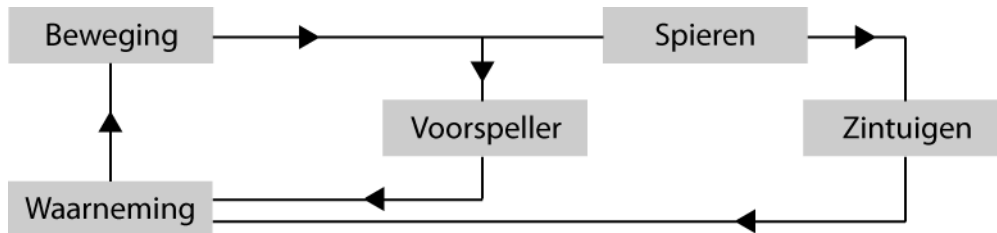


Workshop 'Jouw brein in actie'

Introductie

Professor Medendorp heeft in zijn presentatie een schema uitgelegd. In dit schema worden de koppelingen tussen waarnemen en bewegen uitgelegd. Het schema ziet er als volgt uit:



We kunnen het model uitleggen naar aanleiding van kietelen. Dus 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.

Als je jezelf gaat kietelen dan maken je vingers een kietelende beweging. Vervolgens voel je het kriebelen, maar in dit geval heb je ook een voorspeller die meedoet. Want je weet dat je jezelf gaat kietelen. Dit betekent dus dat je weet dat je vingers die bewegingen maken. Daardoor ontstaat er een verschil in je waarneming. Je voelt kriebels en je weet dat het je eigen vingers zijn. Dit geeft dat je het niet als kietelen ervaart.

Activiteiten in de workshop

In de workshop zijn we begonnen met een openingsactiviteit. Daarna gingen de deelnemers in een circuit experimenten doen. Deze experimenten laten zien wat het effect is van de koppeling tussen de bouwstenen van het schema. Iedereen kreeg een schema mee en bedacht na afloop per experiment waar het in het schema past. Er waren drie experimentjes die gebruik maken van het schema.

Zie de bijlagen voor de beschrijving en werkbladen van deze activiteiten.

Bijlagen

1. Openingsactiviteit
2. Experiment 1 – Prismabril
3. Werkbladen experiment 1
4. Antwoorden bij experiment 1
5. Experiment 2
6. Werkbladen experiment 2
7. Antwoorden bij experiment 2
8. Experiment 3
9. Antwoorden bij experiment 3
10. Extra experiment: Waarom hebben we 2 ogen?

Colofon

De workshop en bijgeleverde materialen zijn ontwikkeld en/of samengesteld door het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen in samenwerking met basisschool de Speelhoef uit Wijchen, basisschool de Muze uit Nijmegen, een pabo-docent van de Hogeschool Arnhem en Nijmegen en onderzoekers van het UMC St Radboud Nijmegen en de Radboud Universiteit Nijmegen.

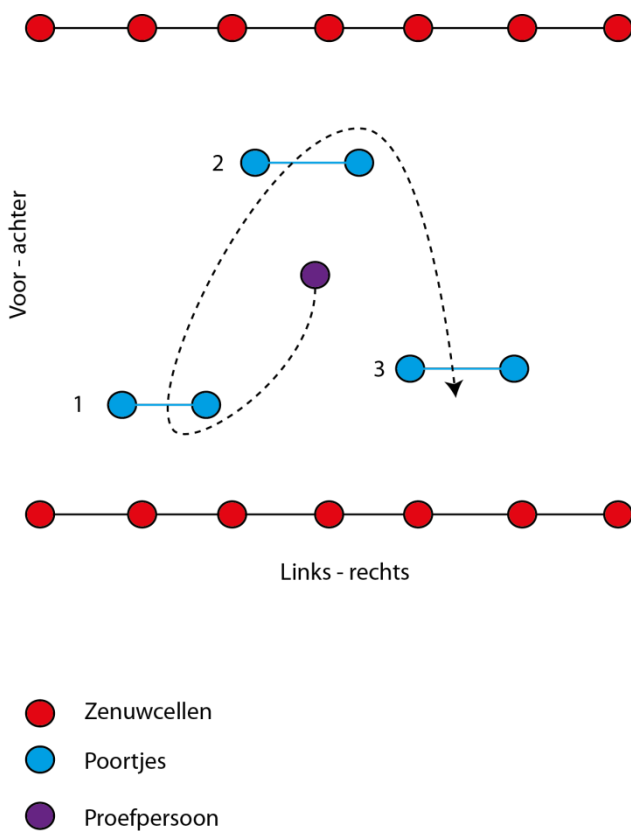
Copyright ©2013 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit Nijmegen

Bijlage 1. Openingsactiviteit

Als iemand een bepaalde richting op wil lopen, wordt in zijn of haar brein deze richting gecodeerd. In deze openingsactiviteit proberen we dit na te bootsen met een geblinddoekte proefpersoon die naar bepaalde doelen moet lopen. Hij of zij wordt geblinddoekt in het midden van de zaal gezet en de rest moet bedenken hoe ze de proefpersoon non-verbaal gaan sturen. Er zijn twee rijen met mensen (minstens 10): één rij codeert bewegingen voorwaarts en de andere rij bewegingen achterwaarts. Een mogelijk manier om dat te doen is in de handen klappen of stampen met de voeten.

