# De invloed van onbewuste stimuli op de bewuste waarneming

D.A. de Gama


| | |
|---|---|
| Naam: | Daquillio de Gama (4118510) |
| Begeleider: | Surya Gayet |
| Tweede beoordelaar: | Sjoerd Stuit |
| Datum: | 30 Juni 2017 |
| Studie: | Bachelor Kunstmatige Intelligentie, Universiteit Utrecht |
| Cursus: | Bacheloreindwerkstuk 7.5 ECTS |

**Abstract**

Illusies die perceptuele onderdrukking veroorzaken ondanks constante retinale input worden gebruikt om het visuele bewustzijn te manipuleren. In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van Continious Flash Suppression (CFS), een methode die snel en continu verschillende afbeeldingen toont aan één oog, terwijl de input in het andere oog gelijk blijft. Dit heeft als gevolg dat de afbeelding in het oog waar CFS niet wordt toegepast, aanvankelijk niet tot een bewuste waarneming leidt. De literatuur bevindt zich op een tweedeling wat betreft de invloed van onbewuste stimuli op het bewuste percept. In dit onderzoek wordt onderzocht in hoeverre een onbewust visueel aangeboden context de waargenomen bewegingsrichting van een bewust aangeboden visueel object beïnvloed. Participanten voerde een taak uit, waarbij werd bepaald of de bewegingsrichting van de cirkels in het motion quartet werd beïnvloed door de onderdrukte visuele paden. De resultaten laten zien dat in de trials waarin subjectief werd aangegeven dat de visuele paden niet waren gezien, er geen significante invloed is van het onbewuste op het bewuste percept. Echter als wordt gekeken naar de trials waarin het bewuste percept verschilde van het percept van de trial ervoor, is te zien dat het percept van de bewegingsrichting in het motion quartet significant vaker incongruent is met oriëntatie van de visuele paden dan congruent. Er wordt geconcludeerd dat onbewust waargenomen informatie –op zichzelf- niet uitvoerig genoeg wordt verwerkt om de bewuste waarneming van een andere stimuluseigenschap te beïnvloeden. Er wordt nog gediscussieerd over hoe te sterke suppressie en perceptuele geschiedenis hebben kunnen leiden tot dit resultaat.

## 1. Introductie

Ondanks dat er continu ontzettend veel informatie op onze netvliezen landt, leidt slechts een klein deel daarvan tot een bewuste ervaring (Desimone & Duncan, 1995). Toch wordt een deel van de informatie die niet wordt waargenomen nog wel verwerkt door het visuele systeem (Itti & Koch, 2001; Koch & Ullman, 1987; Treisman & Gelade, 1980) en kan soms ons gedrag beïnvloeden (bijv. onbewuste priming). Mensen zijn per definitie nog niet bewust van datgene dat we na de huidige bewuste ervaring bewust waarnemen (we nemen nu immers de huidige situatie bewust waar). Per definitie geldt dus dat onbewuste processen bepalen wat onze volgende bewuste waarneming wordt. Maar in hoeverre beïnvloedt al die informatie die niet bewust wordt waargenomen onze (volgende) bewuste waarneming? Om deze vraag beantwoorden moet eerst bewustzijn worden gedefinieerd: Bewustzijn is de staat waarin (o.a., zintuiglijke) informatie subjectief wordt ervaren en uit eigen initiatief kan worden gerapporteerd (Damasio, 2010).

We weten al dat enkelvoudige visuele informatie met een hoge signaalsterkte (bijvoorbeeld een lichtflits in de ooghoek) zeer waarschijnlijk deel zal uitmaken van de eerstvolgende bewuste ervaring. Maar is het menselijke brein ook in staat om (visuele) informatie in een context te integreren, zodat onze kennis van de wereld een rol kan spelen in het bepalen van de volgende bewuste ervaring? In deze studie wordt onderzocht of onbewuste informatie invloed uitoefent op de bewuste waarneming.

Om het huidige bewuste percept te meten wordt in dit onderzoek gebruik gemaakt van *schijnbare beweging.* Een schijnbare beweging is een illusoire perceptie van beweging die bereikt kan worden door alternerende presentaties van statische objecten (Roget, 1825). Een variant op de schijnbare beweging is de bi-stabiele schijnbare beweging, waarbij het mogelijk is om de beweging op twee manieren op te vatten. Een Motion Quartet is een experimenteel paradigma waarin bi-stabiele schijnbare beweging te teweeg wordt gebracht bij de waarnemer. Hierbij staan twee stippen in tegengestelde hoeken van een virtueel vierkant, die alternerend gepresenteerd worden. De waarnemer ziet de stippen exclusief horizontaal bewegen of verticaal bewegen, met spontane schakelingen tussen de twee percepten, zonder dat er enkele veranderingen plaatsvinden in de fysieke karakteristieken van de stimulus (Hoeth, 1968; Ramachandran & Anstis, 1983). Dit is op twee manieren van groot belang voor het huidige onderzoek. Ten eerste kan op deze manier bewuste waarneming worden losgekoppeld van fysieke stimulatie en daarmee in isolatie worden onderzocht. Ten tweede is een belangrijk voordeel van multi-interpretabele stimuli, zoals het Motion Quartet, dat de bewuste waarneming van de stimuli gevoeliger is voor experimentele manipulaties dan wanneer gebruik wordt gemaakt van enkelvoudig-interpretabele stimuli, waarbij stimuli maar op één manier opgevat kunnen worden. Dit is van grote waarde voor onderzoek naar de invloed van onbewuste visuele verwerking op de visuele waarneming, omdat visuele informatie die niet bewust waarneembaar is typisch minder invloed heeft op hersenprocessen dan visuele informatie die wel bewust waarneembaar is. In dit onderzoek zal dan ook worden onderzocht in hoeverre onbewust verwerkte stimuli invloed uitoefenen op de waargenomen bewegingsrichting van een Motion Quartet. Dit wordt bewerkstelligd door –gelijktijdig met het motion quartet – een horizontaal of verticaal pad (onbewust) aan te bieden, die een context biedt waarbinnen de bewegingsrichting van het motion quartet kan worden gedisambigueerd en daarmee geïnterpreteerd: namelijk in de richting van het visuele pad, horizontaal of verticaal.

