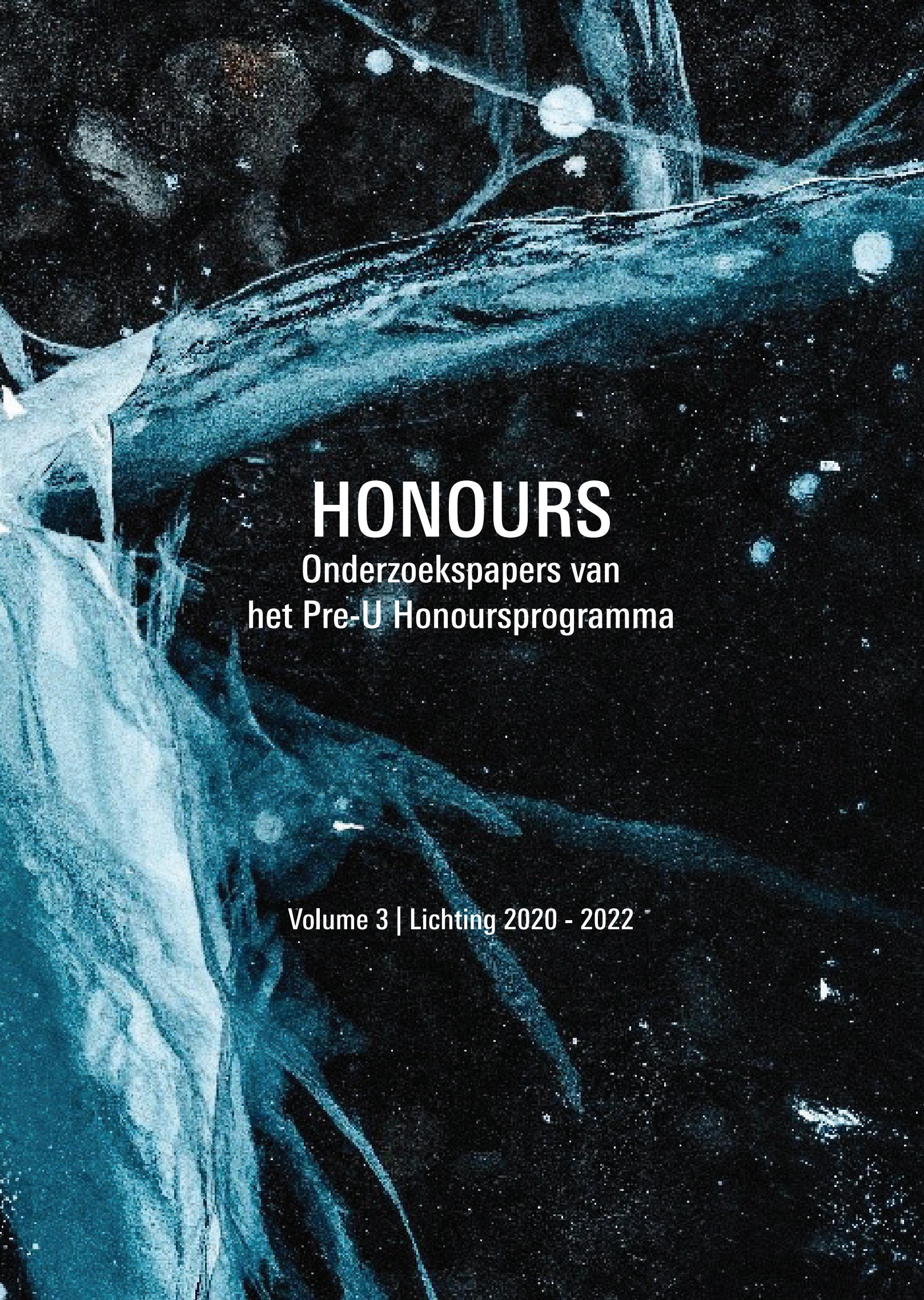




HONOURS

Onderzoekspapers van
het Pre-U Honoursprogramma

Volume 3 | Lichting 2020 - 2022

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

Pre-University

Inhoudsopgave

TECHNOLOGIE	B.B. Thio, L.E.M. Janssen et al. “Effectiviteit van Praktische en Tekstuele Leervorm bij Kwantummechanica voor VWO-eindexamenleerlingen”	4
	L. Huirne, A. Mulder et al. “Ontwerp van een ‘Spatial Psychovisual Modulation’-toepassing voor het gelijktijdig weergeven van twee beelden op een scherm”	19
	W. Platter, L.W. van Dam et al. “Een onderzoeksvoorstel om zonnepanelen mee te laten draaien met de zon voor een hogere energieopbrengst door een mathematisch model”	26
NATUURWETENSCHAP	A. ten Dam, F. Mitrou et al. “Verschil in kortetermijngeheugen tussen ochtend- en avond-mensen”	32
	H.J.M. Haverkort, I.T. van Dijk et al. “De korte termijn effecten van magnesium op stress symptomen bij jongeren van 15-17 jaar”	38
	L. Prinsen, M. Todorovska et al. “The influence of lip movements on the speech perception of CI-users”	45
	M. Alfares, H. Bijleveld, J. Sanders et al. “De invloed van computerlicht op het concentratievermogen bij Vwo-leerlingen van 16 tot en met 18 jaar”	51
	S.A. Sepoyan, F.J. Leferink et al. “Een vergelijking van de effecten van cafeïne op de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson in de mens ten opzichte van dierlijke modellen”	59
	S.H.C. Asselman, J. Vos et al. “De invloed van het aantal BPM van muziek op de hartslag, ademhalingsfrequentie en bloeddruk van leerlingen uit 6VWO”	67
GEDRAG	J. Lagerweij, J.J.C. Hesselink, C.M. Donderwinkel et al. “De invloed van actieve, auditieve afleiding op de tijd dat acute pijn weerstaan kan worden bij jongeren”	77
	R.S. Dijkstra, M.L. Eggink et al. “Invloed van mobiel telefoongebruik op het gevoel van uitgerust zijn bij kinderen van 9 tot 12 jaar”	86
MAATSCHAPPIJ	C. Hergink, C. Wijering et al. “Rechtvaardigheid van het beslismodel van World Athletics betreffende de testosteronconcentratie limiet gebruikt voor classificatie bij de vrouwenatletiek”	95
	E. A. Groote Stroek, T.R. Koehorst, L.E. Witteveen et al. “Dutch VWO adolescents’ opinions towards a Male contraceptive pill”	104

Voorwoord

Achter de schermen geven we elke lichting van het Honoursprogramma de naam van een dier. Dat praat makkelijk en blijkt minder verwarrend te zijn dan ‘lichting 20-22’. Dit journal is het verzamelde werk van lichting Wasbeer. Ik zal in het midden laten of het toeval is dat de Engelse benaming ‘Racoon’ een anagram is voor Corona, het gezichtje van een wasbeer gekenmerkt wordt door een maskertje en wasberen een dagtaak lijken te hebben aan het wassen van hun handjes. Als totem symboliseert de wasbeer nieuwsgierigheid, vindingrijkheid, intelligentie en aanpassingsvermogen.

Ik kan mij nog goed herinneren hoeveel wasberen ik heb gezien toen ik gastonderzoeker was aan Stanford University in Californië. In de stad – Palo Alto – was het een wedloop tussen mens en wasbeer om etensresten in het afval te beschermen tegen de vindingrijkheid en volharding van de hongerige diertjes. De wasbeer won altijd. Buiten de stad in de nationale parken was het een harmonieuzer beeld. Rond schemer kwamen de wasberen uit de bomen naar de campings en terrassen, vermaakten en verwonderden ze mensen met hun vrolijke nieuwsgierigheid en slaagden ze er altijd in daar wat eten voor terug te krijgen.

De Honoursleerlingen van deze lichting hebben zich waardige wasberen getoond. Er was aanpassingsvermogen en vindingrijkheid nodig om met alle beperkingen door het Coronavirus toch samen het maximale uit anderhalf jaar Honoursprogramma te halen. Om daarbij onvermoeibaar optimistisch en vrolijk te blijven. Dit journal laat zien hoe goed dat gelukt is. Een bundel van de resultaten van de Pre-bachelor thesis onderzoeken die ze samen uitgevoerd en beschreven hebben, met en door elkaar van peer review voorzien. Drie jaar terug geloofde niemand dat middelbare scholieren in intensieve samenwerkingen buiten hun eigen school in staat zijn een bondig, wetenschappelijk paper te schrijven van hun eigen onderzoeken. De derde editie van dit journal laat voor de derde keer het tegendeel zien.

Er is geen lichting geweest die ik de feestelijke, gezamenlijke diploma-uitreiking met presentaties van de onderzoeksresultaten zo gegund heb als deze. En het kan weer, het mag weer! Optimisme, vindingrijkheid, aanpassingsvermogen en nieuwsgierigheid worden uiteindelijk altijd beloond. Dat leerde ik in Californië al van de wasbeer, die in elke situatie altijd wist te krijgen waar hij voor kwam.

Sander Wenderich
Projectleider Pre-U Honoursprogramma

Colofon

Dit is een bundel van de papers die geschreven zijn door de studenten van het Pre-U Honoursprogramma, lichting 2020-2022. In het tweede jaar van het programma voerden zij in tweetallen (en soms drietallen) zelfstandig een onderzoek uit om een eigen onderzoeksvraag te beantwoorden. Daarover schreven zij een paper, dat gepeerreviewed is door medestudenten, UT-studenten en docenten van het Honoursprogramma. De ontvangen feedback is verwerkt en het eindresultaat is in deze bundel te lezen.

Jaar: 2022
Oplage: 90 stuks

Vormgeving:
Vera Jansen

Druk- en bindwerk:
Gildeprint, Enschede

Effectiviteit van Praktische en Tekstuele Leervorm bij Kwantummechanica voor VWO-eindexamenleerlingen

B.B. Thio¹, L.E.M. Janssen², J. van Mil³, E.M. Meijer³, B. Berendsen², H. Kok¹

¹Het Stedelijk Lyceum, Kottenpark, Enschede

²Bonhoeffer College, Bruggertstraat, Enschede

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Over the past decades there have been major changes in the syllabus for physics at secondary schools, resulting in high school teachers sometimes having difficulty explaining complex theories to their students. The goal of this research is to analyze two forms of education and determine which form could most improve students' understanding of challenging physics theories. This was done by conducting two different experiments in a test group and a control group. The two education forms which have been compared are a textual explanation and a hands-on, physical based practicum. After having learned the new physics theories about the Uncertainty Principle of Heisenberg the test-subjects were given VWO exam level questions to ascertain how well the education systems worked. Although the results did not show the hands-on practicum to be more effective compared to the textual explanation, it did show unequivocally that a practicum is as effective as a textual explanation.

Inleiding

Sinds 2013/2014 is het examenprogramma voor natuurkunde voor het eindexamen gewijzigd. Een nieuw stukje theorie dat erbij is gekomen gaat over de kwantummechanica [1,2]. Het natuurkunde centraal eindexamen wordt door bijna de helft van de leerlingen als moeilijk of te moeilijk beschouwd [1]. Waarschijnlijk wordt ook dit deel van de natuurkunde in het natuurkunde centraal examen als lastig beschouwd. Het onderzoek is gericht op een specifiek onderdeel van de kwantummechanica die ook in de syllabus voorkomt. Het gaat om het onzekerheidsprincipe van Heisenberg. Deze theorie kan gebruikt worden bij het enkelspleetexperiment om een kwantummechanische, in plaats van klassieke, uitleg voor de buiging van monochromatisch licht bij een spleet te geven, behouden dat het licht beschouwd wordt als fotonen. Een andere situatie waarbij de relatie nog meer aanbod komt, is bij de golfeigenschappen van materiedeeltjes. Wanneer de toestandsfunctie van een materiedeeltje bekend is, kunnen er namelijk uitspraken gedaan worden over de waarschijnlijkheid van de plaats van het deeltje. Bij het interfereren van een materiegolf met andere materiegolven speelt het onzekerheidsprincipe van Heisenberg dan ook weer een rol.

De theoretische werking van het enkelspleetexperiment

Er werd per slot van rekening gezegd dat er voor de buiging, buiten de kwantummechanische benadering, ook een klassieke uitleg was. Voor deze verklaring van het fenomeen wordt het golfmodel van Huygens toegepast. Huygens stelde dat licht bestaat uit trillingen die zich zeer snel voortplanten. Licht zou dan een golfverschijnsel zijn, net als geluid. Met dit golfmodel is de buiging van het licht goed te verklaren. Het laserlicht komt als vlakke golven de spleet binnen. In de spleet ontstaan dan allerlei puntbronnen van de vlakke golf. Die puntbronnen produceren nu allemaal eigen golven. Zo zie is te zien dat voorbij de spleet dus buiging (diffractie) van het licht is ontstaan. Zie figuur 1 waarbij nu de puntbronnen te zien zijn die zorgen voor een interferentiepatroon op het projectiescherm. Het is belangrijk om te beseffen dat bij het enkelspleetexperiment, waarbij de spleet uiterst smal staat, volledige buiging van het licht optreedt. Er ontstaat dus eigenlijk geen interferentiepatroon met maxima en minima. Dat komt omdat de breedte van de spleet zo veel kleiner is

gemaakt dan de golflengte van het laserlicht.

In het specifieke geval van dit enkelspleetexperiment treedt dus volledige buiging op en is er geen interferentiepatroon. Deze buiging kan ook op een andere manier verklaard worden, daarvoor maken we gebruik van het deeltjesmodel van licht. In deze benadering beschouwen we het licht niet als golven maar als enkele deeltjes, fotonen. Licht heeft namelijk zowel golfeigenschappen als deeltjesachtige eigenschappen. Dit wordt de golf-deeltjesdualiteit genoemd.

Wat gebeurt er dan op deeltjesniveau? Wanneer een bundel monochromatisch licht op een nauwe spleet komt te vallen, dan ontstaat er een buigingspatroon (het uitwiden van het laserlicht). De fotonen die niet rechtdoor gaan, hebben nog steeds dezelfde snelheid. Doordat ze niet meer alleen rechtdoor gaan, hebben ze een component van de snelheid in de x- richting gekregen. Zie figuur 2.

De theoretische werking van het onzekerheidsprincipe van Heisenberg

Begin 20e eeuw ontstond er in de natuurkunde wereld een nieuwe wetenschapsrichting, namelijk de kwantummechanica. Deze natuurkundige theorie beschrijft het gedrag van materie en energie met interacties van kwanta op atomaire en subatomaire schaal. Een van de gebieden waar de kwantummechanica een rol bij speelt is bij het enkelspleetexperiment. Bij dit experiment komt het onzekerheidsprincipe van Heisenberg aan de orde. Dit enkelspleetexperiment bestaat uit de volgende materialen/onderdelen waarmee het onzekerheidsprincipe aangetoond kan worden: een laser (een bundel monochromatisch licht), een spleet en een projectiescherm.

Opstelling

In de opstelling wordt een laser horizontaal neergelegd en gericht op een verticale spleet (slide). Achter de laser en de spleet staat het projectiescherm. De spleet is verstelbaar en kan dus bepalen hoeveel laserlicht wordt doorgelaten. Deze spleet is ook zeer precies in te stellen en kan met een draaiknop de spleetbreedte in honderdste millimeters bepalen. Het doorgelaten laserlicht komt dan uiteindelijk op het projectiescherm terecht. Zie figuur 3.

Met dit onderzoek wordt er gekeken naar twee onderwijsmethodes waarmee het onzekerheidsprincipe

van Heisenberg aan eindexamenleerlingen kan worden onderwezen: een tekstuele vorm versus een praktische visuele vorm.

Didactisch gezien is het verschil in prestatie tussen een tekstuele en praktische leervorm een zeer interessant en gedebatteerd vraagstuk. Vaak wordt gesteld dat het aanpassen van de leervorm aan een aangeboren voorkeur van de leerling zou moeten leiden tot een verbetering van de prestaties van die leerling. Echter, wetenschappelijk bewijs hiervoor is nooit gevonden[2]. Belangrijk is de distinctie tussen leervaardigheden en leervormen. Leervaardigheden zijn de capaciteiten van een bepaalde leerling om informatie op te nemen. Hieronder valt bijvoorbeeld het IQ. De invloed van leervaardigheden van een leerling op de prestatie is algemeen geaccepteerd. Leervormen, daarentegen, betreffen de manier waarop een leerling het beste informatie zouden opnemen. De distinctie is dus dat leervaardigheden betrekking hebben op hoe goed een leerling leert, terwijl leervormen betrekking hebben op hoe een leerling het best zou leren. Er is geen wetenschappelijk bewijs dat individuele leerlingen beter presteren als de leervorm, van bepaalde te worden overgedragen informatie, wordt aangepast aan een (1) individuele en (2) type informatie onafhankelijke, waarmee bedoeld wordt onverschillig of het bijvoorbeeld instructies over wiskunde of kunst moet overbrengen, leervorm van die leerling[3].

Ondanks het feit dat er geen bewijs is voor het toepassen van geïndividualiseerde leervormen, wordt het benutten hiervan toch beschouwd als wetenschappelijk onderbouwd door de meeste onderwijzers[4]. Toch moet de afkeuring van leervormen genuanceerd worden; hoewel er geen wetenschappelijke onderbouwing bestaat voor het toepassen van individuele en type informatie onafhankelijke leervormen, is er wel een algemene consensus dat bepaalde typen informatie beter kunnen worden overgebracht in bepaalde leervormen. Bijvoorbeeld, het beter toepasbaar zijn van een auditieve leervorm bij het leren van een muziekstuk in plaats van een puur visuele leervorm is onmiskenbaar[2].

Hieruit wordt het dus duidelijk dat het aanpassen van de type leervorm aan het soort informatie dat overgedragen moet worden een positieve invloed zou kunnen hebben op de prestatie van de leerlingen. Het is echter niet altijd evident wat het beste type leervorm per onderwerp is. In dit onderzoek wordt er gekeken naar wat de betere leervorm is voor uitleggen van het onzekerheidsprincipe van Heisenberg: tekstueel of praktisch. Om erachter te komen welk van beide beter toepasbaar is in deze specifieke situatie, moet de volgende hoofdvraag beantwoord worden: Kunnen 6 VWO natuurkunde leerlingen het onzekerheidsprincipe van Heisenberg, in het kader van het enkelspleetexperiment, beter toepassen op toetsvragen met de onderwijsvorm van een practicumopstelling met een handleiding of een tekstuele uitleg over dat experiment?

Hypothese

Er wordt gehypothetiseerd dat 6 VWO natuurkunde leerlingen het onzekerheidsprincipe van Heisenberg, in het kader van het enkelspleetexperiment, aanzienlijk beter zullen toepassen op toetsvragen met de onderwijsvorm van een practicumopstelling met een handleiding dan een tekstuele uitleg over dat experiment.

Materiaal

Algemene toelichting

Om dit onderzoek uit te voeren werd er besloten gebruik te maken van empirische experimenten. Dit is omdat de onderzoekers hier een persoonlijke voorkeur voor hadden en omdat de onderzoekers graag met exacte kwantitatieve data wilden werken. De methodologie is als volgt uit te leggen: om erachter te komen welke onderwijsvorm effectiever is voor 6 VWO leerlingen, werd er besloten om die leerlingen het experiment zelf als testpersonen uit te laten voeren. Er werden twee groepen gemaakt om daarvan de data tegen elkaar af te zetten. Groep een is de controlegroep en groep twee de testgroep. De testpersonen in de controlegroep kregen als controlemiddel voor het onderzoek een tekstuele uitleg over het enkelspleetexperiment en hoe daarvan het onzekerheidsprincipe van Heisenberg af kan worden geleid. Daarna volgde een testvragen-blad met een aantal vwo “examenvragen” die de leerlingen moesten toetsen op hun opgedane vaardigheden in het toepassen van de theorie. De testpersonen in de testgroep voerden het practicum uit over het enkelspleetexperiment. Aan de hand van het enkelspleetexperiment en een practicumvoorschrift leerden de testpersonen over het onzekerheidsprincipe. Dit principe werd dus anders dan van de tekstuele vorm, juist op een praktische wijze afgeleid. Hierna volgde ook voor deze groep hetzelfde testvragen-blad waarvan weer dezelfde variabelen gescoord en bijgehouden werden.

Toelichting op de tekstuele uitleg (bijlage A)

Deze uitleg is voor een zeer groot deel gebaseerd op de uitleg die gegeven werd in hoofdstuk 13 paragraaf 5 van het boek: Systematische Natuurkunde [6]. Om fouten en onduidelijkheden uit deze uitleg te halen werden er een aantal proef tests gedaan, voor het afnemen van de echte proef. Daaruit bleek dat er nodige toevoegingen en verklaringen moesten komen voor bepaalde delen van de oorspronkelijke uitleg. Die zijn dan ook toegevoegd. Om de controlegroep te testen zijn de volgende materialen nodig: (1) het tekstdocument dat opgesteld is voor de tekstuele onderwijsvorm (bijlage A), (2) de testvragen (bijlage C) op een apart blad en (3) een uitwerkpapier. Wat erg handig aan deze methode van testen is dat er in een keer veel tests tegelijkertijd afgenomen kunnen worden. Dit is uiteindelijk ook gedaan; meer informatie hierover volgt in de Resultaten.

Toelichting op het practicumvoorschrift (bijlage B)

Het practicumvoorschrift is door de onderzoekers zelf opgesteld en voor een deel geïnspireerd door een gelijksoortig practicumvoorschrift voor een ander enkelspleetexperiment [7]. Hierin is zo helder mogelijk de benodigde stappen voor een succesvol verloop van het practicum uiteengezet. Er zijn verscheidene proef-testrondes geweest en, aan de hand van de uitkomsten daarvan, zijn er achteraf aanpassingen aangebracht aan het practicumvoorschrift, opdat het voor elke leerling mogelijk zou moeten zijn om het practicum succesvol uit te voeren.

De uitvoering van deze proef-testrondes kwam neer op: de praktische handelingen van het practicumvoorschrift, d.w.z. het verstellen van de enkelspleet, zodat het uitgevoerd kan worden door een individu zonder enige natuurkundige kennis; en verder ook een 6 VWO leerling met natuurkunde het practicum laten uitvoeren aan de hand van het practicumvoorschrift. Het eerste genoemde punt heeft als doel met zekerheid vaststellen

dat de praktische uitvoering van het practicum voor iedere leerling mogelijk zou moeten zijn. Immers, als iemand zonder natuurkundige kennis de praktische handelingen kan volbrengen, zou het mogelijk moeten kunnen zijn voor iedere leerling. Het tweede punt is om ervoor te zorgen dat er geen inhoudelijke fouten in het voorschrift zitten.

Toelichting op de praktische onderwijsvorm

De primaire bedoeling die achter de praktische onderwijsvorm ligt, is dat de testpersonen door middel van het practicum en het practicumvoorschrift het onzekerheidsprincipe van Heisenberg zullen gaan afleiden. De wijze waarop dit is gedaan is te zien in de bijlagen (bijlage B) waarin het practicumvoorschrift is toegevoegd. Het belangrijkste stuk waar dan opgelet moet worden is deel 4. Daarin staat stap voor stap omschreven hoe een testpersoon van de testgroep het onzekerheidsprincipe van Heisenberg zal afleiden.

Op een testdag van de praktische onderwijsvorm zijn de volgende benodigdheden nodig voor het uitvoeren: de laser, het enkelspleet apparaat, een liniaal, het practicumvoorschrift dat hoort bij de praktische onderwijsvorm (bijlage B), de testvragen (bijlage C) en een uitwerkingblad.

Toelichting op de testvragen

Er werd gekozen om testvragen te gebruiken als middel om kwantitatief te onderzoeken welke groep beter zou scoren. Deze examenvragen stonden allemaal centraal rond de natuurkundige theorie over het onzekerheidsprincipe van Heisenberg dat ook in de syllabus staat voor het VWO eindexamen natuurkunde. Er werd gekozen om vijf verschillende vragen te stellen, waarvan er vier direct komen uit oud-eindexamens en een vraag uit het boek: Systematische Natuurkunde. Deze vragen werden uiteindelijk beoordeeld door middel van de bijbehorende correctievoorschriften die van het eindexamen kwam en van het boek. De vragen van het testvragenblad zijn te vinden bij (bijlage C). Verder hebben de onderzoekers zelf een correctievoorschrift en puntentelling voor de vraag uit het boek Systematische Natuurkunde opgesteld.

Toelichting onzekerheidsprincipe van Heisenberg.

Volgens de kwantumtheorie kun van een bewegend deeltje niet tegelijkertijd de plaats en de impuls met oneindige zekerheid aangeven. Als de één zekerder (meer vastgesteld) wordt, wordt de ander onzekerder. Het onzekerheidsprincipe van Heisenberg geeft een verband tussen de onzekerheid van plaats en impuls:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \quad \text{Formule 1}$$

Δx is de onbepaaldheid of onzekerheid in de plaats in m .

Δp is de onbepaaldheid of onzekerheid in de impuls in $kgms^{-1}$.

h is de constante van Planck in Js .

Met dit onzekerheidsprincipe hierboven (formule 1) is het dus mogelijk om het buigingsfenomeen uit te leggen dat optreedt wanneer een laser door een smalle spleet gaat.

Methode

Algemene overwegingen bij de methodiek

Het doel van dit onderzoek was te achterhalen of een practicum over het onzekerheidsprincipe in de vorm van een enkelspleetexperiment effectiever als onderwijsvorm voor 6 VWO leerlingen zou functioneren dan bijvoorbeeld een natuurkunde boek.

Om hier een antwoord op te kunnen vormen moesten er twee

groepen tegen elkaar afgezet kunnen worden, om uiteindelijk te zien of de ene groep beter dan de ander zou presteren. Vanuit het principe van empirisch onderzoek werd er dus besloten dat er behoefte was naar kwantitatieve data. De wijze waarop besloten werd om dat te verkrijgen was door gebruik te maken van oud-VWO-examenvragen en een vraag uit het boek Systematische Natuurkunde. Deze vragen waren namelijk goedgekeurd voor de natuurkundige theorie waarop uiteindelijk ook examenkandidaten op getoetst worden. Het tweede voordeel dat deze examenvragen boden was een al bestaand correctievoorschrift waarmee kwantitatieve scores gebonden konden worden aan deze vragen, behoudens bij de vraag uit het boek Systematische Natuurkunde, waarbij de onderzoekers zelf een correctievoorschrift hebben moeten opstellen.

Stapsgewijs worden de stappen nu uitgelegd en doorlopen die een rol spelen bij het testen van zowel de controlegroep als de testgroep.

De stappen van de controlegroep

De testpersoon beantwoordt eerst een aantal algemene vragen die van belang zijn voor de eisen die opgesteld zijn voor de testgroepen (dit zijn onder andere gemiddelde cijfer en voorkennis over het onzekerheidsprincipe van Heisenberg). Deze vragen staan ook op het tekstdocument. Daarna heeft de testpersoon de gelegenheid om het natuurkundige verhaal dat in het tekstdocument staat te lezen en tot zich in laten werken. Zodra de testpersoon aangegeven heeft klaar te zijn haalt de aanwezige onderzoeker het papier op en geeft de testvragen aan de testpersoon.

De testpersoon mag gebruik maken van al het schrijfgerei dat nodig is; ook zijn een rekenmachine en BINAS toegestaan. Wanneer de testpersoon de testvragen gemaakt heeft blijft er aan het einde nog een ruimte om wat feedback te geven over de testvragen of de tekstdocumenten.

De stappen van de testgroep

Het testen van de testgroep gaat gedeeltelijk anders dan de controlegroep, maar is op sommige gebieden hetzelfde. De testpersoon begint wederom met dezelfde algemene vragen (die staan in bijlage B), daarna voert de testpersoon de experimenten uit met het enkelspleetpracticum die omschreven staan in het practicumvoorschrift (de handleiding om eerst correct met de apparatuur overweg te kunnen, om vervolgens het onzekerheidsprincipe van Heisenberg af te leiden). Zodra alle stappen uitgevoerd zijn en de testpersoon het signaal geeft, mag degene de testvragen maken. Ondertussen neemt de onderzoeker het practicumvoorschrift weer in beslag. De testpersoon van de testgroep mag dezelfde materialen bij zich hebben als een testpersoon van de controlegroep om de testvragen te maken. Ter afsluiting beantwoordt de testpersoon nog een aantal vragen die ingaan op technische problemen die al dan niet opkwamen tijdens het uitvoeren van het experiment. Deze “achteraf” vragen zijn ook in de bijlagen te zien. (bijlage D) In het afnemen van beide tests is het ook belangrijk dat de onderzoeker bijhoudt of ander probeert bij te houden hoe lang de testpersonen doen over het lezen en het maken van de vragen. Daarnaast maakt de onderzoeker ook verdere observaties tijdens het testen.

Variabelen

In dit onderzoek zijn er verschillende variabelen gemanipuleerd om op een gewenst resultaat uit te komen. Die variabelen zijn onder te verdelen in onafhankelijke en afhankelijke variabelen: Onafhankelijke variabelen

- De vaardigheid van de controlegroep en de testgroep (gemiddelde natuurkunde cijfer)
- De moeilijkheid van de testvragen
- Het niveau van het practicum voor de controlegroep
- Het niveau van het tekstdocument voor de testgroep

Afhankelijke variabelen

- De scores van de testpersonen op de testvragen
 - Voorkennis van de testpersonen over het onzekerheidsprincipe van Heisenberg
 - De tijd die mensen doen over het verwerken van de informatie van het tekstdocument
 - De tijd die mensen doen over het uitvoeren van het practicum
 - De tijd die mensen doen over het maken van de testvragen
- De volgende variabelen worden tegen elkaar afgezet en worden onderzocht.

- De scores van de verschillende testgroepen op de testvragen
- De voorkennis van de testpersonen over het onzekerheidsprincipe van Heisenberg
- De vaardigheid van de controlegroep en de testgroep (gemiddelde natuurkunde cijfer)

Het is besloten om specifiek deze variabelen te onderzoeken, omdat die ten slotte iets zullen kunnen zeggen over de onderzoeksvraag. De variabelen komen uiteindelijk tot zijn uiting in diverse tabellen en figuren die in het hoofdstuk van de resultaten te zien.

Resultaten

In dit onderzoek zijn er twee verschillende groepen getest. Uit deze tests zijn er twee datasets verschenen. De eerste dataset is van de controlegroep. Dit is de groep testpersonen die de testvragen moest maken na het lezen van de tekstuele uitleg. De tweede dataset is van de testgroep. Deze groep testpersonen kregen praktisch ervaring met het enkelspleetpracticum en een practicumvoorschrift, om met die opgedane kennis vervolgens testvragen te maken. De controlegroep bestond uit 20 testpersonen. De testgroep bestond uit 8 personen. De puntenverdeling is te zien in tabel 1.

De resultaten zijn weergegeven in tabel 2, tabel 3, grafiek 1 en grafiek 2. Ten eerste, ligt het gemiddelde natuurkunde cijfer van beide groepen dicht bij elkaar. Verder scoort de testgroep 0,57 hoger dan de controlegroep met een 9.5 en 8.93 gemiddeld respectievelijk. De standaardafwijking van de testgroep is 2,18 en van de controlegroep 2,52, allebei tamelijk hoog op een schaal van zestien punten. In grafiek 1 is te zien hoe alle individuen gescoord hebben ten opzichte van hun gemiddelde natuurkunde cijfer. Hierin is ook te zien dat de spreiding van de scores op de testvragen tussen de drie en veertien punten ligt en dat de spreiding van het gemiddelde tussen de 5,1 en 9,6.

Opvallende observaties zijn dat de standaardafwijking voor het moeilijkheids ervaringscijfer relatief groot is. Dat betekent dat er veel polarisatie zat in de ervaringen van de testpersonen met de testvragen.

De tijdsduur die de testpersonen van de controlegroep deden over het lezen van de tekstuele uitleg is niet exact. Dat komt omdat het logistiek niet mogelijk was om van zo een grote

dataset tijdens de testdag exact de tijden bij te houden. Er is dus moeten terugvallen op gecalculerde schattingen voor deze waarden.

In tabel 3 en grafiek 2 worden de resultaten van beide testgroepen van de scores op de testvragen tegen elkaar afgezet. Dit is per vraag gedaan. Allereerst is te zien dat in beide testgroepen het aandeel van de testpersonen die voorkennis had van het onderwerp vrij klein is. Hierbij komt het erop neer dat drie testpersonen van de controlegroep en een persoon van de testgroep een voorkennis had.

Verder is op te merken dat gekeken over de gehele linie resultaten op de vragen er wel enige verschillen zitten tussen de twee groepen. Op vragen 1 en 3 is bijvoorbeeld wel te zien dat de verschillen statistisch (relatief) vrij groot zijn, groter dan 30 procent. Maar bij vragen 2 en 5 is te zien dat die verschillen veel geringer zijn en dus schept dat vragen op voor hoe goed de validiteit is bij die vragen. Daarnaast liggen de resultaten op de scores van vraag 4 dermate dicht bij elkaar, dat het niet goed te zeggen is of de testgroep daar per se beter op scoorde. Het komt er op neer dat de testgroep op een vraag overduidelijk beter scoorde en op twee andere vragen relatief beter scoorde ten opzichte van de controlegroep.

Het opvallendste resultaat moet dat wel zijn van de testgroep op vraag 3, daarbij waren een aantal cruciale wiskundige en ruimtelijke inzichten nodig om de vraag goed te kunnen beantwoorden. Of de testgroep hier een oneerlijk voordeel had, waardoor de validiteit in gevaar zou kunnen komen wordt besproken in de discussie. Vraag 5 is door beide groepen het slechtst gemaakt. Dat resultaat is niet erg verrassend, omdat dit een lastige inzicht vraag was.

Conclusie

Uit de resultaten blijkt dat er enkel marginale verschillen zijn op de scores van de testvragen tussen de controlegroep en de testgroep. Op een vraag scoorde de testgroep immers veel beter en op twee andere vragen maar iets beter. Op twee vragen presteerde de testgroep iets slechter dan de controlegroep. Samen met de standaardafwijking van de scores op de testvragen van beide groepen en door de overige onzekerheden in het gebruik maken van testpersonen, die de data ongunstig beïnvloeden, kan dus op de onderzoeksvraag - Kunnen 6 VWO natuurkunde leerlingen het onzekerheidsprincipe van Heisenberg, in het kader van het enkelspleetexperiment, beter toepassen op toetsvragen met de onderwijsvorm van een practicumopstelling met een handleiding of een tekstuele uitleg over dat experiment? - geconcludeerd worden dat dit niet het geval is. Een praktische leervorm presteert op hetzelfde niveau als een tekstuele leervorm. De voorspelde hypothese blijkt dus niet helemaal te kloppen. Het is wel belangrijk om op te merken dat hiermee niet geconcludeerd is dat een praktische leervorm niet nuttig is om dit onderwerp uit te leggen. Aangezien beide groepen even goed presteerden, kan aangenomen worden dat beide onderwijsvormen even effectief gebruikt kunnen worden. Dit in tegenstelling tot de hypothetische situatie waarin de praktische leervorm slechter presteerde en de hypothetische conclusie, een van ontrading zou zijn. Een ander onderzoek heeft wel kunnen concluderen dat een groep leerlingen met experiment beter presteert dan een controlegroep zonder experiment [1,3]. Hoewel dit niet precies dezelfde conclusie is als in dit onderzoek, is dit ook niet heel erg in strijd met dit onderzoek; de testgroep scoorden in dit onderzoek immers wel beter, alleen de standaardafwijking

was te hoog om een conclusie van aanrading te verschaffen.

Discussie

Betrouwbaarheid

Om in te gaan over de betrouwbaarheid van dit onderzoek zal er vooral gefocust worden op de kwaliteit en degelijkheid van de methodologie. Om namelijk te kunnen zeggen dat er een betrouwbaar onderzoek heeft plaatsgevonden, is het cruciaal dat de methodologie zeer consistent is, dus dat het reproduceerbaar is. De hoofdonderdelen die een rol spelen in de methode zijn: de tekstuele uitleg, het practicumvoorschrift, het enkelspleetexperiment en tot slot de testpersonen.

Testpersonen

Van al deze onderdelen is het duidelijk dat het meest onbetrouwbare de testpersonen zijn. Als dit onderzoek gereproduceerd zou moeten zijn dan zouden andere natuurkunde leerlingen in 6 VWO met geen voorkennis over het onzekerheidsprincipe van Heisenberg, maar met een ongeveer dezelfde klassengemiddelde, ook hetzelfde moeten scoren op de testvragen. Dit is iets waar een groot vraagteken bij staat, en dat maakt dit onderzoek minder betrouwbaar. Want net zo goed had het kunnen zijn geweest dat de controlegroep boven gemiddelde leesvaardigheden had, waardoor het makkelijker voor hen was om de tekst te interpreteren. Of wellicht beschikte de testgroep minder practicum ervaring dan “normale” natuurkunde 6 VWO leerlingen. Dit zijn voorbeelden van variabelen die onmogelijk zijn om te reproduceren. Aan de andere kant is nog iets op te merken over de testpersonen in relatie tot hun voorkennis op het gebied van het onzekerheidsprincipe van Heisenberg en het enkelspleetexperiment. Het aandeel van de testpersonen, gekeken naar beide testgroepen, die hier namelijk wat van af wist, was laag en vaak ook gebrekkig. Dit is goed voor dit onderzoek, omdat het betekent dat het soort testpersonen die gebruikt werden in dit onderzoek in dat respect goed met elkaar overeen kwamen.

Documenten en benodigdheden

De documenten voor het testen zijn makkelijk te reproduceren, omdat het immers zwart op witte teksten zijn en voor een deel komen uit het natuurkundeboek: Systematische Natuurkunde 6 VWO. Tenslotte blijven dan nog de praktische onderdelen van het enkelspleetexperiment over die een belangrijke rol spelen in dit onderzoek. Maar hetzelfde geldt dat ook hier het niet al te lastig zou moeten zijn om een kopie van te vinden. Er zijn proeftests gehouden om zowel van bijlage A als van bijlage B na te gaan of er fouten in zaten, die er dan vervolgens ook uit gehaald zijn. Hierna bleken er uiteindelijk nog steeds een aantal kleine foutjes in de tekst te staan, tijdens de officiële testdag. Deze fouten voorkwamen niet dat de vragen gemaakt konden worden.

Validiteit

Om te komen op een antwoord voor de onderzoeksvraag was het verkrijgen van goede resultaten van zeer grote significantie. Om dieper in te kunnen gaan in de validiteit van dit onderzoek wordt er vooral gefocust op de resultaten van de experimenten. De resultaten bestaan uit twee datasets: een voor de controlegroep en een voor de testgroep. De data van de controlegroep vormt een best wel realistisch plaatje dat ook overeenkomt met de werkelijkheid, d.w.z. het werkelijke

begrip van de natuurkundige theorie.

Een ander belangrijk aspect waarop de validiteit nog besproken kan worden is de standaardafwijking van de testgroepen. Dit onderzoek berust op twee groepen testpersonen. Een aantal factoren waarop deze groepen met elkaar vergeleken kunnen worden zijn:

- Voorkennis over de theorie voor het afnemen van het experiment
- De gemiddelde cijfers voor natuurkunde (aangezien dit een beeld geeft van natuurkundig niveau)

Om de validiteit te maximaliseren was het dus cruciaal dat er bij beide groepen geen voorkennis speelde en dat de gemiddelde cijfers van natuurkunde van de twee groepen, berekend door het gemiddelde te berekenen van alle gemiddelden van elke leerling in die groep, zo dicht mogelijk bij elkaar waren. Om te voorkomen dat voorkennis een rol speelde is er voorafgaand aan het experiment een enquête afgenomen, waarbij gevraagd wordt om alle kennis die die leerling bezat van het onzekerheidsprincipe van Heisenberg uiteen te zetten. De meesten konden hierop niets antwoorden en bij hen is dus meteen te concluderen dat voorkennis geen rol speelde. Een geringe groep leerlingen kon wel in de juiste richting antwoord geven. Echter, deze antwoorden waren altijd ofwel te vaag, ofwel natuurkundig incorrect op bepaalde punten of een combinatie van de twee. Hieruit was te concluderen dat de testpersonen niet over een voorkennis beschikten die invloed zou uitvoeren op de resultaten van dit onderzoek. De gemiddelde cijfers lagen van beide groepen ook dicht bij elkaar. Hoewel dit pleit voor een gelijk natuurkundig niveau van de twee groepen leerlingen, zitten de leerlingen wel op twee verschillende scholen. Deze cijfers tegen elkaar afzetten geeft daarom niet een optimaal inzicht in het natuurkundig niveau van beide groepen. Echter, aangezien beide programma's van de twee scholen naar hetzelfde centraal eindexamen toewerken en daarmee naar hetzelfde niveau, zal dit er ook niet de validiteit enorm verslechteren.

Verskil in informatie voor testpersoon

Een ander belangrijk facet dat ter zake moet komen is het volgende: bij dit experiment ontvangen de testpersonen testdocumenten waarop het onderzoek berust. De controlegroep krijgt een tekstdocument met tekstuele uitleg over het experiment en de theorie. De testgroep voert aan de hand van een practicumvoorschrift een praktisch experiment uit waarmee de theorie wordt afgeleid. De discrepantie die van nature blijft en die onoverkoombaar is, is dat beide groepen per grondslag twee verschillende documenten zullen krijgen. Daarom is het dus onmogelijk om te verzekeren dat de informatie die beide groepen krijgen exact hetzelfde van elkaar zal zijn. Dit is een ongelijkheid dit niet recht te trekken valt. Als onderzoekers is er met grote moeite geprobeerd om dit op te lossen en zo veel mogelijk te verhelpen door er zo goed mogelijk voor te zorgen dat de informatie verschaft door de tekst en het practicum zoveel mogelijk gelijk is.

Punten toekennen

Als laatst was nog besloten vraag een, vier punten te geven. Deze vraag was geen CITO vraag waardoor er besloten moest worden hoeveel punten aan deze vraag te binden. In lijn met een normale redenering voor het aantal punten bij een dergelijke rekenvraag, is er besloten om vier punten te geven:

voor elke benodigde formule een punt evenals een punt voor het completeren van de berekening. Dit zorgt echter voor minder nauwkeurige uitkomsten.

Verskil in procentuele score op de testvragen

In de resultaten worden de procentuele scores op de testvragen tussen de controlegroep en de testgroep tegen elkaar afgezet. Op natuurlijke wijze is er een verschil tussen die procenten. Maar bij sommige vragen, zoals vragen een en drie, zitten er vrij grote uiteenlopende resultaten. Dat schept een noodzakelijke vraag op: is de ene vraagvorm wellicht beter geschikt voor een bepaalde testgroep dan de ander? Er zou namelijk veronderstelt kunnen worden dat de wijze waarop een testpersoon van de testgroep het onzekerheidsprincipe van Heisenberg afleidt met de practicumvoorschrift, inhoudelijk erg ook veel lijkt op vraag drie van de testvragen. Daarmee zou een testpersoon van de testgroep een voordeel kunnen hebben, maar omdat het per slot van rekening niet exact dezelfde vraag is, is dat niet met honderd procent zekerheid te zeggen. Daarnaast is het zo dat de eerste vraag oorspronkelijk komt van het natuurkundeboek, waarmee de testpersonen van de controlegroep al lange tijd aan gewend waren. Het zou kunnen dat daardoor er op die vraag zoveel beter is gescoord door de controlegroep dan de testgroep. Althans, moet wel gezegd worden dat de testpersonen van de controlegroep de vraag nooit eerder hebben gezien. Dus het blijft onwaarschijnlijk dat dit echt aan de validiteit getornd heeft.

Aanbevelingen

Nu alles besproken te hebben wat controversieel was in dit onderzoek zijn er ook nog een aantal aanbevelingen om te maken voor onderzoekers die op dit onderzoek willen verder werken of onderzoekers die dit onderzoek willen toepassen.

Andere onderwijsvorm

Ten eerst wordt er aangeraden om dit onderzoek uit te voeren met een andere onderwijsvorm als controlegroep, bijvoorbeeld een video of een digitale onderwijsvorm. Hieruit zou kunnen blijken dat er nog andere onderwijsvormen zijn die even effectief (of effectiever) zijn dan de geteste praktische vorm met practicum. Ook wordt aangeraden om in zulke gevallen nog beter de boeken in te duiken en op zoek te gaan naar research papers die over deze onderwijsvormen zijn gedaan als goede literaire fundering. De tweede groep onderzoekers wordt aanbevolen om rekening te houden met de betrouwbaarheid, validiteit en de nauwkeurigheid van dit onderzoek, indien het plan is om dit onderzoek toe te passen op een andere gebied. Verder wordt er aanbevolen om grotere groepen te nemen, om een zo klein mogelijke standaardafwijking te hebben. Dit zorgt voor mindere zekere uitkomsten in het onderzoek.

Bibliografie

- [1] examenblad. (2021). Quick scan VWO natuurkunde 2021 tijdvak 1. Opgehaald van examenblad: <https://www.examenblad.nl/evaluatie/quick-scan-vwo-natuurkunde-2021/2021/vwo/f=21117.pdf>
- [2] Riener, C. R., & Willingham, D. (2010, Augustus). The Myth of Learning Styles. Change, pp.32-35.
- [3] Willingham, D. T., Hughes, E. M., & Dobolyi, D. G. (2015). The Scientific Status Learning. Proefschrift, Universiteit van Virginia, Psychologie.
- [4] SNIDER, V. E., & SNIDER, V. E. (2007).

TEACHERS' BELIEFS ABOUT PEDAGOGY AND RELATED ISSUES. Opgehaald van Wiley InterScience:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/pits.20272>

[5] National Science Resources Center. (2002). How Children Learn. CALIFORNIA JOURNAL of SCIENCE EDUCATION, 19 -32.

[6] Ton van den Broeck, .. H. (2020). Systematische Natuurkunde. Amersfoort: ThiemeMeulenhoff.

[7] Quantum Rules. (2018, September 7). Enkelspleet. Opgehaald van Quantum Rules: <http://test.quantumrules.nl/wp-content/uploads/downloads/enkelspleet.pdf>

[8] Merkus, J. (2021, oktober 22). Soorten validiteit in je scriptie of onderzoek (voorbeelden). Opgehaald van scribbr: <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/>

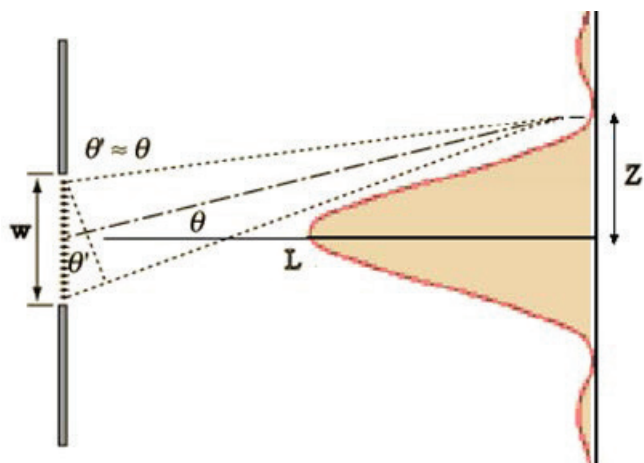
[9] Krijtenburg, K. (2020). NEDERLANDSE SAMENVATTING. In K. Krijtenburg, TEACHING QUANTUM MECHANICS AT THE SECONDARY SCHOOL LEVEL (pp. 170-176). Enschede: University of Twente.

[10] examenblad. (2016). Examen VWO 2016 tijdvak 2. Opgehaald van examenblad: <https://static.examenblad.nl/9336116/d/ex2016/vw-1023-a-16-2-o.pdf>

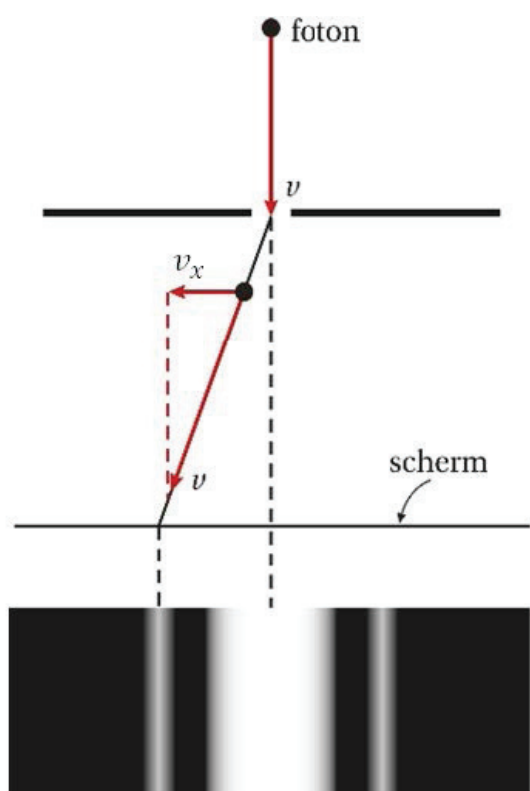
[11] Benders, L. (2021, oktober 26). Validiteit en betrouwbaarheid vaststellen in je scriptie. Opgehaald van Scribbr: <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/>

[12] SLO. (2021, juni 2). Vernieuwing examenprogramma's havo en vwo. Opgehaald van SLO: <https://www.slo.nl/thema/vakspecifieke-thema/natuur-techniek/vernieuwing/>

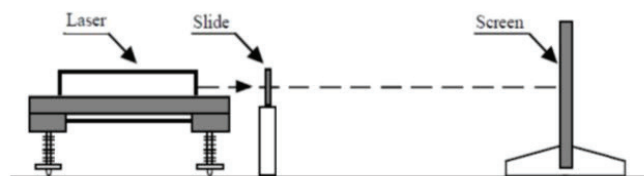
[13] Lee, M. (2018, februari 5). THE EFFECTIVENESS OF PRACTICAL WORK IN PHYSICS TO IMPROVE STUDENTS' ACADEMIC PERFORMANCES



Figuur 1, Lichtgolven komen van links op de spleet af. Door de breedte van de spleet ontstaan er nu puntbronnen. De daaruit volgende buiging zorgt en interferentie voor een interferentiepatroon op het projectiescherm.



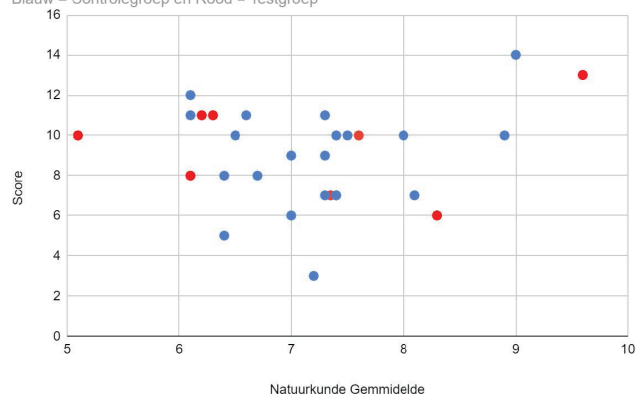
Figuur 2, Fotonen komen op een spleet af en er treedt buiging op. De fotonen die niet rechtdoor gaan, hebben nog steeds dezelfde snelheid. Doordat ze niet meer alleen rechtdoor gaan, hebben ze een component van de snelheid in de x- richting gekregen.



Figuur 3, Een opstelling voor het enkespleetexperiment. Een laser komt uit de laserdoos en schijnt horizontaal door een spleet op een scherm. Door het versmallen van de spleet treedt er buiging op.

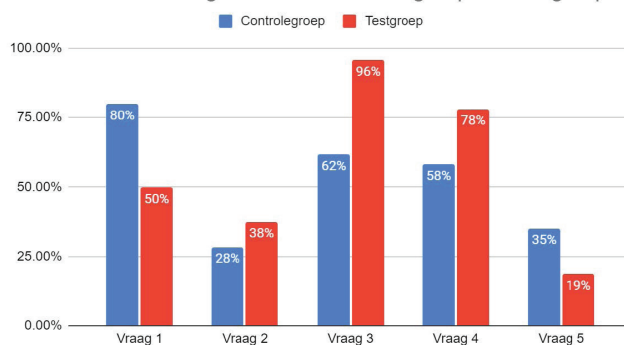
Score Testvragen vs. Natuurkunde Gemiddelde

Blauw = Controlegroep en Rood = Testgroep



Figuur 4, Grafiek 1. Scatterplot van de score op de testvragen en het gemiddelde cijfer van natuurkunde van die leerling.