De klappende mensen vormen individuele zenuwcellen in zijn brein die richting coderen. De proefpersoon staat tussen de twee rijen in. Om bijvoorbeeld naar links te coderen, moeten de mensen in beide groepen die links staan van de proefpersoon klappen (zie tekening).

In plaats van klappen is een andere vorm van non-verbale communicatie ook toegestaan. Maar, in zekere zin lijkt klappen (of stampen) op de manier waarop zenuwcellen met elkaar communiceren.



Bijlage 2. Experiment 1 - Prismabril

Doel:

Door het doen van dit experiment kunnen jullie ervaren hoe iemand omgaat met een nieuwe situatie. Je zult zien dat je iets kunt aanleren, en dat het ook weer even duurt voordat je het afleert.

Wat heb je nodig?

- | | |
|------------------|--|
| - Een prismabril | - twee papieren meetlinten, bij de 0 aan elkaar geplakt (ikea o.i.d.) |
| - 10 zandzakjes | - Een pen |
| - Tape | - 3 kleurpotloden |

Wie heb je nodig?:

- | | |
|----------------|-------------------------------------|
| -Een werper | - Een meter (kijker) |
| -Een schrijver | - Een aangever voor de pittenzakken |

Opstelling:

Maak met tape een kruis op de grond. Maak op ongeveer 3 meter van het kruis met tape een lijn op de grond. Het proefpersoon gaat met de zandzakjes achter deze lijn staan.

Het experiment:

Deel 1: *De werper* staat achter de lijn en gooit het zandzakje zo dicht mogelijk bij het kruis. Na iedere worp kijkt *de meter* naar het meetlint en noemt de afwijking vanaf het nulpunt op het meetlint hoeveel centimeter het zakje naast het kruis is geland. De afwijking naar links is +, de afwijking rechts is – de afstand. *De schrijver* noteert dit in de tabel op werkblad 1a. Dit doen jullie 10 keer snel achter elkaar. Na tien worpen staan er dus tien afstanden genoteerd in de tabel.

Als jullie daarmee klaar zijn, gaan jullie werken met de prismabril. De prismabril is een bril waarbij alles wat je ziet een stukje wordt verschoven. Dat is een hele gekke ervaring. Jullie gaan nu onderzoeken wat er dan eigenlijk met je gebeurt.

Deel 2: *De werper* gaat weer achter de lijn staan met de tien zandzakjes. Net als in deel 1, maar nu zet de werper de prismabril op. *De werper* werpt, *de meter* meet en *de schrijver* schrijft (in de tabel op werkblad 1a). Het is belangrijk dat de werper steeds de prismabril op houdt. Na tien snelle worpen staan er dus tien afstanden genoteerd in de tabel. Hoe ging dat? Wat valt jullie op?

Deel 3: Nu zet *de werper* de bril weer af en begint meteen weer met 10 keer snel achter elkaar werpen. Hij ziet nu weer alles zoals hij het normaal ziet, dus net als in deel 1. Weer werpen, meten en schrijven jullie 10 keer (gebruik de tabel op werkblad 1a).

Deel 4: Jullie verwerken de uitkomsten van het experiment in een grafiek (tabel op werkblad 1b). Op de x-as vermelden jullie het aantal worpen, op de y-as het aantal centimeter dat het zakje naast het kruis landde. Gebruik voor ieder onderdeel van het experiment een andere kleur, zodat je goed kan zien wat de verschillen zijn!

Deel 5: Jullie hebben onderzocht wat er met je gebeurt als je een prismabril op- en weer afzet. Oftewel: wat er met je gebeurt als het hele beeld wordt verschoven. Kunnen jullie de volgende vragen beantwoorden?

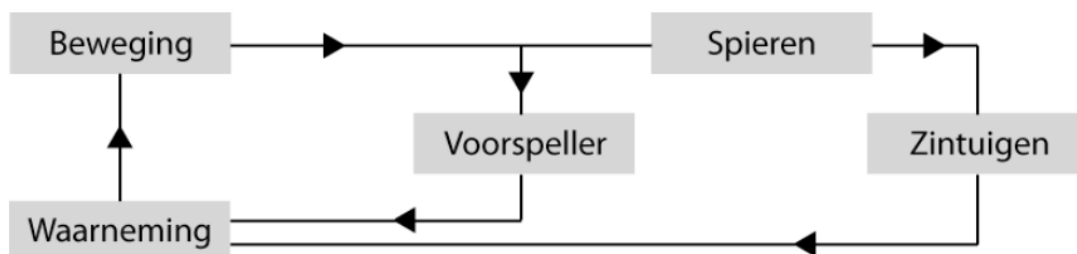
-Waarom maak je meer fouten als je de prismabril op zet?

-Als je de prismabril opzet, is nauwkeurig werpen ineens heel moeilijk. Hoe komt het dat het na een paar keer gooien toch beter gaat?