Om visuele informatie onbewust aan te bieden is gebruik gemaakt van een fenomeen dat nauw verwant is aan binoculaire rivaliteit. Binoculaire rivaliteit is een verschijnsel dat optreedt wanneer men twee verschillende visuele prikkels presenteert aan de twee ogen. Hierdoor ontstaat interoculaire (d.w.z., "tussen de ogen") competitie om perceptuele dominantie, zodanig dat één visuele prikkel bewust wordt waargenomen en de ander wordt onderdrukt (Carmel, Arcaro, Kastner & Hasson, 2010; Logothetis, Leopold & Sheinberg, 1996). Echter is bij binoculaire rivaliteit volledige suppressie moeilijk te verzekeren (Carmel, Arcaro, Kastner & Hasson, 2010; Tsuchiya & Koch, 2005; Wilke, Logothetis & Leopold, 2003). Om deze reden wordt in dit onderzoek gebruik gemaakt van een variant, genaamd Continious Flash Suppression (CFS). Bij deze methode worden er, snel en met een continue stroom,

verschillende afbeeldingen gepresenteerd aan één oog, terwijl de input in het andere oog gelijk blijft (Tsuchiya & Koch, 2005). Dit heeft als gevolg dat de afbeelding in het oog waar CFS niet wordt toegepast, aanvankelijk niet tot een bewuste waarneming leidt. Dit feit zorgt ervoor dat CFS uitermate geschikt is voor onderzoeken naar de invloed van het onderdrukte percept op het bewuste percept.

De bestaande literatuur bevindt zich op een tweedeling op de vraag in hoeverre, in interoculaire competitie, het onderdrukte percept invloed uitoefent op het dominante percept. Blake en Camisa (1979) en Westendorf (1989) stellen dat gevoeligheid voor probes gepresenteerd in de dominante afbeelding niet beïnvloed worden door de aanwezigheid van de onderdrukte afbeelding. Echter liet Treisman (1962) zien dat stereo diepte perceptie en binoculaire rivaliteit samen kunnen bestaan. Deze bevinding suggereert dat er wel degelijk een gedeelte van de onderdrukte eigenschappen de perceptie van de dominante afbeelding beïnvloeden. Andrews en Blakemore (2002) steunden deze bevinding met de resultaten uit een onderzoek waarin sinusoïde rasterpatronen (gratings) met orthogonale oriëntaties en bewegingsrichting werden gebruikt. Ze vonden dat wanneer de perceptie veranderde naar het andere percept, de twee gratings gecombineerd werden tot een samengesteld rasterpatroon met enkel één bewegingsrichting. Dit suggereert dat de visuele input van beide ogen gecombineerd kunnen worden tijdens binoculaire rivaliteit.

Ook Stuit, Paffen, van der Smagt en Verstraten (2011) stellen dat perceptie tijdens de dominante fase van binoculaire rivaliteit wordt beïnvloed door de onderdrukte afbeelding. Ze toonden aan dat de mate waarin eigenschappen zoals oriëntatie en bewegingsrichting worden beïnvloed door de onderdrukte afbeelding, afhankelijk is van het verschil in de eigenschap (bv. oriëntatie verschil). De interactie tussen dominante en onderdrukte stimuli, was gelijk aan de interactie tijdens niet-rivaliserende condities. Deze bevinding suggereert dat het visuele systeem, eigenschappen van het onderdrukte percept, meeneemt in de bepaling van het dominante percept.