Procentuele afzetting van Score Controlegroep vs. Testgroep



Figuur 5, Grafiek 2. Staafdiagram van procentuele score van de controlegroep en testgroep.

Vragen	Punten	Toelichting op de punten
Vraag 1	4	1 punt per formule, 1 punt voor complementeren van berekening
Vraag 2	3	1 punt per juist benoemd element
Vraag 3	3	1 punt per formule, 1 punt voor complementeren van berekening
Vraag 4	4	1 punt per formule, 1 punt voor complementeren van berekening, 2 punten voor juiste redenering
Vraag 5	2	2 punten voor juiste redenering

Figuur 6, Tabel 1. Een overzicht met het aantal haalbare punten per vraag. Met toelichting waarvoor punten per vraag voor gegeven worden.

Resultaten Controlegroep	Natuurkunde cijfer	Moelijkheids ervaringscijfers (1=moelijk, 10 = makkelijk)	Scores op test vragen (uit 16 punten)	Tijd (lezen)	Tijd (maken)
Gemiddelde	7,21	5,51	8,93	~14 min	~33 min
Standaardafwijking	0,80	1,59	2,52		
Resultaten Testgroep	Natuurkunde cijfer	Moelijkheid ervaringscijfers	Scores op test vragen (punten)	Tijd lezen en practicum	Tijd maken
Gemiddelde	7,06	4,75	9,5	~ 40 min	~ 35 min
Standaardafwijking	1,34	1,30	2,18		

Figuur 7, Tabel 2. Data van de resultaten van de controlegroep en de testgroep.

	Controlegroep	Testgroep
	Procentuele scores	Procentuele scores
Percentueel hoeveel mensen gehoord hebben van het onzekerheidsprincipe van Heisenberg	15%	12,5%
Percentuele goede Scores (vraag 1)	80%	50%
Percentuele goede Scores (vraag 2)	28,33%	37,5%
Percentuele goede Scores (vraag 3)	61,67%	95,8%
Percentuele goede Scores (vraag 4)	58,13%	78,13%
Percentuele goede Scores (vraag 5)	35%	18,75%

Figuur 8, Tabel 3. De goede scores van de controlegroep en de testgroep procentueel tegen elkaar afgezet.

Bijlage A: Tekstdocument Controlegroep*Algemene informatie + vragen*

De testpersoon wordt nu een aantal algemene vragen gesteld over zijn/haar natuurkunde kennis. Na deze algemene vragen komt een informatieve tekst over een natuurkundige theorie, die moet goed gelezen en bestudeerd worden. Na het verwerkt hebben van de informatie volgen een aantal testvragen, dus bereidt jezelf met de tekst voor op dezelfde manier als dat je dat voor een toets zou doen. Voor dat je toets moet maken moet je de informatieve tekst namelijk inleveren.

Vraag 1. Heb je/Volg je op dit moment natuurkunde? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee

Vraag 2. Hoeveel jaar heb je op dit moment natuurkunde gehad? Antwoord hier je getal:

Vraag 3. Geef je toestemming tot het delen van je schoolexamen natuurkunde cijfer voor dit onderzoek? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee

Vraag 4. Heb je ooit eerder van het onzekerheidsprincipe van Heisenberg gehoord? Omcirkel je antwoord.

Ja of Nee

Antwoord deze vraag enkel als je bij de vorige vraag “ja” hebt geantwoord:

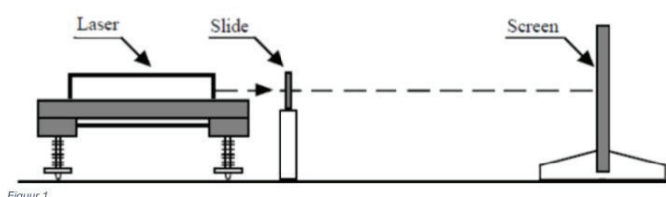
Vraag 5. Geef hier een omschrijving van jouw idee van het Onzekerheidsprincipe van Heisenberg:

Onderwijsvorm: Tekstueel

Begin 20e eeuw ontstond er in de natuurkunde wereld een nieuwe wetenschapsrichting namelijk de kwantummechanica. Deze natuurkundige theorie beschrijft het gedrag van materie en energie met interacties van kwanta op atomaire en subatomaire schaal. Een van de gebieden waarbij de kwantummechanica een rol speelt, is bij het enkelspleetexperiment. Bij dit experiment komt de onzekerheidsrelatie van Heisenberg aan de orde. Over deze theorie lees je aan het einde van dit document meer. Dit enkelspleetexperiment bestaat uit de volgende materialen/onderdelen waarmee de onzekerheidsrelatie aange-toond kan worden: een laser (een bundel monochromatisch licht), een spleet en een projectiescherm.

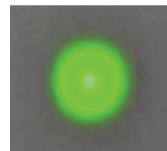
Opstelling

Het experiment wordt gedaan in een simpele opstelling, die hier wordt uitgelegd: in de opstelling wordt een laser horizontaal neergelegd en gericht op een verticale spleet (slide). Achter de laser en de spleet staat het projectiescherm. De spleet is verstelbaar en kan dus bepalen hoeveel laserlicht wordt doorgelaten. Deze spleet is ook zeer precies in te stellen en kan met een draaiknop de spleetbreedte in millimeters bepalen. Het doorgelaten laserlicht komt dan uiteindelijk op het projectiescherm terecht. Zie figuur 1.

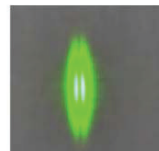


Figuur 1

Wanneer de spleet breed genoeg is wordt al het licht doorgelaten en zul je dus op het projectiescherm de volledige laserbundel zien. Zie figuur 2. Maak je de spleet smaller, dan wordt het doorgelaten laserlicht ook smaller. Zie figuur 3. Dat lijkt volkomen logisch te zijn. Maar maak je de spleet nog smaller, dan treedt er buiging op. Zie figuur 4. En als je de spleet nog smaller hebt gemaakt, dan treedt er volledige buiging op. Zie figuur 5. In deze situatie is al het licht uit gaan wijden. Dit fenomeen kan zowel met de klassieke mechanica als de kwantummechanica verklaard worden.



Figuur 2



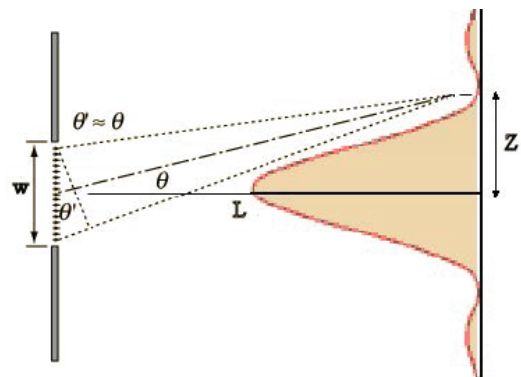
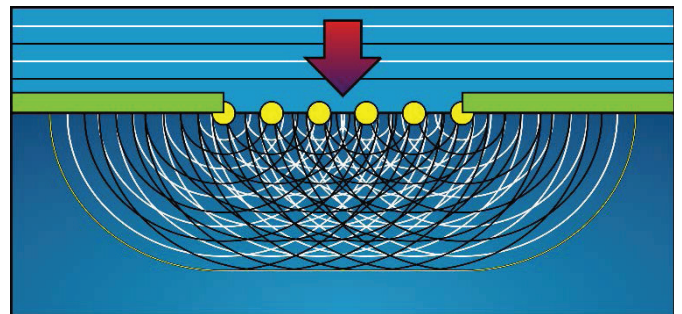
Figuur 3



Figuur 4

Het experiment met lichtgolven (klassieke mechanica)

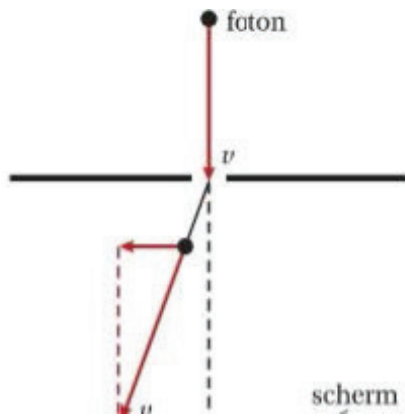
Voor deze verklaring van het fenomeen wordt het golfmodel van Huygens toegepast. Huygens stelde dat licht bestaat uit trillingen die zich zeer snel voortplanten. Licht zou dan een golfverschijnsel zijn, net als geluid. Met dit golfmodel is de buiging van het licht goed te verklaren. Het laserlicht komt als vlakke golven de spleet binnen. In de spleet ontstaan dan allerlei puntbronnen van de vlakke golf. Die puntbronnen produceren nu allemaal eigen golven. Zie figuur 6. Zo zie je voorbij de spleet dus dat er buiging (diffractie) van het licht is ontstaan. Zie figuur 7 waarbij je ziet hoe de golven nu zorgen voor een interferentiepatroon op het projectiescherm.



Het is belangrijk om te beseffen dat bij het enkelspleetexperiment, waarbij de spleet uiterst smal staat, volledige buiging van het licht optreedt. Er ontstaat dus eigenlijk geen interferentiepatroon met maxima en minima. Dat komt omdat de breedte van de spleet zo veel kleiner is gemaakt dan de golflengte van het laserlicht.

Het experiment op deeltjesniveau (kwantummechanisch)

In het specifieke geval van dit enkelspleetexperiment treedt dus volledige buiging op en is er geen interferentiepatroon.



Deze buiging kan ook op een andere manier verklaard worden, daarvoor maken we gebruik van het deeltjesmodel van licht. In deze benadering beschouwen we het licht niet als golven maar als enkele deeltjes, fotonen. Licht heeft namelijk zowel golf-eigenschappen als deeltjesachtige eigenschappen. Dit noem je de golf-deeltjesdualiteit.

Wat gebeurt er dan op deeltjesniveau?

Laat je een bundel monochromatisch licht op een nauwe spleet vallen, dan ontstaat er een buigingspatroon (het uitwiden van het laserlicht). De fotonen die niet rechtdoor gaan, hebben nog steeds dezelfde snelheid. Doordat ze niet meer alleen rechtdoor gaan, hebben ze een component van de snelheid in de x- richting gekregen. Zie figuur 8.

Wanneer je de spleet smaller hebt gemaakt, blijkt de snelheidscomponent in de x- richting groter te worden. Zie figuren 9 en 10. Merk in de figuren op hoe de witte delen (de plekken waar het laserlicht op de lichtdetector valt) veranderen en groter worden.



Figuur 9



Figuur 10

Met het smaller maken van de spleet is de plaats van een passerende foton nauwkeuriger bepaald. Dit komt omdat de onbepaaldheid in plaats x (de positie van het foton in de spleet) gelijkgesteld wordt aan de spleetbreedte. Maar als je de spleetbreedte kleiner maakt, dan krijgt de snelheidscomponent in de x- richting meer verschillende waarden en dus de impuls ook. Dit blijkt doordat het licht is gaan uitwiden. Dat betekent dat de onbepaaldheid in impuls groter wordt als de spleet smaller wordt.

Impuls

Een voorwerp met massa m en snelheid v heeft niet alleen kinetische energie, maar ook impuls. Voor de impuls van een voorwerp geldt:

$$p = m \cdot v$$

p staat voor de impuls in kgms^{-1}

m staat voor de massa van het materiedeeltje in kg

v staat voor de snelheid van het deeltje in m/s

In tegenstelling tot energie is impuls een vector. De impuls noem je ook wel de hoeveelheid beweging. Een voorwerp met een grote massa en/of een hoge snelheid heeft dus een grote impuls. Ook deeltjes zonder massa hebben impuls. De impuls van een foton bereken je met:

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

p staat voor de impuls in kgms^{-1}

h staat voor de constante van Planck $6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

λ staat voor de golflengte van het licht in meters

In dit experiment hebben de lichtfotonen in de laser ook een impuls. Deze impuls speelt een belangrijke rol in het verklaren van de uitwijding. Kortom, in een opstelling met een laser, een spleet en een projectiescherm (enkelespleetexperiment) wordt de hoeveelheid doorgelaten licht van de laser minder hoe meer de spleet dichtgedraaid wordt. Maar vanaf een zeker moment is de spleet zo smal geworden dat het laserlicht op het projectiescherm niet smaller is geworden, maar aan het uitwiden is. Met het deeltjesmodel van licht als fotonen in plaats van golven is dit fenomeen als volgt te verklaren: in de spleet komen de fotonen binnen. Hun positie (x) is de ruimte die zich in de spleet bevindt. De fotonen hebben daarnaast een snelheid (lichtsnelheid), dus ook een impuls. Wat dus blijkt: hoe smaller je de spleet maakt hoe exacter je als het ware de positie van de fotonen probeert vast te stellen. Het gevolg hiervan is dat de impuls onzekerder wordt en daarom wijden de fotonen zich uit.

De onbepaaldheidstheorie/de onzekerheidstheorie van Heisenberg

Volgens de kwantumtheorie kun je van een bewegend deeltje niet tegelijkertijd de plaats en de impuls met oneindige zekerheid aangeven. Als de één zekerder (meer vastgesteld) wordt, wordt de ander onzekerder. De onbepaaldheidsrelatie/onzekerheidsrelatie van Heisenberg geeft een verband tussen de onzekerheid van plaats en impuls:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Δx is de onbepaaldheid of onzekerheid in de plaats in m .

Δp is de onbepaaldheid of onzekerheid in de impuls in kgms^{-1}

h is de constante van Planck in Js

Met deze onzekerheidsrelatie hierboven (formule 1) kunnen we dus dat buigingsfenomeen uitleggen: stel je maakt de spleet smaller, dan is de positie van de fotonen beter bepaald $\rightarrow$ dus Δx wordt een kleiner getal. Dan moet de impuls meer onbepaald zijn geworden $\rightarrow$ dus wordt Δp een groter getal. Zie formule 1. Zo blijft de relatie geldig. Want het product van de onzekerheid van de positie en de impuls moet groter of gelijk zijn aan de constante van Planck gedeeld door 4π . Verder kun je met deze relatie van Heisenberg op dezelfde manier rekenen als dat je gewend bent, met het omgooien van de breuk en het simpelweg invullen van getallen. Zie hieronder formule 2.

$$\Delta x \geq \frac{h}{4\pi \cdot \Delta p}$$

Het symbool Δ heeft een andere betekenis dan dat je misschien gewend bent. Hier staat Δ niet voor 'verschil in', maar voor 'onbepaaldheid of onzekerheid in'. Vergeet dit niet. De onbepaaldheidsrelatie wordt ook wel de onzekerheidsrelatie van Heisenberg genoemd.

Einde van tekstdocument.

Wanneer je zover bent, steek dan je hand op om aan te geven dat je klaar bent. Dan wordt dit tekstdocument ingeleverd en mag je aan de slag met de testvragen.

Bijlage B: Practicumvoorschrift

Algemene informatie + vragen

De testpersoon wordt nu een aantal algemene vragen gesteld over zijn/haar natuurkunde kennis. Na deze algemene vragen komt een informatieve tekst over een natuurkundige theorie, die moet goed gelezen en bestudeerd worden. Na het verwerkt hebben van de informatie volgen een aantal testvragen, dus bereidt jezelf met de tekst voor op dezelfde manier als dat je dat voor een toets zou doen. Voor dat je toets moet maken moet je de informatieve tekst namelijk inleveren.

Vraag 1. Heb je/Volg je op dit moment natuurkunde? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee

Vraag 2. Hoeveel jaar heb je op dit moment natuurkunde gehad? Antwoord hier je getal:

Vraag 3. Geef je toestemming tot het delen van je schoolexamen natuurkunde cijfer voor dit onderzoek? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee

Vraag 4. Heb je ooit eerder van het onzekerheidsprincipe van Heisenberg gehoord? Omcirkel je antwoord.

Ja of Nee

Antwoord deze vraag enkel als je bij de vorige vraag "ja" hebt geantwoord:

Vraag 5. Geef hier een omschrijving van jouw idee van het onzekerheidsprincipe van Heisenberg:

Practicumvoorschrift voor testgroep

De Onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg

Begin 20e eeuw ontstond er in de natuurkunde wereld een nieuwe wetenschapsrichting namelijk de kwantummechanica. Deze natuurkundige theorie beschrijft het gedrag van materie en energie met interacties van kwanta op atomaire en subatomaire schaal beschrijft. Een van de gebieden waar de kwantummechanica een rol bij speelt is bij het enkelspleetexperiment. Jij gaat een enkelspleetexperiment uitvoeren. Hieruit zal duidelijk worden dat het natuurkundige fenomeen dat achter dit experiment zit de Onzekerheidsrelatie van Heisenberg is.

Het experiment op macroniveau

De benodigde materialen voor dit enkelspleetexperiment zijn de volgende:

- een laser
- een batterij
- een eenspleet apparaat (een verstelbare spleet)
- een projectiescherm
- een rekenmachine
- een liniaal/geodriehoek

Instructies voor het uitvoeren van het experiment:

Deel 1, Het eenspleet apparaat:

1. Zet het eenspleet apparaat neer, zodat de metalen pin rechtsboven is.

Deze pin kan gebruikt worden om de grootte van de spleet te veranderen. De stam is het gedeelte van de pin met 14 streepjes, waarop de getallen 0 en 5 staan. Deze 0 en 5 geven de grootte van de spleet weer: 0mm en 5mm respectievelijk. Elk streepje geeft 0,5mm weer. Op het draaiende gedeelte staan de getallen 0, 10, 20, 30 en 40. Elk streepje hierop geeft 0,01mm weer.

2. Draai de spleet nu open en dicht zoals hieronder weergegeven



3. Oefening: draai de spleet nu naar 0.5 mm grootte. Als het goed is kom je uit zoals hier onder in figuur 3.



4. Oefening: draai de spleet nu naar 0.25 mm grootte. Als het goed is kom je uit zoals hier onder in figuur 4.



5. Oefening: bij welke van deze twee is de spleet groter? Omcirkel het juiste antwoord: spleet 1 of spleet 2

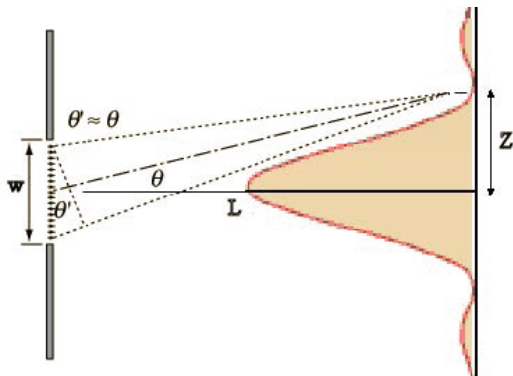
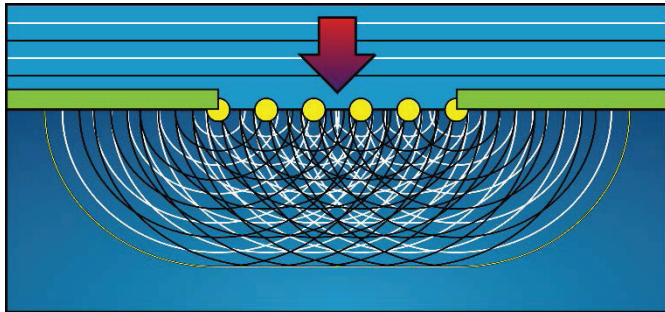
Deel 2, klaarzetten eenspleet voor enkelspleetexperiment:

1. Draai de spleet naar 1 mm.
2. Sluit de batterij aan op de laser (en kijk niet direct in de laser).
3. Stop de laser nu in de achterkant van het eenspleet apparaat (hij past alleen in de achterkant en niet in de voorkant).
4. Zet de eenspleet nu neer en richt het op het projectiescherm.

Deel 3, uitvoeren experiment:

1. Draai de spleet naar 0,5 mm.
2. Draai de spleet nu langzaam kleiner naar 0,1 mm ($\frac{1}{5}$ rondje rechtsom draaien totdat je de 10 tegenkomt).
3. Draai de spleet nu langzaam terug naar 0,5 mm.
4. Herhaal dit, kijkend naar de verandering van het lichtpatroon op het projectiescherm, totdat je de volgende vraag kan beantwoorden: Wat gebeurt er met het lichtpatroon als de spleet kleiner wordt? Schrijf hieronder je observaties en bevindingen:

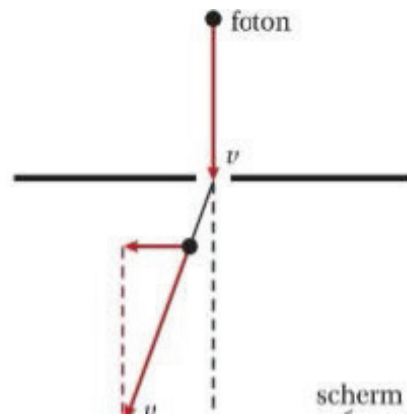
Het experiment met lichtgolven (klassieke mechanica)
 Voor een verklaring van het fenomeen kan het golfmodel van Huygens toegepast worden. Huygens stelde dat licht bestaat uit trillingen die zich zeer snel voortplanten, dus golven. Licht zou dan een golfverschijnsel zijn, net als geluid. Met dit golfmodel is de buiging van het licht goed te verklaren. Het laserlicht komt als vlakke golven de spleet binnen. In de spleet ontstaan dan allerlei puntbronnen van de vlakke golf. Die puntbronnen produceren nu allemaal eigen golven. Zie figuur 5. Zo zie je voorbij de spleet dus dat er buiging (diffractie) van het licht is ontstaan. Zie figuur 6 waarbij je ziet hoe de golven nu zorgen voor een interferentiepatroon op het projectiescherm.



Het is belangrijk om te beseffen dat bij het enkelspleetexperiment, waarbij de spleet uiterst smal staat, volledige buiging van het licht optreedt. Er ontstaat dus eigenlijk geen interferentiepatroon met maxima en minima. Dat komt omdat de breedte van de spleet zo veel kleiner is gemaakt dan de golflengte van het laserlicht.

Het experiment op deeltjesniveau (kwantummechanisch)
 In het specifieke geval van dit enkelspleetexperiment treedt dus volledige buiging op en is er geen interferentiepatroon. Deze buiging kan ook op een andere manier verklaard worden, daarvoor moeten we gebruik maken van het deeltjesmodel van licht. In deze benadering beschouwen we het licht niet als golven maar als enkele deeltjes, fotonen. Licht heeft namelijk zowel golfeigenschappen als deeltjesachtige eigenschappen. Dit noem je de golf-deeltjesdualiteit.

Wat gebeurt er nou eigenlijk op een deeltjesniveau? Dus laat je een bundel monochromatisch licht op een nauwe spleet vallen, dan ontstaat een buigingspatroon (het uitwiden van het laserlicht). De fotonen die niet rechtdoor gaan, hebben nog steeds dezelfde snelheid. Doordat ze niet rechtdoor gaan, hebben ze een component van de snelheid in de x- richting. Zie figuur 7.



Figuur 9



Figuur 10

Impuls

Een voorwerp met massa m en snelheid v heeft niet alleen kinetische energie, maar ook impuls. Voor de impuls van een voorwerp geldt:

$$p = m \cdot v$$

p staat voor de impuls in kgms^{-1}

m staat voor de massa van het materiedeeltje in kg

v staat voor de snelheid van het deeltje in m/s

In tegenstelling tot energie is impuls een vector. De impuls noem je ook wel de hoeveelheid beweging. Een voorwerp met een grote massa en/of een hoge snelheid heeft dus een grote impuls. Ook deeltjes zonder massa hebben impuls. De impuls van een foton bereken je met:

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

p staat voor de impuls in kgms^{-1}

h staat voor de constante van Planck $6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

λ staat voor de golflengte van het licht in meters

In dit experiment hebben de lichtfotonen in de laser ook een impuls. Deze impuls speelt een belangrijke rol in het verklaren van de uitwijding.

Deel 4, Afleiding onbepaaldheidstheorie van Heisenberg

We gaan nu, door middel van de eenspleetopstelling, de onbepaaldheidstheorie van Heisenberg beredeneren. We noemen de onbepaaldheid in plaats (de breedte van de spleet) Δx . We noemen de onbepaaldheid in impuls Δp . Als de ene kleiner wordt, wordt de ander groter (als de spleet verkleind wordt, wordt de onzekerheid in impuls, oftewel de hoeveelheid uitwijding, groter). Dat heb je vastgesteld in onderdeel 3.

Hieruit is te veronderstellen dat $\Delta x \cdot \Delta p$ groter of gelijk moet zijn dan een bepaalde constante. Als er uitwijding optreedt,

dan is $\Delta x \cdot \Delta p$ gelijk aan die constante. Als er geen uitwijding optreedt bij een te grote spleetbreedte, dan is $\Delta x \cdot \Delta p$ groter dan die constante. Nu volgt de vraag: wat is deze constante? Om deze te beredeneren gaan we de eenspleetopstelling weer gebruiken. We kunnen namelijk zowel Δx (de spleetbreedte) als de Δp (de uitwijding) berekenen. Aangezien er hier uitwijding optreedt, volgt: $\Delta x \cdot \Delta p = \text{constante}$.

Instructies

1. Zet de laser met spleet klaar op een afstand van 10 cm van het projectiescherm.
2. Zet de grootte van de spleet op 0.1 mm.
3. Meet de afstand tussen het eerste zwarte streepje aan de linkerkant en het eerste zwarte streepje aan de rechterkant van het felste rode streepje. Zie schets van de situatie hieronder.
4. Deel dit door twee en stel dit antwoord gelijk aan y (hint y zou ongeveer moeten uitkomen op $0,65 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$).
5. Dit is de onzekerheid in beweging in de horizontale(x) richting. Bereken nu de hoek α van de lichtbron naar de eerste zwarte plek rechts. Zie schets (figuur 8) van de situatie hieronder.
6. Berekenen met $p = h / \lambda$ de impuls van een foton dat door de spleet gaat. Gebruik $\lambda = 650 \text{ nm}$ (dit is de golflengte van de rode laser).
7. Dit is de totale impuls. Bereken nu Δp door de component van de vector in de uitwijdingsrichting te berekenen. Zie schets (figuur 8) van de situatie hieronder.
8. Bereken nu $\Delta x \cdot \Delta p$. Neem voor Δx de breedte van de spleet gedeeld door 4π .
9. Bereken nu $h / 4\pi$

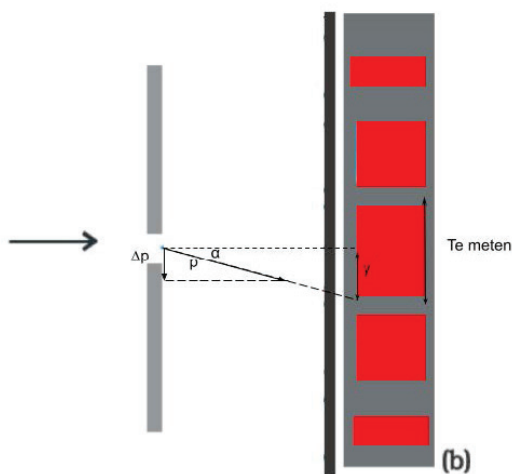
Wat blijkt $\Delta x \cdot \Delta p$ komt bijna precies uit op $h / 4\pi$. Blijkbaar is $h / 4\pi$ dus gelijk aan de constante, waaraan $\Delta x \cdot \Delta p$ groter of gelijk moet zijn. Hieruit blijkt dus het onzekerheidstheorie van Heisenberg is:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Δx is de onbepaaldheid of onzekerheid in de plaats in m .

Δp is de onbepaaldheid of onzekerheid in de impuls in kgms^{-1}

h is de constante van Planck in $J\text{s}$



Met deze onzekerheidsrelatie hierboven (formule 1) kunnen we dus dat buigingsfenomeen uitleggen. Nu komt een interactief gedeelte waarbij de testpersoon de juiste woorden in de tekst moet omcirkelen. Stel je maakt de spleet smaller, dan is de positie van de fotonen beter bepaald/minder bepaald → dus

Δx wordt een groter/kleiner getal.

Dan moet de impuls meer onbepaald/minder onbepaald zijn geworden → dus wordt Δp een kleiner getal/groter getal. Zie formule 1. Zo blijft de relatie geldig. Want het product van de onzekerheid van de positie en de impuls moet groter of gelijk zijn aan de constante van Planck gedeeld door 4π .

Verder kun je met deze relatie van Heisenberg op dezelfde manier rekenen als dat je gewend bent, met het omgooien van de breuk en het simpelweg invullen van getallen. Zie hieronder formule 2.

$$\Delta x \geq \frac{h}{4\pi \Delta p}$$

Het symbool heeft een andere betekenis dan dat je misschien gewend bent. Hier staat Δ niet voor 'verschil in ', maar voor 'onbepaaldheid of onzekerheid in'. Vergeet dit niet. De onbepaaldheidsrelatie wordt ook wel de onzekerheidsrelatie van Heisenberg genoemd.

Einde van practicumvoorschrift.

Wanneer je zover bent, geef dan aan dat je klaar bent. Dan wordt dit document ingeleverd en mag je aan de slag met de testvragen.

Bijlage C: Testvragen

Dit document bevat vragen over de theorie die jullie net bestudeerd hebben. Nu wordt er van jullie gevraagd om de opgedane kennis toe te passen. Hier heb je zo lang de tijd voor als dat je nodig hebt (of dat er is). Deze vragen doe je individueel, de scores hebben geen verdere betekenis dan voor ons onderzoek. Doe je best en veel succes! Voor het maken van de vragen heb je een rekenmachine nodig en is het toegestaan om de BINAS te gebruiken. De formules die in het tekstblad stonden, staan ook hieronder. Ons onderzoek is niet gericht op het memoriseren van natuurkundige formules.

$$p = m \cdot v$$

p staat voor de impuls in kgms^{-1}

m staat voor de massa van het materiedeeltje in kg

v staat voor de snelheid van het deeltje in m/s

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

p staat voor de impuls in kgms^{-1}

h staat voor de constante van Planck $6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34} J\text{s}$

λ staat voor de golflengte van het licht in meters

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Δx is de onbepaaldheid of onzekerheid in de plaats in m .

Δp is de onbepaaldheid of onzekerheid in de impuls in kgms^{-1}

h is de constante van Planck in $J\text{s}$

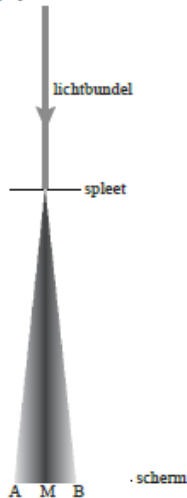
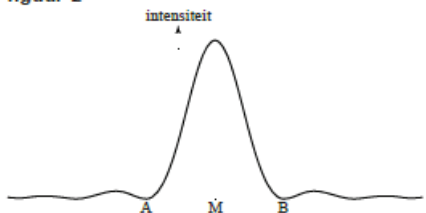
Verplaatsing van de fiets

Je fiets naar school en laat je fiets achter in een van de rekken op het plein. Je kijkt nog een keer goed, zodat je de positie van je fiets tot op 1 dm nauwkeurig weet. Je fiets heeft een massa van 12 kg. Je fiets staat nu stil, voor zover je kunt waarnemen. Toch kan volgens de onbepaaldheidsrelatie de snelheid van je fiets niet precies nul zijn. De constante van Planck (h) is $6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34} J\text{s}$.

1. Bereken de maximale verplaatsing van je fiets na 6,5 uur les.

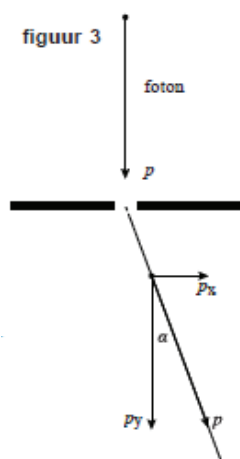
Buiging bij een enkelspleet

Een evenwijdige lichtbundel die figuur 1 door een nauwe spleet gaat, komt er divergent uit. In figuur 1 is dit schematisch weergegeven. Deze figuur is niet op schaal. Dit verschijnsel wordt buiging genoemd. Op het scherm achter de spleet is tussen de punten A en B een lichtvlek te zien in plaats van één stip alleen in punt M. Links van A en rechts van B komt ook nog een klein beetje licht. Figuur 2 laat zien hoe de lichtintensiteit op het scherm verloopt.

figuur 1**figuur 2**

2. Leg uit waarom in de punten A en B de lichtintensiteit nul is. Gebruik hierbij het begrip interferentie.

Een lichtbundel bestaat uit fotonen. De fotonen die door de spleet gaan, hebben na de spleet niet allemaal dezelfde richting. In figuur 3 is weergegeven hoe een foton na de spleet onder een hoek α naar het scherm gaat. De impuls p van het foton is niet van grootte veranderd, maar wel van richting. Figuur 3 is niet op schaal. Voor de golflengte van het licht geldt: $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ (10^{-9}); voor de horizontale component van de impuls van dit foton na de spleet geldt: $p_x = 1,33 \cdot 10^{-29} \text{ kgms}^{-1}$. De constante van Planck (h) is $6,62606 \cdot 10^{-34}$.

figuur 3

3. Bereken de grootte van hoek α .

De meeste fotonen komen ergens tussen de punten A en B op het scherm, afhankelijk van de grootte en richting van de component het foton heeft gekregen bij het passeren van de spleet. p_x die Als de in figuur 3 getekende lichtstraal net links van punt B uitkomt, mag de gegeven waarde van p_x beschouwd worden als de onbepaaldheid Δp zoals die voorkomt in de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg.

4. Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de minimale waarde van Δx in dit geval volgens de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg.
- Geef aan of deze waarde van Δx betrekking heeft op de breedte van de spleet of op de afstand AB op het scherm.
- Leg uit wat er met de afstand AB gebeurt als de spleetbreedte kleiner wordt en de afstand van de spleet tot het scherm gelijk blijft.

Trillingen binnen een molecuul

5. De onzekerheidsrelatie van Heisenberg geldt niet alleen voor fotonen in licht, maar ook in heel veel andere deeltjes. Een voorbeeld hiervan is een waterstofatoom.

Leg uit waarom het volgens de onzekerheidsrelatie van Heisenberg is uitgesloten dat een waterstofatoom stilstaat.

VRAGENLIJST – Achteraf

Hoe goed waren de testvragen op een schaal van 1 tot 10 te doen? Omcirkel een getal.

Moelijk									Makkelijk
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Hieronder is de mogelijkheid om een omschrijving te geven over de problemen die er waren tijdens het lezen en begrijpen van de tekst en het maken van de testvragen.

Bijlage D: Vragenlijst achteraf**Technische vragen**

Dit onderdeel is bedoeld om er achter te komen of er enkele fouten of gebreken waren bij de onderdelen van het practicum of het uitvoeren van het practicumvoorschrift, die ervoor zorgden dat stukken van het practicum lastig tot niet mogelijk waren om te maken.

Vraag 1. Kwam je tijdens het maken van het practicum enkele problemen/onzekerheden tegen? Omcirkel je antwoord.

Ja of Nee

Antwoord deze vraag(en) enkel als je bij de vorige vraag "ja" hebt geantwoord:

Vraag 1.1. Kwam je tijdens het uitvoeren van de proef een probleem(en)/onzekerheid(en) tegen op het gebied van werken met de laser? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee
Geef hier een omschrijving van wat het probleem was:

Vraag 1.2. Kwam je tijdens het uitvoeren van de proef een probleem(en)/onzekerheid(en) tegen op het gebied van werken met de spleet? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee
Geef hier een omschrijving van wat het probleem was:

Vraag 1.3. Kwam je tijdens het uitvoeren van de proef een probleem(en)/onzekerheid(en) tegen op het gebied van

werken met het projectiescherm? Omcirkel je antwoord.

Ja of Nee

Geef hier een omschrijving van wat het probleem was:

Vraag 1.4. Kwam je tijdens het uitvoeren van de proef een probleem(en)/onduidelijkheid(en) tegen op het gebied van het opstellen van het experiment? Omcirkel je antwoord.

Ja of Nee

Geef hier een omschrijving van wat het probleem was:

Vraag 2. Kwam je tijdens het maken van de proef enkele verbeterpunten tegen? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee

Vraag 2.1. Kwam je tijdens het uitvoeren van de proef een verbeterpunt(en) tegen op het gebied van werken met de laser? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee

Geef hier een omschrijving van jouw verbeterpunten:

Vraag 2.2. Kwam je tijdens het uitvoeren van de proef een verbeterpunt(en) tegen op het gebied van werken met het projectiescherm? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee

Geef hier een omschrijving van jouw verbeterpunten:

Vraag 2.3. Kwam je tijdens het uitvoeren van de proef een verbeterpunt(en) tegen op het gebied van werken met de spleet? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee

Geef hier een omschrijving van jouw verbeterpunten:

Vraag 2.4. Kwam je tijdens het uitvoeren van de proef een verbeterpunt(en) tegen het gebied van het opstellen van het experiment? Omcirkel je antwoord. Ja of Nee

Geef hier een omschrijving van jouw verbeterpunten:

Ontwerp van een ‘Spatial Psychovisual Modulation’-toepassing voor het gelijktijdig weergeven van twee beelden op een scherm

L. Huirne¹, A. Mulder², J. Hierck³, E. Meijer³

¹Het Assink Lyceum, Haaksbergen

²Staring College, Lochem

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - In this paper, a software design for a dual-view display based on Spatial Psychovisual Modulation (SPVM) is proposed. In short, two viewers should be able to see two different (moving) images on the same display at the same time, using polarisation filters to separate the two channels. This design was implemented on a passive 3D monitor. The code was first successfully written for a computer and a very slow version is available online for use with mobile devices in combination with streaming services such as a ChromeCast-device or Apple TV.

Introductie

Doel en aanleiding van dit paper

In dit paper wordt het ontwerp van een SPVM-beeldscherm voor bewegend beeld gegeven. SPVM staat voor Spatial Psychovisual Modulation; er wordt gebruikgemaakt van ruimtelijk gescheiden pixels om meerdere verschillende beelden uit te kunnen zenden. (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018)

Dit houdt in dat twee gebruikers tegelijkertijd verschillende beelden kunnen zien op hetzelfde scherm.

Aanleiding voor dit paper is het ontbreken van onderzoek naar deze technologie op het vlak van bewegende beelden. Voor stilstaande afbeeldingen is de methodiek uitgewerkt, maar dit is (tot op heden) niet voortgezet naar bewegend beeld. De technologie heeft allerlei nuttige toepassingen; hieronder staan er enkele genoemd.

1. Toegankelijkheid: Doven kunnen ondertiteling en oventolken zien terwijl de rest ‘gewoon’ tv kijkt. Ook kan de ondertiteling in verschillende talen worden weergegeven.

2. Entertainmentindustrie: Er zijn spellen te bedenken die leuk zijn om met grote groepen mensen op een groot scherm te doen. Denk bijvoorbeeld aan ‘Weerwolven van Wakkerdam’ of ‘Wie zijn wij?’, een groepsvariant voor ‘Wie ben ik?’, waarbij een deel van het publiek op een groot scherm ziet wat zijn geheime identiteit is. Ook meerpersoons videospellen kunnen met deze technologie verbeterd worden: doordat spelers het hele scherm voor hun eigen beeld kunnen gebruiken, is een split-screen niet meer nodig.

3. Geheime informatie: Geheime informatie kan worden eergegeven tussen niet-geheime informatie, bijvoorbeeld bij meetings met concurrenten in het bedrijfsleven. Er zijn nog veel meer toepassingen voor te stellen. Hierom is het nuttig deze toepassing nader te onderzoeken.

Principe

Dit werk bouwt voort op algoritmes die door anderen zijn ontwikkeld in de afgelopen jaren. (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018) (Liu, Gao, Wang, & Zhai, 2021) (Sun, et al., 2020) Deze algoritmes werken met behulp van passieve 3D-beeldschermen. Passieve 3D-beeldschermen zijn schermen die twee aparte beelden door

elkaar kunnen laten zien. Normaal worden deze schermen gebruikt om het linkeroog een net iets ander beeld te laten zien dan het rechteroog, waardoor de kijker een 3D-beeld ziet. Dit werkt door middel van circulaire polarisatiefilters. Circulaire polarisatie is een eigenschap van licht (die te maken heeft met de fase van de lichtgolf). Met een circulair polarisatiefilter wordt alleen licht doorgelaten van een vooraf bepaalde circulaire polarisatie. Het scherm zendt de twee beelden uit met een verschillende circulaire polarisatie. Door middel van één circulair polarisatiefilter kan vervolgens het juiste beeld eruit gefilterd worden: als men door dat filter kijkt, is nog maar één van de uitgezonden beelden zichtbaar, het andere wordt geblokkeerd. Als men door het andere bijbehorende filter kijkt, is alleen het andere beeld zichtbaar. Deze filters zijn aanwezig in een simpele 3D-bril: het polarisatiefilter van het linkeroog laat alleen het beeld door dat het linkeroog moet zien en het polarisatiefilter van het rechteroog laat het beeld door dat het rechteroog moet zien. Zo kwamen onderzoekers op het idee om deze technologie op een andere manier in te zetten, namelijk om twee verschillende beelden aan verschillende mensen weer te geven, zie ook 1. (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018)

Praktische invulling

Noem het beeld dat door persoon één moet worden gezien Beeld A en het beeld dat door persoon twee moet worden gezien Beeld B. De twee polarisatiekanalen van het beeldscherm heten Kanaal A en Kanaal B. Kanaal A bevat de beelden die met polarisatie één worden uitgezonden, Kanaal B die met polarisatie twee. Persoon één heeft een soort 3D-bril op die alleen polarisatie één doorlaat. Dit betekent dus dat Beeld A gelijk is aan Kanaal A. Persoon twee heeft geen bril op en ziet dus het beeld van beide verschillende polarisaties door elkaar. Hij ziet dus Kanaal A én B en dit is gelijk aan Beeld B. In formulevorm (Waarin de B staat voor beeld en de K voor kanaal):

$$B_A = K_A$$

$$B_B = K_A + K_B$$

De functie van de algoritmen is om een Kanaal A en Kanaal B te vinden zodat bovenstaande formules kloppen. Wiskundig gezien zijn B_A , B_B , K_A en K_B matrices. Matrices zijn wiskundige structuren die lijken op tabellen, met daarin getallen geordend

in rijen en kolommen. In dit paper zijn de matrices die bij elkaar gebruikt worden meestal van gelijk formaat (evenveel rijen en kolommen), waardoor de matrices opgeteld kunnen worden. Dit ziet men bijvoorbeeld als K_A en K_B bij elkaar opgeteld worden en samen de matrix B_B vormen.

De getallen die in de matrices staan zijn de data die de bijbehorende afbeeldingen vormen. Men moet dan denken aan de intensiteit van een kleur op een bepaalde pixel. Matrix B_A bevat bijvoorbeeld alle data over welke kleur elke pixel van Beeld A heeft. Uit bovenstaande formules valt af te leiden dat $K_A = B_A$ en $K_B = B_B - B_A$. Dit zijn de kanalen die de computer naar het scherm kan sturen om weer te geven. Het algoritme dat bekend staat als het Heuristische Algoritme gaat op deze manier te werk om K_A en K_B te berekenen. Dit algoritme wordt in sectie 2.8.2 uitgebreid behandeld. Hoewel dit een werkende methode lijkt om het programma te laten functioneren, zijn er toch moeilijkheden om rekening mee te houden. Deze worden besproken in de volgende paragraaf.

Bijzonderheden

Gammacorrectie

De algoritmes moeten rekening houden met gammacorrectie: monitoren laten niet alle kleuren gelijkwaardig zien. (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018) Dit komt omdat een pixel die volledig rood is een lagere felheid heeft dan een pixel die volledig groen is. Hierdoor wordt het optellen en aftrekken van beelden verstoord. Dit kan worden opgelost door de computer te laten berekenen hoe een beeld er daadwerkelijk op een scherm uit komt te zien. De formules uit sectie 1.3 moeten kloppen voor die soort beelden.

Negatieve waarden

Uit $K_B = B_B - B_A$ volgt dat K_B negatieve waarden kan bevatten als B_A te groot is. (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018) Dit is niet de bedoeling, want het scherm kan geen 'negatieve' kleuren uitzenden. Dit kan worden opgelost door alle getallen in de matrix B_A met een constante te vermenigvuldigen die alle getallen in B_A klein genoeg maken. Ook kan er bij B_B een constante opgeteld worden om negatieve waarden in K_B te voorkomen. Dit zorgt er echter wel voor dat Beeld A een stuk donkerder dan Beeld B wordt, maar dit is onvermijdelijk. In de discussie zal worden behandeld of het donkerder worden van de beelden hinderlijk is.

Interpretatie van licht in de hersenen

Een derde probleem is dat men bij deze berekeningen er over het algemeen van uitgaat dat de hersenen en ogen van persoon twee uit sectie 1.3 het beeld zien zoals het daadwerkelijk in de foto is opgeslagen. (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018) In werkelijkheid ziet een mens een 'geblurde' versie van wat er daadwerkelijk te zien is. Als persoon twee naar een pixel kijkt is de kleur op die plek een soort gewogen gemiddelde van de omringende pixels. Omdat de waargenomen kleur van pixels afhankelijk is van andere pixels in een afbeelding, is het niet mogelijk om pixels individueel van de pixels van een andere afbeelding af te trekken of op te tellen. Dit probleem laat zien dat de hele aanpak, gebaseerd op $K_A = B_A$ en $K_B = B_B - B_A$ misschien niet mogelijk is en er een betere methode moet worden gebruikt om een redelijk resultaat te verkrijgen. In de referentiepaper werd

echter gebruik gemaakt van een 'blur-grootte' van maar 2 tot 3 pixels, wat erg klein is. (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018) Optisch zijn het origineel en de geblurde versie nauwelijks te onderscheiden (eigen observatie). De auteurs twijfelen dus of dit probleem significant is.

Er zijn standaardmethoden ontwikkeld om te controleren of een SPVM-display aan de vereisten voldoet. (Chen, et al., 2016) De vorige papers hebben alleen afbeeldingen omgezet, maar het doel van dit onderzoek is om ook video's om te zetten.

Aanpak

In de volgende sectie van dit paper wordt beschreven wat de voorgenoemen stappen binnen dit onderzoek zijn.

Driversoftware voor scherm schrijven

Een essentiële stap in het proces is om een driver te schrijven die beelden vanuit de computer naar de twee kanalen van het scherm kan brengen. Deze software zorgt ervoor dat de berekende beelden in de juiste vorm naar het scherm worden gebracht, zodat het SPVM-systeem werkt. Zonder deze stap is het onmogelijk de software te testen.

Afbeeldingsomzet realiseren

Het eerste resultaat van dit ontwerp is het gelijktijdig weergeven van twee afbeeldingen op het scherm en deze beoordelen. Zo is te controleren of het basisprincipe functioneert. Er zijn verschillende algoritmen die kunnen worden getest in MATLAB. Het beste algoritme wordt naar C++ vertaald.

Video-omzet realiseren

Bewegend beeld is voor een computer intensiever om te berekenen dan losse afbeeldingen. Er wordt dus code geschreven om video's weer te geven en er wordt getest of het algoritme hoge rekensnelheden aankan.

Real-time implementeren

Als bepaald is dat het algoritme werkt, wordt er een real-time-implementatie gemaakt waardoor de kracht van de computer optimaal moet worden gebruikt om de beelden zonder haperingen weer te geven. Met real-time wordt bedoeld dat het uitgaande beeld wordt berekend vlak voordat deze wordt weergegeven (in plaats van bijvoorbeeld een uur voor de weergave). Hierdoor kan het programma direct beelden ontvangen, verwerken, en laten zien. Vertraging is toegestaan (en daarnaast onvermijdelijk), maar deze moet wel constant zijn, zodat de frames op natuurlijke snelheid blijven afspeelen.

Klaarmaken voor compacte hardware

Het zou handig zijn als compacte hardware zoals een Raspberry Pi of smartphone gebruikt kon worden om het SPVM-systeem aan te sturen. Zulke apparaten zijn erg praktisch, maar niet zo krachtig als een 'gewone' computer. Daarom moet de software geoptimaliseerd worden om op een dergelijk apparaat goed te functioneren, zodat de gebruiker geen computer achter zijn scherm hoeft te installeren. In deze stap wordt software geschreven waarmee een iPad via een Chromecast het SPVM-systeem kan aansturen.

GUI ontwerpen

Een GUI (Graphical User Interface) is een manier voor een gebruiker om een programma te bedienen. Het is de bedoeling

dat dit programma voor iedereen te bedienen is, dus niet via een programmeerbediening (Command Line Interface). Er moet een bediening gemaakt worden met knoppen waarop geklikt kan worden.

Materialen

In deze sectie worden de verschillende benodigde materialen genoemd, en wordt er verteld waarom deze nodig zijn.

Hardwarevereisten

Beeldscherm - Voor het beeldscherm werd gebruik gemaakt van een scherm met een passief 3D-paneel (LG D2342P), met daarin vaste polarisatie-instellingen. Dit is het meest simpele systeem dat bruikbaar is voor de te schrijven software. Deze schermen worden ook gebruikt in de vooronderzoeken die zijn geraadpleegd. (Sun, et al., 2020) Deze schermen zijn in productie niet makkelijk meer verkrijgbaar, maar zijn tweedehands nog voldoende beschikbaar.

Bril - Bij het beeldscherm is het gebruik van een standaard-3D-bril nodig. Een dergelijke 3D-bril moet gebaseerd zijn op circulaire polarisatie (dit is dus geen 'blauwroodbril', maar een bril met polarisatiefilters).

Computer - Om de software te kunnen verwerken moest er een computer met voldoende rekenkracht zijn. Deze vereisten zijn verder niet gespecificeerd, maar het is empirisch ondervonden dat er geen buitengewoon krachtige computer nodig is om de software te doen functioneren. Ook waren hierbij enige kabels nodig, zoals adapters en HDMI-kabels.

Software

De eerste versies van de algoritmes werden gemaakt in MATLAB, omdat deze programmeertaal simpel is en goed aangepast is aan het verwerken van beeld. Zodra de methode uit te voeren bleek, werd het omgezet naar C++ in combinatie met OpenCV, omdat dit sneller rekenen kan. OpenCV is een uitbreiding van C++ om afbeeldingen te kunnen verwerken. Deze code is echter complexer, daarom werd hier niet mee gestart.

De C++ code werd in Microsoft Visual Studio 2019 geschreven. Ook werd er opencv.js code geschreven voor de iPad-applicatie. Dit gebeurde in Microsoft Visual Studio Code.

Methode

Beginfase

De eerste stap was het schrijven van driversoftware. Dit bleek niet lastig: het scherm gebruikte de linkerkant van het videosignaal dat er binnenkwam voor het ene kanaal en de rechterkant voor het andere. De software die in deze stap werd geproduceerd zorgde er dus voor dat Kanaal A aan de linkerkant van het uitgaande videosignaal kwam en Kanaal B aan de rechterkant.

De tweede stap was het realiseren van afbeeldingsomzet. In eerder onderzoek werden er twee wiskundige oplossingsmethoden beschreven en drie bijbehorende algoritmen. (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018) (Sun, et al., 2020) De eerste wiskundige methode werd beschreven in sectie 1.3 Praktische invulling, en kan doormiddel van één algoritme worden geïmplementeerd: het Heuristische Algoritme. Het verschil tussen het Heuristische algoritme, en de beschrijving uit sectie 1.3, is dat dit algoritme ook rekening houdt met de eerder genoemde Bijzonderheden 'gammacorrectie' en 'negatieve

waarden' (zie ook sectie 1.4). Het Heuristische Algoritme houdt geen rekening met de 'Interpretatie van licht door het menselijk brein'.

De tweede wiskundige methode uit eerder onderzoek doet dat wel en deze methode kan aan de hand van twee verschillende algoritmes geïmplementeerd worden. In eerder onderzoek bleek dat het Pseudo-Inverse Algoritme van deze twee algoritmes het beste was. (Sun, et al., 2020) Het Pseudo-Inverse Algoritme was óók beter dan het Heuristische algoritme op het gebied van kleur (in sectie 1.4.2 werd verteld dat de correctie voor de negatieve waarden resulteert in donkere beelden, dit is bij het Pseudo-Inverse Algoritme niet het geval). Volgens eerdere onderzoeken is het Pseudo-Inverse Algoritme niet veel beter of slechter op het gebied van details en verstoringen (in vergelijking met het Heuristische algoritme aan de hand van de SSIM -data uit eerder onderzoek). (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018)

In dit onderzoek is geprobeerd om zowel het Pseudo-Inverse Algoritme te implementeren, als het Heuristisch Algoritme. Dit is gedaan omdat er verwacht werd dat het Heuristische Algoritme eenvoudiger te implementeren was, terwijl het Pseudo-Inverse Algoritme de beste resultaten zouden geven.