-Als je de prismabril weer afzet, is het gooien ook weer moeilijk. Toch gaat het sneller goed dan wanneer je de prismabril opzet. Hoe zou dat komen?

-Er zijn overeenkomsten tussen wat er met de proefpersoon is gebeurd, en wat er met je gebeurt als je je been breekt. Kun je dat uitleggen?

-Over welk deel van onderstaand schema gaat dit experiment?



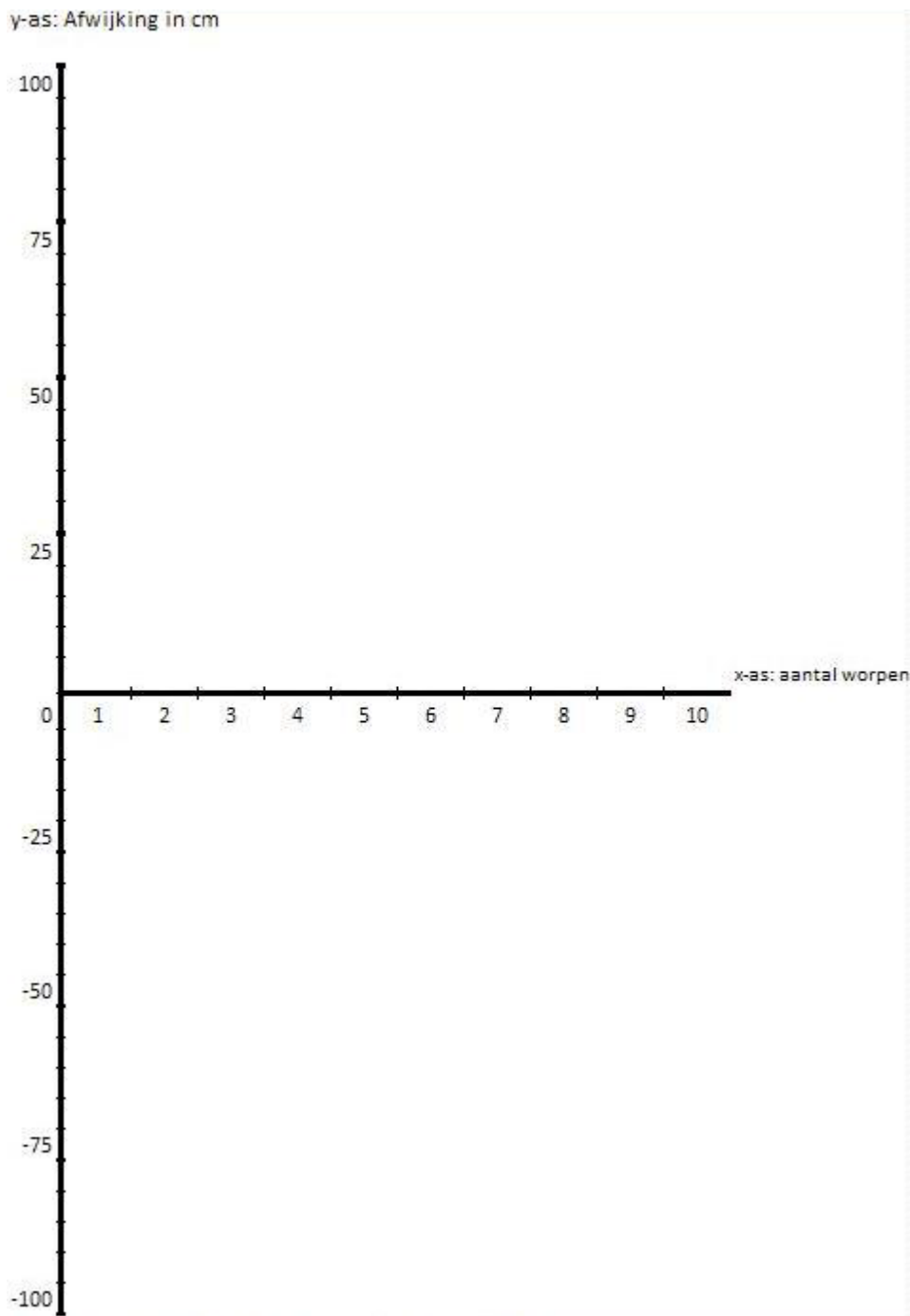
Bijlage 3.

Experiment 1 (werkblad 1 a)

(Noteer: + 10 (links) / -10 (rechts) gemeten vanaf het 0 punt)

Poging	Voor (1 ^e werpronde)	Met prismabril (2 ^e werpronde)	Na (3 ^e werpronde)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Experiment 1 (werkblad 1 b)



Bijlage 4. Antwoorden Experiment 1:

-Waarom maak je meer fouten als je de prismabril op zet?

Je ogen zijn het niet gewend dat je visuele wereld verschoven wordt door de bril. Daarom moet je weer opnieuw leren waar bijvoorbeeld het kruis is waar je de zakjes naartoe moest gooien.

-Als je de prismabril opzet, is nauwkeurig werpen ineens heel moeilijk. Hoe komt het dat het na een paar keer gooien toch beter gaat?