In de bestaande literatuur wordt voornamelijk onderzocht of stimuli met vergelijkbare eigenschappen elkaar zodanig beïnvloeden dat de bewuste waarneming wordt beïnvloed door het onbewuste percept (Andrew & Blakemore, 2002; Blake & Casima, 1979; Stuit et al., 2011; Treisman, 1962; Westendorf, 1989). Deze situaties tonen aan dat wanneer de verwerking van een specifieke stimuluseigenschap (bijv. oriëntatie) in gang is gezet middels een bewuste stimulus, dit verwerkingsproces ook beïnvloed wordt door onbewust waargenomen informatie binnen dezelfde stimulusdimensie. Met andere woorden, deze studies laten zien dat wanneer bijvoorbeeld oriëntatie informatie bewust wordt verwerkt, dit bewuste verwerkingsproces beïnvloed kan worden door onbewust aangeboden oriëntatie informatie. Omdat het echter nog onduidelijk is of onbewust waargenomen informatie - op zichzelf - uitvoerig genoeg wordt verwerkt om bewuste waarneming van een andere stimuluseigenschap te beïnvloeden, wordt in dit huidige onderzoek een stap verder gegaan door te onderzoeken of bewuste informatieverwerking beïnvloed kan worden door onbewuste informatie met een andere stimulus-dimensie: wordt de bewuste verwerking van bewegingsrichting beïnvloed door de onbewuste verwerking van richtingsinformatie.

In dit onderzoek wordt de mens als participant gebruikt. Hierbij gaat het dus om wat er in de hersenen gebeurt. Echter is ditzelfde onderzoek toepasbaar voor kunstmatige intelligentie. Alleen wordt er dan geen gebruik gemaakt van de hersenen, maar van processoren die trachten het brein na te bootsen. Om deze reden kan dit onderzoek gelinkt worden aan de wereld van kunstmatige intelligentie.

Het doel van dit onderzoek is om te achterhalen of er een relatie bestaat tussen een onderdrukt percept en een bewuste waarneming, gebruikmakend van twee verschillende stimulusdimensies. Om verder in te gaan op de bestaande literatuur en het effect te onderzoeken bij twee stimulus eigenschappen is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: In hoeverre beïnvloed een onbewust aangeboden visuele context de waargenomen bewegingsrichting van een bewust aangeboden visueel object?

In dit experiment verwacht ik specifiek dat de gerapporteerde bewegingsrichting van de motion quartet vaker wel dan niet in overeenstemming zal zijn met de oriëntatie (horizontaal of verticaal) van de simultaan aangeboden, en met CFS onderdrukte, visuele paden.

## 2. Methode

### *2.1. Participanten*

16 participanten variërend tussen de 17 en 24 jaar namen deel aan het experiment. De criteria die werden gesteld voor deelname aan het experiment was dat de waarnemers zelf-gerapporteerd normaal of gecorrigeerd-naar-normaal zicht hadden en dat ze daarnaast drie screeningtaken (Stereoscopie, oog-dominantie en Landolt-C) succesvol doorliepen. De stereoscopie taak werd gedaan om vast te stellen dat de waarnemer diepte ervaart. Bij de oog-dominantie taak werd bepaald welke oog dominant was en de Landolt-C taak werd gedaan om vast te stellen of de oogscherpte van voldoende definitie was om mee te doen aan het experiment. Mocht de participant deze taken hebben doorlopen dan mocht er aan het experiment worden deelgenomen.

### *2.2. Stimuli en Apparatus*

Stimuli werden gecreëerd op een Windows 10 Enterprice en Matlab 7.4 met de psychophysics Toolbox uitbreiding (Brainard, 1997; Pelli, 1997). De stimuli werden gepresenteerd op een Asus scherm op 144 Hz. Waarnemers bekeken de stimuli door een spiegel-stereoscoop. De lengte van het optische pad, van de ogen via de spiegels naar het scherm, was 61 cm en de grootte van het scherm is 34.0 x 60.0 cm. Het hoofd van de participant werd gestabiliseerd in een hoofd-en-kin steun, waardoor de kijkafstand tot het scherm constant was.

Het motion quartet bestond uit vier cirkels, geordend in een virtueel vierkant (Fig. 1). Op elk gegeven moment werden twee cirkels in de tegengestelde hoeken alternerend gepresenteerd. Een fixatiepunt was altijd aanwezig in het midden van het scherm. De cirkels werden gedurende twee seconden telkens voor 150 ms aangeboden, met een inter-stimulus interval (d.w.z., een leeg scherm) van 100 ms. De onderdrukte visuele paden, die zich naast het motion quartet stimulus bevonden, bestonden uit twee lichtgrijze balken (luminantiecontrast van 12.5% met de uniform grijze achtergrond) die zich in twee oriëntaties konden presenteren (horizontaal of verticaal). Eén van de twee oriëntaties was continu aanwezig tijdens een trial. De horizontale en verticale afstand tussen de cirkels van het motion quartet werd voor iedere proefpersoon afzonderlijk bepaald aan de hand van een drempelmeting (zie 2.3.1).

