en de keuze voor de proefpersonen. Door de interactie met de onderzoekers denken ze nog eens goed na over wat ze hebben gedaan en dat geeft precies de verdieping waar we naar op zoek zijn.



Kinderen presenteren aan de wetenschappers.



Bekijk de gesprekken tussen onderzoekers en leerlingen in **filmpje 211**.
Posterpresentaties: Leerlingen in gesprek met de onderzoekers.



Kinderen presenteren hun posters aan onderzoekers.



Een kijkje in de laboratoria van het Donders Instituut

Na de postersessie brengen de leerlingen een bezoek aan drie laboratoria van Donders Instituut. Ze zien hoe daar onderzoek wordt gedaan en er wordt een koppeling gemaakt tussen hun onderzoeken en het onderzoek naar waarnemen en bewegen van Pieter Medendorp. Ze zien een aantal overeenkomsten, maar zeker ook verschillen: dat sommige onderzoeken een jaar duren, dat vonden ze wel erg lang!

Waarnemen en bewegen



Bekijk ook **filmpje 212**.
Demonstratie van de eye-tracker.



Bekijk ook **filmpje 213**.
Demonstratie van de slidestoel.



Bekijk ook **filmpje 214**.
Demonstratie van de robotarm.

Vragen aan de onderzoekers

De leerlingen krijgen aan het einde nog de tijd om de onderzoekers een paar vragen te stellen.



Ben je benieuwd naar de antwoorden, bekijk dan filmpje **215**. **Vragen aan de onderzoekers aan het einde van bezoek**

Citaten van kinderen

- Renee, nadat ze de experimenten heeft uitgevoerd: "Ik weet het niet zeker, maar ik heb het idee dat het niet echt uitmaakt welke muziek je hoort. De eerste ronde ging het best langzaam, daarna sneller, maar daarna weer door elkaar. We gaan eerst de gemiddelden uitrekenen, dan kunnen we er pas echt iets over zeggen."
- Britt: "Ik heb er thuis nog eens over nagedacht. Ik voelde me heel raar en volgens mij komt dat omdat je ogen gewend zijn om recht te kijken, maar iets binnen in het huisje verandert iets in je hersenen of je ogen, waardoor je het allemaal anders ziet. Als je je ogen dicht doet, waardoor je dus niks meer ziet, denk ik dat je wel gewoon recht loopt. Het is eigenlijk zo moeilijk door het beeld dat je ziet."

Project 'Waarnemen en bewegen' de klas in!

- Lars: "Uit ons onderzoek blijkt dat je eigenlijk niet echt beter gaat voetballen nadat je een voetbalspel op de computer het gespeeld. Maar wat wél opviel uit de metingen was dat de proefpersonen meteen na het gamen beter gingen schieten. De eerste twee, drie schoten waren bijna allemaal raak. Daarna ging het weer minder. Ik denk dat het komt omdat ze na het gamen geconcentreerder zijn en daardoor beter kunnen schieten."
- Dirk: "Ik vond het onderzoek heel erg leuk om te doen. Daarom raad ik andere klassen aan om het ook te doen. Want je leert er heel veel van en je mag het onderzoek zelf kiezen. Als je je proefje nog moet doen, dan denk je dat het heel erg moeilijk is en dat het misschien mis gaat. Maar tijdens het proefje valt het uiteindelijk wel mee. De proefpersonen werkten heel erg goed mee en waren ook enthousiast. Ik heb geleerd om een onderzoek te bedenken en ook nog te doen. Verder heb ik geleerd beter samen te werken in een groepje. Je kunt als je dat wil meer te weten te komen over de wetenschappers en wat ze doen. Dus als je wetenschapper wilt worden, ga dan een onderzoek doen en vraag of een onderzoeker je wil helpen."
- Meike: "Wat heb ik geleerd? Nou, ik heb in ieder geval geleerd taken te verdelen. Ik heb ook geleerd om een goede vraag te verzinnen. Dat is nog best lastig, want heel veel vragen zijn al onderzocht. Je leert, zoals nu, ook een verhaal of artikel schrijven. Dat is wel een beetje mijn ding. Zou ik het aanbevelen? Ja, je leert er veel van. Je krijgt ook een kijkje in het leven van een wetenschapper. En het is niet alleen het onderzoek doen, het is ook de voorbereiding en samenwerking."
- Franca: "Wij hebben onderzocht of je harder zwemt in koud dan in warm water. Onze conclusie is dat je harder zwemt in warm water. Maar dat kan ook komen doordat we al moe waren van het zwemmen in het koude bad. Als we meer tijd hadden gehad, dan hadden we het veel eerlijker gedaan. Dan zouden we meer proefpersonen nemen en de eerste keer eerst in warm water en de volgende keer eerst in koud water zwemmen."