Je leert van je fouten. Dat kan even duren, maar uiteindelijk zal iedereen dit kunnen.

-Als je de prismabril weer afzet, is het gooien ook weer moeilijk. Toch gaat het sneller goed dan wanneer je de prismabril opzet. Hoe zou dat komen?

Je brein moet nu weer wennen aan de oude situatie van voordat je de bril op had gezet. Je brein moet als het ware weer opnieuw leren waar het kruis was, maar omdat het nog in je geheugen is opgeslagen leer je nu sneller.

-Er zijn overeenkomsten tussen wat er met de proefpersoon is gebeurd, en wat er met je gebeurt als je je been breekt. Kun je dat uitleggen?

Wanneer je je been breekt moet je ook een nieuwe manier van lopen aanleren en dus moet je ook wennen aan deze situatie en als het gips eraf is duurt het ook even voordat je weer goed kan lopen.

-Over welk deel van onderstaand schema gaat dit experiment?

Dit gaat over de voorspeller. Omdat je brein steeds een voorspelling maakt van wat er gaat gebeuren. Doordat je steeds ziet hoe ver je naast ehh=t kruis hebt gegooid past je brein de voorspelling steeds weer aan.

Bijlage 5. Experiment 2 – Zien en slaan?

Doel:

Met dit experiment kunnen jullie ervaren waar in het schema vertragingen in de informatieverwerking zit. Door het doen van onderzoek kunnen jullie laten zien dat de binnenbocht van het schema sneller gaat dan de buitenbocht.

Wat heb je nodig?

- 4 pingpongballetjes
- Tape
- Een stuk karton
- Een pen

Wie heb je nodig?:

- Een proefpersoon
- Een proefleider
- Een schrijver
- Een hulpje
- Een ballenjongen

Opstelling:

De proefleider laat een pingpongbal steeds van dezelfde hoogte vallen (ongeveer 2 meter hoog). Deze hoogte geeft hij/zij aan met een stukje tape op de muur. Zo weet *de proefleider* precies vanaf hoe hoog hij de bal steeds moet laten vallen. *De proefpersoon* staat oog in oog met *de proefleider* en houdt de hand recht onder de pingpongbal. Steeds als *de proefleider* de bal laat vallen, probeert *de proefpersoon* de bal weg te slaan. Jullie zoeken eerst uit hoe hoog *de proefpersoon* zijn/haar hand moet houden om de bal altijd weg te kunnen slaan. Die hoogte wordt ook met een stukje tape op de muur gemarkeerd. Als jullie dat hebben uitgezocht, kan het experiment beginnen.

Het experiment:

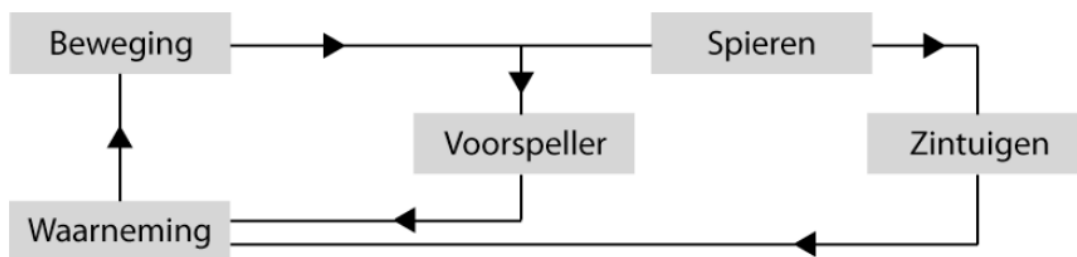
Deel 1: Jullie hebben onderzocht op welke hoogte *de proefpersoon* zijn hand moet houden om de bal weg te slaan. In het experiment zelf gaan we het net iets moeilijker maken: *Het hulpje* houdt het stuk karton tussen *de proefpersoon* en *de proefleider* in. Hij/zij houdt het karton op de hoogte dat *de proefpersoon* de bal en de hand van de proefleider net niet kan zien als hij het laat vallen. De hoogte waarop *het hulpje* de onderkant van het karton houdt wordt ook met tape gemarkeerd. Nu laat *de proefleider* tien keer de bal vallen, en *de proefpersoon* moet steeds proberen de bal weg te slaan. Iedere keer dat de bal wordt geraakt, vult *de schrijver* een plusje in op werkblad 2a. Iedere keer dat *de proefpersoon* de bal niet raakt, vult *de schrijver* een - in. *De ballenjongen* haalt de pingpongballen op en brengt ze terug naar *de proefleider*.

Deel 2: Als *de proefleider* 10 ballen heeft laten vallen (van dezelfde hoogte), en *de schrijver* alle hokjes heeft ingevuld, doet *het hulpje* het stuk karton een paar centimeter omhoog. *De proefpersoon* ziet de bal nu ietsje eerder. Ook deze hoogte van het karton wordt gemarkeerd. *De proefpersoon* probeert nu opnieuw tien maal de bal te raken en *de schrijver* noteert het op het werkblad. Na 10 slagen wordt het karton weer iets hoger gehouden, totdat jullie 5 verschillende hoogtes hebben gehad.