Heuristisch Algoritme

Het Heuristische Algoritme is te lezen in het figuur 4 Algoritme 1. Bepaalde onderdelen (functies) van dit algoritme zijn in een eigen figuur gezet, namelijk figuur 5 en figuur 6. Het algoritme is gebaseerd op de uitleg in sectie 1.3.

In de eerste twee regels van het algoritme worden de afbeeldingen geladen als een matrix (breedte $\times$ hoogte) met drie kleurkanalen (Rood, Groen en Blauw). Elke kleur van elke pixel wordt aangegeven op een schaal van 0 tot 255. Zo kan een pixel met veel rood en weinig groen en blauw worden opgeslagen als R200G014B014. In een pixel uit de afbeelding die voor een bepaalde kleur een hogere waarde heeft zal die kleur ook intenser weergegeven. Dit formaat voor het opslaan van afbeeldingen heet de grijswaardenschaal. In de derde en vierde regel worden twee nieuwe matrices gemaakt die de luminantiewaarden van de beide afbeeldingen bevatten. Luminantie is een andere manier om afbeeldingen om te zetten in data die opgeslagen kan worden. Hier wordt de lichtsterkte voor elke kleur opgeslagen die de pixel in de echte wereld zou hebben. In figuur 2 ziet u de correspondentie tussen de grijswaardenschaal en de luminantiesschaal voor het gebruikte beeldscherm. De gegevens in deze figuur is benaderd met een programma (WebPlotDigitizer) dat een grafiek kan inlezen en hieruit precieze waarden kan genereren. Er kan echter wel een onnauwkeurigheid in zitten, maar kleine verschillen in kleur op enkele pixels in het eindresultaat zijn met het blote oog niet zichtbaar. De correspondentie tussen de grijs- en luminantiewaarden zijn in lange tabellen opgeslagen. De omzetting van de grijswaarden naar de luminantiewaarden gebeurt op basis van de functie in Algoritme 2 (figuur 5). De reden dat de afbeeldingen eerst naar luminantiewaarden worden omgezet is dat de optelling van beelden in de echte wereld ook gebeurt volgens een optelling van luminantiewaarden en niet als een optelling van grijswaarden (zie ook de gammacorrectie in sectie 1.4 Bijzonderheden). Deze code lost het probleem van de gammacorrectie op. In de vijfde en zesde regel wordt er een range-aanpassing uitgevoerd, die ervoor zorgt dat de ene afbeelding waarden bevat tussen 0 en r255 en de tweede afbeelding waarden tussen r255 en 255 (r is een arbitraire

parameter, uit een eigen experiment bleek dat $r = 0.225$ de beste optie was). Dit gebeurt met een lineaire transformatie $[0, 255] \rightarrow [0, r255]$ en de lineaire transformatie $[0, 55] \rightarrow [r255, 255]$. Dit zorgt ervoor dat, als de eerste afbeelding van de tweede afbeelding wordt afgetrokken, er geen negatieve waarden in het resultaat ontstaan, aangezien dit door een scherm niet weergegeven kan worden. Dit lost het probleem van de negatieve waarden op. De resulterende matrices worden in regels 7 en 8 weer naar grijswaarden omgezet door de functie in algoritme 3 (figuur 6). Dit gebeurt omdat grijswaarden het formaat is dat gebruikt wordt door de computer om afbeeldingen op te slaan. De twee afbeeldingen die uit dit algoritme komen worden door de driver naar de beide polarisatiekanalen van het scherm geleid. De kijker zonder bril ziet deze twee kanalen door elkaar, de kijker met bril ziet alleen één van deze kanalen.

Functies binnen het Heuristisch Algoritme - Algoritme 2 in figuur 5 bevat de functie die voor elke pixel van een afbeelding aangeeft wat de luminantie is en zet deze luminantiewaarden vervolgens in een eigen afbeelding/matrix. De overeenkomst tussen de luminantie en de grijswaarden verschilt per beeldscherm en kleur. In 2 ziet u deze overeenkomst voor het gebruikte beeldscherm. Op basis van deze grafieken zijn tabellen gemaakt, waar de grijswaarden en de luminantie tegen elkaar worden uitgezet. Deze tabellen worden door Algoritme 2 afgelezen.

Algoritme 3 in figuur 6 doet hetzelfde als Algoritme 2, maar dan in de omgekeerde richting. Afbeeldingen/matrices met luminantiewaarden worden door deze functie weer omgezet in afbeeldingen met grijswaarden.

Pseudo-Inverse Algoritme

Naast het Heuristische Algoritme is er ook getracht het Pseudo-Inverse Algoritme te programmeren. Algoritme 4 in figuur 7 laat dit algoritme zien. De kern van de berekening in dit algoritme is de formule

$$X_{optimaal} = (WW^T)^{\dagger}WY^T$$

De uitwerking van dit algoritme is niet gelukt en zal niet in de resultaten worden meegenomen.

Uitwerking van eindproduct

In tegenstelling tot het Pseudo-Inverse Algoritme, werkte het Heuristische Algoritme wel. De MATLAB-code werd omgeschreven naar de programmeertaal C++ met OpenCV. C++ staat bekend als een snelle programmeertaal, en bij het verwerken van videobeelden is snelheid natuurlijk wenselijk. In de derde stap (zie sectie 2 Aanpak voor een opsomming van de verschillende stappen) werd geprobeerd om video-omzet te realiseren. Het doel van deze subcyclus/stap was om een programma te schrijven die video's kan omzetten voor kijkers met én zonder bril. Het programma werkt volgens het Heuristische Algoritme en is in de taal C++. Het programma moet zelf een venster openen en de frames zo snel mogelijk achter elkaar weergeven.

Het programma begint met het laden van twee video's uit twee bestanden. Vervolgens begint een stuk code die voor elk frame herhaalt. Elke keer als het programma van beide bestanden het juiste frame heeft geladen, wordt op die twee frames het Heuristische Algoritme, zoals in MATLAB en C++ geschreven in de tweede stap, toegepast. De uitgaande beelden worden vervolgens in vensters weergegeven. Op deze manier

kon een video van de Simpsons (die bij toeval op het internet werd gevonden) aan een kijker met een 3D-bril worden weergegeven en een gespiegelde versie van deze video kon worden weergegeven aan iemand zonder bril.

De vierde stap was het implementeren van een real-time versie van het algoritme. Dit was deels al gedaan in de derde stap, maar nog niet volledig: er is nog geen inputkanaal op de software waarin live beeld vertaald wordt, maar het rekenwerk kan wel zodanig snel worden verricht.

De vijfde stap was het klaarmaken van het algoritme voor compacte hardware. Hiervoor is de code vertaald naar een javascript-versie van OpenCV: opencv.js. Deze code is opgeslagen in een HTML-webpagina. Deze pagina is geoptimaliseerd voor het formaat van een iPad, zodat de iPad via een ChromeCast naar het scherm kan streamen. Een probleem dat zich voordeed, was dat de ChromeCast niet de volledige ruimte van het scherm gebruikt. Hierdoor kon het beeld ook moeilijker worden doorgegeven aan de driver zoals beschreven in stap 1. Dit heeft ervoor gezorgd dat het uiteindelijke SPVM-beeld heel klein op het scherm weergegeven werd. Hiernaast is de code zeer traag en zorgt het ervoor dat de browser na enkele frames crasht.

Er was niet genoeg tijd om de zesde stap (het maken van een grafische user-interface) uit te voeren. Dit zou eventueel kunnen worden gebaseerd op de webpagina die is gemaakt in stap vijf. Omdat deze code zo traag is, zal deze interface nu alleen nog voor demonstratiedoeleinden gebruikt kunnen worden.

Beoordeling van het product

De kwaliteit van het algoritme werd beoordeeld aan de hand van de Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) en de mean Structural Similarity Index Measure (meanSSIM). Deze kwaliteitsmetingsmethoden meten het verschil tussen twee afbeeldingen. Een goede kwaliteit betekent dat er weinig verschil is tussen de doel-afbeelding en de gerealiseerde afbeelding. De PSNR is de verhouding tussen de grootste waarde in de originele afbeelding en de Mean Squared Error (MSE, een statistische functie die het verschil tussen twee signalen meet) tussen de originele afbeelding en de gerealiseerde afbeelding (wat een kijker ziet als hij naar het scherm kijkt). (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018) De kijker met bril ziet alleen het beeld van één polarisatiekanaal, dus dat beeld kan voor deze berekening worden gebruikt als gerealiseerde afbeelding. De kijker zonder bril ziet de som van beide polarisatiekanalen, dus als deze beelden bij elkaar opgeteld zijn, kan ook deze data gebruikt worden als gerealiseerde afbeelding.

De SSIM is een methode om de structurele overeenkomst tussen afbeeldingen te meten. (Wang, Bovik, Sheikh, & Simoncelli, 2004) Deze methode houdt rekening met hoe een kijker een afbeelding ziet, en gebruikt dus ook een blur (zie ook sectie 1.3). De SSIM focust echt op de structuur/inhoud van een afbeelding: verschil in helderheid tussen twee afbeeldingen wordt minder zwaar bestraft dan verschil in visuele patronen. De meanSSIM is de gemiddelde SSIM van alle frames in een video. Beide meetmethoden hebben bestaande C++-code. (OpenCV, sd) De PSNR- en SSIM-methoden worden vaak gebruikt om het effect van beeldcompressie te meten. Een verschil tussen voor en na de compressie wordt als ruis gezien, en de PSNR- en SSIM-methoden zijn bedoeld om deze ruis te

meten. De resultaten van deze methoden worden beschreven in de sectie resultaten.

Voor de subjectieve beoordeling werden enkele testpersonen ($n = 4$) gevraagd de kwaliteit van het beeld op een schaal van 1 tot 5 te waarderen. De omstandigheden van de proef voldeden aan de standaard ITU-R BT.500-12. Deze omstandigheden werden ook in eerder onderzoek gebruikt. (Wang, Bovik, Sheikh, & Simoncelli, 2004) Hier is ook verdere uitleg van de testopzet te vinden. De hoeveelheid verlichting in de beoordelingskamer was laag en de kijkers zaten 30 cm van het scherm af. De gebruikte testvideo's waren hetzelfde als bij de objectieve beoordeling.

De gebruikte video's werden opgehaald van een opensourcewebsite en de verschillende animaties waren verschillend genoeg in range (het verschil in helderheid binnen een afbeelding) en complexiteit. Deze video's waren makkelijk te vinden, en worden vaker gebruikt binnen de videoverwerking.

Resultaten

Het ontwerp heeft bewezen in redelijke tijd (rond de 45 milliseconden) de data van twee frames uit video's te kunnen combineren. Dit is snel genoeg om videosnelheden van tot 22 frames per seconde te verwerken. Video's met een hogere snelheid worden daardoor in 'slow-motion' weergegeven. De producten in code zijn online beschikbaar.

Objectieve resultaten

Voor de objectieve resultaten, zoals de PSNR en meanSSIM (zie figuur 8 voor de PSNR- en meanSSIM-scores per gebruikte video) heeft het Heuristische Algoritme lagere scores gekregen dan de referentiepaper (PSNR was daar tussen de 40 en 47, meanSSIM tussen de 95% en 100%), geschreven in MATLAB. (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018) Dit komt waarschijnlijk omdat de precieze kleurmetingsdata van het gebruikte scherm niet beschikbaar is, die worden gebruikt om de grijswaarden naar luminantiewaarden om te zetten. De waarden die zijn gebruikt zijn een benadering. Hierdoor geeft de omzetting van een afbeelding naar luminantiewaarden en weer terug een bepaalde verstoring weer. Dit heeft zowel de PSNR- als de MeanSSIM-score lager gemaakt. De auteurs zijn dan ook van mening dat de PSNR- en SSIM-methoden eigenlijk niet heel geschikt zijn als objectieve beoordeling (zie sectie 5 Discussie).

Subjectieve resultaten

Aan de andere kant was het subjectieve resultaat wel naar verwachting. Dit komt omdat mensen de hierboven genoemde kleine verstoringen niet kunnen zien: de verstoringen in de pixels zijn klein, maar wel aanwezig op elke pixel en zorgen dus voor lage PSNR- en SSIM-scores, maar een mens merkt deze kleine verstoringen niet. De gemiddelde score was 3,5 (van de 5). Dit is vergelijkbaar met de scores behaald in de referentiepaper. (Chen, et al., 2016)

Conclusie

In dit onderzoek is een SPVM-systeem gemaakt met behulp van een Heuristisch Algoritme. Hierdoor werd het mogelijk om op één scherm twee verschillende beelden te laten zien. Deze beelden konden met behulp van een gepolariseerde 3D-bril uit elkaar worden gehouden. Er zijn subjectieve en objectieve

tests uitgevoerd om de kwaliteit van het eindresultaat te kunnen controleren. De subjectieve beoordeling (3,5 op een schaal van 0 tot 5) van het resultaat was vergelijkbaar met het subjectieve resultaat bij niet-bewegende beelden in eerder onderzoek. (Chen, et al., 2016) Volgens de objectieve beoordeling was de kwaliteit van het in dit onderzoek gerealiseerde eindproduct minder goed dan bij eerdere implementaties van het Heuristische Algoritme (voor niet-bewegende beelden). (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018)

Discussie

De auteurs denken dat het resultaat van dit onderzoek valide is, aangezien er gebruik gemaakt is van reeds bestaande beoordelingsmethoden, en de subjectieve beoordelingsmethode is specifiek voor dit doeleinde ontworpen. (Chen, et al., 2016) Er wordt echter wel getwijfeld aan de geschiktheid van de meanSSIM- en PSNR-methoden voor dit doeleinde. Deze methoden werden al in eerder onderzoek gebruikt. (Gao & Zhai, Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation, 2018) Volgens de auteurs komen de criteria die de basis vormen van deze beoordelingsmethoden niet volledig overeen met de subjectieve criteria die de gebruikers van het product hebben: terwijl een subjectieve gebruiker zich totaal niet stoort aan een lichte kleurafwijking op individuele pixels, storen meanSSIM en PSNR zich hier wel aan. Zij zien deze afwijking als ruis. De MeanSSIM- en PSNR-methoden zijn juist ontwikkeld om de hoeveelheid ruis te meten. (OpenCV, sd) Om deze reden worden deze methoden ook gebruikt om de kwaliteit van afbeelding-compressie-technieken te meten. De mening van de auteurs is dat de hoeveelheid ruis in een SPVM-systeem minder van belang is dan de subjectieve kwaliteit, en dat er daarom ook minder waarde gehecht hoeft te worden aan deze objectieve beoordelingsmethoden.

De subjectieve beoordeling van het resultaat was positief, dus dit geeft aan dat het Heuristische Algoritme niet te veel kleine verstoringen opleverde als gevolg van het mogelijke probleem 'interpretatie door de hersenen'. De aanname dat dit probleem zou meevallen bleek dus juist.

Iets dat opvalt, is dat donkere video's, zoals de Sintel-trailer, het relatief slechter doen in de objectieve en subjectieve beoordeling. Dit komt omdat de som van een donker beeld via een kanaal en een licht, kleurrijk, beeld via het andere kanaal resulteert in een mild gekleurd zwart vlak. Deze accenten veranderen de donkere afbeelding dusdanig dat het er storend uitziet. Het Pseudo-Inverse algoritme zou hier een oplossing kunnen bieden, aangezien de beelden daar minder donker hoeven te worden.

De intentie was om ook een gebruikersinterface (GUI) te maken. Dit is echter niet binnen de tijdsbeperking gelukt. Het is gelukt om de C++/opencv-code te 'vertalen' naar opencv.js-code en deze code is te gebruiken op een voorbeeld via bit.ly/duaabeeld. Deze code is echter zeer traag en dit komt omdat deze webapp geen toegang heeft tot dezelfde computercomponenten als de C++-code. Ook zou een professionele webservice berekeningen op een server kunnen aanbieden, waardoor het beeld niet meer traag wordt weergegeven. Dit zou echter wel veel dataverkeer opleveren. Daarnaast is het in de GUI nog niet mogelijk om zelf een videobestand te kiezen, of een video op te halen van services zoals YouTube. Het is wel mogelijk om het resultaat via een Chromecast naar het scherm te streamen. Een andere verbetering zou kunnen zijn dat er een speciale bril

wordt gebruikt met twee dezelfde polarisatiefilters: nu moet de gebruiker telkens één oog dichtknijpen.

Over het probleem hoe de gebruiker van audio kan worden voorzien is nog niet nagedacht, maar dit zou in een vervolgon ontwerp een interessante toevoeging zijn. Ook zou de afspeelsnelheid voor video's in een volgend ontwerp verhoogd kunnen worden door de GPU-processor-optie te gebruiken in OpenCV. De kwaliteit en snelheid van de gegenereerde beelden zou ook verhoogd kunnen worden door het Pseudo-Inverse Algoritme te gebruiken in plaats van het Heuristische Algoritme. Met dit algoritme wordt er gelet op de 'interpretatie door de hersenen' en is er geen sprake van een heel donker en heel licht beeld. Het verschil in helderheid tussen de twee beelden heeft waarschijnlijk een negatieve invloed gehad op de subjectieve beoordeling van het eindproduct.

Bibliografie

Chen, Y., Liu, N., Zhai, G., Gu, K., Wang, J., Gao, Z., & Zhu, Y. (2016). 2016 Visual Communications and Image Processing (VCIP). Quality assessment for dual-view display system (pp. 1-4). IEEE. doi:10.1109/VCIP.2016.7805459

Gao, Z. (2014). Dual-view medical image visualization based on spatial-temporal psychovisual modulation. IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (pp. 2168-2170). IEEE.

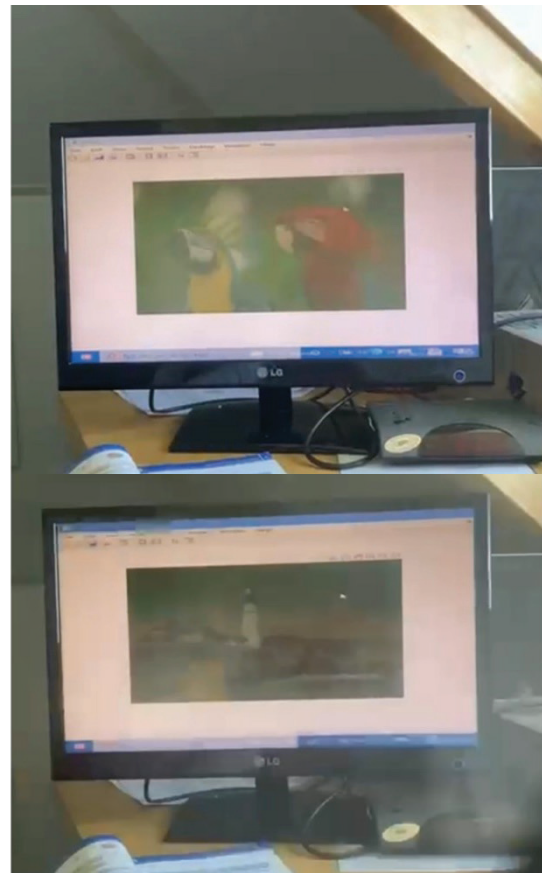
Gao, Z., & Zhai, G. (2018). Dual-View Display Based on Spatial Psychovisual Modulation. IEEE Access 6, 41356-41366. doi:10.1109/ACCESS.2018.2857006

Liu, N., Gao, Z., Wang, J., & Zhai, G. (2021). Psycho-visual modulation based information display: introduction and survey. Frontiers Of Computer Science, 15(3), 1-18.

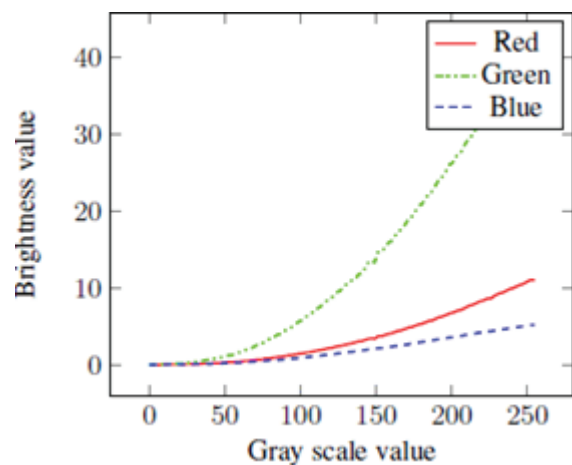
OpenCV. (sd). Similarity check (PNSR and SSIM) on the GPU. Opgeroepen op Oktober 13, 2021, van OpenCV: https://docs.opencv.org/4.x/dd/d3d/tutorial_gpu_basics_similarity.html

Sun, W., Gao, Z., Zhai, G., Zhang, J., Wang, Z., & Zhu, Y. (2020). An Improved Algorithm for Real-Time Dual-View Display. 2020 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) (pp. 1-5). IEEE. doi:10.1109/ISCAS45731.2020.9180978

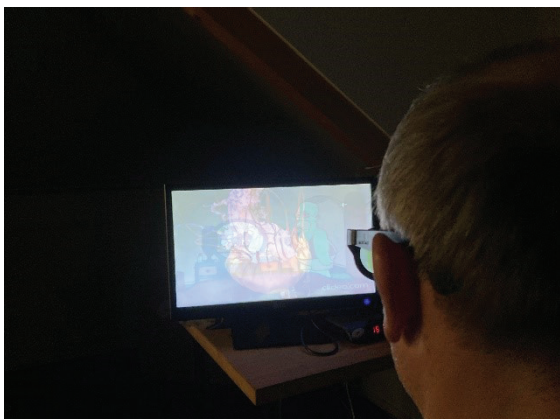
Wang, Z., Bovik, A., Sheikh, H., & Simoncelli, E. (2004). Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. IEEE Transactions on Image Processing, 13(4), 600-612. doi:10.1109/TIP.2003.819861



Figuur 1. Een demonstratie van het resultaat. Het bovenste beeld is met de depolarisatiebril, het onderste beeld zonder.



Figuur 2. In deze figuur ziet men de overeenkomst tussen de grijswaarden en luminatiewaarden voor het scherm. Op basis van deze grafieken zijn conversietabellen opgesteld. (Gao, Dual-view medical image visualization based on spatial-temporal psychovisual modulation, 2014)



Figuur 3. Een testpersoon test het scherm.

Algoritme 1 Heuristisch algoritme**Input:** r , Afbeelding 1, Afbeelding 2

- 1: y_1 = Afbeelding voor persoon zonder bril (360 bij 360 pixels)
- 2: y_2 = Afbeelding voor persoon met bril (360 bij 360 pixels)
- 3: $I_{y1} = \text{CONVERTEER}_{\text{GRIJSWAARDEN} \rightarrow \text{LUMINANTIE}}(y_1)$
- 4: $I_{y2} = \text{CONVERTEER}_{\text{GRIJSWAARDEN} \rightarrow \text{LUMINANTIE}}(y_2)$
- 5: $I_{x1} = r \cdot I_{y1}$
- 6: $I_{x2} = (1 - r) \cdot I_{y2} + r \cdot I_{x1}$
- 7: $x_1 = \text{CONVERTEER}_{\text{LUMINANTIE} \rightarrow \text{GRIJSWAARDEN}}(I_{x1})$
- 8: $x_2 = \text{CONVERTEER}_{\text{LUMINANTIE} \rightarrow \text{GRIJSWAARDEN}}(I_{x2})$

Output: x_1, x_2

Figuur 4, Heuristisch algoritme.

Algoritme 2 Converteer van grijswaarden naar luminantie

- 1: **Functie** $\text{CONVERTEER}_{\text{GRIJSWAARDEN} \rightarrow \text{LUMINANTIE}}(y)$
- 2: **herhaal voor elk** kleurkanaal van y (R, G, B) ; **doe het volgende:**
- 3: Lees voor elke pixel van y de grijswaarde af, zoek in de voorbereide tabel de bijbehorende luminantiewaarde en zet deze waarde in I_y .
- 4: **einde herhaal voor elk**
- 5: **Output van Functie:** I_y
- 6: **einde Functie**

Figuur 5, Grijswaarden naar luminantie-functie.

Algoritme 3 Converteer van luminantie naar grijswaarden

- 1: **Functie** $\text{CONVERTEER}_{\text{LUMINANTIE} \rightarrow \text{GRIJSWAARDEN}}(I_y)$
- 2: **herhaal voor elk** kleurkanaal van I_y (R, G, B) ; **doe het volgende:**
- 3: Lees voor elke pixel van y de luminantie af, zoek in de voorbereide tabel de bijbehorende grijswaarde en zet deze waarde in x .
- 4: **einde herhaal voor elk**
- 5: **Output van Functie:** x
- 6: **einde Functie**

Figuur 6, Luminantie naar grijswaarden.

Algoritme 4 Pseudo-Inverse-Algoritme**Input:** Afbeelding 1, Afbeelding 2, Kernel persoon 1, Kernel persoon 2

- 1: y_1 = Afbeelding voor persoon 1 zonder bril (360 bij 360 pixels)
- 2: y_2 = Afbeelding voor persoon 2 met bril (360 bij 360 pixels)
- 3: $I_{y1} = \text{CONVERTEER}_{\text{GRIJSWAARDEN} \rightarrow \text{LUMINANTIE}}(y_1)$
- 4: $I_{y2} = \text{CONVERTEER}_{\text{GRIJSWAARDEN} \rightarrow \text{LUMINANTIE}}(y_2)$
- 5: $W = \begin{bmatrix} \text{Kernel}_1 \\ \text{Kernel}_2 \end{bmatrix}$
- 6: $Y = \begin{bmatrix} \text{Kernel}_1 I_{y1} \\ \text{Kernel}_2 I_{y2} \end{bmatrix}$
- 7: $X_{\text{optimaal}} = (WW^T)^{\dagger} WY^T$
- 8: Alle waarden in X_{optimaal} kleiner dan 0 worden veranderd in 0 en alle waarden hoger dan 1 worden veranderd in 1.
- 9: **Uit** = $\text{CONVERTEER}_{\text{LUMINANTIE} \rightarrow \text{GRIJSWAARDEN}}(X_{\text{optimaal}})$

Output: X_{optimaal}

Figuur 7, Het Pseudo-Inverse Algoritme.

Table 1: Tabel met resultaten van de objectieve kwaliteitsbepaling.

Video's	PSNR Beeld met bril	PSNR Beeld zonder bril	MSSIM met bril	MSSIM zonder bril	Tijd per frame
<i>Simpsons, Simpsons gespiegeld</i>	11.6716	12.7519	62.791	68.6738	40.0298 ms
<i>Big Buck Bunny trailer, Simpsons</i>	14.4674	12.6131	65.2848	66.7908	45.126 ms
<i>Big Buck Bunny trailer, Sintel trailer</i> (Sintel is een erg donkere video. Dit veroorzaakt de slechtere resultaten.)	14.4674	9.26386	65.2848	37.0254	45.5303 ms
<i>Sintel trailer, Kwal stockvideo</i> (Sintel is een erg donkere video. Dit veroorzaakt de slechtere resultaten.)	12.7023	5.90059	12.3222	9.66925	45.2082

Figuur 8, Resultaten objectieve kwaliteitsbepaling.

Een onderzoeksvoorstel om zonnepanelen mee te laten draaien met de zon voor een hogere energieopbrengst door een mathematisch model

W. Platter¹, L.W. van Dam², K.H. de Vries³, A.A. ten Cate³, C. Struiksmal¹

¹SG Marianum, Lichtenvoorde

²Bataafs Lyceum, Hengelo

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - This is a research design that focuses on a problem in generating solar energy. It is known that rotating solar panels exist such as the Solar Smartflower, but those are not capable of being located and used at the same places a non-rotating solar panel could be placed [3]. The intention of this research design can be split in two phases. In phase one will a mathematical model be created. In this model will a solar panel rotate using the zenith angle and the azimuth, so it can follow the path of the irradiation [4]. This method will be tested by the Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) of the European Union [5]. In phase two will this mathematical model be upgraded so it can calculate the possible power of the solar panel. By comparing the results of the rotating solar panel with the results of a non-rotating solar panel of the PVGIS, can be concluded what the difference in power between a rotating solar panel and a non-rotating solar panel theoretically is. It can also be concluded if the rotating solar panel could be used at the same places as a non-rotating solar panel using the mathematical model of phase 2. In this way is the use of the mathematical model optimal.

Voorwoord van de auteurs

Dit theoretisch paper is anders dan normaal. Dit onderzoek is gestart door twee honoursleerlingen, Levi Duthler en Kellan Velthof, die beide zijn gestopt met het Pre-U Honoursprogramma. Het onderzoek is overgenomen door Lucas van Dam en Wisit Platter, doordat hun vorige onderzoek was vastgelopen door communicatieproblemen, onvoldoende tijd en kennis om hun vorige onderzoek goed af te ronden. Daarnaast was er in dit overgenomen onderzoek meer potentie tot een succesvol einde dan hun vorige onderzoek. Om die redenen hebben Lucas van Dam en Wisit Platter dit onderzoek overgenomen. Dit onderzoek is een onderzoeksopzet in de vorm van een wetenschappelijk paper waaruit het onderzoek direct opgestart moet kunnen worden. Hierbij mogen geen vragen openblijven met betrekking tot de validiteit.

Inleiding

Hernieuwbare energie is belangrijk; steeds vaker wordt duidelijk dat het huidige systeem dat afhankelijk is van fossiele brandstoffen niet eeuwig houdbaar zal blijven. Naar verwachting zullen de koolreserves wereldwijd over 114 jaar verbruikt zijn, de aardgasreserves over 53 jaar en de oliereserves over 51 jaar als de mensheid doorgaat met zijn huidige verbruik. Bovendien is het wereldwijde koolstofbudget 746 miljard ton [1]. Van de 746 miljard ton koolstof mag er 275 miljard ton worden verbruikt om klimaatverandering tegen te gaan [6]. De kans dat de aarde dan opwarmt met 1,5 tot 2,0 °C is dan 50%. Als er meer dan 275 miljard ton koolstof wordt verbruikt, is de kans groter dat de aarde met 1,5 tot 2,0 °C opwarmt [1]. Om de wereld draaien-de te houden moet er geïnvesteerd worden in hernieuwbare energie [2]. Zonne-energie is één van de vormen van hernieuwbare energie. Zonne-energie valt te splitsen in twee categorieën: zonnewarmte, wat zorgt voor thermische energie, en zonnestroom resulterende in fotovoltaïsche energie, ook wel bekend als zonnepanelen [8]. In dit paper wordt de onderzoeksopzet gepresenteerd hoe een zonnepaneel kan meedraaien met de zon om een hogere energieopbrengst te krijgen. Dit wordt gedaan in twee fases. Fase 1 bestaat uit het onderzoek van Levi Duthler en Kellan Velthof.

Dit onderzoek zal worden afgemaakt en worden behandeld als een vooronderzoek. In het vooronderzoek wordt het wiskundige model waar Levi Duthler en Kellan Velthof aan zijn begonnen afgemaakt en kloppend gemaakt. De reden waarom dit onderzoek wordt af-gemaakt, is om te weten hoe de aarde om de zon draait en om zijn as draait, zodat er beslist kan worden welke hoeken er nodig zijn voor het zonnepaneel en hoe die hoeken mee kunnen draaien met de zon. In fase 2 zal het mathematische model worden uitgebreid. De basis van dit model is het mathematische model van het vooronderzoek uit fase 1, maar in fase 2 wordt het zonnepaneel toegevoegd. Er wordt rekening gehouden met de grootte, massa en dus het soort materiaal van het zonnepaneel en de energiekosten van het draaimechanisme. Op het moment dat deze toevoegingen bij het model zijn gemaakt, wordt er berekend hoeveel energie een draaiend zonnepaneel kan opleveren in vergelijking met een zonnepaneel dat niet meedraait. Er is nu namelijk gegeven wat van soort materialen er zijn gebruikt, maar ook hoe groot de oppervlakte, de hoogte en de massa van het zonnepaneel is. Hierdoor kan het maximale theoretische vermogen van het zonnepaneel worden berekend. Verder kan er worden bepaald wanneer het draaimechanisme meer energie kost dan dat het paneel oplevert. Dit wordt gedaan door het verschil te berekenen tussen de totale theoretische opbrengst en verlies van het zonnepaneel in vermogen van het draaimechanisme. Wanneer die gelijk zijn aan elkaar, zal het zonnepaneel stoppen met draaien. Anders draait het paneel verlies en op die manier zou er sprake moeten zijn van meer opbrengst bij het draaiende zonnepaneel dan het niet-draaiende zonnepaneel in theorie.

Theoretisch Kader

In het mathematisch model van het vooronderzoek is het van belang te snappen hoe niet-draaiende zonnepanelen werken, zodat er aanpassingen kunnen worden gemaakt waardoor het zonnepaneel wel kan meedraaien met de zon. Niet-draaiende zonnepanelen hebben twee vaste hoeken; de hoek tussen het grondoppervlak en het zonnepaneel (figuur 2) en de hoek tussen de zonnestralen en het zonnepaneel (figuur 3). De zon komt op in het oosten en gaat onder in het westen (figuur 1).

Dit komt doordat de aarde om zijn as draait en om de zon heen draait. Het gevolg hiervan is dat de zon bepaalde punten heeft waarop het meer energie kan leveren dan op andere punten, want de zon staat op bepaalde punten van de dag hoger dan andere punten. Hierdoor kan de zon niet optimaal op het zonnepaneel schijnen als de zon laag op de horizon staat. Dat is de reden waarom de zon weinig energie bij zonsopkomst kan leveren en juist veel energie kan leveren wanneer die op het hoogste punt staat (figuur 1) [4]. Verder wordt ervan uitgegaan dat de zon hetzelfde aantal energie levert per dag. In het ideale geval zou het zonnepaneel zowel verticaal (figuur 2) als horizontaal (figuur 3) kunnen bewegen zodat het zo lang mogelijk in de zon blijft en dus in die punten waarop er meer energie valt te winnen. Dat is de reden waarom de hoek tussen het zonnepaneel en het grondoppervlak bekend moet zijn, want de zonnestralen moeten in het ideale geval loodrecht op het paneel stralen zodat er een hogere energieopbrengst is (figuur 2). Dit is de optimale hoek. De optimale verticale hoek wordt gezien als de hoek waarop de zon de kleinste afstand en de meest recht mogelijke hoek maakt, vandaar dat er van de rechte hoek wordt uitgegaan [4]. De optimale hoek verschilt per locatie, want de aarde is bolvormig. Het gevolg hiervan is dat het hoogteverschil van de zon met de horizon per tijdsinval op een dag verschilt. Het meebewegen van de verticale hoek (figuur 2) is dus essentieel voor het draaiende zonnepaneel, want het zorgt ervoor dat de hoek tussen het grondoppervlak en de zonnestralen zo lang mogelijk loodrecht blijft [4]. Verder moet de hoek tussen de zonnestralen en het zonnepaneel (figuur 3) bekend zijn voor het draaiend zonnepaneel. Zoals gezegd kan de verticale hoek per locatie verschillen, doordat de aarde om zijn as en de zon draait. Hierdoor moet het zonnepaneel zich ook horizontaal kunnen bewegen om die hoek tussen de zonnestralen en het zonnepaneel zo recht mogelijk te houden (figuur 3) [4]. Zoals gezegd is de locatie van een zonnepaneel nodig. Dit is niet alleen nodig zodat de hoek tussen het zonnepaneel en de zonnestralen en de hoek tussen het zonnepaneel en het grondoppervlak kan worden berekend, maar ook om te determineren of de locatie geschikt is of niet, bijvoorbeeld wanneer er geen zon is of wanneer er sprake zijn van belemmeringen in de omgeving zoals bomen. Het zonnepaneel moet niet te veel fotonvoltatische energie binnenkrijgen, want als het zonnepaneel warmer wordt dan 25 °C, vermindert de efficiëntie van het paneel [11]. Over het algemeen geldt dat de efficiëntie in vermogen met 0,5% daalt per 1 °C die bij de 25 °C opkomt [10]. Dit speelt ook een belangrijke factor voor de efficiëntie in de bepaling waar het zonnepaneel moet worden geplaatst.

Solar Smartflower

Op dit moment bestaan er zonnepanelen die kunnen draaien. Deze leveren een grotere opbrengst dan statische zonnepanelen, maar deze zijn alleen maar op bepaalde locaties mogelijk door de omvang van het paneel. Zo bestaat er de Solar Smartflower die 51% meer stroom opwekt dan een even groot zonnepaneelsysteem dat op een dak zou liggen [3]. Verder is de Solar Smartflower 5 meter hoog en heeft een oppervlakte van 18 m² waardoor dit product niet op alle locaties valt te plaatsen [9]. Het draaiende zonnepaneel dat door het wiskundige model in fase 2 wordt gemaakt, zou in theorie makkelijker kunnen worden geplaatst dan de Solar Smartflower, wellicht zou het op dezelfde locaties kunnen worden geplaatst als een zonnepaneel dat niet meedraait. Dit hangt af van de uiteindelijke grootte en massa van het zonnepaneel die uit fase 2 moeten

komen. Het gevolg hiervan zou zijn dat er meer energie wordt geleverd. Op die manier zou dit zonnepaneel overal kunnen liggen in theorie, afhankelijk dus van de grootte en de massa. Hierdoor wordt er meer energie gewonnen dan zonnepanelen die niet meedraaien en het paneel zou in theorie makkelijker kunnen worden geplaatst dan de Solar Smartflower.

De onderzoeksopzet

In dit wetenschappelijk onderzoeksopzet wordt onderzocht wat de hogere energieopbrengst van draaiende zonnepanelen kan zijn als die voor een bepaalde tijd op een dag in theorie verticaal (figuur 2) en horizontaal (figuur 3) kunnen bewegen, maar dat het meedraaiende zonnepaneel op dezelfde plekken als niet-draaiende zonnepanelen kan liggen. Dit wordt gedaan door een mathematisch model dat in twee fases wordt uitgevoerd. In fase 1 wordt bepaald hoe de aarde om zijn as en de zon draait waardoor de optimale hoek tussen het grondoppervlak en het zonnepaneel (figuur 2) en de hoek tussen de zonnestralen en het zonnepaneel (figuur 3) kan worden bepaald. In fase 2 wordt dit wiskundige model uitgebreid met het zonnepaneel die uiteindelijk zal meedraaien. Hoever het zonnepaneel kan meedraaien en waar het zonnepaneel dan aan moet voldoen, wordt later uitgelegd in 5.1 Het uitgebreide mathematische model. Verder zal er in fase 2 worden uitgelegd hoe de hogere energieopbrengst wordt bereikt van het draaiende zonnepaneel vergeleken met een niet-draaiende zonnepaneel.

Werkwijze vooronderzoek

Het incomplete vooronderzoek

Om fase 1 van dit onderzoeksopzet uit te voeren, wordt er gebruik gemaakt van het onvolledige wiskundig model van Levi Duthler en Kellan Velthof, die dit onderzoek hebben gestart. In het model is er geprobeerd om een formule te gebruiken. Dit werd gedaan door een voorbeeld van de bron uit 1983 die Levi Duthler en Kellan Velthof voornamelijk hebben benutigd te gebruiken in Microsoft Excel, aangezien de bron ook de resultaten kon geven bij het voorbeeld. Echter kwamen deze resultaten niet overeen waardoor het model onvolledig was en op dat moment werd het onderzoek gestopt. Het onvolledige onderzoek was gebaseerd op de volgende formule waarmee de hoek in graden tussen het zonlicht en het aardoppervlak kan worden berekend [4]:

$$\sin(\alpha_s) = \sin(\Phi) \sin(\delta) + \cos(\Phi) \cos(\delta) \cos(h)$$

Waar:

- α_s is de hoek is tussen het zonlicht en het aardoppervlak in graden,
- Φ is de plaatselijke breedtegraad in graden,
- h is de uurhoek: de uurhoek is om 12:00 lokale tijd gelijk aan 0 graden een neemt elk uur daarvan verwijderd met 15 graden toe (voorbeeld: op 13:30 lokale tijd is de uurhoek gelijk aan 22,5 graden, want $13.30 - 12.00 = 1,5$ uur. $15 \text{ graden} \times 1,5 = 22,5 \text{ graden}$).
- δ is de positie van de zon ten opzichte van het aardoppervlak in graden,

De positie δ hangt van de dag in het jaar af volgens deze formule [4]:

$$\delta = \arcsin(\sin(-23,44) \times \cos(\frac{360}{365,24}(N + 10)) + \frac{360}{\pi} \times 0,0167 \sin(\frac{360}{365,24}(N - 2)))$$

Waar:

- N is gelijk is aan het aantal dagen na 1 januari 0:00 uur UTC.

Met deze formules kan de hoek tussen zonlicht en aardoppervlak voor een bepaald punt op aarde worden bepaald. Hiervan kan worden afgeleid wat de optimale hoek voor zonnepanelen is. Tijdens het maken van het wiskundige model in het vooronderzoek en het gebruiken van de formules, kwamen de resultaten als onverwacht. Zo zou de zon in de nacht op zijn hoogste punt staan. Dit zou kunnen komen doordat de eenheden, graden en radialen, door elkaar werden gebruikt in het onvolledige wiskundig model. De reden was dat Levi Duthler en Kellan Velthof niet wisten of Microsoft Excel een vaste eenheid gebruikt of niet. Ook kwamen Levi Duthler en Kellan Velthof ieder op verschillende formules voor δ uit. De verschillen tussen deze formules waren groot. Zo kwam Levi Duthler op meerdere kleinere formules uit en had Kellan Velthof één grote formule gemaakt, terwijl dezelfde bron voor hun formules werd gebruikt. De formule die Kellan Velthof gebruikte, staat hierboven, terwijl Levi Duthler de volgende twee formules voor δ zou hebben gebruikt:

$$\delta = \arcsin \left\{ 0,4 \sin \left[\frac{360}{365} (dn - 82) \right] \right\} \text{ in graden}$$

$$\delta = 23,45 \left\{ \sin \left[\frac{360}{365} (dn + 284) \right] \right\} \text{ in graden}$$

Waar:

- dn staat voor de dag in het jaar. Zo is 16 oktober de 289ste dag van het jaar, dus wordt er 289 op de plaats van dn ingevuld wanneer de gegevens van 16 oktober nodig zijn. Dit zorgde voor de volgende vraag; welke formule is juist of zijn beide formules onjuist voor δ ? Waarom waren er meerdere formules voor δ ? Helaas zijn Levi Duthler en Kellan Velthof gestopt waardoor er geen conclusie kan worden getrokken waarom dit zo is en waarom de resultaten buiten verwachting waren. Zo blijft de vraag waarom de zon in de nacht op zijn hoogste punt zou staan onbeantwoord.

Afronding van het vooronderzoek

Voor de afronding van het vooronderzoek wordt er gekeken naar fouten in het onderzoek, waar informatie ontbreekt en waarom het onderzoek in eerste instantie is vastgelopen. Lag het aan de formule uit de gebruikte bron of zaten er fouten in het gemaakte onvolledige mathematische model? Welke formule voor δ was juist of waren beide formules onjuist? En als beide formules onjuist waren, wat moet dan de formule voor δ zijn? Was de bron niet recent genoeg en was daardoor de informatie onvolledig? Zorgde die informatie er ook voor dat de resultaten niet naar verwachting waren zoals waarom de zon in de nacht op zijn hoogste punt zou staan? En stel alles zou kloppen, de formule en het mathematische model, zijn de resultaten uit het model op de juiste manier geïnterpreteerd? Wat zijn de grenzen van het model? Zouden de resultaten ook kunnen worden toegepast met een zonnepaneel die daadwerkelijk in fase 2 meedraait met de zon? Immers zou het zonnepaneel perfect met de zon mee moeten draaien in theorie. Op het moment dat de resultaten niet kloppen, zou door middel van literatuur worden bewezen of de bron juist of onjuist is. Dit zorgt ook voor een sterkere basis van het mathematische model. Als de bron niks mankeert, is het de vraag of de software op de juiste manier is gebruikt. Toen Levi Duthler en Kellan Velthof

de formules uit de bron uit 1983 in Excel hadden ingevoerd, kwamen er eerst geen resultaten uit door typefouten. Vervolgens kwamen er wel resultaten uit, maar was het onduidelijk in welke eenheid. De reden hiervoor was dat de Levi Duthler en Kellan Velthof niet wisten of Excel een vaste eenheid gebruikte of niet. Daarnaast hadden de gegevens uit hun bron afwisselend de eenheden radialen en graden toegepast waardoor vaak verwarring ontstond [4]. Dit zorgde voor onverwachte resultaten. De gegevens werden op de gok gebruikt waardoor er nooit betrouwbare resultaten uit de formules zouden zijn gekomen. Nu is het onbekend of dit aan het programma Microsoft Excel lag of aan de vaardigheden van Levi Duthler en Kellan Velthof.

Vooronderzoek checken

Om het mathematische model te checken wordt dit op meerdere manieren gedaan. Als eerste wordt het model in de aanwezigheid van een wiskundige nagekeken of het model volledig en kloppend is. Hierbij wordt er vooral gevraagd naar de inhoud. Draaien de zonnepanelen daadwerkelijk in theorie mee met de zon of niet? Als tweede methode zal dit model worden getoetst aan de hand van bestaande gegevens van Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Dit is een webapplicatie van de Europese Unie die op basis van satellietgegevens informatie over de optimale hoek tussen het zonnepaneel en het grondoppervlak kan geven, de jaarlijkse energieproductie in kilowattuur kan voorzien en kan de zonkrecht op een bepaalde locatie determineren. Om deze informatie te krijgen, moeten alle gegevens van het desbetreffende zonnepaneel worden ingevoerd. Dit zijn de theoretische opbrengst in testomstandigheden in kilowattpiek van het zonnepaneel, het materiaal van het zonnepaneel en als laatste het verwachte verlies in energie door bijvoorbeeld de weerstand van kabels of wanneer er zand en sneeuw op de panelen ligt in procenten [5]. De PVGIS-webapplicatie kan dus de optimale hoek voorzien. Als het wiskundige model zou kloppen, zou de optimale hoek tussen het zonnepaneel en het grondoppervlak overeenkomen. Dit wordt gecheckt door een locatie in te voeren in het wiskundige model en precies dezelfde locatie in de PVGIS-webapplicatie in te voeren. Dit wordt meerdere malen gedaan met verschillende locaties op de wereld om zeker van te zijn dat er geen sprake is van toeval. Als de hoek telkens correleert, klopt het wiskundige model. Het is bekend dat de hoek verschilt, maar de vraag blijft onbeantwoordbaar of dit verschil in het wiskundige model te groot is of niet. Immers is het model niet gemaakt en zijn de grenzen dus onbepaald waardoor het niet bekend is hoe groot het verschil mag zijn. De reden waarom het verschil bekend is, komt doordat de aarde bolvormig is en dus geen perfecte bol is. In het mathematische model wordt de aarde als een egaal bol gebruikt.

Fase 2

Het uitgebreide mathematische model

In fase 2 wordt een zonnepaneel toegevoegd aan het wiskundige model. Als eerste wordt het zonnepaneel als een niet-draaiende zonnepaneel beschouwd. Op die manier is het bekend hoe lang, breed en hoog een zonnepaneel moet zijn en dus ook hoever een zonnepaneel maximaal horizontaal (figuur 3) kan meedraaien met de zon en wat de maximale verticale hoek tussen het grondoppervlak en het zonnepaneel mag zijn (figuur 2). Als tweede stap wordt het draaimechanisme gemonteerd. Ondanks dat het mechanisme in het begin niet zal meedraaien,

zal het wel een rol spelen in wanneer het draaiende zonnepaneel de hoogte in gaat. Immers heeft het draaimechanisme een massa die ervoor kan zorgen dat het zonnepaneel bijvoorbeeld valt of afbreekt wanneer het zonnepaneel te zwaar is. Als derde stap wordt het soort zonnepaneel gedetermineerd. Dit wordt gedaan zodat het mogelijke theoretische vermogen kan worden berekend, maar ook zodat de massa van het zonnepaneel bekend is. Doordat het oppervlak van het zonnepaneel bekend is, is het mogelijk om het vermogen van het zonnepaneel in theorie te berekenen. Vervolgens zal de hoogte van het zonnepaneel een rol spelen, want de hoogte is variabel. De bedoeling is om te achterhalen of het model ook werkt wanneer het zonnepaneel op een hogere locatie wordt geplaatst en tot hoever het zonnepaneel horizontaal (figuur 3) en verticaal (figuur 2) kan draaien. Als vijfde stap zal er worden onderzocht hoe stevig het aangrijpingspunt met het vaste oppervlak moet zijn, hoe stevig en stug het materiaal dat gebruikt wordt om de hoogte in te gaan moet zijn en hoe sterk het aangrijpingspunt van dit materiaal en het zonnepaneel moet zijn. Dit kan bijvoorbeeld het aangrijpingspunt met het grondoppervlak zijn of aan het dak waaruit een paal steekt, van een materiaal zoals aluminium waaraan het zonnepaneel is gemonteerd. Als het onbekend is hoe stevig de aangrijpingspunten zijn en hoe stug en stevig het materiaal is, kan het zonnepaneel eraf vallen of afbreken. Als zesde stap wordt er onderzocht hoe hoog een zonnepaneel maximaal kan worden geïnstalleerd. Dit hangt af van de totale massa van het draaiende zonnepaneel. Dus de massa van het zonnepaneel zelf, het draaimechanisme en de materialen die worden gebruikt om het mechanisme en paneel de hoogte in te brengen. Verder hangt dit ook af van het soort materiaal, omdat sommige materialen stugger en zwaarder zijn dan anderen [12]. De volgende stap is het determineren op welke plaatsen het draaiende zonnepaneel kan worden geplaatst. Hierbij worden de resultaten van de bovenstaande punten gebruikt. Verder werd er aangenomen dat de zon dezelfde hoeveelheid energie uitstraalt, maar dat de zonkracht op verschillende tijden en plaatsen afwijkend kan zijn. De reden hiervoor is dat de aarde om zijn as en om de zon draait, maar ook doordat de aarde bolvormig is [4]. Daar-door zijn er temperatuurverschillen en verschilt de zonkracht waardoor zonnepanelen minder efficiënt kunnen werken. Deze twee variabelen, de temperatuur en de zonkracht, wordt ook gebruikt om locaties voor het draaiende zonnepaneel in theorie te bepalen [11]. Als laatste stap zal het zonnepaneel meedraaien met de zon. Hiervoor zal het draaimechanisme zijn geprogrammeerd met enkel het wiskundige model uit het vooronderzoek met de aanpassingen hoever het zonnepaneel maximaal horizontaal (figuur 3) en verticaal (figuur 2) kan draaien.

Resultaten vergelijken

Om te concluderen of draaiende zonnepanelen in theorie meer energieopbrengst hebben, wordt dit vergeleken met de gemiddelde theoretische opbrengst van niet draaiende zonnepanelen. Hiervoor wordt de PVGIS-webapplicatie gebruikt, want deze webapplicatie kon ook informatie over jaarlijks vermogen voorzien. Naast deze twee theoretische gegevens over een mogelijk vermogen, zijn er ook praktische gegevens nodig. Dit zijn de gekozen lengte- en breedtegraden zodat de gegevens van het gemiddelde vermogen van het zonnepaneel in een jaar van die locatie kan worden opgezocht in de PVGIS-webapplicatie. Het zonnepaneel moet hierbij van hetzelfde oppervlak en omvang zijn. De omvang van het draaiende zonnepaneel,

is het zonnepaneel met draaimechanisme en materialen die ervoor zorgen dat het paneel de hoogte in kan. Als tweede vereiste moet de locatie zich op land bevinden. Wanneer de locatie bepaald is, kan de zonkracht op die locatie worden opgezocht door de PVGIS-webapplicatie. De resultaten van de zonkracht uit de PVGIS-webapplicatie worden in het mathematisch model uit fase 2 ingevoerd zodat deze informatie ervoor zorgt dat het draaiende zonnepaneel van het mathematische model het vermogen kan berekenen. Als het vermogen van het mathematische model uit fase 2 met het stilstaande zonnepaneel uit de PVGIS-webapplicatie wordt vergeleken, komt hier uit wat de hogere energieopbrengst in vermogen voor het draaiende zonnepaneel uit het model in theorie kan zijn.