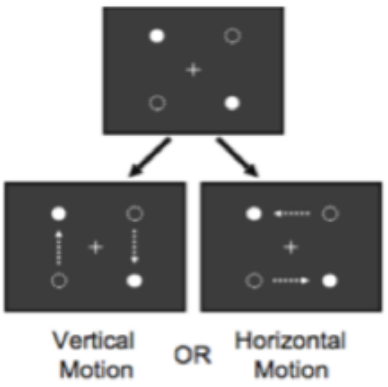


*Fig. 1. Motion quartet stimulus voor het experiment. De horizontale afstand stond vast en de verticale afstand werd aangepast voor elk individu volgens een voorafgaande drempelmeting. De tegengestelde diagonale cirkels werden alternerend gepresenteerd, wat leidde tot een verticaal of horizontaal percept.*

### *2.3 Procedure*

#### *2.3.1 Drempelmeting*

Individuele verschillen leiden ertoe dat mensen verschillen in hoeverre horizontale of verticale perceptie wordt waargenomen van de cirkels in het motion quartet. Om individuele verschillen te minimaliseren geldt in de ideale situatie dat voor elke waarnemer de horizontale en verticale percepten van het motion quartet even vaak voorkomen (1:1 ratio). De ratio tussen verticale en horizontale afstand tussen de cirkels in het motion quartet, beïnvloed in hoeverre horizontale perceptie dan wel verticale perceptie wordt waargenomen. Om de optimale ratio tussen verticale en horizontale afstand te bepalen, die leidt tot gelijke duratie van horizontale en verticale bewegingsperceptie, wordt gebruik gemaakt van een *staircase* procedure, waarbij een variabele stimulus (de cirkels in het motion quartet) herhaaldelijk wordt gepresenteerd en de verticale afstand tussen de cirkels wordt aangepast naar aanleiding van de perceptie van de cirkels. Naar aanleiding van een pilotmeting werd gebruik gemaakt van twee initiërende waardes voor de twee '*stairs*'. Eén stair begon met een relatief hoog ratio (ratio van 1.78), wat inhoudt dat de cirkels van het motion quartet verticaal dicht op elkaar stonden. Dit leidt tot een niet ambigue perceptie van verticale beweging. De andere stair begon met een relatief laag ratio (ratio van 0.56), wat inhoudt dat de cirkels van het motion quartet verticaal verder uit elkaar stonden. Dit leidt tot een niet ambigue perceptie van horizontale beweging. Elke trial bevatten het motion quartet met een bepaald ratio, die hoorde bij een stair. De stairs met hun bijbehorende ratio's werden random gepresenteerd. Participanten moesten op pijltje omhoog/beneden (verticaal) of pijltje links/rechts (horizontaal) drukken om aan te geven wat hun perceptie was van de stimulus. De twee staircases waren zo ingesteld dat als tweemaal achtereen dezelfde bewegingsrichting werd gerapporteerd bij eenzelfde ratio, deze ratio werd aangepast zodat perceptie van het andere percept waarschijnlijker werd gemaakt. Zodra drie zogeheten percept *reversals* per stair (rapportage van tweemaal achtereen dezelfde bewegingsrichting bij eenzelfde ratio

en vervolgens bij het aangepaste ratio tweemaal achtereenvolgens een rapportage van de tegenstelde bewegingsrichting, geldt als één percept reversal) werd gerapporteerd, werd het gemiddelde hiervan gebruikt als de optimale ratio voor alle komende metingen. De verticaal/horizontaal ratio van afstanden waarbij de reversals plaatsvinden is namelijk per definitie de ratio waarop de waarnemer het horizontale percept even vaak rapporteerde als het verticale percept. Participanten deden eerst vijf test trials om vertrouwd te raken met de procedure, waarna de echte drempelmeting werd geïnitieerd.

### *2.3.2 Experiment*

Voordat het experiment begon kregen de participanten instructies over wat van ze verwacht werd tijdens elke trial. Na elke trial werden drie vragen gesteld die werden gepresenteerd op het scherm: (i) Bewogen de cirkels van het motion quartet horizontaal of verticaal? (ii) Heb je de onderdrukte balken gezien? (iii) Waren de balken horizontaal of verticaal? De waarnemers werden verzocht door middel van de pijltoetsen aan te geven in welke richting ze de stippen zagen bewegen. Als de waarnemers de balken niet hadden waargenomen, werd gevraagd om de oriëntatie ervan te gokken door middel van een gedwongen tweekeuze-vraag (vraag (iii)). Uit vraag (ii) en (iii) kon objectief worden afgeleid of de participanten de visuele paden echt niet hadden gezien in de trials waarin subjectief werd aangegeven dat ze visuele paden niet hadden gezien. De verwachting voor deze subjectief onzichtbare trials is dan ook dat de participanten niet boven kansniveau kunnen aangeven wat de oriëntatie van de balken was. Ook kregen de participanten nadrukkelijk en herhaaldelijk de instructie om te fixeren op het fixatiepunt.

De combinatie van de startpunten van het motion quartet (begin linksboven en rechtsonder of rechtsboven en linksonder) met de oriëntaties van de balken (horizontaal of verticaal) resulteerde in vier verschillende presentatie condities. Het experiment werd verdeeld in acht blokken die elk bestond uit tien trials per conditie (40 trials per blok; 320 trials in totaal). De trials werden random aangeboden met een pauze van één minuut per twee blokken. Voordat het experiment werd gestart, werden eerst twee blokken van twee trials per conditie gestart om bekend te raken met de instructies en de stimuli.