Deel 3: Jullie hebben onderzocht wat er gebeurt als je de bal steeds later ziet. Kunnen jullie nu de volgende vragen beantwoorden?

-Het is voor *de proefpersoon* heel moeilijk om de bal weg te slaan als de proefleider de onderkant van het karton dichtbij de hand van de proefpersoon houdt. Waarom is dat?

-Jullie hebben net ervaren dat er in onderstaand schema vertragingen kunnen plaatsvinden. Door die vertragingen lukte het niet altijd om de bal weg te slaan. Op welke plek in dit schema zitten die vertragingen, uitgaande van het experiment dat jullie net hebben gedaan?



Wat zou je kunnen veranderen om te zorgen dat je minder last hebt van de vertraging? Kijk goed naar het schema!

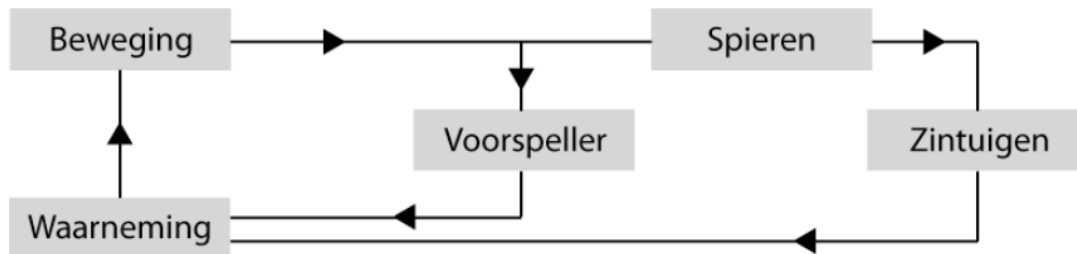
Deel 4: Jullie hebben nu 50 keer geprobeerd de bal weg te slaan. Nu gaan jullie precies hetzelfde doen, maar we veranderen 1 ding: De proefpersoon laat de ballen nu zelf vallen. De schrijver noteert weer hoeveel er goed en fout gaan, en de ballenjongen verzamelt de ballen weer. Let op dat de proefpersoon kijkt naar de onderkant van het karton, niet naar zijn/haar hand!

Deel 5: Als de proefpersoon weer 50 keer de bal heeft weggeslagen, kunnen jullie de volgende vragen beantwoorden:

- Op werkblad c en d kunnen jullie de uitkomsten van de 2 experimenten schematisch weergeven. Wat valt jullie op?

-Waarom kan je de bal nu makkelijker wegslaan?

-Je raakt de bal nu vaker, maar nog niet altijd. Er zitten dus nog altijd vertragingen in het schema. Waar zitten die vertragingen nu nog meer?



-Wat is er nu eigenlijk veranderd in het schema ten opzichte van het eerste deel van het experiment?

Bijlage 6.

Experiment 2 (Werkblad a)

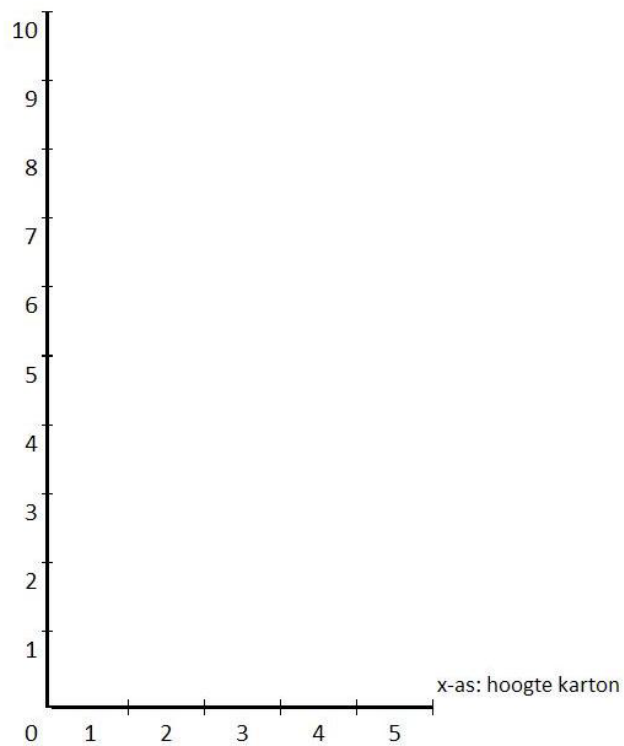
	worp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hoogte 1											
	worp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hoogte 2											
	worp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hoogte 3											
	worp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hoogte 4											
	worp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hoogte 5											

Experiment 2 (Werkblad b)