Evaluatie en reflecties van de leraren

Zelf onderzoeken stimuleert enorm

Het hoogtepunt van het project was het doen van een eigen onderzoek en dat vervolgens presenteren. Het was zeer motiverend voor de leerlingen dat zij zelf de touwtjes in handen hadden. Ze kregen en namen verantwoordelijkheid en hebben keihard gewerkt om met een mooi resultaat te komen. We hebben de leerlingen eerder af moeten remmen dan moeten stimuleren. Het doel is om te leren onderzoeken; het onderzoek hoeft helemaal niet perfect te zijn.

Leeropbrengsten

De leerlingen hebben ontzettend veel gedaan en ontzettend veel geleerd. Het vele overleggen, maar ook het presenteren is aan bod gekomen. Ze hebben het onderzoeksplan schriftelijk vastgelegd en een artikel geschreven. Maar ze hebben ook uit zichzelf werkbladen gemaakt en brieven geschreven.

Het hoofdstuk statistiek uit de rekenmethode hebben de leerlingen direct praktisch toe kunnen passen op hun eigen onderzoeksgegevens, waardoor ze meteen inzicht kregen in de functionaliteit van grafieken. Het was dan ook mooi om te zien dat er bij de presentaties kritische vragen

Waarnemen en bewegen

werden gesteld over elkaars grafieken. Ze hebben gemiddeldes uitgerekend en het totaal aantal afgelegde kilometers. En als ze er even niet uitkwamen, dan zochten ze het gewoon op.

Er werd heel wat gevraagd van de samenwerkingsvaardigheden en het organisatietalent. We hebben de leerlingen aan het begin van het project bewust verschillende taken gegeven, maar ze daar later steeds vrijer in gelaten. Tijdens hun eigen onderzoeken hebben de leerlingen zelf hun taken verdeeld. Maar het ging niet alleen om samenwerken binnen de groepen: de leerlingen hebben elkaar ook geholpen bij het maken van grafieken, bij de opmaak van de presentatie en bij de poster. In sommige gevallen waren ze ook elkaars proefpersoon. De leerlingen hebben alle materialen zelf verzameld of gemaakt. Ze hebben de proefpersonen geregeld en in sommige gevallen ook de locatie. Bovendien hebben ze het hele traject zelf gepland.

Sommige leerlingen vonden de aanloop wel erg lang duren – ze wilden liever eerder met hun eigen onderzoek beginnen. Ook zouden ze liever zien dat het project meer verspreid werd aangeboden. De donderdag en de vrijdag zijn voor een groot deel aan het project besteed. Dat was wel erg intensief. Het zou meer rust geven als er bijvoorbeeld elke dag een uur aan het project besteed zou kunnen worden.

Bronnen

- Harry Broekhuijsen (1988), *Kinderen doen onderzoek* (1e druk). Amsterdam: Katholiek Pedagogisch Centrum.
- Marieke Peeters, Winnie Meijer & Roald Verhoeff (2013), *Wetenschappelijke doorbraken de klas in!* (1e druk). Nijmegen: Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen.
- De Vaan & Marell (1994), *Praktische didactiek voor natuuronderwijs* (zesde druk). Bussum: Uitgeverij Coutinho.
- Marell, J. (2013), *Onderzoekbare vragen*
<http://www.ru.nl/wetenschapsknooppunt/materialen/materialen-0/winterschool-2013/> (21-8-2013)
- YouTube filmpje, http://www.youtube.com/watch?v=ie_3MG0T7Bs (21-8-2013)
- Oosterheert, I. & Van Keulen, H. (2011). *Wetenschap en techniek op de basisschool*. Groningen: Uitgeverij Noordhoff