Conclusie

Dit onderzoek wordt in twee fases uitgevoerd. Fase 2 zal bestaan uit het wiskundige model uit fase 1, maar met de toevoegingen van het zonnepaneel, draaimechanisme, materiaal en totale massa. Om de resultaten te krijgen, wordt er een locatie ingevoerd. Vervolgens wordt dezelfde locatie in de PVGIS-webapplicatie ingevoerd, zodat deze applicatie de theoretische waarde voor het vermogen voor een niet-draaiende zonnepaneel kan voorzien. Dit vermogen wordt dan vergeleken met het theoretische vermogen van het draaiende zonnepaneel uit het wiskundige model waardoor de conclusie kan worden getrokken wat de hogere energieopbrengst van het draaiende zonnepaneel in theorie is vergeleken met een niet-draaiende zonnepaneel.

Discussie

Dit onderzoek bestaat uit twee fasen. De behandeling van validiteit in deze twee fasen wordt dus ook apart gedaan. Bij fase 1 wordt de validiteit van het oorspronkelijke onderzoek besproken. Het vooronderzoek is gebaseerd op het oude onderzoek van Levi Duthler en Kellan Velthof die gebruik maakten van één bron die uit 1983 kwam [4]. Vervolgens wordt er in dit onderzoek gekeken naar de volledigheid en toepassing van de formules uit die bron, maar is de informatie wellicht te oud vergeleken met de andere bronnen die allemaal uit de afgelopen 10 jaar komen op een bron uit 2001 na. Overigens is deze bron vaak aangepast met de meest recente update in 2017 [5]. Verder wordt er gezegd dat het vooronderzoek wordt uitgebreid met een groter theoretisch kader door literatuur en kennis van een expert, maar als de basis een onderzoek uit 1983 is, zijn de mogelijkheden kleiner. Het is mogelijk dat er dusdanig veel veranderingen zijn geweest, dat de basis uit 1983 instabiel is. Enerzijds zal de literatuur het model verstevigen, maar anderzijds zal het wiskundige model een stevigere basis nodig hebben door meerdere recentere bronnen te gebruiken. Dit hangt af van de hoeveelheid fouten die in het onvolledige wiskundige model van Levi Duthler en Kellan Velthof wordt gevonden. Daarnaast gaat de basis van het mathematische model in het vooronderzoek uit dat de aarde een egaal landschap heeft en een bol is. Vergeleken met de PVGIS-webapplicatie zouden de resultaten dus te betwijfelen zijn. De PVGIS werkt op satellietgegevens en kan dus rekening houden met landschap zoals heuvels en bergen. Het wiskundig model uit fase 2 zou dit in theorie wel kunnen, doordat het de hoogte in kan gaan. Maar doordat het wiskundige model ervan uit dat de aarde egaal een bol is, kan de afstand tussen het zonnepaneel en de zon, de hellingshoek en het azimut verschillen [5]. Hier-door zullen er andere resultaten voor het vermogen komen dan de theo-

retische opbrengst van niet-draaiende zonnepanelen. Doordat het onbekend is wat de grenzen van het mathematische model uit fase 2 zijn, is het moeilijk te bepalen of de PVGIS, de controlemethode, betrouwbaar is of niet. Zoals gezegd is de PVGIS een webapplicatie van de Europese Unie. Bij de uitleg van de webapplicatie staan meerdere wetenschappelijke papers die de Europese Unie heeft gebruikt. In dit onderzoek is ervan uitgegaan dat de Europese Unie een betrouwbare bron is, dat de satellietgegevens op een juiste manier zijn verkregen en de webapplicatie op basis van wetenschappelijke bronnen en dus de satellietgegevens op de juiste manier is gebouwd. Het is mogelijk om deze controlemethode te betwifelen, maar aangezien de webapplicatie op een wetenschappelijke wijze is gebouwd, is de aanname gedaan dat de PVGIS een betrouwbare controlemethode is. Naast het feit dat ervanuit wordt gegaan dat de aarde een bol is en de afstand anders is, is er altijd nog het verschil tussen de theorie en de praktijk. Het mathematische model heeft geen rekening gehouden met de weersomstandigheden, de omgeving en de daadwerkelijke vorm van de aarde. Als laatste gaat het mathematische model van gemiddelde resultaten uit en houdt daardoor geen rekening met afwijkingen in de omgeving zoals schaduw.

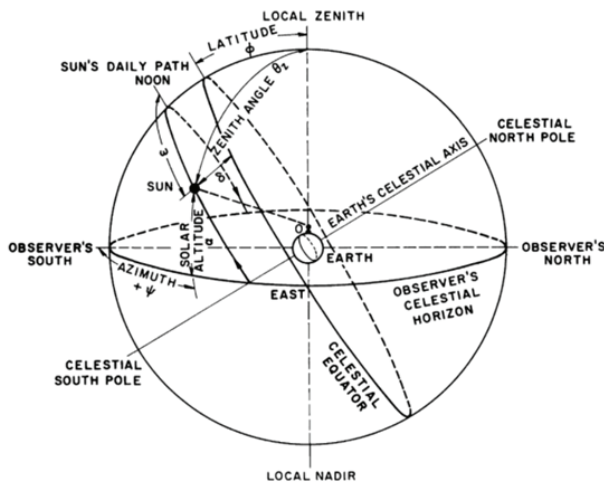
Discussie: Toekomstig onderzoek

In de toekomst zal dit onderzoek uitgevoerd en uitgebreid worden. De volgende punten kunnen verbeterd worden in het toekomstig onderzoek:

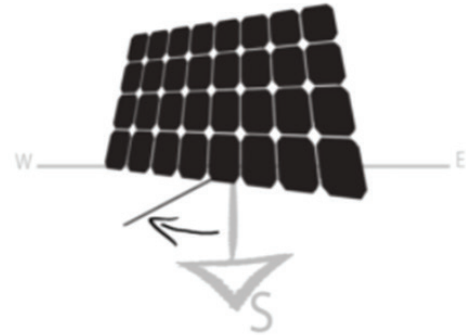
1. Dit draaiende zonnepaneel wordt voorzien van een GPS-systeem en de behorende programmering waardoor het zonnepaneel zelfstandig kan bepalen welke optimale hoek met het grondoppervlak en met de zonnestralen nodig zijn, maar ook welke locatie het meest geschikt is. Dus waar weinig schaduwen zijn of dat het paneel iets hoger moet liggen bijvoorbeeld.
2. Ook moet de prijs van verschillende materialen meegenomen worden, wellicht is een materiaal heel geschikt voor het draaimechanisme maar is het heel duur, dan kan het toch niet de ideale optie zijn.
3. Een zonnepaneel kan kapotgaan en vervuild raken, dus de kosten van reparatie moeten meegenomen worden in de vraag of een draaiend zonnepaneel ook met kosten efficiënter is dan een vaststaand zonnepaneel. Door de mogelijke complexiteit van het draaimechanisme kan het zijn dat de kosten hoog oplopen. Zo wordt er geld bespaard met de extra energie, maar kan dit geld verloren gaan door deze reparatiekosten.
4. Voor een investeerdersperspectief moet het zonnepaneel er stijlvol uitzien. Immers zal er niet in worden geïnvesteerd als het niet gewenst uitziet. Er is dan sprake van horizonvervuiling. In het toekomstig onderzoek zal dit investeerdersperspectief belangrijk zijn om een budget te krijgen zodat het draaiend zonnepaneel geproduceerd kan worden.
5. Doordat de grootte en de omvang bekend zijn en het zonnepaneel van een GPS-systeem de programmering voorzien is, zou een zonnepaneel uit zichzelf op bepaalde tijden van de dag kunnen bewegen met een paar aanpassingen in de programmering van het GPS-systeem.
6. Ook zou door het GPS-systeem het zonnepaneel ook weten wat van het weer er voor-speld is. Op die manier kan dit zonnepaneel per dag bepalen op welk tijdstippen zich wil bewegen of niet. Zo spaart het zonnepaneel meer energie.

Bibliografie

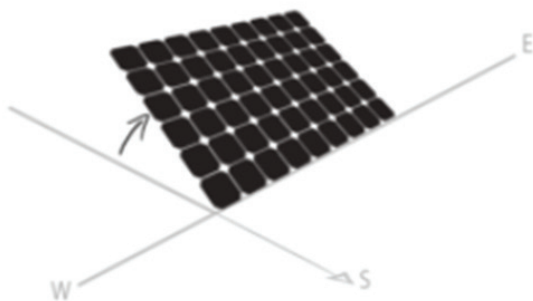
- [1] Ritchie, H., (2017, 8 augustus). How long before we run out of fossil fuels? Our World in Data. Geraadpleegd op 9 oktober 2021, van <https://ourworldindata.org/how-long-before-we-run-out-of-fossil-fuels>
- [2] Midden- en klein bedrijf (2020, 6 maart). Welke soorten duurzame energie zijn er? Opgehaald van [mkb servicedesk.nl/3864/welke-soorten-duurzame-energie-zijn.htm](https://www.mkb servicedesk.nl/3864/welke-soorten-duurzame-energie-zijn.htm)
- [3] Mulyana, T., Sebayang, D., Fajrina, F., Faiza, R.M., (2018). Design and Analysis of Solar Smartflower Simulation by Solidwork Program. Opgehaald door IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Geraadpleegd op 3 februari 2022, van <https://iopscience-iop-org.ezproxy2.utwente.nl/article/10.1088/1757-899X/343/1/012019/pdf>
- [4] Iqbal, M., (1983). An Introduction To Solar Radiation. Geraadpleegd op 27 januari 2022, van https://books.google.nl/books?hl=en&lr=&id=3_qWce_mbPsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=formula+angle+between+earth+and+solar+radiation&ots=h6q0VIG3Pq&sig=RGDjOWHOpn2S-4BrcgFkhTts0bDg&redir_esc=y#v=onepage&q=formula%20angle%20between%20earth%20and%20solar%20radiation&f=true
- [5] European Commission Joint Research Centre, (2001). PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. Geraadpleegd op 5 januari 2022, van https://re-jrc-ec-europa-eu.ezproxy2.utwente.nl/pvg_tools/en/#PVP
- [6] Neri, V., (2021, 8 april). The carbon budget explained: how much CO2 can we emit and still save the climate? Geraadpleegd op 4 februari 2022, van <https://www.lifegate.com/carbon-budget>
- [7] van der Wilt, P., (2021, 9 april). Zonnepanelen en Schaduw. Geraadpleegd op 4 februari 2022, van <https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/zonnepanelen-en-schaduw>
- [8] Linders, M.J., Segers, R., Van Middelkoop, M., Brummelkamp, S., Keller, K., Muller, G., Houweling, S., (2021, 30 september). Hernieuwbare Energie in Nederland 2020. Geraadpleegd op 4 februari 2022, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2021/hernieuwbare-energie-in-nederland-2020/5-zonne-energie>
- [9] Warmerhuis (2022, 10 januari). Meedraaiende Zonnepanelen. Geraadpleegd op 4 februari 2022, van <https://warmerhuis.nl/meedraaiende-zonnepanelen>
- [10] Mehrotra, S., Rawat, P., Debbarma, M., Sudhakar, K., (2014, 2 juni) performance of a solar panel with water immersion technique. Geraadpleegd op 16 februari 2022, van <https://citeseerx-ist-psu-edu.ezproxy2.utwente.nl/viewdoc/download?doi=10.1.1.686.7226&rep=rep1&type=pdf>
- [11] Zonnepanelen-info (2020, 22 juni). De invloed van temperatuur op de opbrengst van je zonnepanelen. Geraadpleegd op 16 februari 2022, van De invloed van temperatuur op de opbrengst van je zonnepanelen | Zonnepanelen-info.nl
- [12] Bouwens, R.E.A., De Groot, P.A.M., Kranendonk, W., Van Lune, J.P., Prop- van den Berg, C.M., Van Riswick, J.A.M.H., Westra, J.J. (2013, 20 maart) Informatieboek havo/vwo voor het onderwijs in de natuurwetenschappen, van 6e editie BINAS havo/vwo.



Figuur 1, Dit figuur vertelt ons hoe de aarde en de zon ten opzichte van elkaar bewegen [4]. De aarde is als middelpunt genomen. Verder is de baan van de zon uitgedrukt, parallel aan de 'zenith an-gle'. Deze hoek is de hoek tussen de zonnestralen en een horizontaal vlak en richt zich meer op de verticaal; de sinus.



Figuur 3, In figuur 3 wordt de hoek tussen het zonnepaneel en de zonnestralen weergegeven. Deze hoek wordt het azimut genoemd. De zon komt op in het oosten en gaat onder in het westen, precies zoals het zonnepaneel beweegt. Het paneel beweegt met de zon mee zodat het zoveel mogelijk zonnestralen kan opvangen.[5].



Figuur 2, In figuur 2 wordt de hellingshoek tussen het zonnepaneel en het grondoppervlak weergegeven. De zon komt op in het oosten en gaat onder in het westen. Doordat de zon beweegt, verandert ook de afstand (figuur 1). Verder is de plek waarop een zonnepaneel wordt gemonteerd variabel en kan deze hoek tussen het paneel en het grondoppervlak veranderen. [5].

Verschil in kortetermijngeheugen tussen ochtend- en avondmensen

A. ten Dam¹, F. Mitrou², M.J. Onstenk³, J.M.P.M Habraken², P. Nijland¹, M.N.A. Bijman³,

¹Lyceum de Grundel, Hengelo

²Het Stedelijk Lyceum, Kottenpark, Enschede

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Morning and evening people feel their best at different times of the day. Even their alertness differs at different times of the day. However, it is not known whether this also applies to their short-term memory. This research was conducted to investigate the difference in short-term memory between morning and evening people. In this study, 22 children aged 14 and 15 were tested for their short-term memory in the morning and afternoon, using the Corsi Block Tapping Test and the Digit Span Test. Whether these students are morning or evening people was determined with the Morningness-Eveningness Questionnaire. This study showed that morning people have better short-term memory in the morning compared to the afternoon. Morning people also scored better in the morning compared to evening people, with a statistically significant difference for the Corsi Block Tapping Test. In the afternoon the evening people had a higher score than the morning people. In conclusion, there is a difference in short-term memory between morning and evening people, but to better investigate what the differences are exactly, a follow-up study is needed.

Inleiding

Sommige mensen hebben geen enkele moeite met vroeg opstaan en zullen altijd goed gehumeurd zijn in de ochtend, terwijl anderen 's ochtends niet hun bed uit kunnen komen en juist in de avond erg veel energie hebben. Dit wordt mede bepaald door het chronotype van de persoon en kan een impact hebben op de manier waarop we leven en gedragen. Dit kan onder andere opgemerkt worden door de mate waarin het kortetermijngeheugen werkt. Er wordt meestal geen rekening gehouden met de tijdstip op de dag waarop mensen optimaal kunnen werken of naar school kunnen gaan. Om deze reden wordt er onderzoek gedaan over dit onderwerp, bijvoorbeeld hoe alert of creatief mensen zijn op verschillende tijdstippen van de dag [1]. Dit onderzoek gaat in op de relatie tussen het chronotype van mensen en hun kortetermijngeheugen.

Het chronotype is het slaap-waakritme van een persoon. Ongeveer 20.000 zenuwcellen vormen de "hoofdklok" van de mens: een deel van de hersenen dat de suprachiasmatische kern wordt genoemd. Deze structuur, die zich in een gebied bevindt dat de hypothalamus wordt genoemd, regelt het circadiane ritme. Een circadiaan ritme is een biologisch ritme waarvan de cyclus ongeveer één dag duurt. Het is de natuurlijke neiging van een persoon, met betrekking tot de tijdstippen van de dag, waarop ze het liefst slapen of wanneer ze het meest alert of energiek zijn. Hoewel de zenuwcellen grotendeels worden geleid door genen en andere natuurlijke factoren in het lichaam, kan de buitenwereld deze ook beïnvloeden [2]. De grootste indicatie is licht. Het lichaam van een mens is geneigd om te slapen als het donker is en wakker te blijven als het buiten licht is. Zenuwen verbinden de ogen rechtstreeks met de hoofdklok van het lichaam. Wanneer het daglicht verdwijnt, geven de ogen aan de hersenen een signaal om meer melatonine aan te maken, een hormoon dat mensen slaperig maakt. Als de zon weer opkomt, vertellen de signalen de hersenen om de melatonine te verlagen [3]. Mensen voelen zich op bepaalde delen van de dag alerter en hebben op andere momenten minder energie. Dit patroon heeft dus te maken met het chronotype, dat verschilt van persoon tot persoon. Meestal vallen mensen in een van de twee groepen. De eerste groep wordt ochtendmensen genoemd. Deze mensen vinden het gemakkelijk om 's ochtends wakker te worden en hebben het

gevoel dat ze vroeg op de dag de meeste energie hebben. De lichaamsklok van een ochtendmens loopt iets sneller lopen dan 24 uur [4]. De tweede groep wordt avondmensen genoemd. Bij avondmensen loopt de biologische klok iets langzamer dan 24 uur. Deze mensen vinden het moeilijker om 's ochtends wakker te worden en zich alert te voelen. Later op de dag hebben ze de meeste energie [4]. Er is ook nog een groep die er tussen in zit. Deze mensen voelen zich niet specifiek op een bepaald moment van de dag beter [4].

Het kortetermijngeheugen verschilt ook per persoon. Het kortetermijngeheugen wordt ook wel primair of actief geheugen genoemd, dit is de capaciteit om een kleine hoeveelheid informatie in de hersenen op te slaan en deze voor een korte tijd direct beschikbaar te houden [5]. Meestal vervalt de informatie die in het kortetermijngeheugen wordt bewaard vrij snel, na 20 tot 30 seconden. Zonder repetitie of actief onderhoud van de informatie kan de informatie nog sneller vervallen. Met oefening strategieën zoals de informatie hardop zeggen of mentaal herhalen of repeteren, kan informatie langer worden vastgehouden, tot een minuut lang.

Daarnaast kunnen prikkels in de omgeving interfereren met korte termijn herinneringen. Elke nieuwe informatie die in het kortetermijngeheugen komt, zal oude informatie snel verdringen. Het kan bijvoorbeeld moeilijker zijn om iemands naam te onthouden als je in een drukke, lawaaiërig kamer bent, of als je nadenkt over wat je tegen de persoon wilt zeggen in plaats van op zijn naam te letten [6]. De hoeveelheid informatie die in het kortetermijngeheugen kan worden opgeslagen, kan variëren. In een invloedrijk artikel met de titel 'The Magical Number Seven, Plus or Minus Two' suggereert psycholoog George Miller dat mensen tussen de vijf en negen items in het kortetermijngeheugen kunnen opslaan [7]. Meer recent onderzoek suggereert dat mensen in staat zijn om ongeveer vier brokken of stukjes informatie in het kortetermijngeheugen op te slaan [8]. Slaaptekort of vermoeidheid heeft ook impact op het kortetermijngeheugen [9]. Er zijn een aantal andere factoren die invloed kunnen hebben op het kortetermijngeheugen: stress en angst, depressie, alcoholmisbruik en medicatie [10] [11]. Zoals eerder vermeld, kunnen mensen een ochtendmens, avondmens of er tussen in zijn. De Morningness-Eveningness Questionnaire is een vragenlijst waarmee dit bepaald kan

worden. Deze test is gemaakt door J.A. Home and O. Ostberg in 1976 [12]. De test bestaat uit negentien meerkeuzevragen. Voor elk antwoord geldt een bepaald aantal punten en die punten bij elkaar opgeteld is de eindscore. Er zijn vijf categorieën, waar de test de resultaten in verdeelt. Dit zijn; 'definite morning' (groep 1), score 70-86; 'moderate morning' (groep 2), score 59-69; 'intermediate' (groep 3), score 42-58; 'moderate evening' (groep 4), score 31-41; en 'definitate evening' (groep 5), score 16-30. Van deze test is de validiteit in verschillende onderzoeken bewezen [13].

Om het kortetermijngeheugen te testen, kan er gebruik worden gemaakt van verschillende testen. Voor dit onderzoek is gekozen om gebruik te maken van twee verschillende testen: de Digit Span Test en de Corsi Block Tapping Test.

De Digit Span Test is een eenvoudige gedragsmeting van de geheugencapaciteit, het cognitieve vermogen om informatie op tijdelijke basis op te slaan en te beheren [14]. Bij elke proef krijgen de deelnemers een reeks cijfers één voor één te horen (bijvoorbeeld 3, 4, 1, 2, 7, 8). De lengte van de reeks wordt elke keer een getal groter (van 3 t/m 10 getallen). De deelnemers proberen aan het einde van elke reeks de cijfers te herinneren in de volgorde waarin ze zijn opgenoemd door ze via een toetsaanslag te typen. De afhankelijke maat, de Digit Span, is het maximale aantal correct getypte reeksen. Deze test beoordeelt het auditieve kortetermijngeheugen.

De Corsi Block Tapping Test is ook een test die het kortetermijngeheugen beoordeelt. Het is ontwikkeld door Michael Corsi in 1972 [15]. Het proces van de Corsi-taak voor het tikken op blokken vereist dat de proefpersoon de volgorde van de "getapte" blokken (of verlicht in de computerversie) observeert en de volgorde vervolgens herhaalt. De taak begint met een klein aantal (3) blokken en neemt geleidelijk toe in lengte tot 9 blokken. De test meet zowel het aantal correcte sequenties als de langst onthouden sequentie. Dit aantal staat bekend als de Corsi Span en is gemiddeld ongeveer 5 voor normale menselijke proefpersonen. Deze test beoordeelt het visuele kortetermijngeheugen.

Verscheidene experimenten hebben aangetoond dat het kortetermijngeheugen 's ochtends sterker is dan 's avonds of zelfs 's middags [16]. Daarnaast blijkt ook dat het chronotype een belangrijke bijdrage levert aan de timing van topprestaties, bijvoorbeeld creativiteit [1]. Echter, is er beperkt onderzoek dat onderzoekt of het zijn van een ochtend- of avondmens een impact heeft op het kortetermijngeheugen [17]. Dit, terwijl de huidige samenleving de mens niet toelaat te kiezen welk tijdstip hen het beste uitkomt om naar school te gaan, te leren of te werken. Het goed functioneren van het kortetermijngeheugen is belangrijk om zo goed mogelijk te werk te gaan als het gaat om school of andere activiteiten waarbij de hersenen worden gebruikt. Om deze reden is verder onderzoek nodig naar de impact van het chronotype op het kortetermijngeheugen. Uit alle kennis luidt de hoofdvraag van dit onderzoek: wat is het verschil in het kortetermijngeheugen tussen ochtend- en avondmensen van 14 en 15 jaar?

Materiaal en Methode

Voor dit experiment waren de participanten 22 leerlingen van 14 of 15 jaar oud, uit de derde klas van het niveau gymnasium. Twee weken voor de echte uitvoering van het experiment is een brief gestuurd naar de ouders van de leerlingen. Ouders hebben toestemming gegeven om hun kind deel te laten nemen aan het experiment.

Twee weken later is het experiment uitgevoerd. Als eerste zijn de participanten verdeeld in twee random groepen (groep A en groep B). Daarna is aan alle leerlingen een nummer gegeven, om ervoor te zorgen dat de juiste resultaten per participant worden verwerkt en later met elkaar vergeleken worden. De participanten hebben ook een korte vragenlijst ingevuld over factoren die van invloed zouden kunnen zijn op het kortetermijngeheugen.

Vervolgens hebben alle participanten de Morningness-Eveningness Questionnaire ingevuld om erachter te komen of ze een ochtend- of avondmens zijn. De vragenlijst hebben ze ingevuld via een Google Form. Zoals eerder vermeld wordt de som van alle scores als volgt omgezet in een vijfpunts MEQ-schaal. In het huidige onderzoek zijn de categorieën teruggebracht van vijf naar twee: 'Ochtendmens' met score 52-86 (groep 1) en 'Avondmens' met score 16-51 (groep 2).

In de ochtend om 08:30 uur heeft groep A eerst de Corsi Block Tapping Test gemaakt en daarna de Digit Span Test. Groep B maakte eerst de Digit Span Test en vervolgens de Corsi Block Tapping Test. Op dezelfde dag heeft in de middag om 14:30 uur groep A eerst de Digit Span Test en vervolgens de Corsi Block Tapping Test gemaakt. Groep B maakte eerst de Corsi Block Tapping Test en daarna de Digit Span Test.

De score van de Digit Span Test is bepaald door de laatst goede reeks. Heeft de participant twee reeksen goed onthouden en overgeschreven, is de score twee. Bij drie goede reeksen is de score drie enzovoort. Bij de Corsi Block Tapping Test is er ook gekeken naar het laatste goede antwoord. Bij deze test mocht er alleen één fout antwoord achter elkaar worden gemaakt. De score was dus het laatste goede antwoord vóór twee foute antwoorden die achter elkaar gemaakt waren. Bij elke reeks met een bepaalde hoeveelheid blokjes kreeg de participant twee kansen. De eerste en tweede reeks hebben dus score één, de derde en vierde reeks score twee enzovoort.

Het was verwacht dat er geen sprake zou zijn van een significant leereffect tussen de geheugenprestaties in de ochtend en in de middag, omdat beide geheugen testen alleen gebaseerd zijn op het kortetermijngeheugen. Uit onderzoek blijkt dat er pas een significant leereffect ontstaat, als er tussen de herhalingen weinig tijd is [18]. In dit experiment was de tijd tussen de herhaling 6 uur.

De resultaten zijn als eerst per participant verwerkt. Vervolgens is van alle participanten de gemiddelde prestatie uitgerekend en zijn de resultaten verdeeld in de groepen 'ochtendmensen' en 'avondmensen'. Daarna zijn die resultaten met elkaar vergeleken om erachter te komen of er een verschil is in het kortetermijngeheugen. Er werd daarnaast gekeken naar of de ochtendmensen of avondmensen gemiddeld een beter kortetermijngeheugen hadden in de ochtend of in de middag. Ook werd er gekeken of in de middag het verschil in kortetermijngeheugen tussen ochtend- en avondmensen kleiner is of dat dat juist in de ochtend het geval was. Voor de analyse van de resultaten is het programma SPSS gebruikt.

Resultaten

In totaal hebben 22 participanten de testen gedaan. 11 daarvan zijn ochtendmensen en de andere 11 zijn avondmensen.

In figuur 1 zijn voor beide testen op beide tijdstippen de gemiddelde scores van de participanten te zien. Het is bijvoorbeeld te zien dat de ochtendmensen voor beide testen in de ochtend beter hebben gepresteerd vergeleken met de middag. Daarnaast is ook te zien dat de ochtendmensen voor

beide testen in de ochtend beter hebben gepresteerd vergeleken met de avondmensen.

In figuren 2 en 3 is voor elke participant het verschil in prestatie te zien tussen de ochtend en de middag. Op de y-as is het verschil te zien en op de x-as is de MEQ score te zien. Zo kan er ook gekeken worden naar of de participant een ochtend- of avondmens is. Als de MEQ score kleiner of gelijk is aan 51, is de participant een avondmens en als het 52 of groter is, is de participant een ochtendmens. Bij figuur 2, is er een bepaald verband te zien. Een lijn zou kunnen lopen van linksboven naar rechtsonder, wat betekent dat hoe hoger de MEQ score, des te kleiner het verschil tussen het resultaat in de ochtend en in de middag van de Digit Span Test. Bij figuur 3 is er geen significant verband te zien.

Daarnaast is het programma SPSS gebruikt. Er wordt gekeken naar de significantie. Als $p < .05$, dan zijn de verschillen statistisch significant.

Uit de Test of Normality [19] blijkt dat de data van de Digit Span Test normaal zijn verdeeld. Vervolgens is dus de Paired Samples t-test gebruikt voor de verdere verwerking van de gegevens. Er wordt gekeken naar het gemiddelde verschil. Uit figuur 4 is te halen dat bij de ochtendmensen dit .182 is. Dat betekent dat ochtendmensen beter presteren in de ochtend. Dit verschil is niet statistisch significant. Bij de avondmensen is het verschil -1.364. Dat betekent dat avondmensen beter presteren in de middag. Dit verschil is statistisch significant.

Uit de Test of Normality blijkt dat een deel van de Corsi Block Tapping Test niet normaal is verdeeld, dus is vervolgens de Wilcoxon Signed-Ranks Test gebruikt voor de verdere analyse. Uit figuur 4 blijkt dat het verschil bij de Corsi Block Tapping Test bij de ochtendmensen 1.1 is. Daaruit blijkt dat ochtendmensen beter presteren in de ochtend. Dit verschil is statistisch significant ($\text{sig.} = .016$).

Uit figuur 4 blijkt dat het verschil bij de Corsi Block Tapping Test bij de avondmensen 0.09 is. Daaruit blijkt dat de avondmensen ook in de ochtend beter presteren. Dit verschil is niet statistisch significant ($\text{sig.} = .891$).

Figuur 5 laat de verschillen zien tussen de prestaties van de ochtend- en avondmensen per test en tijdstip. Een positieve uitkomst houdt in dat de ochtendmensen beter presteren en een negatieve uitkomst houdt in dat de avondmensen beter presteren. Voor de Digit Span Test is dit verschil in de ochtend .455, en in de middag -1.091. Voor de Corsi Block Tapping Test is het verschil in de ochtend .091. Geen van de verschillen is statistisch significant. Voor de Corsi Block Tapping Test is het verschil in de middag -.909. Dit verschil is wel statistisch significant.

Conclusie

Als de ochtendmensen met elkaar worden vergeleken, blijkt dat ze zowel voor de Digit Span Test als voor de Corsi Block Tapping Test in de ochtend beter presteren. Voor de Corsi Block Tapping Test is dit verschil statistisch significant. Echter, voor de Digit Span Test is dit niet het geval.

Als de avondmensen met elkaar worden vergeleken, blijkt dat ze voor de Digit Span Test in de middag beter presteren. Dit verschil is statistisch significant. Voor de Corsi Block Tapping Test presteren ze beter in de ochtend. Dit verschil is niet statistisch significant.

Als de ochtend- en avondmensen met elkaar worden vergeleken, dan blijkt dat de ochtendmensen voor beide testen in de ochtend beter presteren dan de avondmensen. Deze verschillen zijn niet

statistisch significant. De avondmensen presteren voor beide testen beter in de middag dan de ochtendmensen. Voor de Digit Span Test is dit verschil niet statistisch significant. Echter, voor de Corsi Block Tapping Test is het verschil wel statistisch significant.

Om terug te komen op de onderzoeksvraag van dit onderzoek, als de ochtend- en avondmensen met elkaar worden vergeleken, blijkt dat in de ochtend de ochtendmensen beter presteren en in de middag presteren de avondmensen beter.

Discussie

Uit de resultaten blijkt dat er een verschil is in het kortetermijngeheugen tussen ochtend- en avondmensen, waarbij de ochtendmensen 's ochtends beter presteerden en de avondmensen 's middags beter presteerden. Deze resultaten dragen bij aan een beter begrip van de impact van het chronotype op het kortetermijngeheugen. Dit onderzoek heeft echter nog een aantal discussiepunten.

Bijdrage

In de afgelopen 30 jaar hebben onderzoekers de associatie van het chronotype van mensen met veel variabelen onderzocht. Een van de vragen die nog beantwoord moet worden, is hoe het chronotype menselijke prestaties kan beïnvloeden. Resultaten laten over het algemeen zien dat de beste cognitieve prestaties plaatsvinden op de respectievelijke optimale tijden, maar studies specifiek over het kortetermijngeheugen zijn zeldzaam [17] [20], vooral bij adolescenten. De resultaten van dit onderzoek zijn in overeenstemming met eerdere studies en bevestigen de impact van chronotype op kortetermijngeheugen [21] [22] [23]. Hidalgo en haar collega's voerden bijvoorbeeld een reeks geheugentests uit met ochtend- en avondmensen en zagen in beide groepen een betere prestatie in de optimale tijd [22]. Hun deelnemers waren echter volwassenen. Dit was ook het geval bij het onderzoek van Schmidt en haar collega's [23]. Aangezien er aanwijzingen zijn dat leeftijd een belangrijke factor is voor de impact van het chronotype op de cognitieve functie [24], is het belangrijk om de impact van chronotype specifiek bij adolescenten te onderzoeken. De resultaten van deze studie zijn een aanvulling op eerdere resultaten over de impact van het chronotype op adolescenten. Een recent onderzoek specifiek met adolescenten toont bijvoorbeeld de impact aan van chronotype op de perceptie van sociale status van adolescenten [25], terwijl sommige onderzoeken aantonen dat ochtendmensen 's ochtends beter presteren op school dan avondmensen [23] [26]. De resultaten van dit onderzoek bevestigen de impact van chronotype in de adolescentie, maar vanuit een ander perspectief, dat van het kortetermijngeheugen. Bovendien kunnen de bevindingen van dit onderzoek in verband worden gebracht met de impact van het chronotype op schoolprestaties. Aangezien adolescenten op verschillende tijdstippen van de dag, afhankelijk van hun chronotype, een beter kortetermijngeheugen hebben, moet hiermee rekening worden gehouden in schoolprogramma's.

Beperkingen

Voor dit experiment moesten de participanten twee keer op een dag de verschillende testen uitvoeren op bepaalde tijdstippen. Hoewel dit experiment in een online vorm zou kunnen worden uitgevoerd, zou de persoonlijke uitvoering van het experiment ervoor zorgen dat alle deelnemers de vragenlijst zouden invullen volgens het vooraf gedefinieerde protocol. Ook

moesten de participanten tegelijk op dezelfde locatie zijn, zodat dat de omstandigheden gelijk waren. Deze punten maakten het lastig om veel participanten te testen. Uiteindelijk is dit gelukt met 22 personen, maar dit aantal is nog gering voor het experiment.

Data interpretatie

Uit de scores van de MEQ kon makkelijk de uitslag worden bepaald. Elk antwoord had een bepaald aantal punten en alle punten bij elkaar opgeteld was de score. Echter, bij de twee geheugen testen konden scores op verschillende manieren worden geïnterpreteerd.

Bij de Digit Span Test wordt er gestopt wanneer de deelnemer een reeks fout heeft. Om het experiment zo efficiënt mogelijk uit te voeren, werd de test klassikaal uitgevoerd. Alle reeksen werden achtereenvolgens opgenoemd. De scores werden berekend door te kijken in welke reeks als eerste fout werd gemaakt. Er was door de manier van afname de mogelijkheid dat een kleinere reeks fout was, maar een langere reeks daarna goed. Dit was het geval bij één participant. De reeks voor de eerste foute reeks is in dit geval de score geworden, omdat tijdens de digitale test dit ook zou gebeuren. De test zou na het foute antwoord namelijk stoppen.

Bij de Corsi Block Tapping Test was er ook de mogelijkheid om kortere reeksen fout te hebben en langere reeksen goed. Normaal krijgt de geteste persoon bij de Corsi Block Tapping Test twee kansen om een reeks met een bepaalde lengte goed te hebben. Deze kans werd bij dit experiment gegeven, doordat van elke reeks met een bepaalde lengte twee varianten werden afgespeeld. In principe mogen kandidaten niet meer dan twee reeksen achter elkaar fout beantwoorden. Er waren verschillende participanten die twee of meer reeksen achter elkaar fout hadden, maar daarna een reeks goed. In deze gevallen is de laatste goede reeks voor de foute reeksen de eindscore geworden. Ook als een participant bij twee reeksen achter elkaar bij beide één goed had, maar er twee fout beantwoorde reeksen achter elkaar had, telde deze laatste goede reeks niet. Een voorbeeld hiervan is dat de participant de eerste reeks met drie blokjes goed heeft, de reeks met drie blokjes daarna fout, de volgende reeks met vier blokjes fout, maar de tweede reeks met vier blokjes goed. In dit geval is de eindscore drie blokjes goed. Deze score zou ook anders geïnterpreteerd kunnen worden.

Betrouwbaarheid

Eerst was het de bedoeling dat na twee weken precies hetzelfde experiment bij dezelfde personen zou worden uitgevoerd. Personen waarbij de score de tweede keer significant verschillend zou zijn, zouden niet mee tellen, om toevalligheden te voorkomen. Er was te weinig tijd om de testen op nog een dag uit te voeren. Hierdoor is het experiment minder betrouwbaar, want er kunnen participanten zijn die hoger of lager hebben gescoord door eenmalige omstandigheden.

De participanten hadden naast de MEQ een korte vragenlijst ingevuld, zodat er rekening kon worden gehouden met de factoren die een invloed kunnen hebben op het geheugen. Als door de antwoorden op de vragen duidelijk werd dat van een participant het kortetermijngeheugen niet in normale staat zou zijn tijdens de testen, zouden deze resultaten niet mee worden geteld. In verband met de weinige participanten is deze vragenlijst niet meegenomen in de resultaten. De antwoorden op de vragen gaven geen directe aanwijzing dat het korte

termijn geheugen niet in normale staat zou zijn. Echter, als er meer participanten waren getest, waren sommige resultaten wel weggelaten om betrouwbaarheid te verzekeren.

De participanten waren verdeeld in twee random groepen, zodat de geheugentesten in verschillende volgorde konden worden afgenomen. In de ochtend om half 9 heeft groep A eerst de Corsi Block Tapping Test gemaakt en daarna de Digit Span Test. Groep B maakte eerst de Digit Span Test en vervolgens de Corsi Block Tapping Test. Op dezelfde dag heeft in de middag om half 3 groep A eerst de Digit Span Test en vervolgens de Corsi Block Tapping Test gemaakt. Groep B maakte eerst de Corsi Block Tapping Test en daarna de Digit Span Test. Uiteindelijk is er met het verwerken van de resultaten niet gekeken of er een verschil is tussen de twee groepen qua resultaten van de geheugentesten. Dit is gedeeltelijk het gevolg van de weinige participanten. Elf personen is een niet groot genoeg aantal om dit te vergelijken en valide conclusies uit te trekken.

Validiteit

Om de validiteit van dit onderzoek te vergroten, zijn twee tests gebruikt, in plaats van één, om het kortetermijngeheugen te meten: de één was visueel en de andere auditief. Dit wordt methodologische triangulatie genoemd, wat betekent dat verschillende methoden voor dataverzameling worden gebruikt om hetzelfde te meten [27]. Daarnaast zijn specifieke tests gekozen die beide eerder waren gevalideerd en die op grote schaal zijn gebruikt in onderzoek naar het kortetermijngeheugen van de mens. De MEQ die is gebruikt om te onderzoeken of de participanten ochtend- of avondmensen zijn, daarvan is bewezen dat deze valide is door meerdere onderzoeken [6].

De tijdstippen waarop de experimenten zijn afgenomen zijn belangrijk. De twee testen zijn als eerste om 08:30 uur afgenomen en in de middag om 14:30 uur. Voor in de ochtend is 08:30 uur een prima tijdstip. 14:30 uur is echter aan de vroege kant. Voor meer validiteit zouden de testen later moeten zijn afgenomen. Het verschil tussen ochtend- en avondmensen zou groter kunnen zijn geweest als de twee testen de tweede keer later waren afgenomen. Er was alleen geen mogelijkheid om een bepaalde groep zo vroeg in de ochtend en later in de avond op één dag bij elkaar te krijgen. 14:30 uur is wel een relevant tijdstip om te testen voor leerlingen op school.

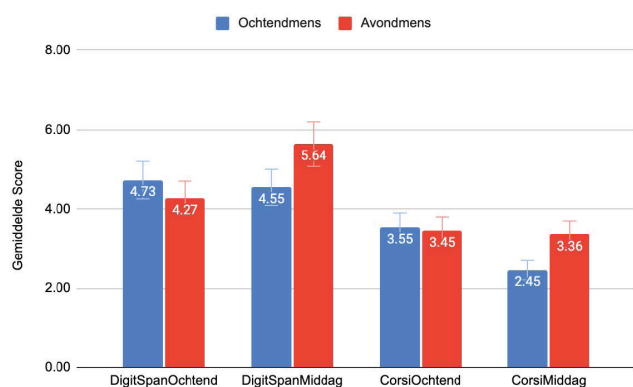
Eindconclusie en vervolgonderzoek

Samen laten deze resultaten zien dat de prestaties worden verbeterd wanneer ze worden afgestemd op de biologische ritmes van adolescenten. Het blijkt dat ochtendmensen beter presteren in de ochtend en avondmensen presteren beter in de middag. Ondanks de beperkingen van dit onderzoek, zijn de resultaten in overeenstemming met de resultaten van eerder onderzoek en kunnen ze worden beschouwd als een verdere stap in dit gebied. Echter, op basis van dit onderzoek is vervolgonderzoek verstandig. Een vervolgonderzoek kan nog duidelijker de verschillen aantonen tussen het kortetermijngeheugen bij ochtend- en avondmensen. Dit vooral door een grotere groep participanten te testen. Verder zou een vervolgonderzoek meer rekening moeten houden met de tijden. Dit onderzoek is in de ochtend qua tijd goed afgenomen, maar in plaats van in de middag, zou testen in de avond beter zijn. De manier van afname van de testen zou ook nog aangepast kunnen worden, maar dit is niet vereist. Een vervolgonderzoek zou dieper in kunnen gaan op het verschil

bij het visuele of auditieve kortetermijngeheugen in de ochtend en avond. Ten slotte is het nodig om de onderliggende principes en de redenen voor de impact van het chronotype op het kortetermijngeheugen in de adolescentie verder te onderzoeken.

Bibliografie

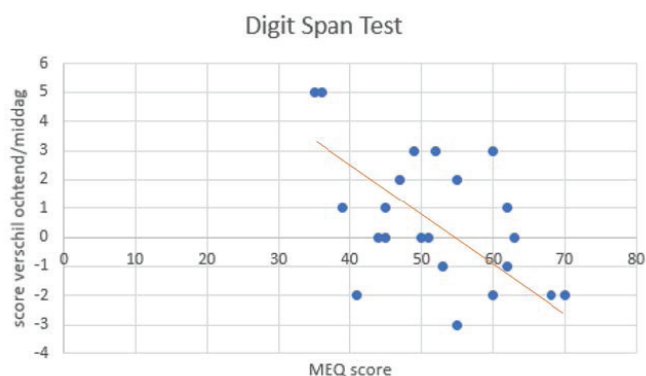
- [1] Giampietro, M., & Cavallera, G. M. (2007). Morning and evening types and creative thinking. *Personality and Individual Differences*, 42(3), 453-463.
- [2] Wulff, K., Porcheret, K., Cussans, E., & Foster, R. G. (2009). Sleep and circadian rhythm disturbances: multiple genes and multiple phenotypes. *Current opinion in genetics & development*, 19(3), 237-246.
- [3] Tähkämö, L., Partonen, T., & Pesonen, A. K. (2019). Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm. *Chronobiology international*, 36(2), 151-170.
- [4] Mongrain, V., Carrier, J., & Dumont, M. (2006). Difference in sleep regulation between morning and evening circadian types as indexed by antero-posterior analyses of the sleep EEG. *European Journal of Neuroscience*, 23(2), 497-504.
- [5] Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory?. *Progress in brain research*, 169, 323-338.
- [6] Wittig, J. H., Jang, A. I., Cocjin, J. B., Inati, S. K., & Zaghloul, K. A. (2018). Attention improves memory by suppressing spiking-neuron activity in the human anterior temporal lobe. *Nature neuroscience*, 21(6), 808-810.
- [7] Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63(2), 81.
- [8] Cowan, N. (2010). The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why?. *Current directions in psychological science*, 19(1), 51-57.
- [9] Polzella, D. J. (1975). Effects of sleep deprivation on short-term recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 1(2), 194-200.
- [10] Carpenter, J. A., & Ross, B. M. (1965). Effect of alcohol on short-term memory. *Quarterly Journal of Studies on Alcohol*, 26(4), 561-579.
- [11] Schwabe, L., Joëls, M., Roozendaal, B., Wolf, O. T., & Oitzl, M. S. (2012). Stress effects on memory: an update and integration. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(7), 1740-1749.
- [12] Horne, J. A., & Östberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International journal of chronobiology*.
- [13] Natale, V., Esposito, M. J., Martoni, M., & Fabbri, M. (2006). Validity of the reduced version of the Morningness-Eveningness Questionnaire. *Sleep and biological rhythms*, 4(1), 72-74.
- [14] Science of Behavior Change, "Digit Span Task", <https://scienceofbehaviorchange.org/measures/digit-span-task/> (geraadpleegd op 25 mei 2021)
- [15] Corsi, P. M. 1972. Human memory and the medial temporal region of the brain. Dissertation Abstracts International, 34 (02), 819B. (University Microfilms No. AAI05-77717).
- [16] Baddeley, A. D., Hatter, J. E., Scott, D., & Snashall, A. (1970). Memory and time of day. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22(4), 605-609.
- [17] Salehinejad, M. A., Wischniewski, M., Ghanavati, E., Mosayebi-Samani, M., Kuo, M. F., & Nitsche, M. A. (2021). Cognitive functions and underlying parameters of human brain physiology are associated with chronotype. *Nature Communications*, 12(1), 1-19.
- [18] Kintsch, W. (1965). The effects of repetition on the short-term memory function. *Psychonomic Science*, 2(1), 149-150.
- [19] Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality tests for statistical analysis: a guide for non-statisticians. *International journal of endocrinology and metabolism*, 10(2), 486.
- [20] Cavallera, G. M., Boari, G., Giudici, S., & Ortolano, A. (2011). Cognitive parameters and morning and evening types: two decades of research (1990-2009). *Perceptual and motor skills*, 112(2), 649-665.
- [21] Schmidt, C., Collette, F., Cajochen, C., & Peigneux, P. (2007). A time to think: circadian rhythms in human cognition. *Cognitive neuropsychology*, 24(7), 755-789.
- [22] Hidalgo, M. P. L., Zannette, C. B., Pedrotti, M., Souza, C. M., Nunes, P. V., & Chaves, M. L. F. (2004). Performance of chronotypes on memory tests during the morning and the evening shifts. *Psychological Reports*, 95(1), 75-85.
- [23] Goldin, A. P., Sigman, M., Braier, G., Golombek, D. A., & Leone, M. J. (2020). Interplay of chronotype and school timing predicts school performance. *Nature human behaviour*, 4(4), 387-396.
- [24] Roenneberg, T., Kuehnle, T., Pramstaller, P. P., Ricken, J., Havel, M., Guth, A., & Mrosovsky, M. (2004). A marker for the end of adolescence. *Current biology*, 14(24), R1038-R1039.
- [25] Lunn, J., Wilcockson, T., Donovan, T., Dondelinger, F., Perez Algorta, G., & Monaghan, P. (2021). The role of chronotype and reward processing in understanding social hierarchies in adolescence. *Brain and behavior*, 11(5), e02090.
- [26] May, C. P., Hasher, L., & Foong, N. (2005). Implicit memory, age, and time of day: paradoxical priming effects. *Psychol. Sci.* 16, 96-100.
- [27] Heale, R., & Forbes, D. (2013). Understanding triangulation in research. *Evidence-based nursing*, 16(4), 98-98.



Figuur 1, De gemiddelde scores van de participanten.

Verschil in kortetermijngeheugen tussen de ochtend en de middag			
Test	MEQ type	Gemiddeld verschil	Significantie (p-waarde)
Digit Span Test	Ochtendmens	.182	.392
	Avondmens	-1.364	.034
Corsi Block Tapping Test	Ochtendmens	1.1	.016
	Avondmens	.09	.891

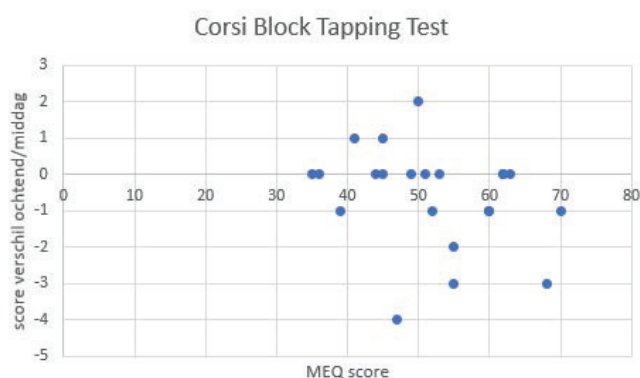
Figuur 4, Resultaten en significantie ($p < .05$) van beide testen.



Figuur 2, Het scoreverschil van de participanten tussen de prestaties in de ochtend en de middag van de Digit Span Test.

Independent Samples Test (verschil tussen ochtend- en avondmens)		
Test en tijdstip	Gemiddeld verschil	Significantie (p-waarde)
Digit Span ochtend	.455	.241
Digit Span middag	-1.091	.080
Corsi Block Tapping ochtend	.091	.431
Corsi Block Tapping middag	-.909	.031

Figuur 5, 'Between-group' vergelijking tussen ochtendmens en avondmens.



Figuur 3, Het scoreverschil van de participanten tussen de prestaties in de ochtend en de middag van de Corsi Block Tapping Test.

De korte termijn effecten van magnesium op stress symptomen bij jongeren van 15-17 jaar

H.J.M. Haverkort¹, I.T. van Dijk², C. Nuijsink³, I. Lobregt³, A.A. ten Cate³, J. Habraken¹ en M.P. Voortman²

¹Het Stedelijk lyceum, Kottenpark, Enschede

²Twents Carmel College, Lyceumstraat, Oldenzaal

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Stress is a recurring problem for youth. Around 44,5 % percent of the youth in the Netherlands experience stress at least once a week caused by one or multiple factors, such as school or problems at home [20]. For a short period of time, stress is not harmful, but too much stress over a longer period of time can lead to chronic stress [19]. Some symptoms of stress are palpitations, increased heart rate or an increased blood pressure [2,6]. The heart has to work harder and it pumps ineffectively, which leads to fatigue. It has been found that magnesium citrate helps to reduce palpitations [17]. During this research it was tested if 200 mg magnesium citrate reduces the stress symptoms and if it is a significant difference between the intervention and the control group. Over a period of two days, 21 people between 15 and 17 years are placed in a stressful environment. The heart rate, blood pressure and oxygen level of each participant is measured before the start of the experiment. Participants in the intervention group received 200 mg magnesium citrate. Participants in the control group received a placebo. The same measurements were taken fifteen minutes and thirty minutes later. In the meantime, each person filled out a survey about the levels of stress they had experienced in the past month. This experiment has shown that no significant changes were detected with either the oxygen levels or the blood pressure. Only the measurements concerning the heart rate showed some disparity: those who had taken the placebo had a much lower heart rate than those who had taken the magnesium citrate. The results of this experiment are different than expected. Based on this experiment it can be concluded that magnesium does not reduce stress symptoms.

Introductie

Een probleem onder jongeren van 15 tot 17 jaar is stress. Dit wordt onder andere veroorzaakt door toetsen of sociale situaties. In Nederland voelt 44,5% van de jongeren zich vaak gestrest door één of meerdere factoren. Per GGD-regio varieert het percentage van 39,3 tot 50,8%, waarbij het percentage in regio GGD Twente 41,2% is. Hierbij wordt 30,3% van de stress veroorzaakt door school of huiswerk [20]. Een kalmeringsmiddel, zoals diazepam [1], kan voor jongeren een oplossing zijn tegen stress, maar heeft bijwerkingen zoals concentratieproblemen [1]. Concentratieproblemen zijn niet ideaal voor een leerling, omdat ze in een schoolomgeving zich juist moeten concentreren [16]. Een tablet magnesium citraat kan een oplossing zijn, omdat het mineraal magnesium het stress symptoom hartkloppingen vermindert en daarnaast geen bijwerkingen heeft zoals concentratieproblemen [3,13,17,25]. Het is echter nog nooit onderzocht of magnesium ook bij jongeren tussen de 15 en 17 jaar hartkloppingen vermindert. In dit experiment wordt onderzocht of magnesium een verhoogde hartslag, -bloeddruk en/ of -zuurstof gehalte in het bloed kan verminderen bij jongeren tussen de 15 en 17 jaar oud.