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

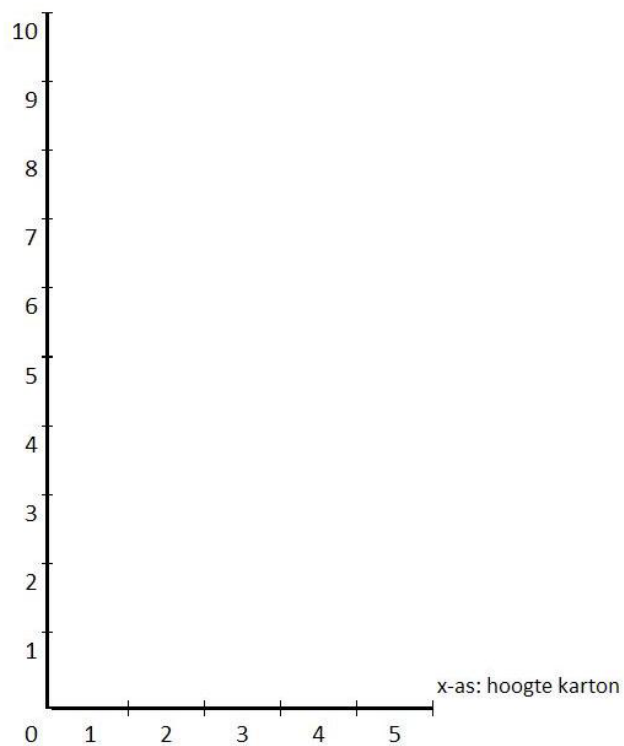
Experiment 2 (Werkblad c)

y-as: Aantal geraakte ballen



Experiment 2 (Werkblad d)

y-as: Aantal geraakte ballen



Bijlage 7. Antwoorden Experiment 2:

-Het is voor de proefpersoon heel moeilijk om de bal weg te slaan als de proefleider de onderkant van het karton dichtbij de hand van de proefpersoon houdt. Waarom is dat?

Omdat de afstand tussen de hand en de onderkant van het karton heel klein is zie je de bal maar heel even en dus heb je heel weinig tijd om te reageren. Hoe groter de afstand hoe makkelijker het wordt.

-Jullie hebben net ervaren dat er in onderstaand schema vertragingen kunnen plaatsvinden. Door die vertragingen lukte het niet altijd om de bal weg te slaan. Op welke plek in dit schema zitten die vertragingen, uitgaande van het experiment dat jullie net hebben gedaan?

De actie die we uit moeten voeren (planning), aansturen spieren, waarnemen van dat de bal aan het vallen is en het omzetten van deze waarneming naar de actie.

Wat zou je kunnen veranderen om te zorgen dat je minder last hebt van de vertraging? Kijk goed naar het schema!

Een voorspeller toevoegen, zie deel 4!

- Op werkblad c en d kunnen jullie de uitkomsten van de 2 experimenten schematisch weergeven. Wat valt jullie op?

Je raakt meer ballen zelfs bij de kortste afstand hand en karton.

-Waarom kan je de bal nu makkelijker wegslaan?

Omdat je een voorspelling maakt wanneer de bal bij je hand zal zijn en daarop anticipeert.

-Je raakt de bal nu vaker, maar nog niet altijd. Er zitten dus nog altijd vertragingen in het schema. Waar zitten die vertragingen nu nog meer?

Er zit nu nog een kleinere maar zeker nog aanwezige vertraging bij de voorspeller. Dus het is wel beter geworden doordat je de bal nu zelf loslaat maar niet perfect.

-Wat is er nu eigenlijk veranderd in het schema ten opzichte van het eerste deel van het experiment?

We gaan nu door de binnenbocht van het schema en niet meer door de binnen en buiten bocht.

Bijlage 8. Experiment 3 – Zag je dat?

Doel:

Met dit experiment kunnen jullie ervaren dat je brein niet alles kan verwerken wat je ziet. En je zult merken dat je brein een handje helpt door steeds voorspellingen te doen, vaak zonder dat je het door hebt.

Wat heb je nodig?

- 15 kleine voorwerpen
- Een draaischijf
- Een tafel

Wie heb je nodig?:

- Een proefpersoon
- Een proefleider

Opstelling:

De proefpersoon zit aan een tafel. Aan de overzijde zit *de proefleider*. Hij heeft 15 kleine voorwerpen. *De proefleider* legt vijf voorwerpen op tafel.

Het experiment:

Deel 1: *De proefpersoon* kijkt goed hoe de voorwerpen op tafel staan. De proefpersoon mag maximaal vijf seconden kijken, daarna moet hij of zij de ogen sluiten. Op dat moment kan *de proefleider* een voorwerp draaien. *De proefpersoon* opent zijn ogen weer en moet aangeven of, en zo ja welk voorwerp is gedraaid. Als *de proefpersoon* het goed heeft, legt *de proefleider* er twee voorwerpen bij. Jullie blijven het experiment herhalen totdat *de proefpersoon* een fout maakt. *De proefleider* draait in ongeveer de helft van de gevallen een voorwerp, zodat de proefpersoon nooit zeker weet óf er iets is verschoven. Let tijdens het experiment op de oogbewegingen van *de proefpersoon*!

Deel 2: Kunnen jullie de volgende vragen beantwoorden?

-Beschrijf de oogbewegingen van *de proefpersoon*. Waarom maakt de proefpersoon deze oogbewegingen?

-Als er 15 voorwerpen op tafel staan, wordt het experiment te moeilijk. Toch ziet *de proefpersoon* wel alle voorwerpen. Waarom is het experiment dan toch te moeilijk?