### *2.3.3 Data-analyse*

Trialdata die voldeed aan de volgende criteria werd niet meegenomen in de analyse: (i) Trials waarin werd gerapporteerd dat de visuele paden niet waren gezien. Daarnaast werd alle participantdata buiten de analyse gehouden als hij voldeed aan de volgende criteria: (ii) Data van participanten die aangaven dat ze in minimaal 95% van de trials per conditie (visuele paden horizontaal of verticaal) dezelfde bewegingsrichting van de cirkels in het motion quartet hadden waargenomen. De reden hiervoor is dat als participanten slechts één interpretatie van bewegingsrichting zouden zien, de stimulus voor hen niet bistabiel is en dus dat nagenoeg niet gemoduleerd kan worden door onze experimentele manipulatie. (iii) Data van participanten die in minimaal 80% van de trials per conditie de visuele paden zagen. De reden hiervoor is dat er dan niet genoeg data over is om te analyseren. (iv) Data van participanten die, in de trials waarin ze aangaven de visuele paden niet te hebben gezien, wel boven kansniveau konden

aangeven of het visuele pad horizontaal of verticaal was. De reden hiervoor is dat voor deze participanten niet empirisch vastgelegd kan worden of de visuele paden echt onbewust waren aangeboden. Werd aan één van deze eisen voldaan, dan werd dus ofwel de trialdata (in geval (i)) ofwel alle data van de desbetreffende participant (in geval (ii), (iii) en (iv)) buiten de analyse gehouden.

Op basis van criteria (ii) is de data van twee participanten buiten de analyse gehouden. Deze participanten hadden namelijk in minimaal 95% van de trials gerapporteerd, één bewegingsrichting te hebben waargenomen.

Op basis van criteria (iii) is één participant buiten de analyse gehouden. Deze participant had namelijk op zowel de horizontale oriëntatie (98.1%) als de verticale oriëntatie (100%) in meer dan 95% van de trials de visuele paden gezien.

Op basis van criteria (iv) is de data van één participant buiten de analyse gehouden. Bij deze participant leverde de individuele binomiale test namelijk een statisch significantieverschil op. Wat inhoudt dat de oriëntatie van de visuele paden, in de trials waarin werd aangegeven dat de visuele paden niet waren gezien, boven kansniveau werd gerapporteerd.

## 3. Resultaten

### *3.1. Drempelmeting*

Voordat dat het experiment begon is eerst de optimale ratio bepaald tussen de horizontale en verticale afstand van de punten in het motion quartet. Dit is gedaan door middel van een staircase-procedure. De waarde voor de optimale afstand bij een bi stabiele schijnbare beweging (perceptie van 50% horizontaal en 50% verticaal) kan per persoon heel erg verschillen (Sterzer & Kleinschmidt, 2005). Om ervoor te zorgen dat participanten de schijnbare beweging even vaak verticaal als horizontaal zouden waarnemen, moest de verticale afstand voor de verschillende participanten tussen de 1.43 en 3.18 maal zo groot (M=2.33, SD=0.53) zijn als de horizontale afstand.

### *3.2 Experiment*

Eerst is het van belang om te testen of de onbewust aangeboden visuele paden ook daadwerkelijk niet bewust waarneembaar waren voor de participanten. In gemiddeld 92.6% (SD =7.33) van alle trials, variërend van 77.5% tot 99.7%, gaven de participanten aan de balken niet gezien te hebben. In deze trials waren de participanten niet in staat om boven kans-niveau de correcte oriëntatie van de visuele paden aan te geven (M =49.3%, SD=10.35); one-sample t-test tegen 50%: $t(11) = -0.24$, $p = 0.82$. Dit wijst op substantieel bewijs voor de nulhypothese, wat inhoudt dat er geen verschil is in de rapportage van de oriëntatie van de visuele paden en dat de visuele paden effectief zijn onderdrukt. Hiermee is empirisch bewezen dat de visuele paden, in de trials waarin de participanten subjectief aangaven de visuele paden niet te hebben gezien, ook echt niet bewust waarneembaar waren.

Met betrekking tot de waargenomen bewegingsrichting van de punten in het motion quartet werd er nog een controle analyse uitgevoerd over alle data om te zien of de bewegingsrichting van het motion quartet ambigue werd waargenomen. Er was een significant verschil in de score voor horizontale (M=63.5%, SD=14.15) en verticale bewegingsrichting; one-sample t-test tegen 50%: $t(11)=3.31$, $p < 0.05$. Dit houdt in dat de horizontale bewegingsrichting frequenter werd waargenomen dan de verticale bewegingsrichting, ondanks de drempelmeting vooraf. Desondanks zagen de participanten beide bewegingsrichtingen nog regelmatig (horizontale bewegingsrichting werd variërend gezien van 35.3% tot 78.8%). Dit biedt, ondanks ongelijke waarneming van de bewegingsrichting van de punten, voldoende ruimte voor modulatie door de visuele paden.

In hoeverre beïnvloedt een onbewust aangeboden visuele context de waargenomen bewegingsrichting van een bewust aangeboden visueel object? Om dit te beantwoorden is gekeken naar de ratio congruente responses van de punten in het motion quartet met betrekking tot de visuele paden. Een one-sample t-test tegen 50% gaf aan dat er geen significant verschil (M=49.8, SD=0.02) is tussen de bewegingsrichting van de punten in het motion quartet en onderdrukte visuele paden, $t(11) = -0.39$, $p > 0.05$. Dit houdt in dat de onderdrukte visuele paden niet zodanig veel invloed uitoefenen dat het percept van de bewegingsrichting van de cirkels in het motion quartet hierdoor beïnvloed wordt.