Theoretisch kader

Stress

Stress wordt in dit artikel gedefinieerd als: “De reactie van een individu die volgt op een stressvolle gebeurtenis”. Stress is niet gevaarlijk voor ons lichaam in kleine hoeveelheden of voor een korte periode. In sommige situaties kan stress juist helpen om de concentratie of het uithoudingsvermogen te verhogen. De prikkel van de stressvolle gebeurtenis, bijvoorbeeld een eindexamen, wordt via signalen doorgegeven in de hersencentra, waarna de hypothalamus wordt geactiveerd. Er zijn twee soorten stress reacties te onderscheiden, afhankelijk van de duur van de stress. De reactie op een kortdurend moment van stress, een zogeheten ‘schrikreactie’, gaat via het sympathisch zenuwstelsel, deze zorgt ervoor dat de hormonen

adrenaline en noradrenaline worden vrijgemaakt in het bijniermerg. Noradrenaline geeft signalen door via het centrale zenuwstelsel, ook zorgt noradrenaline voor een verhoogde bloeddruk. Adrenaline daarentegen zorgt voor een verhoogde hartslag en een verhoogd zuurstofgehalte in het bloed.

Bij een langdurige stressreactie, bijvoorbeeld een belangrijke toets, produceert de hypothalamus het corticotropin-releasing hormone (CRH) wat de hypofysevoorkwab stimuleert tot de aanmaak van het adrenocorticotroop hormoon (ACTH). ACTH stimuleert de bijnierschors tot de productie van cortisol. Cortisol is een primair stresshormoon wat zorgt voor een verhoging van glucose spiegels en een versnelde metabolisme, in de bloedbaan. Een verhoogd cortisol level kan zorgen voor een verhoogde bloeddruk en een verhoogd zuurstofgehalte in het bloed. Ook geeft het een verhoogd risico op hart- en vaatproblemen, een grotere kans op overgewicht en zorgt voor een verstoring van onder andere het immuunsysteem. In sommige gevallen ontwikkelt onschuldige stress zich in chronische stress wat schadelijk is voor het lichaam [10]. Zo waren er in 2019 254.400 gevallen van overspannenheid bekend bij huisartsen [19]. Uiteindelijk zorgt chronische stress voor het achteruitgaan van de hippocampus, het krimpen van de prefrontale cortex en het verlies van synaptische verbindingen tussen neuronen. Hierdoor gaan onder andere de concentratie, het beslissingsvermogen en het beoordelingsvermogen achteruit [10].

Echter wanneer het cortisol gehalte afneemt, is cortisol ook in staat om de cellen in de hypothalamus die de stressreactie veroorzaken te remmen, waardoor de stressreactie stopt (figuur 1) [4,5, 23].

Magnesium

Een verhoogde hartslag zorgt ervoor dat het hart niet genoeg tijd heeft om zich te vullen met bloed, waardoor het hart ineffectief pompt en harder moet werken [7].

Het omlaag brengen van de hartslagfrequentie kan met het oraal

toedienen van een tablet magnesium citraat. Magnesium werkt als een natuurlijke calciumantagonist [14], wat betekent dat de concentratie calcium afneemt als de concentratie magnesium toeneemt. Magnesium zorgt voor een mindere toestroom van calcium door de L-type- en T-type-calciumkanalen [13]. De L-kanalen bevinden zich in alle hartspiercellen en de T-kanalen bevinden zich in de atriale cellen en cardiale Purkinjevezels [25]. De calciumkanalen zorgen voor onder andere de spiercontractie van het hart en bij het blokkeren van de calciumkanalen neemt de concentratie calcium in de cellen minder snel toe [3]. Hierdoor is de werking van de calciumkanalen minder en zal de spiercontractie afnemen in frequentie. Door het afnemen van de spiercontractie zal ook de hartslagfrequentie afnemen [3,13,25].

Volgens cardiologen is een tekort aan magnesium een belangrijke oorzaak van hartkloppingen. Om dat tegen te gaan, is het advies om dagelijks tussen de 100 mg en 200 mg extra magnesium binnen te krijgen [17], dit kan met een tablet of door voeding. Een tablet magnesium citraat wordt vanaf een half uur na inname opgenomen door het lichaam [15]. Bij orale inname is na zes tot zeven uur ongeveer 80% van de stof opgenomen door het lichaam [11]. Ook een natuurlijke vorm van magnesium heeft effect op de hartfunctie, dit is te aanwezig in veel voedingsmiddelen zoals noten, sojabonen, granen, zonnebloempitten, bananen en groene groenten [11]. Een juiste hoeveelheid magnesium in het lichaam is wenselijk, zowel een tekort als een overschot aan magnesium in het lichaam kan de lichaamsfunctie verstoren. Een magnesium tekort kan veroorzaakt worden door meerdere defecten in het lichaam, zoals slechtwerkende nieren en darmen [21], en uit zich in hartkloppingen. Een overschot aan magnesium treedt op bij langdurig gebruik van meer dan 250 milligram magnesium per dag, naast de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid (tabel 2) [11,21,24]. Een overschot aan magnesium kan leiden tot misselijkheid, buikkrampen, diarree, dorst en een lage bloeddruk [11,21]. Zowel een tekort als een overschot aan magnesium in het lichaam komt niet vaak voor, omdat het lichaam zelf de concentratie magnesium regelt. Ook de kans op een allergie is klein, omdat magnesium een mineraal is dat in elke cel van het lichaam aanwezig is [18].

Onderzoeksvraag en hypothese

Wetenschappelijke literatuur heeft aangetoond dat een inname van 100 tot 200 mg magnesium helpt tegen hartkloppingen en hartkloppingen zijn een symptoom van stress [18,22]. Het is echter nog onbekend of het innemen van magnesium supplementen een half uur voor een stresssituatie de stress symptomen verminderen. De onderzoeksvraag luidt als volgt: Vermindert het toedienen van 200 mg magnesium, aan personen tussen de 15-17 jaar in de vorm van een tablet, de stress symptomen op korte termijn van 30 minuten en laat het de ervaren stress minderen als gevolg?

Magnesium vermindert de hartkloppingen die mensen als symptoom ervaren bij stress. Door het symptoom te minderen of weg te laten gaan, is de verwachting dat de persoon in kwestie ook minder of geen stress ervaart. Van de bloeddruk en het zuurstofgehalte worden geen significante verschillen verwacht, omdat magnesium daar geen invloed op heeft. Bewijst magnesium invloed te hebben op stress, dan is de verwachting dat het zuurstofpercentage toeneemt en de bloeddruk afneemt.

Methode

In dit onderzoek wordt gekeken of de toediening van een magnesium tablet de symptomen van stress kan verminderen. Stress wordt gemeten aan de hand van de hartslag, bloeddruk en het zuurstofgehalte in het bloed. Deze waarden worden gemeten met een hartslagmeter, een bloeddrukmeter en een zuurstofmeter. Er worden bij iedere proefpersoon drie metingen gedaan. Bij de tweede meting is geen bloeddrukmeter gebruikt. Hiervoor is gekozen om de leerlingen zo min mogelijk te storen tijdens het experiment. Voor het experiment is bij elk proefpersoon de lengte en het gewicht gemeten, om een algemene indruk te krijgen van het lichaam. De lengte werd gemeten met een rolmaat en het gewicht werd gemeten met een weegschaal.

Aan de proefpersonen in de interventiegroep werd een magnesium tablet en een Tic Tac gegeven. De interventie groep wordt in het vervolg groep M genoemd. Aan de proefpersonen in de controlegroep werd een TicTac, als placebo toegediend. De controlegroep wordt in het vervolg groep C genoemd.

Als eerste werden de waarden van iedere proefpersoon in rusttoestand gemeten. Dit is de eerste meting en geeft waarden ter vergelijking. Er is een tweede meting in rusttoestand uitgevoerd, omdat proefpersonen wellicht al enige stress ervaren aan het begin van het experiment en niet in rusttoestand verkeerden. De proefpersonen werden daarom na een kwartier gemeten om te kijken hoe die waarden verschilden met de eerste meting. Nadat de proefpersonen een half uur in rusttoestand hebben verkeerdt, werden de proefpersonen in een stressvolle situatie geplaatst. De stressvolle situatie houdt in dat de proefpersonen een toets (bijlage Test) moeten maken, die bestaat uit vragen die geen of alleen maar goede antwoorden hebben en dat levert stress op bij de proefpersonen. Mensen gaan aan zichzelf twifelen en worden onzeker, omdat het goede antwoord voor de hand ligt, maar niet kan worden gegeven. Om extra stress op te wekken, werd een timer naast de proefpersoon gelegd die vanaf twee minuten aftelt. Ook is tijdens de toets is bij elke proefpersoon hardop aangegeven dat ze nog een halve minuut over hadden.

Direct na de stressvolle situatie afgenomen, is de derde meting uitgevoerd. Vervolgens vullen de proefpersonen een vragenlijst in om de ervaren stress, tijdens de toets, te peilen (bijlage Enquête).

Aan de hand van een zelf opgestelde toets en vragenlijst zijn de benodigde resultaten verworven. De multiple-choice toets, bestaande uit tien vragen, had zeven vragen zonder goed antwoord en drie vragen die wel goed beantwoord konden worden. De vragen zijn door de onderzoekers opgesteld, gebaseerd op wat de proefpersonen als stressvol zouden ervaren.

De vragenlijst is gebaseerd op de VierDimensionale Klachtenlijst (4DKL). Hierbij zijn alle vragen die te maken hadden met stress of klachten van stress gebruikt. Ook werden vragen over emoties in de vragenlijst opgenomen, zodat proefpersonen niet door hadden dat dit experiment bedoeld was om stress op te wekken. Alle proefpersonen hadden in de voorgaande maand een toetsweek of een schoolexamenweek gehad en gaven daarbij aan welke klachten zij hadden ervaren. Hierbij werd een globale indruk gecreëerd van de proefpersonen en hoe zij omgaan met stress.

Resultaten

De door de proefpersonen ingevulde vragenlijsten gaven inzichten in de persoonlijke gegevens en hoe proefpersonen over het algemeen stress ervaren (tabel 3).

Uit de resultaten blijkt dat de derde meting in de interventiegroep een stijging laat zien in de gemeten hartslag ten opzichte van de eerste en tweede hartslag meting. Het gemeten zuurstofgehalte en de gemeten bloeddruk, eveneens in de interventiegroep, laten vrijwel geen verandering zien in de derde meting ten opzichte van de eerste en tweede meting.

De controlegroep laat zien dat de hartslag na het innemen van de TicTac en het uitvoeren van de test, gedaald is in vergelijking bij de meting in rust. De bloeddruk van de controlegroep is gedurende het experiment lichtelijk gedaald. Het zuurstofgehalte van de controle groep is gedurende het experiment gelijk gebleven.

Uit de afgenomen enquête is gebleken dat de ervaren stress tijdens de toets met een 2,3 beschreven is, waarbij 1 staat voor geen ervaren stress en een 5 voor heel veel ervaren stress.

Conclusie

Uit de resultaten kan het volgende geconcludeerd worden; het zuurstofpercentage was in zowel de interventie als de controlegroep gelijk gebleven gedurende het experiment aan 96-100% SpO₂. De hartslag bij de leerlingen uit de interventie toegenomen, terwijl de hartslag bij de leerlingen uit de controlegroep is afgenomen. De gemeten bloeddruk, is in zowel de interventie als de controlegroep vrijwel niet veranderd gedurende het experiment.

Op basis van deze resultaten kan geconcludeerd worden dat het toedienen van 200 mg magnesium na 30 minuten geen effect heeft gehad op het verminderen van de hartslag, zuurstofgehalte en of bloeddruk. Dus het toedienen van magnesium heeft geen invloed op het verminderen van stress bij personen tussen de 15 en 17 jaar.

Discussie

Op basis van deze resultaten kan er geen betrouwbare conclusie gemaakt worden over de invloed van magnesium op de symptomen van stress. Wel kan geconcludeerd worden dat over de gehele onderzoeksperiode bij de meeste proefpersonen de hartslag is veranderd. Of dit is gebeurd door het magnesium citraat of doordat de proefpersonen meer op hun gemak waren kan niet gezegd worden.

Zowel het zuurstofgehalte als de hartslag als de bloeddruk lieten gedurende het experiment geen doorslaggevende verschillen zien. Uit die resultaten van het onderzoek kwam naar voren dat de hypothese werd ontkracht. Het toedienen van magnesium heeft de stresssymptomen namelijk niet doen verminderen.

Een mogelijke verklaring voor dit resultaat is dat de proefpersonen twee keer in een stressvolle situatie moeten worden geplaatst om resultaten te krijgen om mee te vergelijken met de ene keer wel magnesium en de andere keer geen magnesium. De reden hiervoor is om de veranderingen in de waardes beter te kunnen vergelijken, omdat ieder persoon anders reageert op stress. Dit was echter niet mogelijk, omdat de proefpersonen bij de tweede stressvolle situatie zouden weten wat ze kunnen verwachten en zodoende minder stress ervaren. Hierdoor was het niet mogelijk om de proefpersonen een tweede stressvolle situatie te laten ervaren. Dit is gecompenseerd door de proefpersonen aan te laten geven

hoeveel stress zij hebben ervaren tijdens de stressvolle situatie, maar dit zorgt niet voor dezelfde resultaten. Door een weinig aantal proefpersonen is het resultaat niet geheel betrouwbaar. Een onderzoek op grotere schaal had meer resultaten geleverd en meer inzichten gegeven. Ook kan er gezegd worden dat de verandering in resultaten komt door het toeval in plaats van het experiment zelf.

De ervaren stress tijdens de toets werd in totaal met een 2,3 gemiddeld beoordeeld op een schaal van 1 tot 5. De bedoeling was dat het gemiddelde minstens boven de 3 zou liggen. Er kan gesteld worden dat de toets niet genoeg stress gaf, ondanks dat daar het hele onderzoek op is gebaseerd. De meeste proefpersonen gaven aan dat ze de toets eerder verwarrend vonden dan stressvol. De meeste proefpersonen gaven aan dat de tijdsdruk hielp bij het opwekken van stress, maar omdat er geen consequenties waren vastgesteld hadden de proefpersonen weinig stress. Alle proefpersonen hadden in de maand voor het onderzoek een toetsweek of een schoolexamenweek gehad. In de vragenlijst is ook gevraagd de ervaren stress in die week te beoordelen en in de meeste gevallen wordt de ervaren stress in de toetsweek erger beoordeeld dan de ervaren stress van de stressvolle situatie tijdens het onderzoek. De proefpersonen beoordeelden de stress van de toetsen met gemiddeld een 3,3 op een schaal van 1 tot 5. Een theorie is dat de proefpersonen in de afgelopen maand veel stress hadden ervaren en daarom het onderzoek als relatief minder stressvol beschouwden. Om deze theorie uit te testen zou het onderzoek nog een keer moeten worden uitgevoerd, maar dan een aantal maanden na een toetsweek.

Gedurende het onderzoek is het belangrijk rekening te houden met het fenomeen witte-jas-hypertensie. Dit houdt in dat mensen vaak een hogere waarde voor de bloeddruk en hartslag hebben in de huisartsenpraktijk dan wanneer dit thuis gemeten wordt [12]. Tijdens het onderzoek is hier rekening mee gehouden door een tweede meting uit te voeren na vijftien minuten rust. Bij beide groepen is de hartslag bij de tweede meting wel toegenomen ten opzichte van de eerste meting. Er zou dus geen sprake zijn van witte-jas-hypertensie tijdens dit onderzoek als gekeken wordt naar het verschil in hartslag tussen beide metingen. De gemiddelde hartslag was bij alle metingen tussen de 70 bpm en 100 bpm, wat in lijn is met de normale hartslag in rust die tussen de 60 bpm en 100 bpm moet liggen [8]. De bloeddruk was voor de meeste proefpersonen wel te hoog, dus in dit opzicht is er wel sprake van witte-jas-hypertensie, tenzij de willekeurige proefpersonen allemaal hypertensie hebben, waar geen sprake van was. Wel gaven sommige proefpersonen aan dat de bloeddrukmeter onprettig was om te voelen. Hierdoor kan het komen dat de bloeddruk hoger is gemeten, omdat ze erg zenuwachtig waren tijdens de meting.

Over de waardes is verder te zeggen dat de hartslag een momentopname is en dus zou de hartslag van een persoon gedurende onderzoek kunnen hebben veranderd, maar dat is niet gemeten. Ook tijdens de metingen verschilde de hartslag van de proefpersonen en er is een gemiddelde genomen van de hartslag. De zuurstof en bloeddruk waren daarentegen wel stabiel en verschilden niet heel veel in de verschillende metingen. Het onderzoek is gedurende twee dagen afgenomen en de proefpersonen kunnen op deze manier in twee groepen worden verdeeld: de maandaggroep en de dinsdaggroep. Opvallend zijn de hoge waardes bij de maandaggroep. Hier neemt de hartslag bij groep C met gemiddeld 19,3 bpm af,

terwijl de hartslag bij groep M met 12,3 bpm gemiddeld toeneemt. Dit in tegenstelling tot de dinsdaggroep waarbij de hartslag van groep C met 1,9 bpm gemiddeld toeneemt en de hartslag van groep M gemiddeld met 0,3 bpm afneemt. Een verklaring hiervoor is de verschillende apparatuur die werd gebruikt tijdens het onderzoek. Op maandag werd een andere saturatiemeter gebruikt dan op dinsdag. Ook het verschil in omgeving zou een verklaring kunnen zijn voor het grote verschil. Op maandag werd het onderzoek uitgevoerd op de Universiteit Twente, op dinsdag op Twents Carmel College Lyceum. Verder gaven de gegevens lengte en gewicht een inschatting in hoe goed het tablet zou worden opgenomen. De lengte en het gewicht werd op dezelfde manier en met dezelfde materialen gemeten bij elk proefpersoon, zowel op maandag als op dinsdag.

Het tablet magnesium citraat wordt pas na een half uur opgenomen. Vanwege de strakke tijdsplanning zijn de proefpersonen meteen na een half uur in de stressvolle situatie geplaatst en daarna is de derde meting uitgevoerd. Er kan beargumenteerd worden dat er in dat half uur niet genoeg magnesium is ingewerkt om daar resultaten van te zien. Gegeven was dat er pas na zes uur het volledige tablet werkzaam zou zijn. Er is in dit onderzoek voor gekozen na een half uur te meten in verband met de werving van proefpersonen. In een volgend onderzoek zou de tijd een variabele kunnen zijn om te onderzoeken vanaf welk tijdstip van inname de werking van het tablet optimaal is.

Het onderzoek heeft zich vooral gericht op het slikken van tabletten en de bereidheid van proefpersonen om de tabletten ook daadwerkelijk te slikken. Het advies voor een vervolgonderzoek is ten eerste het onderzoek opnieuw uit te voeren met tijd als variabele om het magnesium citraat tablet optimaal te laten werken. Een volgend onderzoek zou voeding in plaats van tabletten kunnen gebruiken, omdat voeding makkelijker kan worden ingenomen dan een magnesium citraat tablet.

Bibliografie

- [1] Apotheek.nl. (z.d.). Apotheek. Geraadpleegd op 23 november 2021, van <https://www.apotheek.nl/medicijnen/diazepam#wat-zijn-mogelijke-bijwerkingen>
- [2] Bos, A. (2012). Biologie voor jou : biologie voor de bovenbouw : [tweede fase] : havo en vwo. Malmberg.
- [3] Calcium channel blockers: Nursing Pharmacology. (2021, 31 augustus). [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=nDVw4BzI_9E
- [4] Campos-Rodríguez, R., Godínez-Victoria, M., Abarca-Rojano, E., Pacheco-Yépez, J., Reyna-Garfias, H., Barbosa-Cabrera, R. E., & Drago-Serrano, M. E. (2013). Stress modulates intestinal secretory immunoglobulin A. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00086>
- [5] Chandra, S., MD. (2021, 9 april). How Neurofeedback Can Help Anxiety. Suruchi Chandra M. D. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van <https://www.chandramd.com/blog/neurofeedback-for-anxiety>
- [6] Dai, S., Mo, Y., Wang, Y., Xiang, B., Liao, Q., Zhou, M., Li, X., Li, Y., Xiong, W., Li, G., Guo, C., & Zeng, Z. (2020). Chronic Stress Promotes Cancer Development. *Frontiers in Oncology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.01492>
- [7] De Nederlandse Hartstichting. (z.d.). Hoge hartslag. Hartstichting. Geraadpleegd op 23 november 2021, van <https://www.hartstichting.nl/hart-en-vaatziekten/gids-hartritme/hoge-hartslag?tab=2>

- [8] De Nederlandse Hartstichting. (z.d.-b). Normale hartslag. Hartstichting. Geraadpleegd op 25 november 2021, van <https://www.hartstichting.nl/hart-en-vaatziekten/gids-hartritme/normale-hartslag?tab=1>
- [9] Dragoş D, Tănăsescu MD. The effect of stress on the defense systems. *J Med Life*. 2010 Jan-Mar;3(1):10-8. PMID: 20302192; PMCID: PMC3019042.
- [10] How stress affects your brain - Madhumita Murgia. (2015, 9 november). [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=WuyPuH9ojCE&t=244s>
- [11] Ismail, A. A. A., Ismail, Y., & Ismail, A. A. (2017). Chronic magnesium deficiency and human disease; time for reappraisal? *QJM: An International Journal of Medicine*, 111(11), 759–763. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcx186>
- [12] Janssen, M. C. H., & Thien, T. (1995). “Spreekuur” of “witte-jas-hypertensie”. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*, 139, 2401–2404. https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/20430/20430_.PDF
- [13] Magnesium and Calcium (Part 2): Causes Of Hypercalcemia & Hypomagnesemia –Dr.Berg. (2019, 27 januari). [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=LcePNeNHefM>
- [14] Magnesium citraat | NML health. (z.d.). NML Health. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van <https://www.nlmhealth.com/magnesium-citraat>
- [15] Magnesium citrate | Michigan Medicine. (z.d.). University of Michigan Health. Geraadpleegd op 23 november 2021, van <https://www.uofmhealth.org/health-library/d01008a1>
- [16] Mendl, M. (1999). Performing under pressure: stress and cognitive function. *Applied Animal Behaviour Science*, 65(3), 221–244. [https://doi.org/10.1016/s0168-1591\(99\)00088-x](https://doi.org/10.1016/s0168-1591(99)00088-x)
- [17] Pruyssers, A. (2018, 12 juni). Hartkloppingen en voeding. vita-info.nl. Geraadpleegd op 23 november 2021, van <https://vita-info.nl/2018/05/hartkloppingen-en-voeding/>
- [18] Ramirez, A. J. (2020, 21 november). Allergic to Magnesium? Ancient Minerals. Geraadpleegd op 23 november 2021, van <https://www.ancient-minerals.com/allergic-to-magnesium/>
- [19] Rijksoverheid. (z.d.-a). Overspannenheid en burn-out | Cijfers & Context | Huidige situatie | Volksgezondheidszorg. info. Volksgezondheid en zorg. Geraadpleegd op 23 november 2021, van <https://www.volksgezondheidszorg.info/onderwerp/overspannenheid-en-burn-out/cijfers-context/huidige-situatie#:~:text=In%202019%20waren%20er%20naar,19%2C4%20per%201.000%20vrouwen>
- [20] Rijksoverheid. (z.d.-b). Psychische gezondheid | Regionaal&Internationaal|Regionaal|Volksgezondheidszorg. info. Volksgezondheid en zorg. Geraadpleegd op 23 november 2021, van <https://www.volksgezondheidszorg.info/onderwerp/psychische-gezondheid/regionaal-internationaal/regionaal#node-stress-middelbare-scholieren-klas-2-en-4-ggd-regio>
- [21] Rude, R., Gruber, H., Wei, L., Frausto, A., & Mills, B. (2003). Magnesium Deficiency: Effect on Bone and Mineral Metabolism in the Mouse. *Calcified Tissue International*, 72(1), 32–41. <https://doi.org/10.1007/s00223-001-1091-1>
- [22] Teragawa H, Matsuura H, Chayama K, Oshima T. Mechanisms responsible for vasodilation upon magnesium

infusion in vivo: clinical evidence. *Magnes Res.* 2002 Dec;15(3-4):241-6. PMID: 12635879.

[23] UZ Antwerpen. (z.d.). Chronische stress is niet onschuldig | UZA. Geraadpleegd op 23 november 2021, van <https://www.uza.be/chronische-stress-niet-onschuldig>

[24] Voedingscentrum. (z.d.). Magnesium. Geraadpleegd op 23 november 2021, van <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/magnesium.aspx>

[25] Zipes, D. P., Jalife, J., & Stevenson, W. G. (2017). *Cardiac Electrophysiology: From Cell to Bedside* E-Book [E-book]. In *Cardiac Electrophysiology: From Cell to Bedside* (7de editie, pp. 12–24). Elsevier.

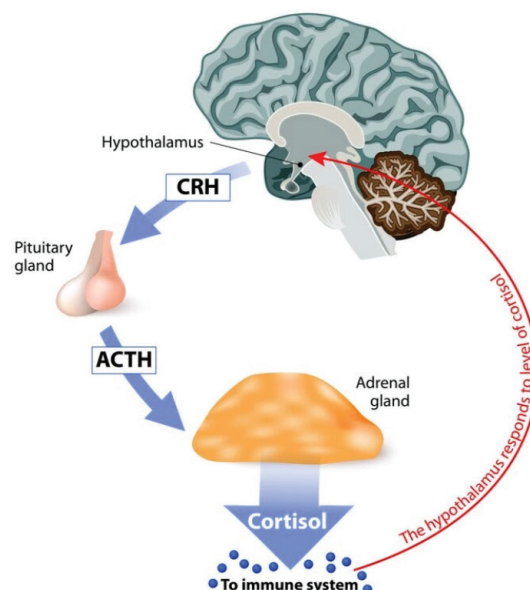
Tabel 2. Aanbevolen dagelijkse hoeveelheid magnesium voor vrouwen en mannen in de leeftijdscategoriën 14-17 en >18 jaar [14].

	Vrouw	Man
14-17 jaar	280 mg	350 mg
>18 jaar	300 mg	350 mg

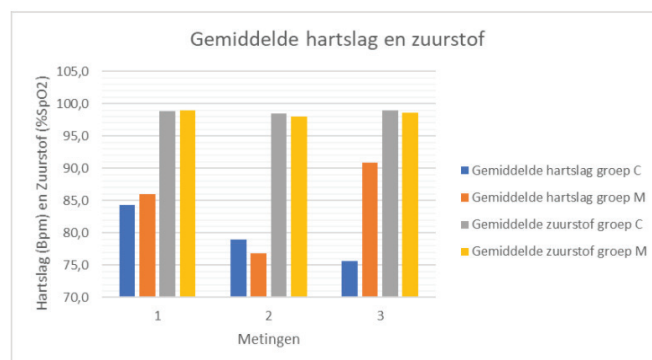
Figuur 1, Tabel 2.

Tabel 3. Overzicht van de algemene kenmerken van de proefpersonen (n=21)			
	n	%	Gem. (min; max)
Geslacht			
• Man	6	29%	
• Vrouw	15	71%	
Leeftijd			16,2
• 15 jaar	4	19%	
• 16 jaar	10	48%	
• 17 jaar	7	33%	
Lengte in cm			173 (155-187)
Gewicht in kg			67,84 (50,32-93,50)
Ervaren stress op een schaal van 1 (geen) tot 5 (heel veel)			2,3 (1-4,5)

Figuur 2, Tabel 3.



Figuur 3, De reactie op langdurige stress [5].



Figuur 4, De gemiddelde waarden van de hartslagfrequentie en het zuurstofpercentage van groep C en groep M gedurende drie metingen.

Bijlage A: De enquête*Persoonsgegevens*

Alle gegevens worden anoniem verwerkt. Tijdens het onderzoek zal er alleen gewerkt worden met uw nummer en niet met uw naam.

Nummer:

Voorletters:

Geboortedatum:

Geslacht:

Lengte (cm):

Gewicht (kg):

Allergieën:

Medicijnen (zo ja, welke gebruikt u en hoe vaak?):

Toestemming (handtekening):

Voor het experiment

1. Heeft u de afgelopen week last gehad van:

	Nee	Soms	Regelmatig	Vaak	Heel vaak/ voortdurend
Stress					
Gespannen					
Piekeren					
Hoofdpijn					
Overmatige transpiratie					
Versnelde ademhaling					
Buikpijn					
Menstruatie					
Benauwdheid/onregelmatige ademhaling					
Misselijkheid					
Onrustig slapen					
Onbestemde angstgevoelens					
Snel emotioneel					
Snel geïrriteerd					
Angstig					

2. Waar ervaart u veel stress? (Denk aan school, thuis, werk, sport, etc.)

3. Heeft u in de afgelopen maand een SE- of toetsweek gehad?

Als u op deze vraag nee heeft geantwoord, mag u de vragen 4, 5 en 6 overslaan.

4. Was u erg zenuwachtig voor de SE- of toetsweek?

5. Heeft u stress tijdens die periode ervaren?

6. Hoeveel stress heeft u ervaren? (Op een schaal van 1 tot 5 met 1= geen en 5= heel veel)

7. Wat heeft u vandaag gegeten? (Vanaf het moment dat u wakker werd, tot nu)

8. Welke emotie was het sterkst bij u vandaag? (Denk aan woede, angst, vreugde, etc.)

Na het experiment

9. Hoe stressvol was de toets voor u? (Op een schaal van 1 tot 5 met 1= niet en 5= heel erg)

10. Waarom was het wel of niet stressvol voor u?

11. Heeft u andere emoties ervaren? (Denk aan woede, angst, vreugde, etc.)

12. Heeft u verder nog opmerkingen?

Bijlage B: De test

1. Als het vandaag 0 graden is en morgen is het twee keer zo koud, hoeveel graden is het dan?

- 1 °C
- 3 °C
- 4 °C

2. Bereken $\sqrt{-16}$

- $-4\sqrt{1}$
- 32
- $2\sqrt{4}$

3. Hoeveel kinderen kan een vrouw maximaal krijgen in haar levensjaar?

- 2
- 21
- 69

4. Welk woord is in de volgende zin verkeerd gespeld: Een boterham is erg lekker bij het ontbijt.

- boterham
- bij
- ontbijt

5. De volgende afbeelding geeft een auto weer. Hoe lang is deze auto?

- 2,1 m
- 3,5 cm
- 2,5 mm



6. Blauw is een primaire kleur.

- Juist
- Onjuist

7. Wat is het buurland van het land dat in het midden ligt?

- Kroatië
- Montenegro
- Roemenië



8. Wat is de helft van 2486

- 1243
- 2134
- 2243

9. Wat is de spelling van dit woord hippopotomonstrosesquipedaliofobie achterstevoren?

- Eibofoiladeppiuqseosrtsnomotopoppih
- Eibofoiladeppiuqsesortsnomotopoppih
- Eibofoiladeppiuqseosrtsnmotopoppih

10. Los deze anagram op: HONDENPOEP (uit dit 10-letter-woord een 7-letter-woord vormen die dezelfde letters bevat als het 10-letter-woord, maar in een andere volgorde)

- Hopende
- Openden
- Ophopen

The influence of lip movements on the speech perception of CI-users

L. Prinsen¹, M. Todorovska², M. Onstenk³, M. ter Avest¹, G. Sikkes², M.N.A Bijman³

¹De Waardenborch, Holten

²Het Stedelijk Lyceum, College Zuid, Enschede

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - In dit onderzoek is de invloed van lipbewegingen op het spraak verstaan van CI-gebruikers getest. Een CI-gebruiker is een dove of slechthorende die met behulp van een cochleair implantaat weer geluid kan waarnemen. Uit theoretisch onderzoek blijkt dat CI-gebruikers geluid anders waarnemen en iedereen -zowel normaalhorend als slechthorend- tot in bepaalde mate gebruik maakt van liplezen. Om te onderzoeken hoe groot de invloed van lipbewegingen op spraak verstaan is, zijn er zelf audio- en videofragmenten gemaakt. Er deden drie CI-gebruikers en negen normaalhorenden tussen de 43 en 54 jaar mee. Het experiment bestond uit drie testen van twintig woorden – test 1 was met beeld en geluid, test 2 alleen met beeld en test 3 alleen met geluid. De proefpersonen konden tijdens de testen een woord waarnemen, dat zij vervolgens noteerden op een antwoordenblad. Voor elke test konden de testpersonen maximaal 60 punten halen. Uit de resultaten blijkt dat het waarnemen van geluid door CI-gebruikers meer wordt beïnvloed door lipbewegingen dan bij normaalhorenden. Dit betekent dat liplezen een belangrijk onderdeel is voor de communicatie van CI-gebruikers.

Introduction

People with a hearing impairment live in a quiet world. However, when they would like to experience the world of hearing, and they are suitable for a cochlear implant, this may give them the possibility to perceive sounds. Eventually, this could improve their communication, which will benefit them as it is essential for their social and emotional development. Therefore, it is important that the communication of deaf and hearing-impaired people is optimized.

One way to optimize this communication is with the help of a cochlear implant. A cochlear implant (CI) is an electrical implant that converts sound into electrical pulses, which is used by people with hearing impairment so that these people can hear sounds again. A CI has an internal and external part (Lenarz, 2017). During an operation, the internal processor is inserted in the mastoid bone behind the ear and the electrodes are inserted into the cochlea. After the implantation has succeeded, the patient enters the revalidation phase. This revalidation is very intensive and will be personalized to the patient's abilities (Huinck, Langereis & Mylanus, 2012).

The external part consists of a microphone, a speech processor and a transmitting coil. The microphone is found in the ear device (located behind the ear as a hearing aid) and sends any interpreted sound towards the speech processor. The speech processor then sends a signal to the transmitting coil that is connected to the internal part of the CI through a magnet.

A cochlear implant does not intensify sound but converts the sound into electrical signals that are transported to the auditory nerve through the cochlea. Because of this, it is possible to hear sounds again, even if the cochlea is not functioning correctly. The sound perception, however, is different from the sound perception of people with normal hearing (for an example scan the QR code of figure 1) (UMCG, n.d.). "In the beginning, the sound of a CI is as strange as you have never heard before", it sounds like 'rattling garbage cans, tinny, sharp and with a difficult reverberation'. After some time, habituation to the new CI-sounds occurs, causing the strange experience to gradually become less strange" (Veltman, 2020). This is a (translated) quote from Joke Veltman's experience of using a CI.

Besides a CI, another way to optimize the communication of deaf and hearing-impaired people is lip reading. It is known

that people make use of lip reading when they cannot hear someone at certain moments. It has been scientifically proven by Radboud University Nijmegen that everyone has the ability to lip-read a little bit. "Test subjects watched videos in which the sound was ambiguous between two vowels, while the imagery showed a speaker who pronounced the vowels. Even though the sound was ambiguous, the test subjects were able to determine which vowel was pronounced through the imagery they watched (by 'lip reading')" (Franken, 2018). Lip reading on its own is very challenging, but in some cases lip reading is more challenging than in others as there are several letters -such as /k/, /g/, /h/ and /ng/- that are made in the back of our throats, which makes them invisible through lip reading (van Es, n.d.).

As mentioned before, people use the interpretation of syllables from lip movements to recognize words when they cannot understand someone. As the sound perception of CI-users is different from those of a normal hearing person, it might be plausible that CI-users occasionally use lip reading to understand someone better. If this is the case, this can be relevant information for the revalidation of CI-users as lip reading is still of importance, even after implanting a CI. For this reason, audiologists should also focus on lip reading as part of the revalidation. Therefore, in this research the speech perception of CI-users was tested with and without footage. Thus, the research question is:

To what extent does the speech perception of CI-users get influenced by lip movements?

Method

Test subjects

For this research three CI-users were tested. The first CI-user is forty-nine years old and has been hearing impaired since she was three years old. She received the CI five years ago and wears it on her left ear. The second CI-user is fifty-three years old and was born with hearing problems. She has had the CI for two years now and wears it on her left ear. The last CI-user is forty-three years old and was born with a genetic hearing impairment. She has had a CI for two years on her right ear and wears a hearing aid on her left (which she turned off during the experiment so that it did not influence the results in any way).

Male CI-users could not be found for this research, therefore only women participated in this experiment.

After the CI-users were found, a comparison group was assembled with the same gender and roughly the same age. In total nine comparison subjects were tested. This means that for every CI-user, three normal hearing women were tested.

Everyone who was tested had Dutch as their mother tongue, therefore all words used in the experiment were in Dutch.

Trial set up

The experiment consisted of three different tests (see figure 2). The first test was with sound and video footage to measure how well the CI users perceive sound in normal life with a CI and sight of the lips and face. The second test was with video footage, but without sound in order to measure how well the CI users can interpret syllables through lip movements. The third test was with sound, but without video footage in order to measure how well the CI users can interpret the sound with a CI and without video footage.

As there were no existing test materials, the hearing tests are pre-recorded self-made fragments with twenty common words (scan the QR code of figure 3). This also makes the word pronunciation a constant factor in the tests. The words that were used, are commonly used in audiology centres to test a CI-user's hearing (see figure 4) (de Ruiter, 2021). The tests are all recorded from the same distance and it was taken into account that there is no background noise. The background in the fragments was a white wall, to avoid distractions. The noise level of this experiment was constant, which means that each sound fragment was equally loud. For the experiment the maximum noise level of the laptop was used. This way the noise level was optimized and a constant factor. Therefore, the tests do not differ from each other. It had been a conscious choice to use short words instead of sentences or longer words, because the ability to perceive a word (through hearing or lip reading) was tested and not the ability to guess a part (or to fill the gap) of a sentence or word.

Before the test subjects were tested, they were asked if there were any distracting factors in order to make sure they were able to fully concentrate on the test. Distracting factors would then be removed if needed. After the test, the test subjects were asked if there were any background noises that might have influenced the results. None of the subjects mentioned disturbing background noises. While the test subjects executed the test, at least one other person stayed in the room to observe. This way any technical error or other factor that could influence the results, could be noted. In the experiments the observers had not perceived any factors that could have influenced the results.

During the hearing tests, the test person perceives the word (through sound or lip reading) and writes it down on the answer sheet (figure 5). The test subjects were asked to write down their answers in capital letters in order to make sure that the answers could easily be processed. Between each word, there was a small pause of five seconds, which gives the test subject time to write down the word they perceived. At the beginning of each test, the screen showed instructions of how the test works. These instructions mentioned the following: Preface, you will see and hear a fragment in which a word will be said, after that you will have five seconds to write down your answer. This test consists of twenty words.

After all the test subjects had conducted the tests, the results

were processed.

Processing data

The data was processed through the speech audiometry protocol (Kapteyn, 2011). Each word used in the research consisted of three phonemes (a unit of sound that can distinguish one word from another in a particular language). For example, the word "read" can be divided into three phonemes: /r/, /ea/ and /d/. Processing of the data was done by evaluating how many phonemes the test subject identified correctly. As the words consisted of three phonemes, each word was marked with a score out of three.

After evaluating each word, the total score was calculated, which left a result out of 60 points. For better understanding of the data, these values were converted to percentages. To calculate the difference between the average scores of the CI-users and the comparison group the two percentages were subtracted from each other.

Results

After the data was processed, the results showed the following (figure 6). The average score of the first test was 72,2% for the CI-users and 99,3% for the comparison group. Between the two groups, this is a difference of 27,1 percentage points. The average score for the second test was 38,3% for the CI-users while the comparison group scored 21,3%. This is a difference of 17 percentage points, which means that CI-users are better at analysing lips movements by an average of 17,0 percentage points. The average score for the third test was 53,3% for the CI-users and 97,6% for the comparison group, which means that there is a difference of 44,3 percentage points.

These results show that with video footage (test 1) the CI-users scored 18,9 percentage points higher in average than without video footage (test 3). The comparison group only scored 1,70 percentage points higher in average with video footage than without. This difference is minor and by subtracting this number of the average difference of the CI-users, the valid difference between the average scores of tests one and three of the CI-users is 17,2 percentage points. This difference is valid as it excludes words that were unreliable, because the two groups were tested with the same words. In order to detect the unreliable words, each word per test was analysed for deviations. The results from test 1 show that the comparison group generally scored higher than the CI-users. In addition, it was noticeable that for three words the CI-users scored less than 50,0% while the comparison group scored 100% for these words. For test 2 the CI-users often scored higher than the comparison group, with the exception of four words. However, for two words these differences are not extreme, for one word the scores were equal and for another word both test groups scored 0%. These words are also noticeable as their score is less than 20,0% for both test groups. The results of the CI-users and the comparison group for test 3 differ a lot from each other. The comparison group noticeably scored higher for every word except one word, which had an equal score of 100%. What was also noticeable, was that for one word the comparison group scored below their average.

Another aspect of the results was the standard deviation. Figure 6 shows that the standard deviation of the CI-users and comparison group does not overlap (see figure 6) and that the standard deviation of the CI-users is bigger than that of the comparison group.

Discussion

After taking the test, the test subjects were asked whether they had any comments on the test. A few of the CI-users commented that they noticed that the lips of the person pronouncing the words were rather small, which made it more difficult for them to read the lips. This might have added difficulty to the tests, but this factor was seen as a constant one as both test groups were tested with the same material. Knowing whether lip size has an influence on lip reading could be a base for further research.

Another comment of one person of the comparison group was that it felt like the articulation of the third test was better than the first one. As the average results of the third test were lower for both test groups, this comment does not have to be taken into consideration.

There had also been a comment that it is harder to read the lips of someone you do not know, because it is unknown in which way this person normally talks. In addition, one of the CI-users said that certain syllables and letters are easier to perceive through lip reading than others, because some syllables and letters can be perceived more distinctively on the lips. As mentioned in the introduction, some syllables -such as /k/, /g/, /h/ and /ng/- are made in the back of our throats and are therefore invisible through lip reading. When analysing the results of test 1, the test that contained both lip reading and hearing, it appears that the CI-users scored significantly lower than the comparison group on all words that contained these letters. Therefore, both theoretical framework and this experiment correspond with each other.

From theoretical framework, it has also been made clear that people make use of lip reading when they cannot hear someone at certain moments. The speech perception of a CI-user is also different from those of a normal hearing person (Franken, 2018). This corresponds with the results from this research which can be used as extra confirmation of the fact that the speech perception of CI-users is more influenced by lip movements than that of a normal hearing person.

Validity

The words that were used in the pre-recorded tests came from a list of words that are commonly used in an audiological centre. These words have been tested by many audiologists and are therefore considered valid. Audiologists use these words, as they are especially challenging for the CI-users because of their composition and length. By using short words in the experiment, the speech perception of the test subjects is tested and not their ability to guess the part of the word they missed. As the words that were used in the tests were Dutch as well as the people who were tested, their perception of speech was tested and not their ability to understand or translate a certain language.

Accuracy

Overall, the way that the tests were conducted and the tests themselves, were created to be as accurate as possible. For example, the test subjects wrote their answers down on paper in capitals, which made their answers legible. Therefore, the processing of the results from paper to a computer was accurate. However, there is one small exception, namely word fourteen of test 3. The results of the comparison groups shows that this word was pronounced inaccurately as the comparison group misinterpreted it as “fuij” instead of “vijf” several times. This

could influence the average score in test 3 by 3,33 percentage points. Fortunately, this difference is minor, therefore it does not influence the scores a lot.

Reliability

In this research there are several aspects of reliability that can be discussed.

Participants

Firstly, it was difficult to find a lot of CI-users who were willing to participate in the experiment. The main reason for this was that the number of CI-users in the Netherlands is minor and due to the corona pandemic, a few CI-users could not participate. As this experiment was performed on only a small group of people, the results may differ when it is performed on a bigger group. This is noticeable as the standard deviation from figure 6 is rather large for the CI-users. Nevertheless, these results still show a difference of the ability to read lips between CI-users and the comparison group as the standard deviations of both groups do not overlap.

Between the CI-users there are several differences, such as how long they have had the CI, how bad their hearing is without it and to what extent they learned to lip read. For example, one of the CI-users had a hearing aid besides a CI and even though she turned this off she might be more dependent on her hearing aid in normal life. This could make it more difficult for her to read lips as she does not need it much in her normal life. Furthermore, some CI-users have had their CI longer than others and some CI-users had intentionally learned some lipreading. However, the results show that the CI-user, who never intentionally learned to read lips, had an average score and the CI-user, who has worn her CI the longest, had more difficulty with perceiving sound than the other CI-users as she had the lowest score for both test 1 and 3.

In order to confirm whether the factors mentioned above had any influence on the results, further research should be conducted with more test subjects.

Test 1

As mentioned in the results, the CI-users had an average score lower than 50% for three words - “meel”, “tong” and “pijn”. Meanwhile, the comparison group had an average score of 100%. This could mean that the CI-users have difficulties with interpreting these words, but overall, these words can be considered reliable because the comparison group scored 100%. Looking at the remaining words, the comparison group scored more than 95% which means that this test is considered reliable.

Test 2

When the test subjects were tested on their ability to read lips, the CI-users scored higher than the comparison group with the exception of the following words: “taal”, “wieg”, “weg” and “long”. However, the difference between the CI-users and comparison group for these words is 0 to 10 percentage points and three of the four words contain syllables that are known to be hard to perceive through lip reading (van Es, n.d.). Also considering the fact that the CI-users scored higher for the rest of the words, test 2 can be considered reliable.

Test 3

As mentioned in chapter 4.2, the word “vijf” was inaccurate in

test 3 as it was often mistaken as “fuiif”. This inaccuracy could have an influence of 3,33 percentage points and therefore does not have any major influence on the reliability of this test. Besides, the comparison group scored more than 90% for the rest of the words, therefore this test can also be considered reliable.

Standard deviation

As the standard deviations of the CI-users are bigger than those of the comparison group, further research with more CI-users could establish whether the average scores of this experiment are accountable for more CI-users.

Conclusion

To conclude, the extent to which the speech perception of CI-users gets influenced by lip movements is 17,1 percentage points with a 0.1 percentage point margin of error. This means that CI-users use lip movements as an aid to understand speech better and that CI-users are generally better at analysing lip movements than people with normal hearing.

These conclusions can contribute to the importance of learning to read lips during the revalidation of CI-users as CI-users are still in need of lip movements as support in order to fully comprehend speech. For most of the CI-users it is already hard to perceive sounds, therefore it is important that these CI-users can use lip reading as an aid for an optimal communication.

Overall, this research is very valid, accurate and reliable, but in order to draw a conclusion that is more accountable for the majority of CI-users, further research needs to be conducted with more CI-users.

Bibliography

Lenarz, T. (2017). Cochleair Implant - state of the art. GMS Current Topics in Otorhinolaryngology, 2017(Vol 16), 2–5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5818683/pdf/CTO-16-04.pdf>

Huinck, W. J., Langereis, M. C., & Mylanus, E. A. M. (2012). Cochleaire Implantatie; indicatieprocedure, resultaten, risico's en overwegingen. Cochleaire Implantatie Nijmegen. Published. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12414-012-0017-3#author-information>

Luisterfragment CI-simulatie mannenstem. (z.d.). UMCG. Consulted on 9 June 2021, https://www.umcg.nl/SiteCollectionDocuments/Zorg/Volwassenen/ZOB/Cochleair%20Implantatie/mannenstem_CI.mp3

Luisterfragment originele mannenstem. (z.d.). UMCG. Consulted on 9 June 2021 https://www.umcg.nl/SiteCollectionDocuments/Zorg/Volwassenen/ZOB/Cochleair%20Implantatie/mannenstem_original.mp3

Veltman, J. (2020). Muziek luisteren met een kunst-oor van probleem via uitdaging naar oplossing. University of Groningen Press, 31. <https://sstp.nl/article/download/37091/34768>

Franken, M. (2018). Waarom iedereen in staat is om te liplezen. Radboud Universiteit. Published. <https://www.ru.nl/nieuws-agenda/vm/2018/februari/waarom-iedereen-staat-liplezen/>

Van Es, J. (n.d.). Spraakafzien (liplezen). Logopediepraktijk J. van Es. Consulted on 18 January 2022, <https://www.logopedie-van-es.nl/spraakafzien-liplezen/>

De Ruiter, A. Pento Audiologisch Centrum Twente. Consulted on 13 October 2021

Kapteyn, L. (2011). Audiologieboek. 8.3.53 Spraakaudiometrie. Nederlandse Vereniging voor Audiologie. <https://audiologieboek.nl/content/8-3-53-spraakaudiometrie/>



Figure 1, A QR-code for examples of hearing with a cochlear implant.

	Test 1 With sound and video footage	Test 2 Without sound and with video footage	Test 3 With sound and without video footage
CI-users	Video 1	Video 2	Video 3
Comparison group	Video 1	Video 2	Video 3

Figure 2, Test layout.



Figure 3, Test videos that were used in the experiment.

	Test 1	Test 2	Test 3
1	Vuur	Wang	Zijn
2	Put	Saai	Baai
3	Rem	Haai	Zuid
4	Bus	Geen	Hem
5	Rood	Taal	Haak
6	Daar	Wijn	Geel
7	Hof	Lijm	Pech
8	Dooi	Wieg	Hoog
9	Maag	Goed	Wang
10	Lip	Kies	Lang
11	Meel	Weg	Tak
12	Ding	Gaaf	Kuif
13	Boek	Map	Kip
14	Big	Nek	Vijf
15	Dof	Long	Leeuw
16	Tong	Wel	Muis
17	Boom	Mis	Boog
18	Zeef	Piek	Boos
19	Pijn	Zien	Vies
20	Veel	Zout	Zoek

Figure 4, Words used in the experiment.

NAAM: _____

	WOORD	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Figure 5, Answer sheet.

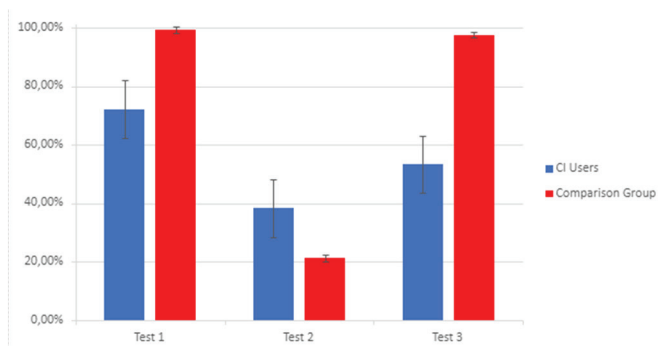


Figure 6, Average scores test subjects.

De invloed van computerlicht op het concentratievermogen bij VWO-leerlingen van 16 tot en met 18 jaar.

M. Alfares¹, H. Bijleveld², J. Sanders³, I. Ekkelkamp⁴, M. Niemeijer⁴, H. Lemstra¹, J. Habraken², M. Evers³

¹Carmel College Salland, Raalte

²Het Stedelijk Lyceum, Kottenpark, Enschede

³Twents Carmel College, Lyceumstraat, Oldenzaal

⁴Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - This study researches the influence of light from computers on adolescents' ability to concentrate. The study contains the results of fifty-eight students from 6 VWO. The participants all took part in an experiment that consisted of two parts. First, they read a text on paper and a week later they read another text on the computer to determine the difference between being exposed to light from computers or not. After both times of reading, the participants took a d2 concentration test to determine their level of concentration. The results determine a concentration performance score and the error rate of each participant. The results show that the concentration performance score is on average 16 percent higher after reading the printed text with an error rate that is on average 0.87 percent lower. 86.2 percent of the participants scored a better concentration performance score after reading the text on paper. Schools can use the results of this study to make better choices regarding the use of computers at school.

Inleiding

In een digitaliserend tijdperk moet er natuurlijk voor gezorgd en gewaakt worden dat alle digitalisatie de mensheid ook echt naar het hoogste doel brengt: optimale efficiëntie van de maatschappij. Machines zijn onvermoeid en kunnen als het moet non-stop werken. Mensen op dit moment nog niet. Hetgeen wat mensen zo efficiënt mogelijk laat presteren is optimale concentratie. Snel rijst dan al de vraag of de mensheid zichzelf niet in de voet schiet met de digitalisering. Op basis- en middelbare scholen worden laptops geïntroduceerd om efficiënter en makkelijker te kunnen werken. Dit heeft misschien een invloed op de leerlingen. In dit onderzoek zal in kaart worden gebracht of er een verband bestaat tussen computerlicht en het concentratievermogen van Vwo-leerlingen tussen 16 en 18 jaar. Universiteit Twente heeft het effect van blauw led-licht op de concentratie van basisschoolleerlingen getest [1]. Er zijn ook al onderzoeken gedaan naar het effect van schermlicht op het slaap-waakritme. Wat echter ontbrak waren onderzoeken naar het verband tussen het computerlicht en het concentratievermogen van Vwo-leerlingen tussen de 16 en 18 jaar. Dit verband wordt daarom onderzocht met de volgende onderzoeksvraag: "Wat is de invloed van computerlicht op het concentratievermogen bij Vwo-leerlingen van 16 tot en met 18 jaar."