Verwijzingen

- (1) Het scheve huisje bij hotel Erica, Berg en Dal
<http://www.hotelerica.nl/> (21-8-2013)
- (2) Workshopmaterialen van de Winterschool 2013
<http://www.ru.nl/wetenschapsknooppunt/materialen/materialen-0/winterschool-2013/> (21-8-2013)
- (3) YouTube filmpje, Prism Goggles
<http://www.youtube.com/watch?v=dEY-DRhDr4A> (21-8-2013)

Overige auteurs

- Marieke Peeters (projectleider WKRU)
- Winnie Meijer (projectmedewerker WKRU)
- Jos Marell (pabodocent aan de HAN)

Overzicht filmpjes en materialen op de website

2.3 Overzicht filmpjes en materialen op de website



Hieronder staat het overzicht van de filmpjes en materialen behorende bij paragraaf 2.2 die u op de website kunt vinden. De filmpjes en materialen zijn per stap van onderzoekend leren ingedeeld.

Stap 1. Introductie

Filmpje

201. Circuit

Materialen

Het scheve huisje

De ober-estafette 1

De ober-estafette 2

Neuron-firing experiment

Stap 2. Verkennen

Filmpjes

202. Experiment 1: Hoe leer ik omgaan met een nieuwe situatie?

203. Experiment 2: Door het oog van de naald

204. Experiment 3: Waar staan de voorwerpen op tafel?

Materialen

Hoe leer ik omgaan met een nieuwe situatie?

Door het oog van de naald

Stap 3. Opzetten onderzoek

Filmpjes

205. Onderzoeker Bart helpt de leerlingen met het opstellen van hun onderzoeksplan.

206. Welke hulp hebben de kinderen nog nodig voor de uitvoering van hun onderzoek?

Stap 4. Uitvoeren onderzoek

Filmpjes

207. Onderzoek uitvoeren: Beïnvloedt de temperatuur van het water je zwemkunsten?

208. Kun je je schot beter plaatsen als er in het doel een mikpunt hangt waar je op moet richten?

209. Onderzoek uitvoeren: Gaat touwspringen beter als iemand 'spring' roept?

Stap 5. Concluderen

Bij deze stappen zijn geen filmpjes of materialen beschikbaar.

Stap 6. Presenteren

Bij deze stappen zijn geen filmpjes of materialen beschikbaar.

Stap 7. Verdiepen/ verbreden

Filmpjes

210. Onderzoek presenteren: Op welke muziek ren je het hardst?

211. Posterpresentaties: Leerlingen in gesprek met de onderzoekers

212. Demonstratie van de eye-tracker

213. Demonstratie van de slidestoel

214. Demonstratie van de robotarm

215. Vragen aan de onderzoekers aan het einde van bezoek

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen (WKRU)

Dit boek is een uitgave van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen (WKRU). Het WKRU is een knooppunt tussen leraren en kinderen van het basis- en voortgezet onderwijs, onderzoekers van de Radboud Universiteit (RU) en docenten en pabo-studenten van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN).

Missie

Het WKRU heeft tot doel de relatie tussen de RU en het basis- en voortgezet onderwijs verder te versterken en te komen tot een betere afstemming tussen vraag en aanbod van wetenschappelijke kennis voor het onderwijs. Hiermee wil het WKRU de houding van leerlingen en (toekomstige) leraren ten opzichte van wetenschap en technologie positief beïnvloeden en hun onderzoekende houding stimuleren. Daarnaast wil het WKRU onderzoekers van de RU een podium geven om hun wetenschappelijke resultaten en de implicaties daarvan ten toon te kunnen spreiden aan een breed publiek.

Activiteiten

Het WKRU heeft een gevarieerd palet van activiteiten waaronder: jaarlijkse nascholingsdagen wetenschapeducatie voor pabo-studenten en leraren basis onderwijs (Winterschool), samenwerking in projectteams tussen wetenschappers, pabo-studenten en leraren waarbij een wetenschappelijk onderwerp vertaald wordt naar een project rondom onderzoeksactiviteiten, kinderlezingen (Mystery X), cursussen voor jonge onderzoeker hoe ze hun onderwerp toegankelijk kunnen maken voor kinderen (Onderzoeker in de klas), professionaliseringscursus onderzoekend leren, studiedagen voor docenten uit het voortgezet-onderwijs... en nog veel meer (zie www.wkru.nl).