In verscheidende literatuur staat vermeld dat het huidige percept sterk beïnvloed wordt door het voorgaande percept (Leopold, Wilke & Logothetis, 2002; Maloney, Dal Martello, Sahm & Spillmann, 2005; Pearson & Clifford, 2007). Dit verschijnsel is ook van toepassing op dit onderzoek. In gemiddeld 88.0% (SD=13.6) van alle trials is dezelfde bewegingsrichting waargenomen als de voorgaande trial. Mogelijk was, door dit verschijnsel, de vorige de vorige analyse, die over alle trials ging waarin subjectief werd aangegeven dat de visuele paden niet waren gezien, niet sensitief genoeg om de invloed van de experimentele manipulatie te achterhalen. Om deze reden wordt nu enkel gekeken naar de trials waarin de bewegingsrichting van cirkels van het motion quartet verschilde van de trial ervoor, dus de trials waarin invloed van de experimentele manipulatie wel te achterhalen is. Over deze trials waarin een wisseling van bewegingsrichting plaatsvond ten opzichte van de vorige trial is getoetst of de gewisselde waargenomen bewegingsrichting vaker dan kans in lijn was met de oriëntatie van de visuele paden. Echter als enkel naar deze trials wordt gekeken is er significant verschil in de score voor congruente (M=39.0%, SD=0.12) en incongruente responses; one-sample t-test tegen 50% $t(11) = -2.25$, $p < 0.05$. Dit houdt dus in dat participanten, in trials die van bewegingsrichting verschilde van de vorige trial, vaker een incongruente respons gaven dan een congruente respons. Hierbij is er dus een tegengestelde invloed, wat inhoudt dat de onderdrukte visuele paden ervoor zorgen dat het percept van de bewegingsrichting van de cirkels in het motion quartet tegengesteld is aan de oriëntatie van de visuele paden.

## 4. Discussie

In het experiment is onderzocht in hoeverre een onbewust aangeboden visuele context, de waargenomen bewegingsrichting van een bewust aangeboden visueel object beïnvloedt. Aan het dominante oog werd het motion quartet gepresenteerd, waarna werd gekeken of een onderdrukte statische stimuli effect heeft op de ervaren bewegingsrichting. De resultaten laten zien dat perceptie van de bewegingsrichting van de cirkels in het motion quartet nauwelijks wordt beïnvloed door de onderdrukte afbeelding als wordt gekeken naar alle trials waarin subjectief werd aangegeven dat de visuele paden niet waren gezien. Echter als enkel wordt gekeken naar de trials waar een andere bewegingsrichting werd waargenomen dan de trial ervoor bestaat er een tegengestelde relatie tussen de onderdrukte stimuli en het bewuste percept. Hiermee wordt bedoeld dat de bewegingsrichting van de cirkels in het motion quartet significant incongruent was met de oriëntatie van de visuele paden. Deze resultaten suggereren dus dat de bewegingsrichting zelf, onafhankelijk is van een onbewust statisch object, maar dat een wisseling van bewegingsrichting tegengesteld beïnvloed wordt door ditzelfde onbewuste statische object. Hieruit valt dus af te leiden dat onbewust waargenomen informatie –op zichzelf- niet uitvoerig genoeg wordt verwerkt om de bewuste waarneming van een andere stimuluseigenschap te beïnvloeden. Dit betekent dus het onbewustzijn niet sterk genoeg is om informatie van twee verschillende modaliteiten te integreren.

De bevinding dat het onbewustzijn niet (of nauwelijks) beschikt over de kwaliteit om informatie van twee verschillende modaliteiten te integreren, ligt in lijn met eerdere suggesties gebaseerd op bewustzijn (Palmer & Ramsey, 2012). Zij stelde namelijk een fundamenteel principe met betrekking tot de functie van bewustzijn in integratie: cross-modale effecten kunnen optreden in de afwezigheid van bewustzijn, maar de beïnvloedende modaliteit moet bewust worden waargenomen om informatie over te geven aan de andere modaliteit. Dus, de visuele paden kunnen nauwelijks invloed uitoefenen op de perceptie van de punten in het motion quartet, omdat ze niet bewust werden waargenomen.