Theoretisch kader

Concentratie

Concentratie en het vermogen om de concentratie over een periode vol te houden is een cruciale eis om verschillende cognitieve functies voldoende te kunnen uitvoeren. In het psychologieboek 'Mysterieuze krachten in de sport' wordt het concentratievermogen als volgt gedefinieerd; het concentratievermogen is: "De samentrekking van alle van de geest zijnde innerlijke, geestelijke en mentale krachten op het gestelde doel" [2]. Tegenwoordig wordt hier een andere definitie aan gegeven, het concentratievermogen wordt meer gezien als "de mate waarin de aandacht gericht blijft op de taak zonder afgeleid te worden door iets of iemand anders" [3]. In beide betekenissen komt het erop neer dat er een doel is waarop gefocust moet worden, waarbij alle andere onnodige informatie gefilterd moeten worden. De Thalamus

speelt hierin een sleutelrol ('Wat is concentratievermogen op hersenniveau'). Dit is een gebied in de hersenen dat onder andere voor de filtering van informatie, afkomstig van de zintuigen, verantwoordelijk is.

Computer-schermlicht

Om te begrijpen waarom licht van computers een mogelijk effect heeft op de concentratie, zal gekeken worden wat voor licht van het scherm bedoeld wordt. Voorts wordt er gekeken naar de betekenis van concentratie en met welke test die wordt gemeten. De computerschermen die voor dit onderzoek gebruikt zijn, zijn Lcd-schermen (Liquid Crystal Display). Het is een passief systeem, omdat het geen licht uitzendt, maar alleen kan doorlaten. Achter het scherm zit het LED-scherm. Dat zendt het licht uit. Het lcd-scherm kan door microscopisch kleine velden, onderverdeeld in kleur, bepaalde golflengtes wel en niet doorlaten. Achter in het oog zit het netvlies, daar valt het licht op. Op het netvlies zijn receptoren, kegeltjes en staafjes. Kegeltjes kunnen kleuren waarnemen. De staafjes kunnen het verschil tussen licht en donker waarnemen. Er zijn drie verschillende soorten kegeltjes: de S-kegeltjes zijn gevoelig voor blauw licht (450 tot 470nm), M-kegeltjes voor groen licht (544nm) en L-kegeltjes voor rood licht (570nm) [4].

De effecten van blootstelling aan blauwlicht

Om vast te kunnen stellen of computerlicht invloed heeft op de resultaten van dit experiment, wordt er gekeken naar de effecten van een deel van het spectrum van LED-licht, namelijk het blauwlicht. Dit omdat computerlicht vooral bestaat uit blauwlicht en zal daarom de meeste invloed op het concentratievermogen uitoefenen. In dit onderzoek wordt niet alleen gekeken naar de effecten van blauwlicht, maar naar de effecten van het gehele computerlicht in het algemeen. Volgens onderzoek van Cajochen is de onderdrukking van afgifte van melatonine significant hoger wanneer het oog wordt blootgesteld aan blauwlicht dan aan licht met lagere golflengtes [5]. Ook uit een onderzoek van West komt voort dat blauwlicht(450-470nm) de aanmaak van melatonine remt in de pijnappelklier [6]. Hieruit wordt geconcludeerd dat receptoren van blauwlicht een grotere invloed hebben op de

alertheid en hartslag dan die van andere kleuren. Daarnaast constateert een onderzoek van Seithikurippu dat melatonine receptoren activeert die invloed hebben op het slaap-waakritme. Melatonine zorgt voor een slaperig gevoel [7]. In een onderzoek van Yuda wordt geconcludeerd dat de alertheid van het autonome zenuwstelsel wordt verhoogd wanneer er blootstelling is aan blauwlicht. Echter, bleef deze alertheid niet na de blootstelling van blauwlicht [8]. Uit deze onderzoeken kan dus worden geconcludeerd dat blootstelling aan blauwlicht een positief resultaat heeft op de alertheid. Daarnaast kan worden geconcludeerd dat blauwlicht, doordat het zorgt voor de grootste onderdrukking van melatonine, ook invloed heeft op slaap-waakritme heeft. Blootstelling aan blauwlicht zorgt voor een minder slaperig gevoel.

Er zijn ook onderzoeken die negatieve effecten koppelen aan de blootstelling aan blauwlicht. In een onderzoeksrapport van het RIVM staat dat veel schermgebruik bij mensen van 13 t/m 18 jaar de oorzaak kan zijn voor een verstoord slaap-waakritme [9]. Het verband van een verstoord slaap-waakritme en een slecht concentratievermogen wordt vastgelegd in een onderzoek van Mitchell [10]. Het zorgt ervoor dat mensen moeilijker hun concentratie kunnen vasthouden, doordat ze slechter zijn uitgerust.

De d2-aandachts- en concentratietest

De d2-aandachts- en concentratietest is bedoeld om de concentratie van de onderzoeksgroep over een korte periode te meten. De d2-test bestaat uit vijf pagina's op papier met elk zes rijen met de letters d, b en p met om de letters een aantal streepjes. Het aantal streepjes varieert van nul tot vier. Aan de participanten werd de opdracht gegeven om alleen de d's met in totaal twee streepjes eromheen te omcirkelen in een zo kort mogelijke tijd. Deze streepjes kunnen zowel boven als onder de letters geplaatst zijn. Er zijn dus drie gunstige uitkomsten: een d met twee streepjes erboven, twee eronder of een erboven en een eronder. Deze gunstige uitkomsten worden "doelstimuli" genoemd. De d2-test bevatte 170 doelstimuli. De d2-test wordt al jaren gebruikt als vast onderdeel van neuropsychologisch onderzoek [11]. Wat deze test geschikt maakt voor dit onderzoek zijn de criteria waar deze test op gebaseerd is. De officiële d2-aandachts- en concentratietest focust op het toetsen van drie aspecten: de verwerkingssnelheid, het aantal fouten en foutenpercentage en de concentratieprestatie. Deze drie scores zijn ook in dit onderzoek bijgehouden.

Doordat de participanten de test in een korte tijd moeten afleggen, wordt veel concentratie in een korte tijd vereist (verwerkingssnelheid, maximaal 170). De verwerkingssnelheid geeft aan hoeveel doelstimuli de participant verwerkt heeft binnen de gegeven tijd. Hierin worden ook de overgeslagen doelstimuli meegenomen omdat de verwerkingssnelheid geen maat is voor de nauwkeurigheid. Daarnaast zorgt de grote gelijkenis tussen de drie gebruikte letters ervoor dat de participanten zich moeten concentreren om het verschil tussen de doelstimuli en de overige tekens te onderscheiden. Hierbij zullen regelmatig fouten gemaakt worden. Ten slotte zorgt de verwerkingssnelheid gecorrigeerd met het aantal fouten voor het daadwerkelijk meten van de concentratie van de deelnemers op dat moment (concentratieprestatie, maximaal 170). Dit is de meest representatieve maat voor de concentratie omdat er gekeken wordt naar de snelheid van verwerken van tekens, maar daarnaast ook naar het aantal fouten wat daarbij gemaakt is. Alleen de verwerkingssnelheid, het aantal fouten

of het foutenpercentage zou niet representatief zijn omdat deze niks weergeven over de andere twee maten. Zo geeft in overdreven gevallen nul fouten een goede score, zelfs bij een verwerkingssnelheid van 1 en hetzelfde geldt voor een verwerkingssnelheid van 170 terwijl de participant wel 300 fouten gemaakt kan hebben.

Hypothese

Uit de onderzoeken van West, Yuda en Cajochen die vermeld zijn in het theoretisch kader is gebleken dat blootstelling aan blauwlicht een positief effect heeft op de alertheid en de hartslag, onder andere vanwege de onderdrukking van het aanmaken van melatonine [5][8][6]. De hypothese is daarom dat het licht van een computerscherm een positief effect heeft op het concentratievermogen bij Vwo-leerlingen van 16 tot 18 jaar.

Methode

Onderzoekspopulatie

Dit onderzoek richt zich op de leeftijdsgroep 16 tot en met 18 jaar op het Vwo. Om de kans op valide resultaten te maximaliseren is er een vragenlijst opgesteld met als doel om de variabelen uit te sluiten die van invloed kunnen zijn op het concentratievermogen. Zo zijn bij de participanten die medicijnen gebruiken die het concentratievermogen kunnen beïnvloeden of een concentratiestoornis hebben de resultaten niet gebruikt. Voorbeelden zijn ADHD en ADD. ADHD en ADD zorgen voor concentratieproblemen bij kinderen [12]. Zij zijn daardoor sneller afgeleid en kunnen zich slecht concentreren.

Daarnaast zijn de resultaten van participanten die zich onvoldoende aan de opdracht van het experiment hebben gehouden niet gebruikt voor het trekken van een conclusie. Dit gebeurde bijvoorbeeld bij participanten bij wie tijdens het lezen op papier alsnog een telefoon werd opgemerkt door de onderzoeker of participanten die een onrealistische score hadden op de d2-test. Hierbij zijn bij alle personen van wie bij een van de twee onderdelen een foutenpercentage van meer dan 15% werd geconstateerd de resultaten niet gebruikt. Dit omdat een van de leerlingen een foutenpercentage had van 15% waarbij door de onderzoekers wel werd opgemerkt dat deze persoon de opdracht serieus had uitgevoerd.

Bij alle leerlingen met een foutenpercentage van hoger dan 15% is waargenomen dat zij de opdracht ook niet serieus hebben uitgevoerd. Ten slotte zijn de gegevens van participanten die bij een van de twee experimenten afwezig waren ook niet meegenomen. Dit vanwege het feit dat de resultaten van de persoon dan maar een van de twee gemiddeldes zou beïnvloeden en hierdoor de gemiddeldes verder uit elkaar of juist dichter bij elkaar kunnen komen te liggen.

Vragenlijst medische achtergrond

Om vast te stellen of de participanten medicijnen gebruiken die het concentratievermogen kunnen beïnvloeden of concentratiestoornissen hebben, hebben ze allen vooraf aan het experiment een anonieme vragenlijst ingevuld over hun medische achtergrond met betrekking tot het concentratievermogen. Hierbij werden ook de leeftijd, geslacht, het hebben van dyslexie of niet en de mate van een uitgerust gevoel vastgesteld (bijlage, afbeelding 1). Als bleek dat een participant ouder is dan 18 jaar, jonger is dan 16 jaar, medicijnen gebruikt die het concentratievermogen kunnen

beïnvloeden, een concentratiestoornis heeft, dyslexie heeft of de mate van uitgerustheid tussen de twee experimenten grote verschillen vertoont, werden de resultaten van deze participanten niet meegenomen in de conclusie. De mate van uitgerustheid werd door de participanten beoordeeld op een schaal van 1 tot 10. Een verschil van 3 of meer punten werd beschouwd als te groot om mee te nemen in het onderzoek. Wanneer een persoon zijn of haar mate van uitgerustheid als onvoldoende ($<5,5$) beoordeelde zijn de resultaten wel gebruikt indien de persoon voldeed aan de andere criteria. De individuele score op een van de testen is namelijk niet relevant voor de conclusie van het onderzoek, het draait immers om het verschil tussen de twee proeven.

Inventarisatie experiment bij d2-aandachts- en concentratietest

Om antwoord te kunnen krijgen op de hoofdvraag moet er een d2-test gebruikt worden met een lengte, waarbij het mogelijk is voor de participanten om hun concentratie te behouden, maar wel lang genoeg is om nauwkeurige resultaten te krijgen. Het is ook van belang om de tijd, die de participanten krijgen, zo nauwkeurig mogelijk vast te stellen. Daarom wordt allereerst een inventarisatie-experiment uitgevoerd. De drie onderzoekers zullen aan dit experiment deelnemen.

Er wordt eerst een korte test gemaakt van twee A4'tjes met elk 6 rijen met in elke rij 20 stimuli. De tijd wordt bijgehouden en genoteerd na het afronden van de test. Vervolgens wordt op dezelfde manier een extra lange test gemaakt van 9 A4'tjes met elk weer 6 rijen. Hierbij wordt door de onderzoeker genoteerd vanaf welke pagina hij vindt dat de concentratie afneemt. Alle drie de onderzoekers hebben aangegeven dat de concentratie bij pagina 6 begint af te nemen. Daarom is ervoor gekozen het daadwerkelijke experiment uit 5 A4'tjes te laten bestaan. De gemiddelde tijd was 5 minuut en 20 seconde, daardoor is deze tijd gekozen voor het daadwerkelijke experiment.

De in dit onderzoek gebruikte d2-test is niet exact hetzelfde als de originele d2-test zoals deze verkocht wordt (bijlage, afbeelding 2). Vanwege de hoge kosten hiervan hebben de onderzoekers een concentratietest gemaakt die zoveel mogelijk is gebaseerd op de originele d2-test. Deze zelfgemaakte d2-test is valide, omdat het principe van de echte d2-test behouden blijft. Er is nog steeds een grote overeenkomst tussen stimuli en doelstimuli. Het vraagt dus om concentratie om de doelstimuli te omcirkelen en daarmee wordt het concentratievermogen getest. Vanaf dit punt wordt met 'd2-test' de door de onderzoekers samengestelde test bedoeld (bijlage, afbeelding 3).

Dataverwerking

Na de uitvoering van het experiment bij de participanten zijn de gegevens verwerkt in een Excel datasheet. De resultaten zijn in de volgende categorieën verwerkt: aantal verwerkte doelstimuli (VS), totaal aantal fouten (FT) en concentratie prestatie (CP). Een fout is een overgeslagen d2 (Omissiefout = OM) of een gemarkeerd teken dat geen d2 is (Commissiefout = CO). Er is voor gekozen deze fouten niet apart bij te houden, maar deze twee verschillende fouten als een te zien, omdat dit geen meerwaarde oplevert voor dit onderzoek. Voor de conclusie is de CP van belang, dat is het aantal verwerkte doelstimuli minus het aantal overgeslagen d2's en het aantal foutief gemarkeerde tekens. Het foutenpercentage (F%) werd ook bijgehouden. In formulevorm:

$$CP = VS - FT$$

$$F = (OM + CO)$$

$$F\% = (F / VS) \times 100\%$$

Deze gegevens zijn per individu ingevuld, waarna van elk criteria het gemiddelde van de gehele groep door Excel is berekend en in grafieken is weergegeven (bijlage, afbeelding 4 en 5).

Uitvoering experiment

Eerste onderdeel experiment

Vooraf aan het experiment hebben de participanten ongeveer 20 minuten pauze gehad. Om het concentratievermogen te herstellen is het nodig om rond de 20 minuten pauze te houden na meer dan twee lesuren les te hebben gehad [13]. Door dit toe te passen wordt de invloed van de vorige lessen of bezigheden op de test zoveel mogelijk beperkt. Bij beide onderdelen van het experiment zaten de participanten met hun eigen klas samen in een lokaal om het experiment uit te voeren. Als eerste stap vulden alle participanten de medische vragenlijst in, waarna ze allemaal direct mochten beginnen met het lezen van hetzelfde artikel [14]. Bij het eerste onderdeel van het experiment gaat het om een tekst op papier. Het papier werd op het scherm geplakt. Hiervoor is gekozen om uit te sluiten dat het gebruik van het scherm invloed kan hebben op de concentratie. De participanten moesten gedurende 20 minuten lezen. Na het 20 minuten lezen kregen de participanten 5 minuten en 20 seconden de tijd om de d2-concentratietest te maken. Hierdoor wordt de invloed van het lezen op het concentratievermogen gemeten.

Tweede onderdeel experiment

Exact een week later wordt door dezelfde groep leerlingen het tweede onderdeel uitgevoerd. Dit om variatie in concentratie vanwege het tijdstip te voorkomen. Hier is ook ervoor gezorgd dat de participanten 20 minuten pauze vooraf aan het experiment hebben gehad. Het tweede onderdeel begint met dezelfde vragenlijst. Vervolgens kregen de participanten weer 20 minuten de tijd om allemaal tegelijk eenzelfde artikel te lezen, echter een ander artikel dan de week ervoor om verveling en motivatiegebrek bij de participanten te voorkomen [15]. Deze keer werd het artikel echter gelezen op de computer. Hierna werd weer in 5 minuten en 20 seconden de d2-concentratietest afgenomen. Het enige verschil tussen het eerste en tweede onderdeel van het experiment is dus het licht van het scherm. Omdat bij elk persoon een nummertje op de vragenlijst en d2-test staat kunnen de verschillen ook op individueel niveau geanalyseerd worden zonder privacy schending.

Resultaten

Resultaten experimenten

Het experiment heeft bruikbare gegevens opgeleverd van 58 personen die allemaal beide onderdelen van het experiment hebben uitgevoerd. Hieruit bleek dat 86,2% van de participanten een hogere concentratie-prestatiescore had na het lezen van de tekst op papier (bijlage, afbeelding 4). Deze score was gemiddeld 16% hoger dan bij het lezen op de computer. Na het lezen van de tekst op de computer was de concentratie-prestatiescore gemiddeld 112,6 en na het lezen op papier bedroeg dit gemiddeld 130,6 (bijlage, afbeelding 4). Het foutenpercentage was daarnaast na het lezen van de tekst op papier ook 0,87% lager. Deze percentages waren respectievelijk 6,37% bij lezen op de computer en 5,50% bij lezen op papier (bijlage, afbeelding 6). De verwerkingssnelheid was in dezelfde volgorde gemiddeld 120,2 en 138,1, het

gemiddelde aantal fouten bedroeg 7,6 en 7,45 en de gemiddelde uitgerustheidsscores van de participanten waren 6,15 en 6,20. Na het lezen van de tekst op de computer verwerkten de participanten gemiddeld minder doelstimuli, maakten ze meer fouten (absoluut én relatief) en was de concentratieprestatiescore hoger. Echter waren de participanten gemiddeld minder goed uitgerust voordat ze begonnen aan het onderdeel op de computer dan voordat ze begonnen aan het onderdeel op papier. Dit verschil is echter minimaal (0,05).

Paired sample t-test

Om ook echt te kunnen concluderen of de gemiddelden significant van elkaar verschillen, zal er een zogenoemde 'Paired sample t-test' op de cijfers losgelaten worden [16]. Deze hypothese toets is bedoeld om te toetsen of de gemiddelden van twee verschillende metingen op dezelfde onderzoeksgroep een significant verschil vertonen [17].

Hypothesetoets

Op het eerste oog lijken de resultaten te suggereren dat het concentratievermogen na het lezen op papier beter is dan na het lezen op computer, hieruit lijkt geconcludeerd te kunnen worden dat computerlicht daadwerkelijk invloed heeft op het concentratievermogen van Vwo-leerlingen tussen 16 en 18 jaar. Om ook echt te toetsen of dit verschil in gemiddeldes significant is, wordt de eerdergenoemde Paired Sample t-test toegepast. Daarvoor moeten de nulhypothese (H_0) en de alternatieve hypothese (H_A) eerst vastgesteld worden. H_0 = computerlicht heeft geen invloed op het concentratievermogen van Vwo-leerlingen van 16 tot en met 18 jaar. H_A = computerlicht heeft wel invloed op het concentratievermogen van Vwo-leerlingen van 16 tot en met 18 jaar. Het totaal aantal gebruikte participanten (N) is 58. Het gemiddelde van het CP na het lezen op papier was 130,60 met een standaarddeviatie van 18,905063. Het gemiddelde van het CP na het lezen op de computer was 112,62. Het significantieniveau (α) is gesteld op 0,05 (5%). Dat wil zeggen dat er 95% zekerheid nodig is om de nulhypothese te kunnen verworpen en de alternatieve hypothese aan te nemen.

Uit bovenstaande volgt dat voor de nulhypothese geldt $H_0 = 112,6$. Voor de alternatieve hypothese geldt $H_A \neq 112,6$. Met een $\alpha = 0,05$ en $N = 58$. Voor XGem geldt het gemiddelde van het CP op papier = 130,60 met een standaarddeviatie $\sigma = 18,905063$. Door deze gegevens in het programma VUSTAT in te vullen kan het kritieke gebied van de t-waarde door de computer berekend worden, waarbij de resultaten een significant verschil opleveren. Het kritieke gebied is ($<-;$; $-2,00$] of $[2,00;$ $-->$). De t-waarde, berekend door de computer, is 7,25117. Deze waarde valt inderdaad binnen het domein van het kritieke gebied. En daarmee is aangetoond dat er inderdaad een significant verschil bestaat tussen de gemiddeldes. Daarmee wordt H_0 verworpen en H_A aangenomen.

Conclusie

Uit de resultaten van het onderzoek is gebleken dat licht van computers een negatieve invloed heeft op het concentratievermogen van Vwo-leerlingen tussen de 16 en 18 jaar. De belangrijkste bevindingen van dit onderzoek zijn de duidelijke verschillen in concentratieprestatiescore en het foutenpercentage tussen de twee experimenten. Deze scores waren na het lezen van de tekst op papier respectievelijk 16% hoger en 0,87% lager dan na het lezen van de tekst op

de computer. De hypothese is met deze conclusie verworpen. Het licht van computers heeft geen positief effect op de concentratie, maar een negatief effect. De gepaarde t-toets heeft ook inderdaad een significant verschil aangetoond tussen de gevonden gemiddeldes van de concentratieprestaties na het lezen op de computer en lezen op papier. De gevonden t-waarde valt binnen het kritieke gebied en daarmee valt te concluderen dat er een significant verschil bestaat tussen de gemiddeldes. Echter, valt te twisten over de betrouwbaarheid van de bevindingen. De resultaten zijn gebaseerd op 58 leerlingen waarbij de uitvoeringen van het experiment op de verschillende scholen veel gelijkenissen vertoonden vanwege de volgorde van de experimenten. Op iedere school begonnen de participanten namelijk met het lezen van de tekst op de computer, waardoor de participanten een week later, na het lezen van de tekst op papier, beter geoefend konden zijn met de d2 test. Alles in overweging genomen hebben de resultaten een significant verschil laten zien ten nadele van het gebruik van computers op 6-Vwo tussen de 16 en 18 jaar, betreffend het concentratievermogen.

Maatschappelijke gevolgen

Uit onderzoek van DUO Onderwijsonderzoek & Advies in 2019 is gebleken dat op een derde van de VO-scholen alle leerlingen in alle leerjaren beschikten over een device (laptops, iPads en tablets), en dat aantal zal ook in de komende jaren blijven toenemen [18]. Er zijn dus veel leerlingen die in de les gebruik maken van devices, maar na de uitkomsten van dit onderzoek en andere onderzoeken valt toch te discussiëren over de gevolgen hiervan. Uit een onderzoek van A. Dillon is in 1992 al gebleken dat het lezen van teksten op een computerscherm kan zorgen voor lagere leessnelheden, verminderde nauwkeurigheid bij cognitief veeleisende taken en moeilijkheden met het begrijpen van zaken [19]. Als dit in 1992 al is gebleken wegen deze negatieve effecten niet op tegen de positieve effecten die computerschermen met zich meebrengen. Scholen zijn namelijk niet gestopt met het gebruik van devices maar het gebruik is juist toegenomen. Dit wijst erop dat scholen grote waarde hechten aan het gebruik van devices.

Alle participanten van dit onderzoek waren tussen de 16 en 18 jaar oud. Uit de resultaten van dit onderzoek is gebleken dat licht van computerschermen een negatief effect heeft op het concentratievermogen van jongeren van die leeftijd. Omdat de onderzochte groep alleen schoolgaande 16 tot 18-jarigen op het vwo beslaat zal alleen gekeken worden naar de gevolgen op het computergebruik op scholen. Het effect van computerlicht op het concentratievermogen van volwassenen is namelijk niet onderzocht in dit onderzoek.

Omdat er tijdens de lessen steeds meer gebruik wordt gemaakt van devices is het mogelijk dat leerlingen zich minder goed kunnen concentreren tijdens de lessen waardoor ze de uitleg van de docent minder goed meekrijgen. Zo bleek in 2015 uit onderzoek van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) dat meer gebruik van computers een slechte invloed heeft op de schoolprestaties van leerlingen [20]. Ook worden de devices vaak in de klas gebruikt terwijl dit helemaal niet nodig is. Op die manier kijkt de leerling dus wel naar het scherm en kan er daardoor concentratieverlies optreden, terwijl dit dus onnodig was. Buiten de effecten van computerlicht om valt ook het een en ander te zeggen. Zo wordt er door leerlingen vaak misbruik

gemaakt van de devices, bijvoorbeeld door ze te gebruiken voor spelletjes of andere zaken die niks met de les te maken hebben. Dit blijkt uit de ervaring van de onderzoekers tijdens lessen. Daarnaast kan er ook concentratieverlies optreden door meldingen die leerlingen ontvangen op hun computers. Als mensen bezig zijn met een taak op een computer, kunnen er meldingen of onderbrekingen op het scherm komen. Na het krijgen van een melding op een computer duurt het gemiddeld 23 minuten en 15 seconden voordat de concentratie op die taak volledig terug is [21]. Dat is ook een aspect van het computergebruik waar onderwijsinstanties naar zullen moeten kijken. Computers kunnen alleen effectief worden gebruikt wanneer er geen afleiding van meldingen is.

Aan de andere kant valt er veel te zeggen over positieve effecten van de devices op school. Deze generatie is nou eenmaal een digitale generatie waarin ook steeds meer digitale middelen gebruikt worden. Het is daardoor ook moeilijk geworden om aan leerlingen en leraren te verkopen dat er geen devices gebruikt mogen worden, want het is onderdeel geworden van de samenleving. Leraren kunnen overzichtelijk zien wie zijn huiswerk wel en niet heeft gemaakt en hoe goed iedere leerling de opdrachten heeft gemaakt, zonder devices zou dit veel te veel tijd kosten. Voor leerlingen is het makkelijk om tijdens het maken van opdrachten bepaalde zaken op te zoeken op internet. Zo vergroot het de kennis van leerlingen. Computers bieden veel interactieve functies die leren interessanter en leuker maken, denk aan programma's waarbij leerlingen in de klas de strijd met elkaar aangaan door zoveel mogelijk vragen goed te beantwoorden, zoals Kahoot en Socrative. Daarnaast kan de stof efficiënter geleerd worden met programma's die flashcards en overhoringen aanbieden zoals WRTS. Dit bleek uit onderzoek van de Sebelas Maret University [22]. Ook kunnen aantekeningen snel en overzichtelijk getypt en geschreven worden in bijvoorbeeld Word. Niet te vergeten kunnen devices gebruikt worden voor het online volgen van lessen. Voor veel studenten scheelt dit een hoop moeilijke situaties wat betreft hun planning, omdat ze bijvoorbeeld niet fysiek aanwezig kunnen zijn vanwege ziekte, of niet uren willen reizen om hun enige hoorcollege die dag te volgen.

Omdat veel scholen devices gebruiken en dit er ook steeds meer worden kon al gesteld worden dat voor scholen de nadelen niet opwegen tegen de voordelen. Vanwege de relatief 13 kleine gevolgen op het concentratievermogen die gebleken zijn uit dit onderzoek en het ontbreken van andere onderzoeken die dit ondersteunen is het mogelijk om te stellen dat de negatieve invloed van computerschermen op het concentratievermogen niet opweegt tegen de voordelen die deze devices met zich meebrengen. Daarom wordt voorspeld dat devices in de toekomst een steeds grotere rol gaan spelen in het onderwijs.

Discussie

Validiteit

In dit onderzoek is de d2-aandachts- en concentratietest gebruikt voor het meten van het concentratievermogen. Aangezien deze test al jaren gebruikt wordt als vast onderdeel in neuropsychologisch onderzoek [11], is deze test betrouwbaar om tot valide resultaten te komen. Dit mede door de grote gelijkenissen tussen doel- en niet doel-stimuli, wat grote concentratie vergt om ze in een beperkte tijd van elkaar te kunnen onderscheiden. Aan dit experiment hebben 58 6-vwo leerlingen tussen de 16 en 18 jaar deelgenomen. Deze leerlingen waren verdeeld over drie onderzoeksgroepen

uit verschillende regio's in Nederland. De groepsgrootte van de onderzochte groep is te klein om ook een conclusie voor een gehele populatie te kunnen trekken. Er kan geen conclusie getrokken worden over een grotere populatie uit verschillende niveaus.

Om in dit onderzoek iets te zeggen over de causaliteit tussen de onafhankelijke variabele 'manier van tekstweergave' en de afhankelijke variabele 'concentratie', is het belangrijk om vast te stellen of de interne validiteit gewaarborgd wordt. De interne validiteit is volgens Swanborn onder te verdelen in twee delen, een deel daarvan is de 'causale-interpretatievaliditeit', wat aangeeft of de gevonden verbanden causaal geïnterpreteerd mogen worden [23]. Daarvoor moet de manipulatie van de onafhankelijke variabele voorafgaan aan de verandering van de afhankelijke variabele [24]. In dit onderzoek is dit ook gebeurd. De verandering van de tekstweergave – eerst op de laptop en vervolgens papier – is voorafgegaan aan de toetsing van de verandering in concentratievermogen (door middel van de d2-test). De verkregen resultaten kunnen ook niet door middel van externe factoren veroorzaakt zijn. Er hebben zich geen externe factoren afgespeeld, die het concentratievermogen hebben kunnen beïnvloeden. De twee onderdelen van het experiment zijn namelijk op hetzelfde tijdstip afgenomen. Beide experimenten hebben ook in dezelfde ruimte plaats gevonden. Daarnaast hebben de participanten vóór het afnemen van de test 20 minuten pauze gehad, waarin ze geen taken mochten uitvoeren, zoals op de telefoon of huiswerk maken of een boek lezen.

In het boek De Pomodoro techniek staat dat men door 20 minuten pauze te nemen je brein van de vorige taken reset en dat het concentratievermogen herstelt [13]. Dit vermindert de invloed van vorige taken op het concentratievermogen tijdens het onderzoek. Het concentratievermogen tijdens het uitvoeren van een taak is optimaal wanneer een taak 20 tot 25 minuten duurt en doordat dit in het onderzoek is toegepast, kon de invloed van vermoeidheid door het uitvoeren van de taak op het concentratievermogen verminderd worden [13]. Tijdens het lezen op de computer is aan de participanten gevraagd om de helderheid op de allerhoogste stand te zetten, om variatie daarin en mogelijke gevolgen op het concentratievermogen uit te sluiten. Daarnaast is de tekst op papier over het scherm heen geplakt, om uit te sluiten dat het schermgebruik invloed heeft op het concentratievermogen. In het vervolg moet er dus een grotere onderzoeksgroep onderzocht worden om daadwerkelijk een betrouwbare conclusie te kunnen trekken.

Betrouwbaarheid

Om de betrouwbaarheid van het onderzoek te bevorderen, is er een hypothese toets gebruikt om te toetsen of er echt een significant verschil bestaat tussen de verschillende gemiddeldes. Daarbij bleek de verwachting dat de gemiddeldes significant verschillen ook echt uit de hypothese toets.

Beperkingen

De hoeveelheid bruikbare gegevens viel tegen. Van de in totaal 76 participanten waren er maar 58 bruikbaar. Dit kwam doordat meerdere participanten maar een keer aanwezig waren, een concentratiestoornis hadden, onvoldoende inzet toonden of doelbewust fouten hebben gemaakt in de d2-test. Dit heeft dus gezorgd voor een lager aantal bruikbare gegevens dan de bedoeling was, waardoor dit mogelijk invloed heeft gehad op de betrouwbaarheid van het onderzoek, omdat de verkregen

resultaten gebaseerd zijn op een lagere populatie.

Daarnaast kan de keuze van het artikel tijdens de twee experimenten invloed hebben op het concentratievermogen van de deelnemers. De artikelen zijn van dezelfde site verkregen en zijn ook van vergelijkbaar niveau, echter is het mogelijk, dat een van de twee artikelen interessanter was voor de participanten, waardoor dat hun concentratie heeft kunnen beïnvloeden. Dit had opgelost kunnen worden door een extra vraag aan de vragenlijst toe te voegen waarbij de deelnemers de mate van interesse in deze twee artikelen konden beoordelen met een cijfer tussen een en tien.

De concentratie had ook beïnvloedt kunnen worden door hoe de tekst op het scherm werd gepresenteerd. In een onderzoek van Chen staat dat verschillende vormen een andere invloed kunnen hebben op hoe cognitief belastend is [25]. De tekst in dit experiment was bewegend, de leerlingen scrollden door de tekst. Dit belast meer dan een statische tekst, waarbij er wordt geklikt naar de volgende bladzijde en de regels zelf stil staan. Het was beter geweest om de deelnemers een statische tekst te laten lezen, waardoor het verschuiven van de regels geen invloed heeft op de cognitieve belasting. Zo wordt het effect van blauwlicht beter gemeten.

Het is ook mogelijk dat de test op papier beter gemaakt is, doordat de participanten de tweede keer beter geïoefend waren doordat ze de test al eerder hebben afgelegd. Het was beter geweest om de deelnemers eerst met de test te laten oefenen voor ze de daadwerkelijke test te laten uitvoeren. De uitleg over de test was echter wel duidelijk aan de hand van voorbeelden op de voorpagina. Bovendien is de test niet ingewikkeld om te begrijpen, na maximaal enige seconden moet het principe duidelijk zijn. De verwachting is dat deze mate van oefening vooral invloed gehad kan hebben op de verwerkingssnelheid en weinig tot geen invloed op het aantal fouten en foutenpercentage. Dit is te verklaren doordat een participant logischerwijs een paar seconden nodig heeft om in een goed werkritme te komen en om een maximaal werktempo te bereiken. Het is onwaarschijnlijk dat de participanten hierbij ook meer fouten maakten omdat ze de opdracht wel begrepen maar simpelweg door moesten krijgen hoe ze de test het snelste konden uitvoeren. Daarom is er ook voor gekozen om bij de resultaten het foutenpercentage te benoemen en deze weer te geven in een kolomgrafiek. Vanuit deze redenering zou de verwerkingssnelheid de tweede keer hoger kunnen zijn, maar het foutenpercentage zou niet moeten veranderen omdat de nauwkeurigheid dus hetzelfde zou moeten zijn.

Bibliografie

- [1] Het Parool (2010), Licht van invloed op concentratie leerlingen, 31 maart 2010, 08:02. Geraadpleegd op 15 oktober 2021, van Licht van invloed op concentratie leerlingen | Het Parool
- [2] Van den Bergh, J. B. (1941). *Mysterieuze krachten in de sport*. N.V. verenigde drukkerij Dico, Amsterdam.x Geraadpleegd op 17 oktober 2021
- [3] Algra, H., Dolfsman- Troost, I. (2008), *Kinderen en... rust, aandacht en concentratie*, Amersfoort: Kwintessens Geraadpleegd op 14 december 2021
- [4] Malmberg 'S-Hertogenbosch (2020, 1e Oplage) *Biologie Voor Jou Leeropdrachtenboek*. Geraadpleegd op 3 januari 2022
- [5] Cajochen, C. et al, (2005) High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short

wavelength light. In: *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Volume 90, Issue 3, 1 March 2005, Geraadpleegd op 24 november 2021, van

High Sensitivity of Human Melatonin, Alertness, Thermoregulation, and HeartRate Rate to Short Wavelength Light | *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* | Oxford Academic (oup.com)

[6] West, K. et al, (2011) Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans. In: *Journal of Applied Physiology* Volume 110 Issue 3 Geraadpleegd op 13 november 2021, van Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans | *Journal of Applied Physiology*

[7] Seithikurippu, R. et al, (2007) Role of the Melatonin System in the Control of Sleep. In: *CNS Drugs* 21, 995–1018 (2007) Geraadpleegd op 25 november 2021, van Role of the Melatonin System in the Control of Sleep | SpringerLink

[8] Yuda, E. et al, (2017) Exposure to blue light during lunch break: effects on autonomic arousal and behavioral alertness. In: *Journal of Physiological Anthropology* volume 36, Article number: 30 (2017). Geraadpleegd op 7 november 2021, van Exposure to blue light during lunch break: effects on autonomic arousal and behavioral alertness | SpringerLink

[9] Kerkhof, van, L. et al, (2019) Schermgebruik, blauw licht en slaap. In: *RIVM Rapport 2018-0147* Geraadpleegd op 3 november 2021, van Schermgebruik, blauw licht en slaap (rivm.nl)

[10] Mitchell, L. ,Mogg, K. ,Bradley, B. (2012) Relationships between insomnia, negative emotionality and attention control. In: *Sleep and Biological Rhythms* volume 10, (2012) Geraadpleegd op 21 november 2021, van Relationships between insomnia, negative emotionality and attention control | SpringerLink

[11] d2 - d2 Aandachts- en concentratietest – Hogrefe, psychologische, testuitgeverij, boeken,tests, psychologie, psychotherapie. (2014). hogrefe. Geraadpleegd op 3 februari 2022, van <https://www.hogrefe.com/nl/shop/d2-aandachts-en-concentratietest.html>

[12] Kenniscentrum Kinder- en jeugdpsychiatrie. (2021) *ADHD bij Kinderen* Geraadpleegd op 27 november, van ADHD bij kinderen – Kenniscentrum Kinder- en Jeugdpsychiatrie (kenniscentrum-kjp.nl)

[13] Cirillo, F. (2018) *De Pomodoro techniek*. Geraadpleegd op 8 januari 2022, MAVEN Publishing, Amsterdam

[14] Dumitrescu, I. (2020, 20 augustus). *How to Learn Everything: The MasterClass Diaries*. Longreads. Geraadpleegd op 6 november 2021, van <https://longreads.com/2020/08/20/how-to-learn-everything-the-masterclass-diaries/>

[15] Koerner, B. (2020, 21 september) *The cheating scandal that ripped the pokerworld apart*. Geraadpleegd op 7 november 2021, van *The Cheating Scandal That Ripped the Poker World Apart* | WIRED

[16] Paired t-Test. (z.d.). *Introduction to Statistics* | JMP. Geraadpleegd op 26 november 2021, van https://www.jmp.com/en_ca/statistics-knowledge-portal/t-test/paired-t-test.html

[17] LibGuides: SPSS Tutorials: Paired Samples t Test. (z.d.). KENT STATE UNIVERSITY. Geraadpleegd op 26 november 2021, van <https://libguides.library.kent.edu/spss/pairedsamplestest>

[18] Onderwijs van Morgen. (2019, 21 juni). *Bezit en*

gebruik van devices in de klas: de feiten. Geraadpleegd op 1 februari 2022, van <https://www.onderwijsvanmorgen.nl/ovm/bezit-en-gebruik-van-devices-in-de-klas-de-feiten/>

[19] DILLON, A. (1992). Reading from paper versus screens: a critical review of The empirical literature. *Ergonomics*, 35(10), 1297–1326. Geraadpleegd op 5 november 2021, van <https://psycnet.apa.org/record/1993-03823-001>

[20] Students, Computers and Learning. (2015). PISA Geraadpleegd op 1 februari 2022, van <https://doi.org/10.1787/9789264239555-en> [21] Mark, G. ,Gudith, D. ,Klocke, U. (2015) The cost of interrupted work: More Speed and Stress. Geraadpleegd op 28 november 2021, van Microsoft Word - chi1038-mark.doc (uci.edu)

[22] Nugroho, Y. S. (2012). IMPROVING STUDENTS' VOCABULARY MASTERY USING FLASHCARDS | Setyo Nugroho | English Education. Geraadpleegd op 1 februari 2022, van https://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/bhs_inggris/article/view/1240/833

[23] Hulp bij Onderzoek. (2021, 16 maart). Interne validiteit, of liever methodologische validiteit. Hulp bij Onderzoek. Geraadpleegd op 27 november 2021, van <https://hulpbijonderzoek.nl/online-woordenboek/begrippen/interne-validiteit/>

[24] Merkus, J. (2021, 15 september). Een introductie tot de verschillende soorten variabelen. Scribbr. Geraadpleegd op 2 februari 2022, van <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/variabelen/>

[25] Chen, C. Lin, Y. (2014, 6 mei) The effects of different tekst display types on reading comprehension, sustained attention and cognitive load in mobile reading contexts. *Interactive learnig environments*, volume 24, 2017 issue 3. Geraadpleegd op 28 januari 2022, van Citations: Effects of different text display types on reading comprehension, sustained attention and cognitive load in mobile reading contexts (tandfonline.com)

Vragenlijst**Deze vragenlijst is anoniem**

Geslacht: man / vrouw

Leeftijd:

Heb je dyslexie? Ja / Nee

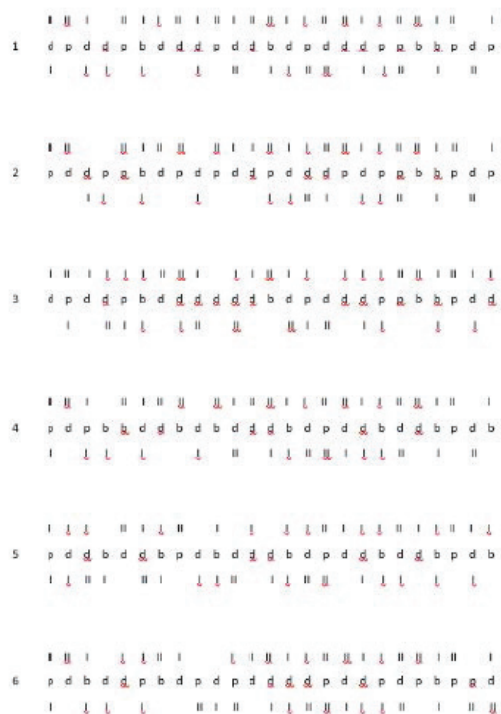
Heb je concentratieproblemen zoals: ADD/ADHD of andere zaken die je concentratie kunnen beïnvloeden? Noteer ook welke indien je hier geen problemen mee hebt. Heb je geen concentratieproblemen, noteer dan "nee".

Consumer je medicijnen die mogelijk je concentratie kunnen beïnvloeden? Noteer ook welke medicijnen indien je hier geen problemen mee hebt. Consumer je geen medicijnen, noteer dan "nee".

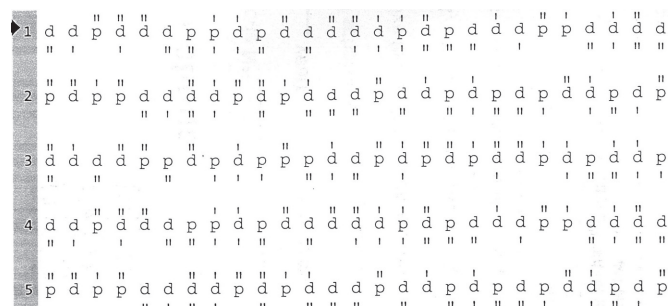
Hoe uitgerust voel je je op dit moment op schaal van 1 tot 10, waarbij 1 zeer slecht uitgerust is en 10 zeer goed uitgerust?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

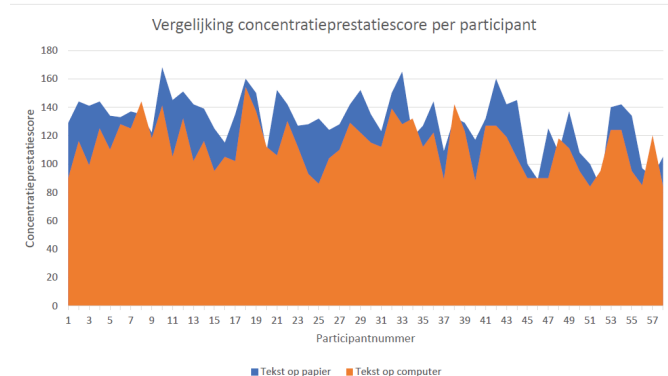
Figuur 1, Vragenlijst medische achtergrond.



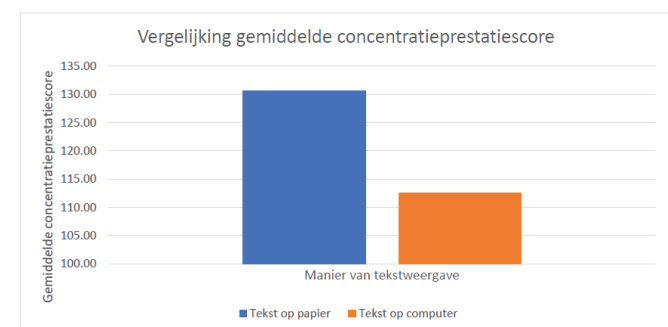
Figuur 3, Eerste pagina van de door de onderzoekers samengestelde d2-test.



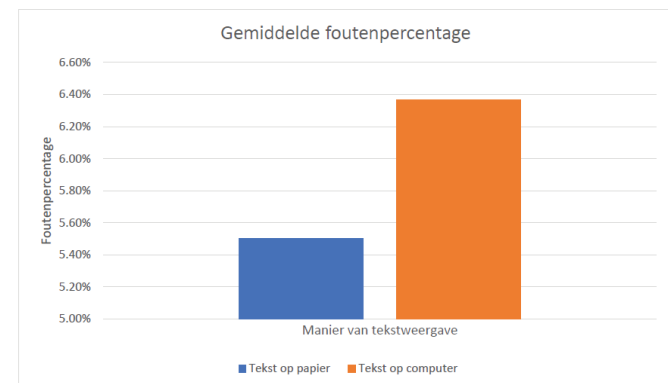
Figuur 2, Originele d2-test (Wiley Online Library, 2018).



Figuur 4, Vergelijking concentratieprestatiescore per participant.



Figuur 5, Vergelijking gemiddelde concentratieprestatiescore.



Figuur 6, Gemiddelde foutenpercentage.

Een vergelijking van de effecten van cafeïne op de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson in de mens ten opzichte van dierlijke modellen

S.A. Sepoyan¹, F.J. Leferink², E.E. Trouw³, B. Bollen¹, J.M. van der Meer², E.M. Meijer³

¹Pius X College, Almelo

²Het Assink lyceum, Haaksbergen

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Parkinson's disease is a brain disorder that more people will likely suffer from in the future due to e.g. population ageing. Different methods are being used to attenuate its symptoms, which are tested in animals as well as humans. This review article aims to compare the effects of caffeine on motor symptoms of Parkinson's disease in human research versus animal research.

To select eligible articles, several criteria were used, which are shown in a PRISMA flow diagram. The articles were divided into two different categories: human research and animal research.

For human research articles, long-term research (six months or longer) and short-term research (less than six months) were used as subcategories. Chronic and non-chronic caffeine treatments were used as subcategories for animal research articles. All the subcategories were used in order to find out whether there are variables that influence the results.

Once the articles were selected, it was investigated whether caffeine had a positive, non-significant or negative effect on motor abilities of the test subjects.

The results showed no articles that found negative effects. There were five eligible human research articles, of which three (60%) showed positive results, while the rest showed non-significant outcomes. Two out of three short-term human experiments showed positive effects. One out of two long-term experiments showed positive results.

Twelve animal research articles were analysed, of which eleven (92%) showed positive effects, with the remaining one showing non-significant effects. In animal research articles, only two did not make use of chronic treatment with caffeine, of which one showed positive results. All research articles using chronic treatment showed a positive effect.

Based on the results, it can be concluded that animal research shows more positive results than human research. However, due to underlying factors, this can be disputed.

Inleiding & theoretisch kader

De ziekte van Parkinson

De ziekte van Parkinson is de op één na meest voorkomende progressieve hersenziekte in de wereld. Wereldwijd lijden zo'n zeven miljoen mensen aan de ziekte, waarvan 50.000 in Nederland. Dit aantal lijkt mede door de vergrijzing in Nederland over tien jaar verdubbeld te zijn (Radboud UMC, 2019).

Er zijn veel symptomen die door de ziekte van Parkinson worden veroorzaakt, zoals trilling/beving, plotselinge bevrozing, slapeloosheid, weinig emotionele gevoelens en depressies (Sveinbjornsdottir, 2016).

Hoe de ziekte van Parkinson ontstaat, is nog steeds onduidelijk. Men weet in ieder geval dat het te maken heeft met het afsterven van dopamine producerende cellen in de zwarte kern (substantia nigra) in de hersenen (Damier et al., 1999). Waarom deze cellen afsterven, heeft verschillende redenen. Deels heeft dat te maken met genetische aanleg. Als in een familie de ziekte van Parkinson voorkomt, is de kans groter dat de nageslachten ook de ziekte van Parkinson krijgen (Wood-Kaczmar et al., 2006). Ook bepaalde samenklontering van eiwitten, de zogenoemde Lewy bodies, worden in verband gebracht met het afsterven van cellen in de substantia nigra. Deze bestaan vooral uit α -synucleïne, dat ervoor zorgt dat mitochondriën in de cellen van de zwarte kern van de hersenen kapotgaan. Dit veroorzaakt problemen bij de oxidatieve fosforylering en leidt uiteindelijk tot het afsterven van de cellen, bekend als neurodegeneratie (Dickson et al., 2008). Ook bepaalde omstandigheden waarin men leeft, zorgen voor een grotere kans op de ziekte van Parkinson, bijvoorbeeld op plekken waar

veel wordt gewerkt met pesticiden of zware metalen (Ascherio et al., 2006; Betarbet et al., 2000; Rybicki et al., 1993).

Cafeïne

Een van de stoffen die een parkinsonpatiënt zou kunnen helpen, is cafeïne. Dit is de meest genuttigde actief makende stof in de wereld. Het zit voornamelijk in koffie, thee, chocolade, frisdrank en energiedrankjes (Fredholm et al., 1999). Cafeïne zorgt ervoor dat men zich erg actief en wakker gaat voelen. Dit komt door de verschillende processen die cafeïne in het brein op gang brengt. Cafeïne zorgt bijvoorbeeld voor het mobiliseren van natriumionen. Hierdoor kunnen signalen in de hersenen sneller doorgegeven worden. Een ander voorbeeld van een effect is een verbetering van cognitieve prestaties (Nehlig et al., 1992).

Over de werking van cafeïne is ook bekend dat het een antagonist van adenosine is en dat het adenosinereceptoren blokkeert. Adenosine is een neurotransmitter, die ervoor zorgt dat het lichaam tot rust gaat komen. Cafeïne werkt dit tegen, waardoor het lichaam actief en wakker blijft (Nehlig et al., 1992). Er zijn echter onderzoeken die uitwijzen dat het effect verzwakt na een geregelde consumptie van cafeïne, omdat de adenosinereceptoren weer worden aangevuld. Om dan hetzelfde wakermakende effect te krijgen, moet men dus veel meer cafeïne innemen (Van Duinen et al., 2005).

Cafeïne en de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson

Er zijn studies die beweren dat een hoge mate van cafeïneconsumptie kan voorkomen dat iemand de ziekte van Parkinson krijgt (Ascherio et al., 2001; Palacios et al., 2012;

Tan et al., 2007). Er zijn ook bronnen die spreken over een mogelijk verband tussen cafeïne en de verlichting van de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson (Postuma et al., 2012). Dit komt doordat cafeïne door zijn antioxidante werking via verschillende wegen ervoor kan zorgen dat mitochondriën in de zwarte kernen niet uit werking treden. Dit zorgt er weer voor dat de cel niet tot geprogrammeerde celdood (apoptose) overgaat, waardoor dopamine producerende cellen blijven leven (Teo & Ho, 2013; Cohen, 1990).

Verder wordt er gewezen naar het feit dat cafeïne antagonist is van adenosine R-receptoren. Dit zijn receptoren die reageren als adenosine daaraan bindt. Vooral aan de A1R en A2aR-receptoren bindt cafeïne zich vaak. Als adenosine zich aan deze receptoren bindt, zorgt dat ervoor dat het lichaam minder goed kan reageren op neurotransmitters, waaronder dopamine. Cafeïne gaat deze binding van adenosine tegen en zorgt er dus voor dat het lichaam beter reageert op dopamine. Ook zijn A2aR-receptoren verantwoordelijk voor een overmaat aan de neurotransmitter glutamaat, wat leidt tot apoptose. Cafeïne blokkeert deze receptoren en zorgt er daardoor dus voor dat apoptose voorkomen kan worden (Li et al., 2001; Nishizaki et al., 2002).