Organisatie

De organisatie van het Wetenschapsknooppunt bestaat uit vier medewerkers en een stuurgroep. In de stuurgroep zijn verschillende partijen die samenwerken binnen het Wetenschapsknooppunt vertegenwoordigd. De stuurgroep stippelt in samenwerking met de medewerkers het beleid uit en bewaakt op hoofdlijnen de voortgang.

Het uitvoerende deel van het WKRU bestaat uit de volgende medewerkers:

- Dr. Marieke Peeters, projectleider;
- Winnie Meijer MSc (tot 1-11-2013) & drs. Jan van Baren-Nawrocka (per 1-11-2013), projectmedewerkers;
- Drs. Martina van Uum, onderzoeker;
- Elke Jacobs, communicatiemedewerker.

De stuurgroep bestaat uit:

- Prof. dr. Carl Figdor, hoogleraar Immunologie in het Nijmegen Centre for Molecular Life Sciences van het Radboudumc en initiator WKRU.;
- Prof. dr. Ludo Verhoeven, hoogleraar Orthopedagogiek aan de Radboud Universiteit en wetenschappelijk directeur van het Expertisecentrum Nederlands;
- Drs. Karin van Weegen, voorzitter van de instituutsdirectie van de HAN Pabo's (Pabo Groenewoud Nijmegen en Pabo Arnhem);
- Dr. Roald Verhoeff, universitair docent bij het Institute for Science, Innovation and Society van de Radboud Universiteit.



KONINKLIJKE NEDERLANDSE
AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN

Radboud Universiteit Nijmegen

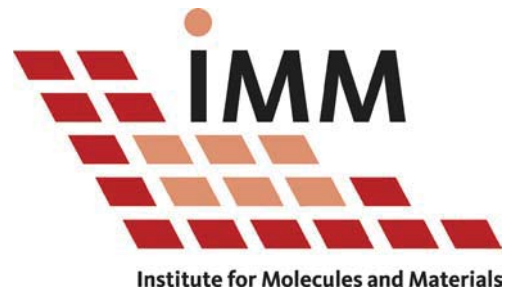


Radboudumc

Hogeschool  **van Arnhem en Nijmegen**



**Institute for Science,
Innovation and Society**



Faculteit der Letteren

Foto- en illustratieverantwoording

Tenzij anders vermeld zijn de foto's in deze uitgave gemaakt door het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit. ©WKRU, december 2013

Andrey Kuzmin / 123RF Stockfoto	p. 155
Anilinn / 123RF Stockfoto	p. 88 (Ouders)
Annavee / 123RF Stockfoto	p. 154 (Baruch Spinoza)
Arindambanerjee / 123RF Stockfoto	p. 152
Dick van Aalst	p. 36 en 160
Erik van 't Hullenaar	p. 92
Filipw / 123RF Stockfoto	p. 158 en 168 (hooibalen)
Goldenkb / 123RF Stockfoto	p. 88 (Rookvrije kids)
Hriana / 123RF Stockfoto	p. 138 (Zeg nee tegen sigaretten)
Katatonina / 123RF Stockfoto	p. 42
Lacamerachiara / 123RF Stockfoto	p. 90
Lawren / 123RF Stockfoto	p. 157
Michaeljung / 123RF Stockfoto	p. 96
Pampalini / 123RF Stockfoto	p. 158 en 168 (ezel)
Sparkstudio / 123RF Stockfoto	p. 154 (Gevaarlijke ideeën)
Stockbksts / 123RF Stockfoto	p. 138 (Tabak)
Stockbroker / 123RF Stockfoto	p. 82
Trimbos-instituut	p. 87
Willie Kerkhof – www.siimple.nl	p. 75, 159 en 100
Toestemming voor plaatsen zonder naamsvermelding	p. 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 54 (Hoe neuronen informatie verwerken in het brein), 55, 84, 85, 102, 131 en 153