Een mogelijke verklaring voor de resultaten is de sterkte van de onderdrukking. Volgens Dieter, Melnick en Tadin (2015) is een onderdrukte stimulus ‘minder’ onderdrukt aan het eind van een trial. Pas als de onderdrukking minder sterk is, is de competitie voor bewustzijn tussen onderdrukte en bewuste stimuli, vatbaar experimentele manipulatie. Dit houdt in dat de mate van suppressie zwakker moet zijn, wil het invloed kunnen uitoefenen op de bewuste waarneming. Echter duurt het volgens Dieter et al. (2015) minimaal twee seconden, voordat dit effect optreedt. In dit onderzoek duurde elke trial echter exact twee seconden. Dit houdt dus in dat dit effect nog niet heeft kunnen optreden, waardoor de onderdrukte visuele paden nog geen invloed konden hebben op de bewust waargenomen bewegingsrichting van de punten in het motion quartet. Het verschijnsel dat onbewuste stimuli pas invloed kunnen hebben op de bewuste waarneming als er een zwakkere maat van suppressie is, wordt bevestigd door het onderzoek van Gelbard-Sagiv, Faivre, Mudrik en Koch (2016). Zij stelde namelijk dat de onderdrukte stimuli geen effect had op de bewuste waarneming, als de waarnemers geen bewuste

waarneming hadden van een kenmerk van de onderdrukte stimuli. Maar zodra een kenmerk van de onderdrukte stimuli bewust werd waargenomen, stelde zij dat de verwerking van de onderdrukte stimuli werd ingeschakeld. Ook dit houdt in dat een mindere mate van suppressie kan leiden tot de verwerking van de onderdrukte stimuli, waardoor de onderdrukte visuele paden een invloed kunnen uitoefenen op het bewuste percept. Dus wellicht was de suppressie in dit onderzoek te sterk om de onbewuste informatie te kunnen integreren.

Een andere mogelijke verklaring voor de resultaten van het experiment is perceptuele geschiedenis. Dat wil zeggen, dat wanneer waarnemers een stimulus gepresenteerd krijgen die ze eerder hebben gezien, ze vaak direct dezelfde interpretatie waarnemen als daarvoor. Dit kan leiden tot lange periodes van perceptuele stabilisatie als een ambigue stimulus periodiek wordt verwijderd van het zicht en hetzelfde percept keer op keer wordt waargenomen (Leopold, Wilke & Logothetis, 2002; Maloney, Dal Martello, Sahm & Spillmann, 2005; Pearson & Clifford, 2007). In het huidige experiment is dit verschijnsel ook vastgesteld. In gemiddeld 88.0% (SD=13.6) van alle trials is dezelfde bewegingsrichting waargenomen als in de trial ervoor. Dit houdt in dat het geschiedenis effect een grote rol speelde in de perceptie van de bewegingsrichting van de punten in het motion quartet. Om deze reden is ook gekeken naar de trials waarbij het percept van de bewegingsrichting verschilde van het vorige percept, omdat op deze trials het effect van de onbewuste visuele paden op de bewuste waarneming van de bewegingsrichting bestudeerd kan worden, los van het perceptuele geschiedenis effect. Zoals hierboven benoemd is er op deze trials een tegengestelde invloed van de visuele paden op de bewegingsrichting van de cirkels in het motion quartet. Achteraf gezien kan dit verschijnsel verklaard worden aan de hand van 'predictive coding': Een theorie die stelt dat neurale activiteit het verschil tussen het voorspelde en het inkomende signaal reflecteert, waarbij een lagere activiteit wordt gemeten wanneer een inkomend signaal overeenkomt met de verwachting (Friston, 2005). Dit houdt dus in dat er een sterkere verwerking plaatsvindt met informatie die incongruent is aan de verwachting, ook wel een 'prediction error' genoemd. Als we dit relateren aan tegengestelde invloed van de visuele paden op de bewegingsrichting van de cirkels van het motion quartet, wordt al snel duidelijk waarom dit effect optreedt. Het brein krijgt zowel input van de visuele paden (onbewust) als van de bewegingsrichting. Van de bewegingsrichting zijn er twee interpretaties, ofwel verticaal ofwel horizontaal. Echter is één van deze bewegingsrichtingen incongruent aan de oriëntatie van de visuele paden en dus ook aan de verwachting. Hierdoor wordt men zich dus bewust van de incongruente bewegingsrichting ten opzichte van de oriëntatie van de visuele paden. Deze bevinding ligt ook in lijn met de bevindingen van Mudrik, Breska, Lamy en Deouell (2011) die stelde dat incongruente informatie eerder bewust werd waargenomen dan congruente informatie. Aan de hand van deze twee bevindingen is de tegengestelde invloed van de visuele paden op de bewegingsrichting van de cirkels in het motion quartet goed te verklaren.

Voor vervolgonderzoek kan gekeken worden of de bovengenoemde effecten, het geschiedeniseffect en te sterke suppressie, van invloed zijn op het verkregen resultaat. Voornamelijk het

geschiedeniseffect moet verminderd worden wil er genoeg data verkregen worden om een significant effect te vinden van de invloed van het onbewuste op het bewuste percept. Daarnaast moet er in een volgend onderzoek gebruik worden gemaakt van eye-tracking. Dit heeft als voordeel dat enkel kan worden gekeken naar de trials waarin de waarnemers zich fixeerde op het fixatiekruis. Het kan namelijk zo zijn dat de waarnemers saccades maken in de richting van de waargenomen bewegingsrichting van de punten in het motion quartet. Dit zou kunnen leiden tot een lange periode van perceptuele stabilisatie, wat net als bij het perceptuele geschiedenis effect, voorkomen dient te worden (Kohler, Haddad, Singer & Muckli, 2008).