Verder zou cafeïne als effect hebben dat de α -synucleïne-eiwitten intact blijven, waardoor ze geen schade aan de dopamine producerende cellen kunnen veroorzaken (Kachroo & Schwarzschild, 2012). Uit het onderzoek van Kachroo et al. (2010) bleek dat cafeïne bij specifieke soorten herbiciden die Parkinson veroorzaken ervoor zorgt dat de dopaminerge neuronen worden beschermd.

Toch zijn niet alle onderzoeken even hoopgevend. Zo zijn er onderzoeken die geen veranderend effect meten. Bijvoorbeeld het onderzoek van Yu et al. (2006), waaruit bleek dat het toedienen van cafeïne bij muizen, die door middel van de stof 6-OHDA parkinsonachtige klachten hadden gekregen, noch een positief, noch een negatief effect had op de motorische symptomen. Pas als er twee weken werd gestopt met het toedienen van cafeïne en daarna weer opnieuw werd begonnen, had cafeïne een effect. In een onderzoek van Moo-Puc et al. (2004) is gekeken naar het effect van cafeïne op muizen die reserpine toegediend hadden gekregen. Deze stof zorgt voor vergelijkbare symptomen als de ziekte van Parkinson. Het onderzoek beweerde dat cafeïne op de lange termijn effect had. Bij een enkele toediening had cafeïne geen significant effect op deze symptomen. Pas bij een langere tijd van toediening, in combinatie met trihexyphenidyl, werd een duidelijk herstel waargenomen.

Soorten onderzoeken

Om te analyseren wat het effect van cafeïne op de ziekte van Parkinson is, worden verschillende soorten onderzoeken uitgevoerd, zoals onderzoeken op celniveau, met dieren of met mensen. Onderzoeken op celniveau vormen vaak de basis voor het uitvoeren van onderzoek met mensen en dieren. Uit cellulaire onderzoeken bleek dat cafeïne een effect had op het verlies van dopaminerge cellen, namelijk dat dit (deels) wordt tegengegaan. Dit effect zou ertoe kunnen leiden dat andere symptomen van de ziekte van Parkinson worden verlicht (Chen et al., 2001; Nakaso et al., 2008). Onderzoek met dieren en mensen worden uitgevoerd om dit potentiële effect verder te testen (Kitagawa et al. 2007; Acuña-Lizama et al. 2013).

Hoe er bij deze onderzoeken te werk wordt gegaan, verschilt. Bij onderzoeken met mensen zijn de proefpersonen al

gediagnosticeerd met de ziekte van Parkinson. Om te bepalen hoe erg de klachten bij een patiënt zijn, wordt vaak de UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Scale) part III (motorische symptomen) gebruikt. Dit is een meetinstrument in de vorm van een enquête, waarbij mensen testen moeten uitvoeren om op verschillende gebieden de ernst van de klachten te bepalen. Een hogere UPDRS-score betekent een hogere mate van motorische klachten (Meetinstrumenten in de zorg, 2019). De proefpersonen in het onderzoek worden dan gevraagd om bij te houden hoeveel cafeïne ze innemen of krijgen (dagelijks) een bepaalde hoeveelheid cafeïne binnen via tabletten, al dan niet placebo. Na een periode wordt bekeken wat de verschillen in symptomen zijn en dit wordt vergeleken met de cafeïne-inname (Postuma et al., 2017; Moccia et al., 2016).

Bij onderzoeken met dieren wordt een model gebruikt waarin bijvoorbeeld de neurotoxische stof MPTP, 6-OHDA of rotenon wordt toegediend aan ratten of muizen om parkinsonachtige klachten te veroorzaken. Door daarna cafeïne te injecteren wordt in dit soort modellen bekeken wat het effect is op de door deze neurotoxische stof(fen) veroorzaakte motorische symptomen (Khadrawy et al., 2017; Mpofana et al., 2014; Bata-García et al., 2007).

Onderzoeksvraag

Zoals in het theoretisch kader staat beschreven, zijn onderzoeken met dieren een model van de ziekte van Parkinson en zijn onderzoeken met mensen uitgevoerd op proefpersonen die echt de ziekte van Parkinson hebben. Om te bepalen wat het verschil tussen het model en de mens is, is het verschil in de resultaten van onderzoeken met mensen en onderzoeken met dieren naar het effect van cafeïne op de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson bekeken. De onderzoeksvraag die in deze paper wordt behandeld, is:

In hoeverre verschilt het effect van cafeïne op de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson in onderzoeken met mensen van onderzoeken met dierlijke modellen?

Materiaal en methode

Om te laten zien hoe de bronnen geselecteerd zijn, is er gebruikgemaakt van een PRISMA-diagram. In de bijlage staat deze afgebeeld.

De gebruikte bronnen kunnen met de volgende (combinaties van) zoektermen gevonden worden in Google Scholar en de University Library van de UT:

- Parkinson('s disease)/motor/symptoms/cafeine/effect/6-OHDA/MPTP [Title OR Keyword] → via University Library UT en/of Google Scholar
- Parkinson's motor caffeine [Abstract OR Title] → via University Library UT
- Risk [NOT Title] → via University Library UT
- Risk [NOT Abstract] → via University Library UT

De termen 6-OHDA en MPTP zijn gebruikt, omdat dit twee stoffen zijn die in dierlijke modellen worden gebruikt om parkinsonachtige symptomen op te wekken. Verder is de term 'Risk' uitgesloten, omdat er veel onderzoeken zijn die spreken over een verband tussen cafeïne-inname en de kans om de ziekte van Parkinson op te lopen. Dit onderzoek bespreekt echter het effect op de motorische symptomen en dus niet het risico om de ziekte van Parkinson op te lopen.

Het PRISMA-diagram laat zien waarom bepaalde bronnen wel en bepaalde bronnen niet werden geselecteerd. De criteria waarop bronnen zijn uitgesloten, waren:

- Dubbele artikelen. Als artikelen meerdere malen, al dan niet van een andere website, zijn gevonden, werden deze eruit gehaald. Zo bleven alleen authentieke bronnen over.
- Artikel is een reviewartikel. Deze artikelen gebruiken andere primaire bronnen om een conclusie te trekken. In dit onderzoek zijn primaire bronnen geanalyseerd. Reviewartikelen waren niet bruikbaar in dit onderzoek, omdat er dan een analyse van een analyse zou worden gemaakt.
- Hoofdstuk(ken) uit boeken. Hiervoor gold hetzelfde als reviewartikelen.
- Artikel testte niet de motorische symptomen. Zoals in de hoofdvraag staat, gaat dit onderzoek in op de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson. Als een bron deze motorische symptomen niet heeft getest, kon het ook niet gebruikt worden voor dit onderzoek. Dit is ook waarom cellulaire onderzoeken niet mee werden genomen, omdat cellen niet direct motorische symptomen kunnen vertonen.
- Artikel gebruikte niet-gereguleerde cafeïne-inname. Dit houdt in dat onderzoeken niet in een specifieke periode de cafeïne-inname van mensen bijhield/reguleerde, maar bijvoorbeeld heeft gekeken naar de consumptie van cafeïnehoudende producten in de voorafgaande periode zonder een ijkpunt. Een beginpunt en een moment van weging van progressie en/of verlichting waren voor dit onderzoek van belang.
- Artikel heeft cafeïne niet afzonderlijk bekeken. Bij deze onderzoeken werd cafeïne niet afzonderlijk gebruikt, maar in combinatie met een andere stof. In de hoofdvraag is specifiek gevraagd naar het effect van cafeïne op de ziekte van Parkinson. Onderzoeken die cafeïne in combinatie met een andere stof gebruiken, richten zich niet primair op cafeïne, iets wat in dit onderzoek wel de bedoeling was.

De bronnen werden afzonderlijk bekeken en er werd bepaald of deze uitgesloten moesten worden. Dit werd door elke onderzoeker apart gedaan om de validiteit van het onderzoek te waarborgen. Als deze bepaling niet gelijk was, is er na overleg per bron bepaald wat ermee gedaan werd. Vaak heeft dit tot uitsluiting geleid.

De onderzoeken werden verdeeld in twee hoofdcategorieën:

- Experimenten met mensen
- Dierlijke modellen

Binnen deze twee categorieën werd er bekeken in hoeverre cafeïne gezien werd als een effectief middel tegen de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson. De volgende schaal is gebruikt om aan te geven wat uit de resultaten van de gevonden experimenten is gebleken:

1. Negatief effect op de patiënt, de symptomen verergeren of er ontstaan meer symptomen.
2. Niet-significant effect op de patiënt, de symptomen verergeren niet, maar worden ook niet verlicht.
3. Positief effect op de patiënt, de symptomen worden verlicht.

Vervolgens zijn de hoofdcategorieën met elkaar vergeleken om erachter te komen in hoeverre ze dezelfde conclusies trokken. Deze hoofdcategorieën werden verder verdeeld in de volgende subcategorieën:

Langetermijnonderzoek vs. kortetermijnonderzoek bij mensen
Langetermijnonderzoeken werden gezien als onderzoeken die zes maanden of langer hebben geduurd,

kortetermijnonderzoeken duurden minder dan zes maanden. Er werd dan bekeken in hoeverre de resultaten van onderzoeken op de lange en korte termijn van elkaar verschilden.

Chronische toediening vs. niet-chronische toediening in dierlijke modellen

Onder chronische toediening werd een dagelijkse toediening van een bepaalde hoeveelheid cafeïne over een bepaalde periode verstaan, niet-chronische toediening is een enkele injectie van cafeïne. Deze twee subcategorieën werden met elkaar vergeleken.

Deze twee subcategorieën zijn gekozen, omdat uit het vooronderzoek en het onderzoek is gebleken dat deze punten variabel waren. De onderzochte onderzoeken varieerden vaak in lengte en in de manier waarop cafeïne werd toegediend. Door naar deze punten te kijken werd geprobeerd een verklaring te vinden voor verschillen in de resultaten van verschillende onderzoeken. Er werd dus gekeken of deze punten een verschil in de resultaten van onderzoeken konden verklaren.

Resultaten

In tabel 1 en 2 staan de bronnen die gebruikt zijn voor de resultaten uitgewerkt.

Onderzoeken met mensen

Twee van de drie kortetermijnonderzoeken met mensen trokken als conclusie dat cafeïne een positief effect had op de patiënten. Dit waren de twee onderzoeken waarin de proefpersonen zes weken lang cafeïne toegediend kregen. Het onderzoek van Altman et al. (2011) ontdekte dat mensen die cafeïne innamen een score van 5,0 lager hadden op de UPDRS part III score.

Een van de drie kortetermijnonderzoeken met mensen, die van Kitagawa et al. (2007), gaf aan dat het effect van cafeïne op akinesie, het symptoom dat mensen hun lichaam niet kunnen bewegen in dit geval tijdens het lopen, verlichtend was. Er was echter geen verlichting gemeten van het zogenoemde 'trembling in place' (Parkinson Vereniging, 2020), oftewel het trillen van het lichaam op de plaats als de persoon wil lopen. Het onderzoek concludeert dat na een tijd de effecten van cafeïne op de algehele akinesie weer verdwenen waren, waardoor geconcludeerd kan worden dat het effect niet-significant was (Kitagawa et al., 2007).

Van de twee langetermijnonderzoeken spreekt de ene positief over de effecten van cafeïne op de ziekte van Parkinson, terwijl het andere onderzoek geen significant effect waarnam. Er was geen verschil gevonden tussen de cafeïne groep en de placebogroep. Dit onderzoek duurde in totaal 18 maanden (Postuma et al., 2017). Het onderzoek dat wel een positief effect zag, maakte gebruik van een variabele hoeveelheid cafeïne. Dat onderzoek kwam erachter dat over een periode van 4 jaar mensen die meer cafeïne innamen een verminderde progressie van hun motorische symptomen hadden, namelijk 5 punten lager op de UPDRS part III score (Moccia et al., 2016).

Onderzoeken met dieren

Van de twaalf gebruikte onderzoeken met dieren waren er bij slechts twee sprake van niet-chronische toediening van cafeïne. Bij een van deze onderzoeken is er geen sprake van een significant effect (Pérez et al., 2007) en bij het andere onderzoek wel (Mpofana et al., 2014). Het onderzoek van Mpofana et al. (2014) gebruikte 44 ratten, waarvan de effecten

op het motorische vermogen van de dieren werd gemeten met een staptest en een test in een cilinder. In beide testen bleken ratten die waren behandeld met cafeïne beter tegen de effecten van 6-OHDA te kunnen. Het onderzoek van Pérez et al. (2007) maakte gebruik van een rotatietest, waarin geen significant effect van cafeïne werd gemeten. Ook in dit onderzoek werd gebruikgemaakt van 6-OHDA als toxische stof.

Als er gekeken wordt naar de onderzoeken waarbij cafeïne chronisch werd toegediend, valt het op dat er bij alle tien onderzoeken een positief effect waarneembaar was. Bij deze onderzoeken verschilden de perioden waarin cafeïne werd toegediend. Zo werd er bij het onderzoek van Khadrawy et al. (2017) 45 dagen lang cafeïne toegediend, terwijl dit bij het onderzoek van Bagga et al. (2016) acht dagen was.

Onderzoeken met mensen vs. onderzoeken met dieren

Bij de onderzoeken uitgevoerd op mensen is te zien dat drie van de vijf (60%) van de onderzoeken over een positief effect spraken. Onderzoeken met dieren spraken in elf van de twaalf gevallen (92%) over een positief effect. Voor zowel onderzoeken met mensen als onderzoeken met dieren gold dat er geen onderzoek was waaruit bleek dat cafeïne de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson verergerde.

Conclusie

De onderzoeksvraag luidde: In hoeverre verschilt het effect van cafeïne op de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson in onderzoeken met mensen van onderzoeken met dierlijke modellen? Op basis van de resultaten kan geconcludeerd worden dat een kleiner deel van de onderzoeken met mensen ten opzichte van onderzoeken met dieren suggereert dat cafeïne een effectief middel is tegen de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson.

Discussie

In de resultaten zijn verschillende uitkomsten (niet-significant en positief) van onderzoeken besproken. Om dit verschil te verklaren, zijn hieronder een aantal factoren benoemd, die mogelijk een invloed zouden kunnen hebben gehad op de uitkomsten van de gevonden onderzoeken.

Manier van cafeïne-toediening

De onderzoeken met dieren zijn verdeeld in experimenten met chronische en niet-chronische toediening van cafeïne. Van de twaalf onderzoeken waren er maar twee die cafeïne niet-chronisch toedienden in de dierlijke modellen (Mpofana et al. 2014; Pérez et al. 2007). Deze twee onderzoeken toonden verschillende resultaten. Terwijl het onderzoek van Mpofana et al. (2014) sprak over een positief effect, kwamen er niet-significante resultaten uit het onderzoek van Pérez et al. (2007). Alle tien onderzoeken waarin gebruik werd gemaakt van chronische toediening gaven aan dat cafeïne een positief effect op de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson had. Dit kan suggereren dat chronische toediening van cafeïne voor een positiever effect zorgt.

Tijdsduur van het onderzoek

Voor onderzoeken met mensen was ervoor gekozen om dit te verdelen in korte- en langetermijnonderzoeken. De gebruikte onderzoeken verschilden allen van tijdsduur. Zo was er een vier weken lang durend onderzoek van Kitagawa et al. (2007) en een onderzoek van Postuma et al. (2017) die 6-18 maanden duurde.

Deze onderzoeken waren respectievelijk gecategoriseerd als kortetermijnonderzoek en langetermijnonderzoek. Echter, in beide subcategorieën werden er zowel niet-significante als positieve effecten waargenomen, wat betekent dat het niet met zekerheid gesteld kan worden of de tijdsduur een invloed heeft op de effectiviteit van cafeïne bij parkinsonpatiënten.

De hoeveelheid gebruikte cafeïne

Naast de gebruikte subcategorieën is de gebruikte hoeveelheid cafeïne ook een mogelijke factor in de resultaten van de gevonden onderzoeken. De onderzoeken met mensen die 200-400 mg (Postuma et al., 2012), 400 mg (Altman et al., 2011) en gemiddeld 296 mg (Moccia et al., 2016) cafeïne per dag gebruikten, zagen een verlichting van de motorische symptomen. De onderzoeken die 100 mg (Kitagawa et al., 2007) en 200 mg (Postuma et al., 2017) cafeïne per dag gebruikten, zagen geen positief, maar een niet-significant effect. Uit deze gegevens blijkt dat de onderzoeken die hogere hoeveelheden cafeïne gebruikten in verband kunnen worden gebracht met een positief resultaat.

Bij de onderzoeken met dieren werden er ook verschillende hoeveelheden cafeïne gebruikt. Er was maar één onderzoek waar een niet-significant effect waargenomen werd. Dit was bij het onderzoek van Pérez et al. (2007), waarin 10 mg/kg cafeïne werd gebruikt. Er zijn verder onderzoeken die 1 mg (Acuña-Lizama et al., 2013) of zowel 1 als 3 mg/kg (Bata-García et al., 2007) gebruikten. Verder waren er onderzoeken waarin alleen 10 mg/kg (Abuirmeileh et al., 2021; Joghataie et al., 2004) of zowel 10 als 20 mg/kg (Aguiar et al., 2006; Karuppagounder et al., 2021; Luthra et al., 2009) gebruikt werden. Ook waren er onderzoeken met een toediening van alleen 20 mg/kg (Essawy et al., 2017; Mpofana et al., 2014). Ten slotte waren er onderzoeken waarbij 30 mg/kg gebruikt werd (Bagga et al., 2016; Khadrawy et al., 2017). Al deze onderzoeken concludeerden dat cafeïne een verlichtend effect op de motorische symptomen van de ziekte van Parkinson zou kunnen hebben, ondanks de verschillende hoeveelheden cafeïne die werden gebruikt. Over de gevonden onderzoeken met dieren kan gesteld worden dat de hoeveelheid gebruikte cafeïne wellicht geen rol zou kunnen hebben gespeeld op de resultaten.

Verskillende onderzoeksmethodes

Niet alle onderzoeken hanteerden dezelfde methode, wat invloed kan hebben op de resultaten van dit onderzoek. De bronnen die zijn gebruikt, gaan over motorische symptomen van de ziekte van Parkinson, wat goed afgebakend lijkt. Echter, er zijn verschillende vormen van motorische symptomen (Sveinbjornsdottir, 2016) en ook nog verschillende methodes om dit te meten. Bij onderzoeken met mensen wordt bijvoorbeeld gebruik gemaakt van de UPDRS part III, maar er zijn ook onderzoeken die naast dit gedeelte ook UPDRS part IV gebruikten (Postuma et al. 2012; Postuma et al. 2017). Ook bij onderzoeken met dieren zijn er verschillende manieren om de motorische symptomen te meten, bijvoorbeeld door een zwemtest (Luthra et al., 2009) of een poot-griptest (Bagga et al., 2016). Deze methodes meten in een bepaalde mate de effecten op motorische symptomen. In de resultaten wordt in het algemeen gesproken over de effecten van cafeïne op de motorische symptomen. Het gaat in de gevonden onderzoeken in de resultaten dus eigenlijk over verschillende motorische symptomen die ervaren kunnen worden. Het is de vraag of

caféïne in alle onderzoeken hetzelfde effect zou hebben als de effecten met dezelfde methode worden gemeten. In een vervolgonderzoek zou ervoor gekozen kunnen worden om onderzoeken te kiezen die dezelfde onderzoeksmethode hanteren, wat de validiteit van de resultaten zou kunnen vergroten.

Onderzoeken met dieren zijn modellen

In alle onderzoeken met dieren wordt gewerkt met een neurotoxische stof om ervoor te zorgen dat de dieren parkinsonachtige symptomen krijgen. Dit betekent dus dat de dieren niet echt de ziekte van Parkinson hebben, maar dat ze een model zijn voor parkinsonpatiënten. Daarom kan niet met zekerheid worden gezegd of hetzelfde effect van caféïne op de motorische symptomen bij deze modellen ook bij mensen zou plaatsvinden.

In de uitvoering van dit onderzoek zijn een aantal aspecten die beter hadden gekund. Deze zijn hieronder benoemd.

Aantal bronnen

Er zijn conclusies getrokken over de effecten van caféïne op de ziekte van Parkinson in verschillende categorieën. Hierbij moet wel vermeld worden dat de conclusies gebaseerd zijn op de gebruikte onderzoeken, maar dat daar wel een nadeel aan zit. Doordat sommige categorieën uit weinig onderzoeken bestaan, zijn de getrokken conclusies nogal afhankelijk van de onderzoeken. Als slechts één onderzoek een andere conclusie zou trekken, veranderen de resultaten compleet. In het vervolg zou het dus beter zijn om meer onderzoeken te gebruiken om de betrouwbaarheid te vergroten.

Criteria PRISMA-diagram

In dit onderzoek is er gebruikgemaakt van een PRISMA-diagram om aan te geven waarom artikelen wel en andere artikelen niet zijn meegenomen. Hiervoor zijn uitsluitingscriteria gekozen, die in de methode onderbouwd zijn. Toch zijn er andere mogelijke criteria die gebruikt hadden kunnen worden om de validiteit van het onderzoek te vergroten. Denk hierbij aan criteria zoals een publicatiedatum van maximaal tien jaar geleden of een minimale groepsgrootte van de onderzochte mensen in onderzoeken met mensen.

Hoeveelheid en toegankelijkheid van de bronnen

In dit onderzoek zijn niet alle beschikbare gepubliceerde artikelen gebruikt. Om een breder beeld te geven van de effecten van caféïne op de ziekte van Parkinson hadden alle beschikbare bronnen bekeken moeten worden, wat wegens tijdgebrek niet is gedaan. Om voor een betrouwbaarder onderzoek te zorgen, zou dit in het vervolg wel moeten gebeuren. Wat dat betreft schiet dit onderzoek tekort en kan het dus niet worden gezien als een conclusie die over de onderzoeken in het algemeen gaan, maar meer over de specifieke bronnen die in dit onderzoek zijn gebruikt.

Positief en negatief

Sommige onderzoeken gebruikten meerdere methodes om de effecten van de ziekte van Parkinson te meten. Bij een enkel onderzoek gaf de ene een positief effect aan en de andere een niet-significant effect. Dit soort onderzoeken zijn gewaardeerd zoals het desbetreffende onderzoek ook heeft gedaan. Dit betekent dat als onderzoekers in de conclusie spraken over een niet-significant effect, dat zo is overgenomen. Er had echter

ook gekozen kunnen worden dat het onderzoek deels niet-significant deels positief was, maar daar is niet voor gekozen. Ook had er een bredere schaal voor de mate van effectiviteit van caféïne gebruikt kunnen worden, zodat de gebruikte onderzoeken nauwkeuriger vergeleken zouden kunnen worden.

Suggestie vervolgonderzoek

Naar aanleiding van alle genoemde discussiepunten kunnen een aantal suggesties voor vervolgonderzoeken worden gegeven.

Ten eerste zouden er meer onderzoeken kunnen komen die zich meer focussen op het effect van de gebruikte caféïnegehalten op de mate van verlichting en/of verminderde progressie van de motorische symptomen.

Ook zouden er meer onderzoeken met mensen moeten worden uitgevoerd en/of gebruikt om een breder beeld te geven van het effect van caféïne op de ziekte van Parkinson. In dit onderzoek zijn namelijk relatief weinig onderzoeken gevonden met mensen als proefpersonen. Als er meer vergelijkingsmateriaal beschikbaar is, zou het effect van caféïne nog duidelijker onderzocht kunnen worden. Dit kan helpen bij het bepalen van de toepasbaarheid van caféïne als middel tegen motorische symptomen die parkinsonpatiënten ervaren.

Bibliografie

- Abuirmeleh, A. N., Abuhamdah, S. M., Ashraf, A., & Alzoubi, K. H. (2021). Protective effect of caffeine and/or taurine on the 6-hydroxydopamine-induced rat model of Parkinson's disease: Behavioral and neurochemical evidence. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 39(2), 149–157. <https://doi.org/10.3233/rnn-201131>
- Acuña-Lizama, M. M., Bata-García, J. L., Alvarez-Cervera, F. J., & Góngora-Alfaro, J. L. (2013). Caffeine has greater potency and efficacy than theophylline to reverse the motor impairment caused by chronic but not acute interruption of striatal dopaminergic transmission in rats. *Neuropharmacology*, 70, 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2013.01.002>
- Aguiar, L. M. V., Nobre, H. V., Macêdo, D. S., Oliveira, A. A., Freitas, R. M., Vasconcelos, S. M., Cunha, G. M., Sousa, F. C. F., & Viana, G. S. B. (2006). Neuroprotective effects of caffeine in the model of 6-hydroxydopamine lesion in rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 84(3), 415–419. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2006.05.027>
- Altman, R. D., Lang, A. E., & Postuma, R. B. (2011). Caffeine in Parkinson's disease: A pilot open-label, dose-escalation study. *Movement Disorders*, 26(13), 2427–2431. <https://doi.org/10.1002/mds.23873>
- Ascherio, A., Chen, H., Weisskopf, M. G., O'Reilly, E., McCullough, M. L., Calle, E. E., Schwarzschild, M. A., & Thun, M. J. (2006). Pesticide exposure and risk for Parkinson's disease. *Annals of Neurology*, 60(2), 197–203. <https://doi.org/10.1002/ana.20904>
- Ascherio, A., Zhang, S. M., Hernán, M. A., Kawachi, I., Colditz, G. A., Speizer, F. E., & Willett, W. C. (2001). Prospective study of caffeine consumption and risk of Parkinson's disease in men and women. *Annals of Neurology*, 50(1), 56–63. <https://doi.org/10.1002/ana.1052>
- Bagga, P., Chugani, A. N., & Patel, A. B. (2016). Neuroprotective effects of caffeine in MPTP model of Parkinson's disease: A 13 C NMR study. *Neurochemistry International*, 92, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.neurochemint.2016.05.002>

neuint.2015.11.006

Bata-García, J. L., Villanueva-Toledo, J., Gutiérrez-Ospina, G., Álvarez-Cervera, F. J., Heredia-López, F. J., & Góngora-Alfaro, J. L. (2007). Sustained improvement of motor function in hemiparkinsonian rats chronically treated with low doses of caffeine or trihexyphenidyl. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 86(1), 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2006.12.009>

Betarbet, R., Sherer, T. B., MacKenzie, G., Garcia-Osuna, M., Panov, A. V., & Greenamyre, J. T. (2000). Chronic systemic pesticide exposure reproduces features of Parkinson's disease. *Nature Neuroscience*, 3(12), 1301–1306. <https://doi.org/10.1038/81834>

Chen, J. F., Xu, K., Petzer, J. P., Staal, R., Xu, Y. H., Beilstein, M., Sonsalla, P. K., Castagnoli, K., Castagnoli, N., & Schwarzschild, M. A. (2001). Neuroprotection by Caffeine and A2A Adenosine Receptor Inactivation in a Model of Parkinson's Disease. *The Journal of Neuroscience*, 21(10), RC143. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.21-10-j0001.2001>

Cohen, G. (1990). Monoamine oxidase and oxidative stress at dopaminergic synapses. *Amine Oxidases and Their Impact on Neurobiology*, 229–238. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-9113-2_33

Damier, P., Hirsch, E. C., Agid, Y., & Graybiel, A. M. (1999). The substantia nigra of the human brain. *Brain*, 122(8), 1437–1448. <https://doi.org/10.1093/brain/122.8.1437>

Dickson, D. W., Fujishiro, H., DelleDonne, A., Menke, J., Ahmed, Z., Klos, K. J., Josephs, K. A., Frigerio, R., Burnett, M., Parisi, J. E., & Ahlskog, J. E. (2008). Evidence that incidental Lewy body disease is pre-symptomatic Parkinson's disease. *Acta Neuropathologica*, 115(4), 437–444. <https://doi.org/10.1007/s00401-008-0345-7>

Essawy, S. S., Tawfik, M. K., & Korayem, H. E. (2017). Effects of adenosine receptor antagonists in MPTP mouse model of Parkinson's disease: mitochondrial DNA integrity. *Archives of Medical Science*, 3, 659–669. <https://doi.org/10.5114/aoms.2017.67284>

Fredholm, B. B., Bättig, K., Holmén, J., Nehlig, A., & Zvartau, E. E. (1999). Actions of Caffeine in the Brain with Special Reference to Factors That Contribute to Its Widespread Use. *Pharmacological reviews*, 51(1), 84–125. <https://pharmrev.aspetjournals.org/content/51/1/83.short>

Joghataie, M. T., Roghani, M., Negahdar, F., & Hashemi, L. (2004). Protective effect of caffeine against neurodegeneration in a model of Parkinson's disease in rat: behavioral and histochemical evidence. *Parkinsonism & Related Disorders*, 10(8), 465–468. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2004.06.004>

Kachroo, A., Irizarry, M. C., & Schwarzschild, M. A. (2010). Caffeine protects against combined paraquat and maneb-induced dopaminergic neuron degeneration. *Experimental Neurology*, 223(2), 657–661. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2010.02.007>

Kachroo, A., & Schwarzschild, M. A. (2012). Adenosine A2A receptor gene disruption protects in an α -synuclein model of Parkinson's disease. *Annals of Neurology*, 71(2), 278–282. <https://doi.org/10.1002/ana.22630>

Karuppagounder, S. S., Uthaythas, S., Govindarajulu, M., Ramesh, S., Parameshwaran, K., & Dhanasekaran, M. (2021). Caffeine, a natural methylxanthine nutraceutical, exerts dopaminergic neuroprotection. *Neurochemistry International*, 148, 105066. <https://doi.org/10.1016/j.neuint.2021.105066>

Khadrawy, Y. A., Salem, A. M., El-Shamy, K. A., Ahmed, E. K., Fadl, N. N., & Hosny, E. N. (2017). Neuroprotective and Therapeutic Effect of Caffeine on the Rat Model of Parkinson's Disease Induced by Rotenone. *Journal of Dietary Supplements*, 14(5), 553–572. <https://doi.org/10.1080/19390211.2016.1275916>

Kitagawa, M., Houzen, H., & Tashiro, K. (2007). Effects of caffeine on the freezing of gait in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 22(5), 710–712. <https://doi.org/10.1002/mds.21208>

Li, X., Nomura, T., Aihara, H., & Nishizaki, T. (2001). Adenosine enhances glial glutamate efflux via A2a adenosine receptors. *Life Sciences*, 68(12), 1343–1350. [https://doi.org/10.1016/s0024-3205\(00\)01036-5](https://doi.org/10.1016/s0024-3205(00)01036-5)

Luthra, P. M., Barodia, S. K., & Raghubir, R. (2009). Antagonism of haloperidol-induced swim impairment in l-dopa and caffeine treated mice: A pre-clinical model to study Parkinson's disease. *Journal of Neuroscience Methods*, 178(2), 284–290. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2008.12.019>

Meetinstrumenten in de zorg. (2019, 13 december). Unified Parkinson's Disease Rating Scale. Geraadpleegd op 6 januari 2022, van <https://meetinstrumentenzorg.nl/instrumenten/unified-parkinsons-disease-rating-scale/>

Moccia, M., Erro, R., Picillo, M., Vitale, C., Longo, K., Amboni, M., Pellecchia, M. T., & Barone, P. (2016). Caffeine consumption and the 4-year progression of de novo Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, 32, 116–119. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2016.08.005>

Moo-Puc, R. E., Villanueva-Toledo, J., Arankowsky-Sandoval, G., Alvarez-Cervera, F., & Góngora-Alfaro, J. L. (2004). Treatment with subthreshold doses of caffeine plus trihexyphenidyl fully restores locomotion and exploratory activity in reserpinized rats. *Neuroscience Letters*, 367(3), 327–331. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2004.06.022>

Mpfofana, T., Daniels, W. M. U., & Mabandla, M. V. (2014). Neuroprotective Effects of Caffeine on a Maternally Separated Parkinsonian Rat Model. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 04(02), 84–91. <https://doi.org/10.4236/jbbs.2014.42011>

Nakaso, K., Ito, S., & Nakashima, K. (2008). Caffeine activates the PI3K/Akt pathway and prevents apoptotic cell death in a Parkinson's disease model of SH-SY5Y cells. *Neuroscience Letters*, 432(2), 146–150. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.12.034>

Nehlig, A., Daval, J. L., & Debry, G. (1992). Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research Reviews*, 17(2), 139–170. [https://doi.org/10.1016/0165-0173\(92\)90012-b](https://doi.org/10.1016/0165-0173(92)90012-b)

Nishizaki, T., Nagai, K., Nomura, T., Tada, H., Kanno, T., Tozaki, H., Li, X., Kondoh, T., Kodama, N., Takahashi, E., Sakai, N., Tanaka, K., & Saito, N. (2002). A new neuromodulatory pathway with a glial contribution mediated via A2a adenosine receptors. *Glia*, 39(2), 133–147. <https://doi.org/10.1002/glia.10100>

Palacios, N., Gao, X., McCullough, M. L., Schwarzschild, M. A., Shah, R., Gapstur, S., & Ascherio, A. (2012). Caffeine and risk of Parkinson's disease in a large cohort of men and women. *Movement Disorders*, 27(10), 1276–1282. <https://doi.org/10.1002/mds.25076>

Parkinson Vereniging. (2020, 30 september). Freezing of gait: Een stap in de juiste richting. © Parkinson Vereniging

2022. Geraadpleegd op 3 januari 2022, van <https://www.parkinson-vereniging.nl/archief/bericht/2019/09/24/Freezing-of-gait-Een-stap-in-de-juiste-richting>

Pérez, V., Sosti, V., Rubio, A., Barbanoj, M., Rodríguez-Álvarez, J., & Kulisevsky, J. (2007). Modulation of the motor response to dopaminergic drugs in a parkinsonian model of combined dopaminergic and noradrenergic degeneration. *European Journal of Pharmacology*, 576(1–3), 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2007.08.024>

Postuma, R. B., Anang, J., Pelletier, A., Joseph, L., Moscovich, M., Grimes, D., Furtado, S., Munhoz, R. P., Appel-Cresswell, S., Moro, A., Borys, A., Hobson, D., & Lang, A. E. (2017). Caffeine as symptomatic treatment for Parkinson disease (Café-PD). *Neurology*, 89(17), 1795–1803. <https://doi.org/10.1212/wnl.0000000000004568>

Postuma, R. B., Lang, A. E., Munhoz, R. P., Charland, K., Pelletier, A., Moscovich, M., Filla, L., Zanatta, D., Rios Romenets, S., Altman, R., Chuang, R., & Shah, B. (2012). Caffeine for treatment of Parkinson disease: A randomized controlled trial. *Neurology*, 79(7), 651–658. <https://doi.org/10.1212/wnl.0b013e318263570d>

Radboud UMC. (2019, 11 april). Extra aandacht voor Parkinson op Wereld Parkinson Dag. Geraadpleegd op 12 september 2021, van <https://www.radboudumc.nl/nieuws/2019/extra-aandacht-voor-parkinson-op-wereld-parkinson-dag>

Rybicki, B. A., Johnson, C. C., Uman, J., & Gorell, J. M. (1993). Parkinson's disease mortality and the industrial use of heavy metals in Michigan. *Movement Disorders*, 8(1), 87–92. <https://doi.org/10.1002/mds.870080116>

Sveinbjornsdottir, S. (2016). The clinical symptoms of Parkinson's disease. *Journal of Neurochemistry*, 139, 318–324. <https://doi.org/10.1111/jnc.13691>

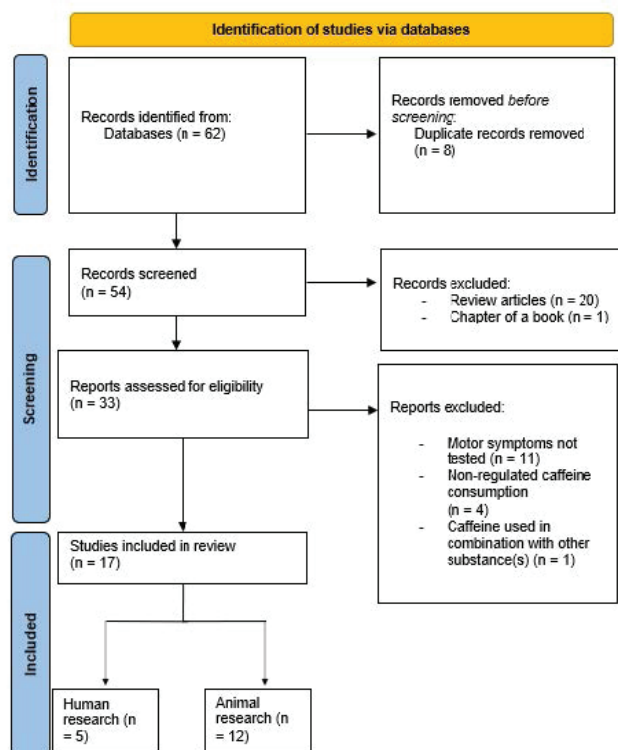
Tan, E. K., Chua, E., Fook-Chong, S. M., Teo, Y. Y., Yuen, Y., Tan, L., & Zhao, Y. (2007). Association between caffeine intake and risk of Parkinson's disease among fast and slow metabolizers. *Pharmacogenetics and Genomics*, 17(11), 1001–1005. <https://doi.org/10.1097/fpc.0b013e3282f09265>

Teo, K. C., & Ho, S. L. (2013). Monoamine oxidase-B (MAO-B) inhibitors: implications for disease-modification in Parkinson's disease. *Translational Neurodegeneration*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/2047-9158-2-19>

Van Duinen, H., Lorist, M. M., & Zijdwind, I. (2005). The effect of caffeine on cognitive task performance and motor fatigue. *Psychopharmacology*, 180(3), 539–547. <https://doi.org/10.1007/s00213-005-2191-9>

Wood-Kaczmar, A., Gandhi, S., & Wood, N. (2006). Understanding the molecular causes of Parkinson's disease. *Trends in Molecular Medicine*, 12(11), 521–528. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2006.09.007>

Yu, L., Schwarzschild, M. A., & Chen, J. F. (2006). Cross-sensitization between caffeine- and l-dopa-induced behaviors in hemiparkinsonian mice. *Neuroscience Letters*, 393(1), 31–35. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2005.09.036>



Figuur 1, PRISMA-diagram.

Bron:	Toediening van cafeïne:	Opmerkingen:	Resultaat van onderzoek (negatief (1)/niet-significant (2)/positief (3))
Abuirmehle et al. (2021)	21 dagen of 12 dagen werd 10 mg/kg cafeïne toegediend	Een groep ratten kreeg 7 dagen voor toediening van 6-OHDA cafeïne toegediend. Een andere groep kreeg 2 dagen na 6-OHDA-toediening cafeïne toegediend. Twee weken na de 6-OHDA-toediening werd de meting uitgevoerd. De gegevens hiernaast gaan dus over de cafeïne-toediening.	3
Acuña-Lizama et al. (2013)	Er werd een variabele hoeveelheid cafeïne toegediend voor 10 weken, met 4 tussenposen van 3 weken	6-OHDA werd 12 weken voor de eerste cafeïne-toediening toegediend.	3 (5,15 micromol (1mg)/kg werkt het beste)
Aguiar et al. (2006)	14 dagen lang werd elke dag 10 of 20 mg/kg cafeïne toegediend	Cafeïne werd een uur na de neurotoxische toediening toegediend.	3 (zowel bij 10 mg/kg als bij 20 mg/kg)
Bagga et al. (2016)	8 dagen lang, per dag 30 mg/kg cafeïne	De ratten werden elke dag een half uur voor MPTP-toediening met cafeïne behandeld.	3
Bata-García et al. (2007)	2 weken lang, per dag 3 mg/kg cafeïne of 3 weken lang, per dag 1 mg/kg cafeïne	Er was sprake van een periode zonder toediening, die even lang was als de periode waarin cafeïne werd toegediend.	3
Essawy et al. (2017)	3 weken lang, per dag 20 mg/kg cafeïne toegediend	MPTP werd een week na de toediening van cafeïne toegediend.	3
Joghataie et al. (2004)	4 weken lang, per dag twee keer 10 mg/kg cafeïne toegediend	Per dag in totaal dus 20 mg/kg cafeïne. De cafeïne werd een uur voor 6-OHDA toegediend.	3
Karuppagounder et al. (2021)	14 dagen lang, 10 of 20 mg/kg cafeïne per dag	Op dag 7 en 8 kregen de muizen MPTP toegediend.	3 (voor zowel 10 als 20 mg/kg)
Khadrawy et al. (2017)	45 dagen lang, dagelijks 30 mg/kg cafeïne	Een groep muizen kreeg 45 dagen lang een uur voor toediening van rotenon cafeïne toegediend. Een andere groep kreeg eerst 45 dagen rotenon, gevolgd door 45 dagen cafeïne.	3
Luthra et al. (2009)	10 en 20 mg/kg dagelijks cafeïne Van dag 1-7 en van 8-14	Neurotoxische stof 30 minuten geïnjecteerd na cafeïne-toediening geïnjecteerd.	3
Mpofana et al. (2014)	Eenmaal 20 mg/kg cafeïne, daarna 2 weken 'wachten'	De cafeïne werd een uur na de 6-OHDA-toediening toegediend.	3
Pérez et al. (2007)	Eenmaal werd cafeïne toegediend (10 mg/kg)	Cafeïne werd toegediend 7 dagen na toediening van de neurotoxische stof.	2

Figuur 3, Tabel 2: Onderzoeken met dieren: In het blauw zijn chronische onderzoeken aangegeven, in het rood niet-chronische onderzoeken.

Bron:	Duur van toediening cafeïne:	Opmerkingen:	Resultaat van onderzoek (negatief (1)/ niet-significant (2)/positief (3))
Altman et al. (2011)	6 weken	Er werd begonnen met 2 keer 100 mg cafeïne per dag en dit werd opgebouwd tot 1000 mg per dag.	3
Kitagawa et al. (2007)	4 weken	Eerst werd 2 weken placebo toegediend, daarna werd 4 weken cafeïne toegediend.	2
Moccia et al. (2016)	4 jaar	Na 2 en na 4 jaar is een analyse uitgevoerd.	3
Postuma et al. (2017)	18 maanden	De analyses waren aan het begin en na 3, 6, 12 en 18 maanden uitgevoerd.	2
Postuma et al. (2012)	6 weken	In de eerste drie weken 100 mg cafeïne tweemaal per dag, in de tweede drie weken 200 mg tweemaal cafeïne per dag toegediend.	3

Figuur 2, Tabel 1: Onderzoeken met mensen: In het blauw zijn kortetermijnonderzoeken aangegeven, in het rood langetermijnonderzoeken.

De invloed van het aantal BPM van muziek op de hartslag, ademhalingsfrequentie en bloeddruk van leerlingen uit 6VWO

S.H.C. Asselman¹, J. Vos², C. Nuijsink³, J. Habraken¹, M. ten Breteler², A.A. ten Cate³

¹Het Stedelijk Lyceum, Kottenpark, Enschede

²Het Assink Lyceum, Haaksbergen

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - In many young adolescents, music plays an important role in their social life. For most of them, it is almost impossible to go a day without listening to music. There have been several studies investigating the influence of music on humans, especially on mental and physical stress. These studies gave the indication that music has an influence, especially on decreasing the heart rate and blood pressure. This paper looked at the effect of the Beats Per Minute (BPM) of music on the heart rate, respiratory rate and blood pressure, measures that are linked to the sympathetic nervous system, which processes stress responses, of a group of VWO 6 students. This was investigated by having the students listen to music and measuring their blood pressure, heart rate and respiration rate before and after they listened to the music. It was examined whether or not the number of BPM of the music had an influence on the results. The results indicate that the chosen music had an influence on the heart rate of the students, which decreased in 9 out of 12 of the students after listening to the music, with an average of 3,92 beats per minute. The influence of the BPM of the music was negligible. The influence of the music on the respiration rate and blood pressure was minimal. The respiration rate decreased with an average of 0,5 breaths per minute, and the blood pressure changed with an average of -0,58/+0,36 mmHg. Follow-up research can draw a better conclusion about this phenomenon by means of a larger test group and more (precise) measuring instruments, including usage of a statistical test.

Introductie

Dat muziek erg belangrijk is voor jongeren, is gebleken: 82% van Amerikaanse jongeren tussen de 13 en 18 jaar geeft aan elke dag naar muziek te luisteren, met een gemiddelde van 2 uur en 5 minuten per dag per persoon [1]. Het maakt een groot deel uit van hun identiteit. Het is een manier om emoties te uiten en te ontstressen [2] [3].

Muziek heeft ook de mogelijkheid mensen met stress en opwindning tot rust te brengen. Dit kan zorgen voor een verlaging in hartslagfrequentie, bloeddruk en het stressniveau [4] [5]. Dit is een zeer interessant fenomeen, zeker aangezien de mentale gezondheidsproblemen en stressniveaus onder jongeren aanzienlijk gestegen zijn tijdens de COVID-19 pandemie. Op sommige vlakken, zoals de ernst van eenzaamheid en depressieve klachten, is dit zelfs respectievelijk tot het driedubbele en vierdubbele gestegen ten opzichte van drie jaar geleden [6].

Het is dus bekend dat muziek invloed heeft op het menselijk lichaam, en daarom is er onderzocht of ook het aantal Beats Per Minute (BPM) van de muziek hier invloed op heeft.

In deze paper is onderzocht of de BPM van muziek een invloed heeft op het sympathisch zenuwstelsel door het meten van de hartslagfrequentie, bloeddruk en de ademhalingsfrequentie, en specifiek naar het verschil in het aantal BPM van muziek op deze parameters. Dit werd onderzocht onder proefpersonen uit het leerjaar 6 VWO, allen tussen de 16 en 18 jaar oud uit de regio Haaksbergen (Twente)-Overijssel.

Onderzoeksvraag

In hoeverre heeft het aantal BPM van muziek invloed op de hartslag, ademhalingsfrequentie en bloeddruk van leerlingen uit het leerjaar 6 VWO?

Theoretisch kader

Zenuwstelsel

Het zenuwstelsel geeft signalen van de spieren en de organen door aan de hersenen en andersom. Het zorgt ervoor dat meercellige organismen, organismen die uit meer dan één cel bestaan, kunnen reageren op hun omgeving en het zorgt ervoor dat hun lichaam doet wat de meercellige nodig heeft om te overleven. Het zenuwstelsel bestaat uit verschillende delen die nauw samenwerken.

Het centraal zenuwstelsel bestaat uit de hersenen en de ruggengraat. Hier wordt informatie van de zintuigen en de zenuwen ontvangen en verwerkt. Met deze informatie worden de spieren en organen aangestuurd.

Het perifere zenuwstelsel bestaat uit de zenuwen die naar de ledematen en organen lopen. Door middel van impulsen door deze zenuwen wordt er informatie van en naar de organen geleid.

Het perifere zenuwstelsel is op te delen in het somatisch zenuwstelsel, welke processen regelt waar de meercellige zelf controle over heeft (lopen, spreken, etc.), en het autonome zenuwstelsel, welke automatische processen en reflexen regelt (hartslag, bloeddruk regulatie, etc.).

Het autonome zenuwstelsel is op te delen in het parasympathisch zenuwstelsel, welke actief is bij ontspanning (dit deel zorgt ervoor dat energie bespaard wordt in het lichaam), en het sympathisch zenuwstelsel, welke actief is bij stress en opwindning. Hier worden processen zoals de hartslag en bloedtoevoer geregeld. Dit is het onderdeel waar dit paper dieper op ingaat [7], [8].

Sympathisch zenuwstelsel

Het sympathisch zenuwstelsel is samen met het parasympathisch zenuwstelsel onderdeel van het autonome zenuwstelsel. Het autonome zenuwstelsel staat niet onder invloed van de wil, oftewel de persoon zelf. Het regelt de werking van

vele organen en werkt samen met het hormoonstelsel in het lichaam. Het autonome zenuwstelsel zorgt voor de regeling van de inwendige organen, bloedvaten en verschillende klieren in het menselijk lichaam. Het zorgt dus voor het regelen van de orgaanfuncties. Ook bij emoties speelt het autonome zenuwstelsel een rol; het zorgt bijvoorbeeld voor pupillen die groter worden, transpiratie en blozen [9].

Het sympathisch zenuwstelsel regelt over het algemeen processen die met lichamelijke activiteit te maken hebben. Het wordt ook geactiveerd naar aanleiding van een stressprikkel [10].

Bij inspanning hebben de spieren meer zuurstof en brandstoffen nodig. Het sympathisch zenuwstelsel krijgt hier signalen over via zenuwen en regelt verscheidene processen. Er gaat bijvoorbeeld meer bloed naar de spieren. Arteriolen (aftakkingen van slagaders) in de spieren en de huid verwijden terwijl arteriolen in de rest van het lichaam vernauwen, zoals bij de spijsverteringsorganen. Hierdoor stroomt er meer bloed naar de spieren en huid. Om dit te vergelijken, in rust stroomt ongeveer 20% van het bloed naar de spieren. Bij inspanning is dit ongeveer 80% [11] van het bloed. Meer bloed stroomt dus naar de huid. Daardoor kan het bloed makkelijker warmte afgeven aan de buitenomgeving, zodat het lichaam niet oververhit raakt en alle processen bij een optimale temperatuur kunnen verlopen. Om aan de zuurstof vraag te voldoen, zorgt het sympathisch zenuwstelsel ervoor dat de bronchioli in de longen worden vergroot. Hierdoor kan er per ademhaling meer lucht de longen binnenkomen, waardoor er meer zuurstof in het bloed kan worden opgenomen [12].

Het sympathisch zenuwstelsel stimuleert dus onder andere verwijding van de pupillen, sterke transpiratie in de zweetklieren, een frequentieverhoging van het hart, een verhoging van het glucose-gehalte in het bloed en een hogere ademhalingsfrequentie (zie figuur 1) [13].

Adrenaline

Adrenaline is een hormoon gemaakt door de bijnieren. De voornaamste werking van adrenaline is de regeling van de bloedstroom, verhoging van de hartslagfrequentie, verhoging van de bloeddruk, verwijding van de bronchi, afgifte van glucose aan het bloed door de lever, het stimuleren van gluconeogenese, glycogenolyse en lipolyse [13]. Het sympathisch zenuwstelsel geeft bij een stressprikkel, welke zowel fysiek als mentaal kan zijn, adrenaline en noradrenaline af aan de bloedbaan. Dit zorgt dus voor o.a. een verhoogde bloeddruk en hartslag, om het lichaam voor te bereiden op actie [14].

EDA

ElectroDermal Activity (EDA) is een term die wordt gebruikt om veranderingen in de elektrische geleiding van de huid aan te geven. Vaak wordt de huidgeleiding gemeten door een kleine stroom tussen twee punten op de huid te laten lopen en dit te meten. Hiermee kan de activiteit van de zweetklieren worden gemeten, aangezien dit transpiratievocht de huidgeleiding verhoogt. Deze activiteit wordt veroorzaakt door het sympathisch zenuwstelsel en geeft een index over emoties zoals stress en de activiteit van het sympathisch zenuwstelsel [15].

Hartslag & hartfrequentie

De hartslag ontstaat door het samentrekken van de boezems.

De hartfrequentie is de snelheid waarmee bepaalde gespecialiseerde cellen in de wand van de rechterboezem, de sinusknoop, impulsen afgeeft. Het hart trekt samen zodat bloed door de boezems en kamers stroomt en vervolgens om zuurstofrijk bloed door heel je lichaam te vervoeren. In rust is het hartritme verlaagd. Het lichaam heeft in rusttoestand minder zuurstof en voedingsstoffen nodig om te kunnen werken. Bij inspanning stijgt het hartritme juist [16].

Ook bij emoties worden er prikkels vanuit het zenuwstelsel (in de hersenstam) naar de sinusknoop afgegeven. Hierdoor worden er meer elektrische prikkels (impulsen) van de sinusknoop afgegeven, waardoor de hartslag stijgt. Bij emoties zoals opwindning, stress of angst kan het hartritme omhoog lopen. Ook gaat bij opwindning het bijniermerg veel van het hormoon adrenaline afgeven aan het bloed, waardoor het hartritme stijgt [17].

De hartslag in rust bij kinderen ouder dan 12 jaar zit tussen de 60-100 slagen per minuut. Bij inspanning kan de hartslag oplopen tot 180, en soms zelfs tot 200 [17].