Deel 3: Voor deel 3 van het experiment zetten jullie de draaischijf op tafel. Op de draaischijf zet *de proefleider* het aantal voorwerpen waarbij de proefpersoon nog de goede antwoorden kon geven. *De*

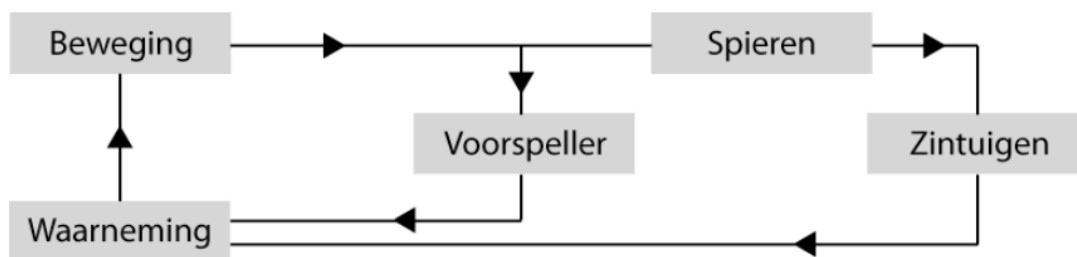
proefpersoon kijkt net als in deel 1 vijf seconden voordat de ogen gesloten worden. De proefleider kan dan weer één voorwerp draaien. De *proefpersoon* moet vervolgens met gesloten ogen de ene keer 180° om de draaischijf heenlopen en de andere keer blijven zitten waarbij de draaischijf 180° wordt gedraaid. °. De *proefpersoon* ziet de voorwerpen dus van de andere kant. Nu moet *de proefpersoon* weer aangeven of en zo ja welk voorwerp is gedraaid. Doe deze twee varianten drie keer om en om.

Welke variant zal moeilijker zijn? De variant waarbij je zelf draait, of de variant waarbij de wereld draait?

Deel 4: Kunnen jullie de volgende vragen beantwoorden?

-Welke variant was uiteindelijk moeilijker? Waarom is dat zo?

-Kunnen jullie dat uitleggen met behulp van dit schema?:



-Stel dat *de proefpersoon*, als hij/zij de ogen dicht heeft, naar de andere kant van de tafel wordt gedragen?

Zou het dan makkelijker, of juist moeilijker zijn dan de stil-zit variant? Waarom?

Bijlage 9. Antwoorden Experiment 3:

-Beschrijf de oogbewegingen van de proefpersoon. Waarom maakt de proefpersoon deze oogbewegingen?

De proefpersoon maakt snelle, saccadische, oogbewegingen van het ene voorwerp naar de andere. Dit 'scannen' van de omgeving is nodig omdat onze ogen bij iedere fixatie slechts een heel klein deel scherp kunnen zien.

-Als er 15 voorwerpen op tafel staan, wordt het experiment te moeilijk. Toch ziet de proefpersoon wel alle voorwerpen. Waarom is het experiment dan toch te moeilijk?

Als er 15 voorwerpen op tafel staan kunnen we ze niet allemaal onthouden, maar wel allemaal tegelijk zien. Of kunnen we ze misschien niet allemaal tegelijk zien, maar houdt ons brein ons voor de gek? Onderzoek laat zien dat we eigenlijk veel minder waarnemen dan we willen geloven. Kijk bijvoorbeeld eens op de website: "<http://www2.psych.ubc.ca/~rensink/flicker/download/>" hier staan filmpjes met twee bijna-identieke foto's die afgewisseld worden. Echter is er met photoshop in één van de fotos iets veranderd. Het blijkt dat mensen heel slecht zijn in het opsporen van deze verandering, ook al is deze heel groot en vlak onder hun neus!

Welke variant zal moeilijker zijn? De variant waarbij je zelf draait, of de variant waarbij de wereld draait?

Als we een stap opzei doen gaat ons brein 'automatisch' voorspellen hoe onze visuele omgeving gaat veranderen. Dit zorgt ervoor dat we een stabiele omgeving waarnemen. Omdat ons brein zo getraind is in het doen van deze automatisch voorspellingen wordt over het algemeen de variant waarbij je zelf om de tafel heenloopt als makkelijker ervaren. De variant waarbij de proefpersoon blijft zitten past niet goed in het schema, want er worden geen spieren aangestuurd.

-Welke variant was uiteindelijk moeilijker? Waarom is dat zo?

Wanneer de proefpersoon gedragen zou worden krijgt de proefpersoon informatie van zijn evenwichtsorgaan. Deze informatie wordt door het brein gebuikt om de voorspelling te maken. Waarschijnlijk ben je slechter dan de loop-variant (want je beweegt niet zelf) maar beter dan de stilzit-variant.

-Kunnen jullie dat uitleggen met behulp van dit schema?:

Als er een bewegingsignaal naar je benen wordt gestuurd, gaat er een kopie naar de voorspeller. Deze voorspeller draait de visuele wereld in je hoofd. Wanneer je dan weer kijkt vergelijk je wat je ogen zien met wat de voorspeller verwacht te zien. Als dit totaal niet overeenkomt, dan is er iets in de wereld veranderd. Bij de conditie waarbij je stil blijft zitten wordt deze voorspeller niet gebruikt. Er wordt wel geschat hoe het

draaiplateau zal bewegen en hoe de wereld er dan uit zal gaan zien, maar dit gebeurt allemaal binnen het kopje waarneming.