Het huidige onderzoek werpt nieuw licht op de verwerking van onbewuste stimuli. In tegenstelling tot eerdere studies waar een significant effect werd gevonden voor de beïnvloeding van het onbewuste percept op de bewuste waarneming bij stimuli met vergelijkbare eigenschappen, laten de resultaten zien dat tijdens binoculaire rivaliteit de bewust waargenomen dynamische stimuli niet wordt beïnvloed door het onderdrukte statische percept bij stimuli met verschillende eigenschappen. Dit zou kunnen dienen als een volgende stap richting een meer gedetailleerd overzicht tussen de relatie van het onbewuste en bewuste.

## Referenties

Andrews, T. J., & Blakemore, C. (2002). Integration of motion information during binocular rivalry. Vision Research, 42, 301–309.

Billings, M. L. (1914). The duration of attention. *Psychological Review*, *21*(2), 121.

Blake, R., & Camisa, J. (1979). On the inhibitory nature of binocular rivalry suppression. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *5*(2), 315.

Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. Spatial Vision, 10, 433–436.

Carmel, D., Arcaro, M., Kastner, S., & Hasson, U. (2010). How to create and use binocular rivalry. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (45), e2030-e2030.

Damasio, A. (2010). *Self comes to mind: Constructing the conscious brain*. Vintage.

Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual review of neuroscience*, *18*(1), 193-222.

Dieter, K. C., Melnick, M. D., & Tadin, D. (2015). When can attention influence binocular rivalry?. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *77*(6), 1908-1918.

Friston, K. (2005). A theory of cortical responses. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *360*(1456), 815-836.

Gelbard-Sagiv, H., Faivre, N., Mudrik, L., & Koch, C. (2016). Low-level awareness accompanies "unconscious" high-level processing during continuous flash suppression. *Journal of vision*, *16*(1), 3-3.

Hoeth, F. (1968). Favored directions in stroboscopic alternative movements. *Psychologische Beitrage*.

Itti, L., & Koch, C. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature reviews neuroscience*, *2*(3), 194-203.

Koch, C., & Ullman, S. (1987). Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry. In *Matters of intelligence* (pp. 115-141). Springer Netherlands.

Kohler, A., Haddad, L., Singer, W., & Muckli, L. (2008). Deciding what to see: The role of intention and attention in the perception of apparent motion. *Vision research*, *48*(8), 1096-1106.

Leopold, D. A., Wilke, M., Maier, A., & Logothetis, N. K. (2002). Stable perception of visually ambiguous patterns. *Nature neuroscience*, *5*(6), 605-609.

Logothetis, N. K., Leopold, D. A., & Sheinberg, D. L. (1996). What is rivalling during binocular rivalry?. *Nature*, *380*(6575), 621.

Maloney, L. T., Dal Martello, M. F., Sahm, C., & Spillmann, L. (2005). Past trials influence perception of ambiguous motion quartets through pattern completion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *102*(8), 3164-3169.

Mudrik, L., Breska, A., Lamy, D., & Deouell, L. Y. (2011). Integration without awareness: expanding the limits of unconscious processing. *Psychological Science*, *22*(6), 764-770.

Palmer, T. D., & Ramsey, A. K. (2012). The function of consciousness in multisensory integration. *Cognition*, *125*(3), 353-364.

Pearson, J., & Clifford, C. W. (2005). Mechanisms selectively engaged in rivalry: normal vision habituates, rivalrous vision primes. *Vision research*, *45*(6), 707-714.

Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. Spatial Vision, 10, 437–442.

Ramachandran, V. S., & Anstis, S. M. (1983). Perceptual organization in moving patterns. *Nature*.

Roget, P. M. (1825). Explanation of an optical deception in the appearance of the spokes of a wheel seen through vertical apertures. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, *115*, 131-140.

Rothkirch, M., Madipakkam, A. R., Rehn, E., & Sterzer, P. (2015). Making eye contact without awareness. *Cognition*, *143*, 108-114.

Sterzer, P., & Kleinschmidt, A. (2005). A neural signature of colour and luminance correspondence in bistable apparent motion. European Journal of Neuroscience, 21, 3097–3106.

Stuit, S. M., Paffen, C. L., van der Smagt, M. J., & Verstraten, F. A. (2011). Suppressed images selectively affect the dominant percept during binocular rivalry. *Journal of Vision*, *11*(10), 7-7.

Treisman, A.M. (1962). Binocular rivalry and stereoscopic depth perception. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *14*(1), 23-37.

Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive psychology*, *12*(1), 97-136.

Tsuchiya, N., & Koch, C. (2005). Continuous flash suppression reduces negative afterimages. *Nature neuroscience*, *8*(8), 1096.

Westendorf, D. H. (1989). Binocular rivalry and dichoptic masking: Suppressed stimuli do not mask stimuli in a dominating eye. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*(3), 485.

Wolfe, J. M. (1984). Reversing ocular dominance and suppression in a single flash. *Vision research*, *24*(5), 471-478.

Wilke, M., Logothetis, N. K., & Leopold, D. A. (2003). Generalized flash suppression of salient visual targets. *Neuron*, *39*(6), 1043-1052.