Bijlage 10. Extra experiment: Waarom hebben we 2 ogen?

Doelstelling:

Kinderen laten zien waarom we twee ogen hebben. We laten zien wat er gebeurt wanneer we maar een oog gebruiken en wat we dan voor informatie verliezen. Dit doen we door een kijkdoos te maken.

Wat heb je nodig?

- schoenendoos met deksel
- 2 rietjes
- 2 cirkels op gekleurd papier van verschillende grootte
- plakgum
- karton (iets groter dan de achterkant van de schoenendoos)
- een mesje/schaar

Wie heb je nodig?:

- Een proefpersoon
- Een proefleider

Maken:

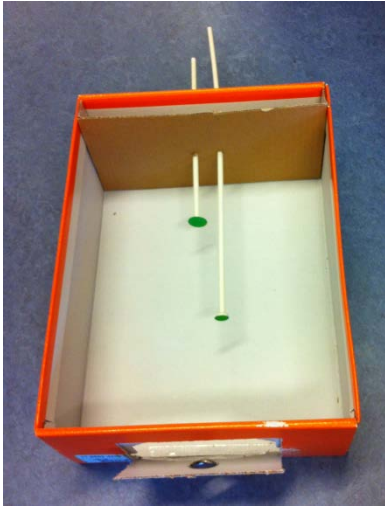
Verwijder de deksel van de doos. Maak een gat van ong 1.3 cm diameter in het centrum van de voorkant van de schoenendoos (kopse kant). Knip of snijd dan een rechthoek van ongeveer 8x13 cm uit de zelfde kant met het gat in het midden. Plaats de rechthoek terug en plak het vervolgens vast aan de onderkant van de rechthoek aan de doos, zodat het als een deurtje open en dicht kan.

Aan de andere kant van de doos maak je twee gaten voor de rietjes op 1.3 cm van het centrum van het midden.

Snijd het stuk karton zo dat het aan beide zijden 2.5 cm langer is dan de breedte van de doos en even hoog als de hoogte van de doos. Vouw beide zijkanten op 2.5 cm om. Maak twee gaten in het karton op precies dezelfde plekken als in de schoenendoos voor de rietjes is. Plak het karton vast in de doos tegen de achterkant.

Doe de rietjes in de gaten van de doos. Door de dubbele set gaten hangen de rietjes mooi recht in de doos.

Plak de cirkels vast aan ieder rietje.



Opstelling:

Kijk door het gaatje aan de voorkant (dus het deurtje dicht). Schuif de deksel zo op de doos dat je genoeg licht hebt om de cirkels te zien. Doe een oog dicht en beweeg nu de rietjes zo dat de cirkels even groot lijken.

Vouw nu het deurtje open aan de voorkant. Lijken de cirkels nu nog even groot?

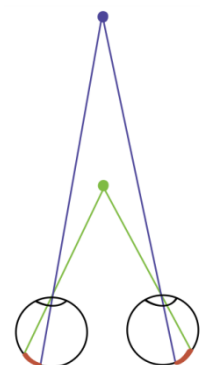
Meet de afstand tussen de rietjes. En de grootte van de doos. We kunnen nu berekenen hoe groot de afstand tussen de rietjes had moeten zijn om ze even groot waar te nemen. Bereken die afstand.

Zet vervolgens de rietjes op een andere plek in de doos. Dus het rietje met de grote cirkel meer naar voren of achteren. Bekijk nu waar de kleine cirkel nu moet staan om ze even groot waar te nemen als je met een oog kijkt. Dit zal een andere afstand zijn dan in de vorige keer. Reken na of dit klopt.

Vragen die gesteld kunnen worden:

Waarom lijken de cirkels met één oog even groot terwijl dat met twee ogen niet zo lijkt?

Dat komt omdat de cirkel wordt afgebeeld op het netvlies van het oog. Als een cirkel groot is, is er een grotere afstand nodig om dezelfde grootte van de cirkel op het netvlies te representeren. Echter als er twee ogen gebruikt worden komt er op beide ogen het beeld van de cirkel. Hierdoor kan het brein gebruik maken van de plek die de cirkel op het netvlies inneemt en dus de hoek daartussen uitrekenen. En daardoor weet je ondanks dat het even grote cirkels zijn op het netvlies ook nog



plek op het netvlies en dus de diepte ertussen.

Hoe komt het dat er verschillen zijn waar je het rietje met de grote cirkel plaatst?

Dat komt omdat je de hoek verandert en daardoor moet het rietje met het kleine cirkeltje verplaatst worden.

Kan een konijn diepte zien?

In een konijn staan de ogen aan de zijkant van het hoofd. Daardoor kan het konijn nooit of bijna nooit iets met twee ogen tegelijk zien. Dit zorgt ervoor dat het konijn geen diepte kan zien.