Bloeddruk

De bloeddruk is de druk in de bloedvaten. Die druk is nodig om bloed rond te pompen, zodat alle organen en spieren voldoende zuurstof krijgen. Wanneer een mens zich inspannt, stijgt dus de bloeddruk. Bloeddruk wordt weergegeven in bovendruk en onderdruk. De bovendruk is de druk wanneer het hart samentrekt en geeft het hoogste getal op een bloeddrukmeter aan, de onderdruk is de druk wanneer het hart zich ontspant en geeft het kleinste getal aan. De eenheid waarin de druk van de bloeddruk wordt gemeten is mmHg (millimeter kwik). Één mmHg staat gelijk aan 133 Pascal (druk). De normaalwaarden van de bovendruk liggen tussen de 120 en 140, de normaalwaarden van de onderdruk liggen bij 90 of lager [13], [15], [16], [18], [19].

Ademhalingsfrequentie

De ademhalingsfrequentie wordt gemeten door te timen, en gaat over het aantal keren per minuut dat je ademt. Ademen gaat automatisch; er wordt constant geademd door de mens. Wanneer iemand zich inspannt stijgt de ademhalingsfrequentie, omdat er meer zuurstof nodig is voor het bloed om rond te pompen. Het autonome zenuwstelsel meet, door middel van chemoreceptoren in de aortaboog en de nek slagaderen, het pCO₂ (hoeveelheid koolstofdioxide in het bloed) en past daar de ademhalingsfrequentie en het ademhalingsvolume op aan (vb. als het pCO₂ hoog is, dan gaat de frequentie en het volume van de ademhaling omhoog) [16]. Een normale ademhalingsfrequentie ligt tussen de 12 tot 24 ademhalingen per minuut [20].

De muziek en het aantal BPM

BPM staat voor Beats per Minute. Zo hebben de volgende benamingen moderato (matig) een tempo van 86-97 BPM, allegro (snel en helder) heeft een tempo van 109-132 BPM en vivace (levendig en snel) heeft een tempo van 132-140 BPM [21].

De frequentie van de muziek, het aantal trillingen per seconde, varieert in de verschillende muziekgenres. De meeste mensen luisteren graag naar muziek met een BPM tussen de 70 en 100. Dit is ongeveer gelijk met de gemiddelde hartslagfrequentie van een volwassene. Dit wordt aangegeven kalmerend/rustgevend te zijn [22].

Er is eerder onderzoek geweest naar het effect van muziek op zowel mentale als fysieke stressreacties. Hierbij werd vaak geconcludeerd dat het luisteren van muziek zorgt voor een verlaagde hartslagfrequentie en bloeddruk. Dit lijkt vooral te gebeuren bij muziek met een BPM vergelijkbaar met de hartfrequentie [23] [5].

Materiaal en methode

In dit onderzoek zijn 13 leerlingen uit 6 VWO van het Assink Lyceum te Haaksbergen onderzocht op hun ademhalingsfrequentie, hartslag en bloeddruk vóór en na het luisteren van een liedje met óf 70 BPM óf 110 BPM. Deze leerlingen waren allen tussen de 16 en 18 jaar oud. Zowel mannen als vrouwen zijn onderzocht. De bloeddruk is volgens het ‘Protocol bloeddruk meten’ van het Nederlands Huisartsen Genootschap [24] gemeten, samen met de richtlijndatabase Bloeddrukmeting van de richtlijn CardioVasculair RisicoManagement (CVRM) [25].

Meetinstrumenten

- Pulse Oximeter (hartslagmeter), Medisana®
- Stopwatch
- Bloeddrukmeter, WelchAllyn®
- Stethoscoop
- Noise Cancelling Headphones
- Laptop met de bewerkte nummers (zie 4.2)
- Enquête 1 en 2 (zie bijlages), uitgeprint

De muziek

In dit onderzoek is ervoor gekozen om twee nummers te gebruiken. Deze nummers moesten van een niet al te afwijkend genre zijn, zodat men niet “schrok” van wat zij hoorden (zoals dit mogelijk bij een genre als Heavy Metal zou kunnen gebeuren). Ook moesten de nummers instrumentaal zijn, zodat de leerlingen zich konden concentreren op de muziek/melodie en niet op de betekenis van de tekst, wat eventueel een invloed zou hebben kunnen gehad op de emotie en interpretatie van de leerling, en hierdoor ook de resultaten [26]. Ook moesten de nummers goed bewerkt kunnen worden naar 70 BPM en 110 BPM. Uiteindelijk zijn de volgende nummers gekozen:

Everloving - Moby; Origineel 84 BPM (Genre: Electronic dance music, Techno, Pop, Dance/Electronic) [27]

Niets Tussen (Instrumentaal) - Froukje; Origineel 120 Bpm (Genre: Pop) [28]

Met het computerprogramma Audacity [29] zijn deze nummers bewerkt tot een versie van 70 BPM en een versie van 110 BPM. Bij het nummer ‘Everloving’ is het begin van het nummer zo bewerkt dat het geluid meer gebalanceerd was in zowel het rechter- als linkeroor, aangezien het nummer in de intro een veel sterker volume heeft in het linkeroor dan rechts.

Elk proefpersoon kreeg één van de twee versies te horen; ofwel 70 ofwel 110 BPM. De proefpersonen kregen niet beide versies te horen, omdat er dan een kans op gewenning zou kunnen ontstaan aan het nummer op zichzelf. Om de ‘onwetendheid’ te behouden, en daarom de optimale spontane reactie te kunnen meten op het nummer, werd dus maar één versie van een van de nummers getoetst per keer. Het volume van de muziek in de noise cancelling headphones die werd afgespeeld via de laptop, lag tussen een volume van 54 en 64.

Enquête 1

In de eerste enquête (zie bijlage B) zijn er vragen gesteld over

de algemene kenmerken van de proefpersonen, zoals de naam, de leeftijd en het geslacht van de proefpersoon. Ook werden er relevante vragen voor het onderzoek gesteld, zoals hoeveel een persoon per week sport en hun favoriete genre muziek. Een getrainde hartspier fluctueert namelijk door veel sporten minder bij zowel emotionele als fysieke inspanning. Het luisteren naar een favoriet genre muziek kan meer emotionele inspanning veroorzaken [17]. Aangezien leerlingen gestresst kunnen zijn voor een komende toets of deadline, is ook hier naar gevraagd in de enquête. Ook moesten de leerlingen hun huidige stressniveau aangeven op een schaal van 1-10 (1= geen stress, 10= heel veel stress). De enquête is op papier ingevuld.

Onderzoek

Factoren die constant werden gehouden zijn de omgevingstemperatuur, de ruimte waarin de proefpersonen werden getest, het volume van de audio waarnaar de proefpersoon luisterde en een rustige omgeving. Het onderzoek werd bij alle proefpersonen op dezelfde dag afgenomen, tijdens een schooldag.

Leerlingen werden vooraf aan het onderzoek inhoudelijk niets verteld over hoe het onderzoek zal verlopen. Dit is om een spontane reactie te kunnen meten tijdens het onderzoek. De proefpersonen werden individueel getest, zodat er zo min mogelijk afleiding was en de proefpersonen niet onderling konden overleggen tijdens het onderzoek.

Eerst werd er bij de proefpersonen de eerste enquête afgenomen, zie Enquête 1 hierboven voor meer informatie (bijlage B).

Na het invullen van de enquête begon het onderzoek. De ingevulde enquête werd ingenomen. Voor het luisteren naar de muziek zijn de ademhalingsfrequentie, hartslag en bloeddruk gemeten en genoteerd. Deze zijn door de twee onderzoekers afwisselend afgenomen. Daarna kreeg de proefpersoon een koptelefoon op waar één van de twee nummers op afgespeeld werd, óf de versnelde versie, óf de vertraagde versie. Dit nummer kregen ze twee tot drie minuten te horen. Na ongeveer tweederde van de luistertijd werden de ademhalingsfrequentie, hartslag en bloeddruk weer gemeten en genoteerd. Deze metingen gebeurden dus nog tijdens het luisteren van het nummer.

Na het onderzoek is gevraagd aan de proefpersonen om een tweede enquête in te vullen, zie Enquête 2 hieronder voor meer informatie (bijlage C).

Na het inleveren van de tweede enquête is de proefpersonen verteld waar het onderzoek over ging. De al geteste proefpersonen werden afgezonderd van de nog niet geteste proefpersonen en gevraagd om niet tegen andere leerlingen te vertellen waar het onderzoek over ging.

Enquête 2

Bij de tweede enquête (bijlage C) zijn er gerichte vragen over het onderzoek gesteld. Er werd gevraagd naar de ervaringen tijdens het onderzoek van de proefpersoon, of het beluisterde nummer onder hun favoriete genre muziek viel en ze konden eventueel ook nog vragen stellen. De enquête is op papier ingevuld.

Resultaten

Er zijn in totaal 13 leerlingen onderzocht, waarvan drie mannen en tien vrouwen. Allen zijn tussen de 16 en 18 jaar oud. Zie tabel 3 voor de algemene kenmerken van de proefpersonen en de overige resultaten uit de enquêtes, zoals het aantal sporturen

per week en het stressniveau.

Door een opmerking van proefpersoon 11, over het feit dat deze meent 'zich vervelend te voelen door bloed en bloed gerelateerde dingen, zoals de bloeddrukmeter', kan eventuele angst alle metingen bij deze persoon beïnvloed hebben, zie 2.3 Adrenaline. Ook meldde deze persoon altijd een verhoogde bloeddruk en hartslag te hebben. Daarom zijn de metingen van persoon 11 niet meegenomen in de resultaten.

In Bijlage D zijn de bijbehorende tabellen 1 t/m 6 te vinden.

In tabel 1 zijn de gemiddelde veranderingen vermeld van de hartslag, ademhalingsfrequentie en bloeddruk na het luisteren van het liedje 'Niets tussen' met een BPM van 70 en 110, en van beide BPM samen. In tabel 2 staan deze gegevens voor het liedje 'Everloving'.

In tabel 4 staan de gemeten gegevens voor en na het luisteren weergegeven bij het nummer Niets Tussen - Froukje. NS staat voor Niets Tussen Snel (de 110 BPM versie van het liedje) en NL staat voor Niets Tussen Langzaam (de 70 BPM versie). Tabel 5 bevat de gemeten gegevens voor en na het luisteren weergegeven bij het nummer Everloving - Moby. Hierbij staat ES voor Everloving Snel (110 BPM) en EL staat voor Everloving Langzaam (70 BPM).

Tabel 6 bevat de gemiddelde verandering van de hartslag, ademhalingsfrequentie en bloeddruk na het luisteren van beide nummers bij elkaar, opgedeeld in 70 en 110 BPM.

Ook zijn er in bijlage D boxplots te vinden (figuren 2-7) van de metingen bij de liedjes van 70 en 110 BPM, voor en na het meten. Hierbij zijn de resultaten van de twee liedjes met hetzelfde BPM bij elkaar genomen. Zo zijn in figuur 2 de hartslagwaarden bij de liedjes van 70 BPM voor en na het luisteren naar de muziek weergegeven, en bij figuur 3 de hartslagwaarden voor en na bij de liedjes van 110 BPM. Figuur 4 (voor de liedjes van 70 BPM) en 5 (voor de liedjes van 110 BPM) tonen dit voor de ademhalingsfrequentie. Figuur 6 toont de bloeddrukwaarden voor en na het luisteren van de liedjes van 70 BPM en figuur 7 van 110 BPM, gesplitst in onderdruk en bovendruk voor en na het meten.

Niets Tussen - Froukje

Zie tabel 1 voor de veranderingen in hartslag, ademhaling en bloeddruk na het luisteren van het liedje 'Niets tussen' met een BPM van 70 en 110, en van de beide BPM samen. In tabel 4 zijn alle gemeten gegevens bij het nummer Niets Tussen - Froukje voor en na het luisteren weergegeven.

Bij de 110 BPM versie van het nummer 'Niets Tussen' is bij één persoon de hartslag omhoog gegaan, bij twee personen omlaag gegaan en bij één persoon gelijk gebleven. De ademhalingsfrequentie is bij alle proefpersonen redelijk constant gebleven. De bloeddruk is bij drie personen omhoog gegaan en bij één persoon omlaag gegaan. Bekijk ook bijlage D.

Bij de 70 BPM versie van het nummer 'Niets Tussen' is bij alle vier de proefpersonen de hartslag omlaag gegaan. Bij allen is de ademhalingsfrequentie redelijk constant gebleven, behalve bij proefpersoon 4 waarvan de ademhalingsfrequentie met 5 ademhalingen per minuut omlaag ging. Bij twee personen is de bloeddruk omlaag gegaan en bij twee personen omhoog. Bij één iemand is de bloeddruk gelijk gebleven.

Everloving - Moby

Zie tabel 2 voor de veranderingen in hartslag, ademhaling en bloeddruk na het luisteren van het liedje 'Everloving' met een

BPM van 70 en 110, en van beide BPM samen. In tabel 5 staan de gemeten gegevens voor en na het luisteren weergegeven bij het nummer Everloving - Moby.

Bij de 110 BPM versie van het nummer 'Everloving' is de hartslag bij beide proefpersonen gedaald. De ademhalingsfrequentie is bij allen redelijk constant gebleven. De bloeddruk is bij één persoon omhoog gegaan en bij de ander gedaald.

Bij de 70 BPM versie van het nummer 'Everloving' is bij één de persoon de hartslag gestegen en bij één persoon gezakt. De ademhalingsfrequentie is bij allebei redelijk constant gebleven. De bloeddruk is bij één persoon gestegen en bij één persoon gezakt.

Conclusie

In conclusie wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag: In hoeverre heeft het aantal BPM van muziek invloed op de hartslag, ademhalingsfrequentie en bloeddruk van leerlingen uit het leerjaar 6 VWO?.

Negen van de twaalf proefpersonen hadden een daling in hartslag, maar er werd geen duidelijk verschil in bloeddruk en ademhalingsfrequentie aangetoond.

Bij de nummers van 70 BPM is er een gemiddelde daling van de hartslag (-3,67 slagen per minuut), een gemiddelde daling van de bovendruk (-0,83 mmHg), een gemiddelde daling van de onderdruk (-3 mmHg) en een gemiddelde daling van de ademhalingsfrequentie (-0,83 ademhalingen per minuut) gemeten. Zie tabel 6.

Bij de nummers van 110 BPM is er een gemiddelde daling van de hartslag (-4,17 slagen per minuut), een gemiddelde daling van de bovendruk (-0,33 mmHg), een gemiddelde stijging van de onderdruk (+3,67 mmHg) en een gemiddelde daling van de ademhalingsfrequentie (-0,17 ademhalingen per minuut) gemeten.

De veranderingen in ademhalingsfrequentie en bloeddruk waren te klein om een duidelijk verschil aan te kunnen duiden. Er is een indicatie gevonden dat muziek een invloed heeft op de hartfrequentie, waarbij er geen duidelijk verschil is gevonden tussen de twee verschillende BPM. De hartslag ging bij 70 BPM gemiddeld 3,67 slagen per minuut omlaag en bij 110 BPM gemiddeld 4,17 slagen per minuut omlaag.

Discussie

Interpretatie resultaten

In de conclusie is geconcludeerd dat er na het luisteren naar de muziek van zowel 70 BPM als 110 BPM vooral een verandering in de hartslag is gemeten tijdens dit onderzoek. Dit kan als volgt verklaard worden:

In het theoretisch kader is te lezen hoe het sympathisch zenuwstelsel alle automatische processen in het menselijk lichaam regelt, ook de variabelen die in dit onderzoek zijn gemeten, in het bijzonder de hartfrequentie. Bij een stressprikkel, welke ook door opwindning kan komen, zorgt het sympathisch zenuwstelsel ervoor dat er meer bloed naar de spieren gaat, o.a. onder invloed van het hormoon adrenaline, om zich voor te bereiden op een zogenaamde "Fight or Flight" reactie. Het luisteren naar de muziek kan voor zowel stress als opwindning hebben gezorgd bij de proefpersonen, maar ook voor meer rust. Hierdoor wordt het sympathisch minder actief op o.a. het gebied van de hartslagfrequentie. Een verminderde bloedtoevoer is nodig, het brein zit namelijk minder in die "Fight or Flight" reactie, waardoor de hartslagfrequentie omlaag is gegaan.

De resultaten uit de enquête zijn te vinden in tabel 3: Algemene kenmerken van de proefpersonen. De beweegrichtlijnen van de Gezondheidsraad zijn dat een kind/tiener gemiddeld een uur per dag (matig intensief) moet bewegen [31]. Hier komen de proefpersonen met een gemiddelde van 5,83 uur per week niet aan. Zeker tijdens de coronapandemie is het belangrijk om te sporten. Niet alleen om meer conditie op te bouwen, maar ook omdat sporten het stressniveau, vooral als deze gelinkt is met corona, kan verlagen [32].

Een tiener tussen de 14 en 17 jaar moet gemiddeld 8-10 uur slaap per dag krijgen, een jongvolwassene (18-25 jaar) 7-9 uur [33]. Met een gemiddelde van 7,71 uur slaap per dag, vallen de proefpersonen gemiddeld net binnen het groene gebied. Te weinig slapen kan o.a. zorgen voor vermoeidheid, en dus verminderd concentratieniveau en verminderde schoolprestaties - wat stress op kan leveren, overgewicht door een verstoring van de stofwisseling en instabieler gedrag [34]. Aangezien de proefpersonen gemiddeld genoeg slaap krijgen, zal dit geen tot weinig invloed hebben gehad op de resultaten. De proefpersonen hebben op een schaal van 1 (nauwelijks tot geen stress) tot 10 (heel veel stress) kunnen aangeven hoe gestressed ze zich voelden, waar een gemiddelde van 6,92 uit kwam. Dit ligt best hoog, zeker omdat het grote merendeel van de proefpersonen aangaf geen deadline of toets te hebben dezelfde/volgende dag. Het hebben van een hoger stress level kan leiden tot concentratie en geheugen problemen, waardoor de proefpersonen zich mogelijk slechter konden concentreren op het onderzoek [35]. Dit kan een effect hebben gehad op de resultaten.

Het meten van de hartslag had een meetfout van +/- 2 slagen per minuut. Bij het meten van de hartslag is het gemiddelde genomen over 20 seconden. De gemiddelde verandering in het aantal slagen per minuut die uit de resultaten zijn gekomen gaven een daling van 3,67 slagen per minuut bij 70 BPM en een daling van 4,17 slagen per minuut bij 110 BPM (zie tabel 6). Door de grootte van de meetfout is het gemeten verschil zodanig klein, dat er alleen sprake kan zijn van een indicatie op een daling van de hartslag. Deze resultaten zijn niet te generaliseren op een grotere populatie.

Het meten van de ademhalingsfrequentie had een meetfout van +/-1 ademhalingen per minuut. Aangezien de ademhalingsfrequentie gemiddeld een daling van 0,83 ademhalingen per minuut had bij 70 BPM en een daling van 0,17 ademhalingen per minuut had bij 110 BPM (zie tabel 6), kunnen uit deze zeer kleine gemiddelde veranderingen met deze meetfout niet worden vastgesteld dat er sprake is van een verschil.

De bloeddruk had een meetfout van +/-4 mmHg, aangezien er kon afgelezen worden tot 2 mmHg specifiek. De bloeddruk is voor en na het luisteren van de muziek 2 keer gemeten, dus 4 keer in totaal. Van de twee keer meten is telkens het gemiddelde genomen. De gemiddelde verandering van de bloeddruk was bij 70 BPM -0,83/-3 mmHg, en bij 110 BPM was deze -0,33/+3,67. Ook bij deze resultaten kan dus door de kleine verandering en de meetfout van +/-4 mmHg niet vastgesteld worden dat er sprake is van een verschil.

Het onderzoek

Er waren 13 proefpersonen betrokken in dit onderzoek, waarvan nog één persoon afviel, dus de onderzoeksgroep was zeer klein. Hierdoor zijn de resultaten van het onderzoek niet te generaliseren tot een grotere populatie en niet valide op

grotere schaal. Om een betere externe validiteit te krijgen in een vervolgonderzoek, kan er gebruik worden gemaakt van een grotere groep proefpersonen. Ook kunnen er voor vervolgonderzoek proefpersonen van verschillende sociale klassen en opleidingsniveaus worden gevraagd waardoor het resultaat nog meer te generaliseren is.

Om in vervolgonderzoek de resultaten beter te kunnen verwerken en de conclusie betrouwbaarder te maken, is het aan te raden gebruik te maken van het berekenen van de significantie met een p-waarde. Dit zou bijvoorbeeld kunnen worden gedaan met een gepaarde t-toets, waarbij er gekeken wordt of de nulhypothese (het aantal BPM heeft geen invloed op de hartslagfrequentie/ademhalingsfrequentie/bloeddruk) verworpen kan worden of niet [36].

Door het gebruik van een kleine onderzoeksgroep waarbij relatief grote uitschieters te zien zijn, lijken de boxplots in bijlage D erg uiteen te lopen. Hierdoor kan van alleen deze boxplots geen goede conclusie worden getrokken, aangezien de resultaten niet nauwkeurig zijn. Wanneer er een grote onderzoeksgroep zou kunnen zijn onderzocht, kunnen deze resultaten naar verwachting een duidelijker verschil aangeven tussen de beide groepen.

In dit onderzoek kon er geen EDA-meter gebruikt worden voor het meten. Doordat de transpiratie en huidgeleiding dus niet gemeten konden worden tijdens het onderzoek, zullen de resultaten minder aanvaardbaar zijn voor het vaststellen van een duidelijke conclusie. Een aanbeveling is om dit wel te gebruiken in een volgend onderzoek.

Inspanning en het ontspannen na inspanning kan invloed hebben op de gemeten variabelen. Om te zorgen dat dit geen invloed had op de gemeten resultaten, kregen de proefpersonen tijd om een aantal minuten rustig te zitten voordat het meten begon. Hierdoor is het aan te nemen dat de veranderingen in de gemeten waarden voor het onderzoek ten opzichte van de gemeten waarden na het onderzoek veroorzaakt werden door de muziek waarnaar werd geluisterd.

Om een nauwkeuriger en betrouwbaarder resultaat te krijgen, zijn de bloeddruk en hartslag telkens aan dezelfde kant van het lichaam gemeten. Ook is de hartslag over een periode van twintig seconden gemeten, waardoor het geen momentopname was. Dit zorgt voor een betrouwbaarder resultaat.

Aangezien er met een analoge bloeddrukmeter is gewerkt, was de kans op afleesfouten redelijk groot, met een meetfout van +/- 4 mmHg. Ondanks het feit dat er meerdere keren werd gemeten is het onvermijdelijk dat er fouten kunnen zijn gemaakt bij het aflezen van de waarden. Bovendien kan het voorkomen dat, doordat de bloeddruk niet door één iemand en niet door professionals werd gemeten, er een andere manier van aanpak voor het meten is voor elk individu. Denk bijvoorbeeld aan hoe strak en hoe hoog de bloeddrukband werd aangelegd en waar de stethoscoop werd geplaatst en met welke druk. Door de redelijk korte tijd waarin het onderzoek gepland was, was het lastig om precies af te stemmen hoe de waarden werden gemeten en is er weinig tijd geweest om het meten te oefenen. Door beter af te stemmen hoe de meetmaterialen precies gebruikt moeten worden, en elkaar een handje te helpen waar nodig, zullen de resultaten preciezer zijn. Ook is het aanbevolen om in een vervolgonderzoek een digitale bloeddrukmeter te gebruiken, zodat zowel de menselijke fout als de meetfout verminderd wordt.

Helaas was er soms sprake van geluidsoverlast door leerlingen die in de gang buiten het lokaal aan het praten waren en

muziek aan het luisteren waren. Ondanks het feit dat de geluiddempende koptelefoon zorgde voor minder afleiding, ervoeren sommigen nog irritatie aan het geluid van leerlingen in de gang tijdens het invullen van de enquête. Door in het vervolg een rustigere ruimte uit te kiezen kan dit voorkomen worden. Wel gaven de proefpersonen aan hier weinig tot geen last van gehad te hebben tijdens het luisteren naar de muziek.

De muziek

De gekozen nummers zijn in tempo verhoogd en verlaagd door middel van het computer programma Audacity. Eerst was het nog de vraag of dit de toonhoogte van het nummer zou veranderen en dus een effect zou hebben op het resultaat, volgens de formule $v = f * \lambda$ [13].

Dit betekent dat als het geluid versnelt (v), de golflengte (λ) kleiner wordt waardoor de frequentie (f) hoger wordt en de toonhoogte dus stijgt. Maar, met het programma Audacity is er een mogelijkheid om het tempo te veranderen zonder dat de toonhoogte wijzigt. Dit kan dus geen effect hebben gehad op het resultaat.

De temperatuur van het lokaal en het lokaal zelf zijn gedurende het hele onderzoek hetzelfde gebleven. Het volume van de muziek is over het algemeen op volume 54 (voor Niets Tussen - Froukje) of volume 64 (voor Everloving - Moby) gebleven, behalve als de proefpersoon vroeg of het harder of zachter kon. Dit wordt in deze paper echter buiten beschouwing gelaten, aangezien slechts één iemand vroeg of het volume naar 64 kon (bij het liedje Niets Tussen).

Er is voor de 70 en 110 BPM gekozen, omdat 70 BPM correleert met de hartslag in rust; 60-100 slagen per minuut bij mensen ouder dan 12 jaar [17]. Oorspronkelijk was er voor 130 BPM gekozen voor de andere versie van de nummers, maar bij het bewerken van de muziek werd gemerkt dat de muziek vervormd begon te klinken. Dit kon mogelijk invloed hebben op de resultaten, doordat de proefpersonen zich zouden focussen op "wat er mis is met de muziek", in plaats van de muziek zelf. Hierdoor is gekozen om een versie van 110 BPM te gebruiken, aangezien deze wel normaal klonk.

Eindconclusie

Wegens meerdere limitaties zoals de groepsgrootte die onderzocht werd, het ontbreken van EDA-metingen en een analoge bloeddrukmeter valt er niet goed te concluderen in hoeverre de BPM van muziek invloed op de hartslag, ademhalingsfrequentie en bloeddruk van leerlingen uit het leerjaar 6 VWO heeft. Wel geeft het onderzoek een indicatie op het verlagen van de hartslag door het luisteren naar muziek. In een vervolgonderzoek kunnen bovenstaande punten in acht worden genomen en is het aan te raden om beter te kijken naar de link met het sympathisch zenuwstelsel door meer variabelen te onderzoeken. Ook is het aan te raden om gebruik te maken van een statistische toets om de resultaten beter te kunnen verwerken en de conclusie betrouwbaarder te maken.

Bibliografie

[1] Common Sense. (2019). The common sense census: Media use by tweens and teens. Common Sense Media. <https://www.common sense media.org/sites/default/files/uploads/research/2019-census-8-to-18-ful-l-report-updated.pdf>

[2] Miell, D., MacDonald, R. A. R., & Hargreaves, D. J. (2017). Handbook of Musical Identities. Oxford University Press. <https://books.google.nl/>

[3] Ter Bogt, T., 2005. Every Day It Hurts To Get Up": Muziek, zelfbeschadiging en suïcidetendities onder adolescenten. Universiteit Utrecht (ongepubliceerde pilotstudie).

[4] Labbé, E., Schmidt, N., Babin, J., & Pharr, M. (2007). Coping with stress: the effectiveness of different types of music. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 32(3), 163-168.

[5] Schaal, N. K., Brückner, J., Wolf, O. T., Ruckhäberle, E., Fehm, T., & Hepp, P. (2021). The effects of a music intervention during port catheter placement on anxiety and stress.

[6] De Man, J., Rens, E., Wouters, E., Van Den Broeck, K., Buffel, V., & Lorant, V. (2021). Het effect van de covid-19-lockdown op de mentale gezondheid van jongeren. *MediSfeer*, 6.

[7] Wat is het zenuwstelsel? (2021, 6 juli). Nederlands Herseninstituut. Geraadpleegd op 26 november 2021, van <https://herseninstituut.nl/brainfacts/zenuwstelsel/>

[8] Slingeland Ziekenhuis Doetinchem. (z.d.). Anatomie van het zenuwstelsel > Kenniscentrum Neurologie Slingeland Ziekenhuis. Slingeland Ziekenhuis. Geraadpleegd op 26 november 2021, van <https://neurologie.slingeland.nl/kenniscentrum/Algemene-informatie/Anatomie/Zenuwstelsel/2442/2475/2518>

[9] Wolters, E.C. and Groenewegen, H.J., 2006. Neurologie: structuur, functie en dysfunctie van het zenuwstelsel. Bohn Stafleu Van Loghum.

[10] Weerbaar tegen stress | Stichting OrthoKennis. (2017, 15 september). Copyright © Orthokennis - All rights reserved. Geraadpleegd op 26 november 2021, van <https://www.orthokennis.nl/nieuws/weerbaar-tegen-stress>

[11] Biologie voor jou, leeropdrachtenboek 6VWO BVJ (Vol. 2021). (2021). Malmberg.)

[12] Functie van het sympathische zenuwstelsel - Medicinfo Encyclopedie. (z.d.). MedicinInfo. <https://encyclopedia.medicinfo.nl/functie-van-het-sympathische-zenuwstelsel>

[13] V., & De Groot, P. (2013). Binas 6e havo/vwo informatieboek (6de editie). Noordhoff.

[14] Kaptein, A.A., Prins, J.B., Collette, E.H. and Hulsman, R.L. eds., 2010. Medische psychologie. Bohn Stafleu van Loghum.

[15] Braithwaite, J.J., Watson, D.G., Jones, R. and Rowe, M., 2013. A guide for analysing electrodermal activity (EDA) & skin conductance responses (SCRs) for psychological experiments. *Psychophysiology*. Geraadpleegd van <https://www.lancaster.ac.uk/media/lancaster-university/content-assets/documents/psychology/ABriefGuideforAnalysingElectrodermalActivityv4.pdf>

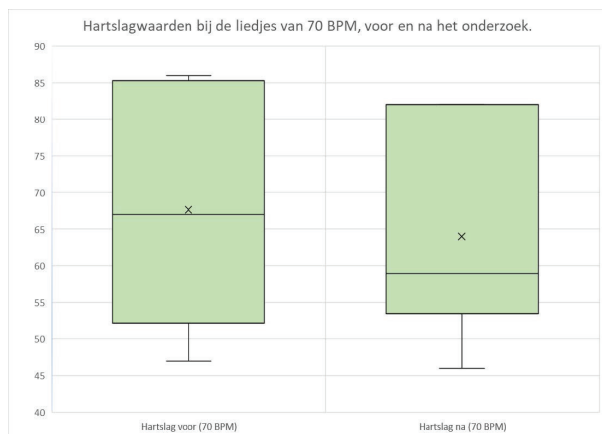
[16] Biologie voor jou, leeropdrachtenboek 6VWO BVJ (Vol. 2021). (2021). Malmberg.)

[17] De Nederlandse Hartstichting. (z.d.). Normale hartslag. Hartstichting. Geraadpleegd op 26 november 2021, van <https://www.hartstichting.nl/hart-en-vaatziekten/gids-harttritte/normale-hartslag?tab=1>

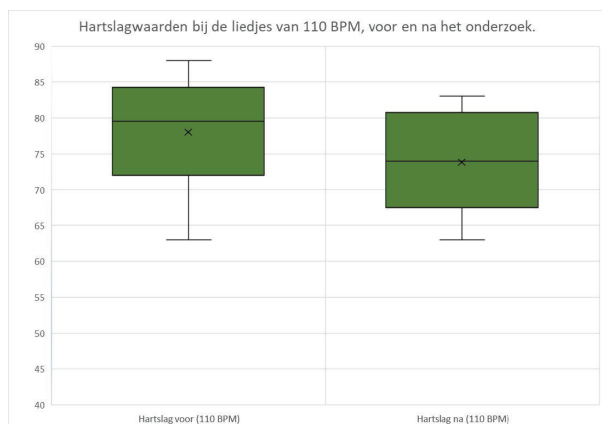
[18] Bradt, J., Dileo, C., Magill, L., & Teague, A. (2016). Music interventions for improving psychological and physical outcomes in cancer patients. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (8).

[19] De Nederlandse Hartstichting. (z.d.). Uitleg over je bloeddruk. Hartstichting. Geraadpleegd op 27 november

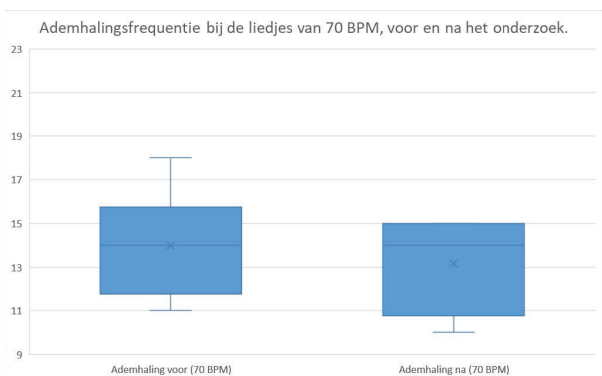
- 2021, van <https://www.hartstichting.nl/risicofactoren/gids-bloeddruk/bloeddrukwaarden?tab=1>
- [20] Nederlands Huisartsen Genootschap, ABCDE-methode voor huisartsen; indicatie van normaalwaarden. Geraadpleegd op 27 november 2021, van <https://onderwerpen.nhg.org/spoedzorg/abcde/#normaalwaarden>
- [21] Arora, V., & Kumar, R. (2014). Probability distribution estimation of music signals in time and frequency domains. 2014 19th International Conference on Digital Signal Processing. <https://doi.org/10.1109/icdsp.2014.6900696>
- [22] Iwanaga, M. (1995b). Relationship between heart rate and preference for tempo of music. *Perceptual and Motor Skills*, 81(2)
- [23] Knight, W. E., & Rickard PhD, N. S. (2001). Relaxing music prevents stress-induced increases in subjective anxiety, systolic blood pressure, and heart rate in healthy males and females. *Journal of music therapy*, 38(4), 254–272. <https://doi.org/10.1093/jmt/38.4.254>
- [24] Protocol bloeddruk meten. (2013). Nederlands Huisartsen Genootschap. Geraadpleegd op 27 november 2021, van https://www.nhg.org/sites/default/files/content/nhg_org/uploads/002protocol_bloeddruk_meten_feb13.pdf
- [25] Bloeddrukmeting bij CVRM - Richtlijn - RichtlijnenDatabase. (2019, 6 maart). RichtlijnenDatabase. Geraadpleegd op 26 november 2021, van https://richtlijnenDatabase.nl/richtlijn/cardiovasculair_risicomanagement_cvr/risicofactor_interventie_bij_cvr/bloeddruk_bij_cvr/bloeddrukmeting_bij_cvr.html
- [26] Van Dyck, E., Six, J., Soyer, E., Denys, M., Bardijn, I., & Leman, M. (2017). Adopting a music-to-heart rate alignment strategy to measure the impact of music and its tempo on human heart rate. *Musicae Scientiae*, 21(4), 390-404.
- [27] M. (2014, 1 augustus). Moby - Everloving (Official Audio). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=gMNB8BqAJdY&feature=youtu.be>
- [28] Topic, F. (2021, 5 augustus). Niets Tussen (Instrumental). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5drbLflWrlc&feature=youtu.be>
- [29] Audacity (3.1). (2012). [Audio Software]. <https://www.audacityteam.org/>
- [30] Autonomic nervous system (involuntary). (z.d.). [Illustratie]. BackyardBrains. Geraadpleegd op 27 november 2021, van https://backyardbrains.com/experiments/img/AutonomicNervousSystem_web.jpg
- [31] Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. (2021, 4 januari). Beweegrichtlijnen 2017. Advies | Gezondheidsraad. Geraadpleegd op 8 januari 2022, van <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2017/08/22/beweegrichtlijnen-2017>
- [32] Caputo, E. L., & Reichert, F. F. (2020, november). Studies of Physical Activity and COVID-19 During the Pandemic: A Scoping Review (Volume 17: Issue 12). *Journal of Physical Activity and Health*. <https://doi.org/10.1123/jpah.2020-0406>
- [33] Slapen | Cijfers & Context | Huidige situatie | Volksgezondheidszorg.info. (z.d.). Volksgezondheid en Zorg. Geraadpleegd op 8 januari 2022, van <https://www.volksgezondheidszorg.info/onderwerp/slapen/cijfers-context/huidige-situatie#node-slaapduur-naar-leeftijd>
- [34] Redactie. (2018, 14 september). De gevolgen van slaapttekort bij kinderen. Huisarts.nl. Geraadpleegd op 8 januari 2022, van <https://www.huisarts.nl/slaapttekort-bij-kinderen-heeft-grote-gevolgen/>
- [35] De Hart & Vaatgroep & Hartstichting. (2014, januari). Stress en hart- en vaatziekten: Verbanden in kaart gebracht. https://www.harteraad.nl/wp-content/uploads/2018/03/stress_en_hart_en_vaatziekte.pdf
- [36] Aarts, S., & Wouters, E. (2018). De t-toets en de analysis of variance, ANOVA. *Podosophia*, 26(1). https://doi.org/10.1007/s12481-018-0187-8books?id=u2N7DwAAQBAJ&dq=importance+music+in+youth&lr=&hl=nl&source=gbs_navlinks_s



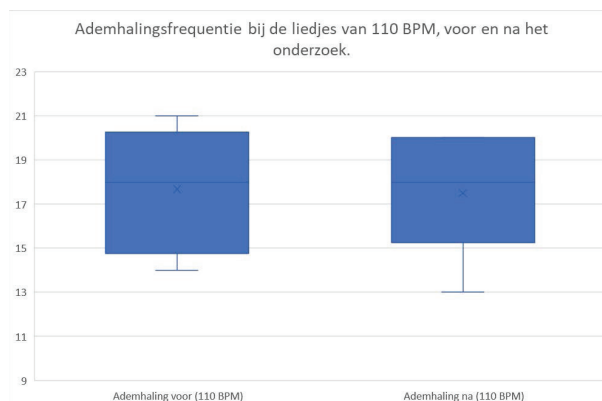
Figuur 2, Hartslagwaarden in slagen per minuut bij de liedjes van 70 BPM, voor (links) en na (rechts) het luisteren naar de muziek.



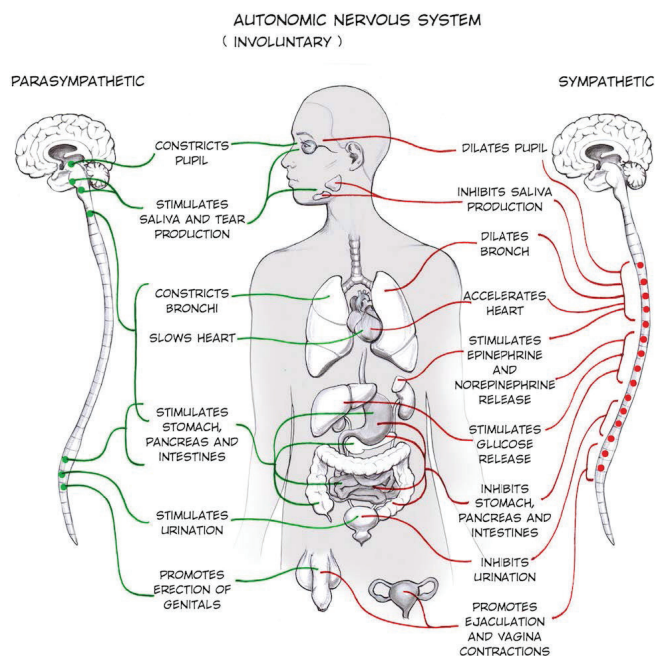
Figuur 3, Hartslagwaarden in slagen per minuut bij de liedjes van 110 BPM, voor (links) en na (rechts) het luisteren naar de muziek.



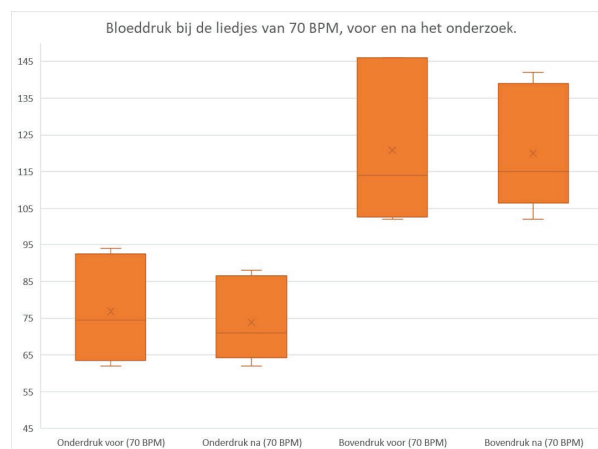
Figuur 4, Ademhalingsfrequentie in ademhalingen per minuut bij de liedjes van 70 BPM, voor (links) en na (rechts) het luisteren naar de muziek.



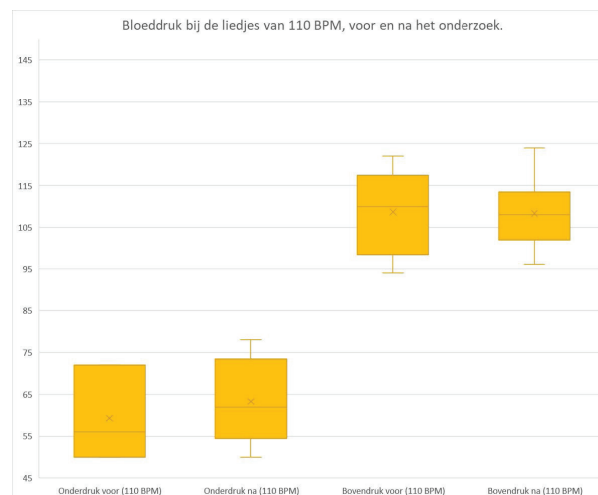
Figuur 5, Ademhalingsfrequentie in ademhalingen per minuut bij de liedjes van 110 BPM, voor (links) en na (rechts) het luisteren naar de muziek.



Figuur 1, Het onderscheid tussen het parasympathisch en sympathisch zenuwstelsel [30].



Figuur 6, Bloeddruk in mmHg bij de liedjes van 70 BPM, de onderdruk voor het luisteren (links), de onderdruk na het luisteren (links midden), de bovendruk voor het luisteren (rechtsmidden) en de bovendruk na het luisteren (rechts) van de muziek.



Figuur 7, Bloeddruk in mmHg bij de liedjes van 110 BPM, de onderdruk voor het luisteren (links), de onderdruk na het luisteren (links midden), de bovendruk voor het luisteren (rechts midden) en de bovendruk na het luisteren (rechts) van de muziek.

Bijlage A: Enquête 1

Naam:

Leeftijd:

Gender:

Leerjaar en niveau:

Gemiddeld aantal uren slaap per nacht:

Gemiddeld aantal uren sport per week (incl. school gym):

Gemiddeld stressniveau (1= geen stress, 10= heel veel stress):

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Heb je vandaag of morgen een toets of deadline? Ja - Nee

Favoriete muziekgenre (en eventueel een voorbeeld):

Verwachting van het onderzoek:

Bijlage B: Enquête 2

Mening geluisterd nummer (1=verschrikkelijk, 10= geweldig):

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Zou je zeggen dat dit nummer onder jouw lievelingsgenre valt?:

Stressniveau nu i.v.m. voor het onderzoek: minder stress / evenveel stress / meer stress, en waarom je dat denkt:

Wat vond je van het onderzoek?:

Heb je nog vragen? Zo ja, laat dan ook je contactinformatie (zoals je schoolmail) achter.

Heb je nog op/aanmerkingen? Hoe kon het onderzoek volgens jou beter verlopen?

Bijlage C: Tabellen

	ΔHartslag in slagen per minuut Gemiddeld [s.d.]	ΔAdemhalingsfrequentie in ademhalingen per minuut Gemiddeld [s.d.]	ΔBloeddruk in mmHg Gemiddeld [s.d.]
70 BPM	-5 [-1;-12]	-1 [+1;-5]	-2/-2 [+2;-8 en +4;-6]
110 BPM	-3,25 [+5;-10]	0 [+1;-1]	+1/+4 [+10;-6 en +10;0]
Beide BPM samen	-4,13 [+5;-12]	-0,5 [+1;-5]	-0,5/+1 [+10;-8 en +10;-6]

Tabel 1, Veranderingen in hartslag, ademhalingsfrequentie en bloeddruk na het luisteren van het liedje 'Niets tussen' met een BPM van 70 en 110, en van beide BPM samen.

+ Betekent dat de waarde bij de tweede meting omhoog is gegaan ten opzichte van de eerste meting.

- Betekent dat de waarde bij de tweede meting omlaag is gegaan ten opzichte van de eerste meting.

	ΔHartslag in slagen per minuut Gemiddeld [s.d.]	ΔAdemhalingsfrequentie in ademhalingen per minuut Gemiddeld [s.d.]	ΔBloeddruk in mmHg Gemiddeld [s.d.]
70 BPM	-1 [+2;-4]	-0,5 [+1;-2]	+1,5/-5 [+7;-4 en -4;-6]
110 BPM	-6 [-5;-7]	-0,5 [0;-1]	-3/+3 [+2;-8 en +6;0]
Beide BPM samen	-3,5 [+2;-7]	-0,5 [+1;-2]	-0,75/-1 [+7;-8 en +6;-6]

Tabel 2, Veranderingen in hartslag, ademhalingsfrequentie en bloeddruk na het luisteren van het liedje 'Everloving' met een BPM van 70 en 110, en van beide BPM samen.

+ Betekent dat de waarde bij de tweede meting omhoog is gegaan ten opzichte van de eerste meting.

- Betekent dat de waarde bij de tweede meting omlaag is gegaan ten opzichte van de eerste meting.

	N	%	Gemiddelde
Geslacht			
- Man	3	25,0	-
- Vrouw	9	75,0	-
Leeftijd			
- 16 jaar	1	8,3	17,17 jaar
- 17 jaar	8	66,7	
- 18 jaar	3	25,0	
Aantal sporturen per week			
- 1-3	3	25,0	5,83 uur
- 4-6	4	33,3	
- 7-10	5	41,7	
Aantal uren slaap per dag			
- 5-6,5	2	16,7	7,71 uur
- 7-8,5	9	75,0	
- 9-10	1	8,3	
Stress Score (1= geen stress, 10= heel veel stress)			
- 1-3	0	0,0	6,92
- 4-6	4	33,3	
- 7-10	8	66,7	

Tabel3, Algemene kenmerken van de proefpersonen.

		Voor			Na		
Persoon + geslacht	Nummer	Hartslag frequentie	Ademhaling sfrequentie	Bloeddruk in mmHg	Hartslag frequentie	Ademhaling sfrequentie	Bloeddruk in mmHg
1 (V)	NS	75	15	110/60	80	16	104/62
2 (V)	NL	47	11	110/64	46	11	108/68
3 (V)	NS	79	21	110/50	69	20	108/50
4 (V)	NL	72	18	102/62	60	13	102/62
5 (V)	NS	63	20	94/52	63	20	96/56
6 (M)	NL	85	15	118/94	82	15	120/88
7 (V)	NS	80	18	100/52	72	18	110/62
8 (M)	NL	62	14	146/92	58	15	138/86

Tabel 4, De gemeten gegevens bij het nummer Niets Tussen - Froukje. NS staat voor Niets Tussen Snel (110 BPM) en NL staat voor Niets Tussen Langzaam (70 BPM). De hartslag is weergegeven in slagen per minuut, de ademhalingsfrequentie in aantal ademhalingen per minuut (M=man, V=vrouw).

		Voor			Na		
Persoon + gender	Nummer	Hartslag frequentie	Ademhaling sfrequentie	Bloeddruk in mmHg	Hartslag frequentie	Ademhaling sfrequentie	Bloeddruk in mmHg
9 (V)	ES	83	14	122/72	76	13	124/78
10 (V)	EL	86	12	103/71	82	10	110/65
12 (M)	EL	54	14	146/78	56	15	142/74
13 (V)	ES	88	18	116/72	83	18	108/72

Tabel 5, De gemeten gegevens bij het nummer Everloving - Moby. ES staat voor Everloving Snel (110 BPM) en EL staat voor Everloving Langzaam (70 BPM). Persoon 11 ontbreekt, zie resultaten voor de reden. De hartslag is weergegeven in slagen per minuut, de ademhalingsfrequentie in aantal ademhalingen per minuut (M=man, V=vrouw).

	Δ Hartslag per minuut Gemiddeld [s.d.]	Δ Ademhaling per minuut Gemiddeld [s.d.]	Δ Bloeddruk in mmHg Gemiddeld [s.d.]
70 BPM	-3,67 [+2;-12]	-0,83 [+1;-5]	-0,83/-3 [+7;-8 en +4;-6]
110 BPM	-4,17 [+5;-10]	-0,17 [+1;-1]	-0,33/+3,67 [+10;-6 en +10/0]

Tabel 6, De gemiddelde verandering van de hartslag, ademhalingsfrequentie en bloeddruk van beide nummers bij elkaar, opgedeeld in 70 en 110 BPM.

+ Betekent dat de waarde bij de tweede meting omhoog is gegaan ten opzichte van de eerste meting.

- Betekent dat de waarde bij de tweede meting omlaag is gegaan ten opzichte van de eerste meting.

De invloed van actieve, auditieve afleiding op de tijd dat acute pijn weerstaan kan worden bij jongeren

J. Lagerweij¹, J.J.C. Hesselink², C.M. Donderwinkel³, I.A.A. Ekkelkamp⁴, N. Bout¹, R. Kamperman², R. Jonker³, M.N.A. Bijman⁴

¹Etty Hillesum Lyceum, Het Vlier, Deventer

²RKSG Canisius, Almelo

³Twents Carmel College, Lyceumstraat, Oldenzaal

⁴Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - Engaging in thoughts or activities that distract attention from pain is one of the most commonly used and highly endorsed strategies for controlling pain. The capacity theory explains this principle. By using a distraction, the attention that is focused on the pain competes with the attention focused on another information processing activity. As a result of consciously directing focus to another activity, the levels of pain are reduced. However, the precise information processing activity that is the most effective is unknown. In this paper, the effectivity of an active auditive distraction to reduce pain has been researched and described. The chosen information processing activity was found to be highly effective. The test subjects that were asked to focus on an auditive stimulus and interact with it were able to handle the applied pain 46% longer than they were without the distraction. Whereas the subjects without the distraction were able to handle the pain for 10% longer than the first time pain was applied. The results demonstrate that if someone is in an acute pain situation, the pain can be reduced by asking the patient to focus on an active auditive activity, however the statistical significance of the results is considered weak. It is anticipated that this paper will be a starting point for more sophisticated research about effective distraction methods to reduce pain. For example, the effectivity of visual distraction could be tested.

Introductie

Dit onderzoek heeft als doel om meer inzicht te krijgen over de invloed van afleiding op de pijnvering bij jongeren. In dit onderzoek worden meerdere termen gebruikt. Om deze termen te begrijpen volgt in deze introductie belangrijke voorkennis waarbij bepaalde begrippen en verschijnselen extra worden toegelicht.

De International Association for the Study of Pain (IASP) definieert pijn als een onplezierige, sensorische en emotionele gewaarwording. Tevens is het een waarschuwingssysteem in het lichaam. Pijn is subjectief en heeft een vitale rol, zonder overleef je niet. (7)

Het pijnsignaal naar de hersenen geeft een teken aan ons brein dat ergens in ons lichaam gevaar dreigt en zorgt dat we hierop reageren. Dit proces verloopt als volgt; pijn begint in de zenuwen. In de sensorische zenuwen wordt een prikkel afgegeven en dit signaal wordt doorgestuurd naar het ruggenmerg en vervolgens naar de hersenen. Hierna gaat het door naar de thalamus. Deze stuurt de prikkel voor verwerking door naar verschillende gebieden in de hersenen. In de hersenen wordt beoordeeld of deze pijnsoort bekend is en wordt gekeken naar de oorsprong van het signaal. Als het signaal is afgegeven om een beweging in gang te zetten, bijvoorbeeld het wegtrekken van een hand, wordt het signaal doorgestuurd naar de desbetreffende spieren. (5)

Veel mensen hebben last van pijn, dit wordt bevestigd door bijvoorbeeld de studie van Chung en Wong uit 2007. Hier deden 2126 mensen aan mee waarvan 45,9% aangaf op dat moment pijn te ervaren. Pijn heeft een belangrijke invloed op het functioneren in het dagelijks leven. (5)

Er zijn verschillende indelingsmanieren van pijn. De meest gebruikte is op basis van de duur van de pijn. Acute pijn is pijn die wordt veroorzaakt door weefselbeschadiging en die niet langer dan 6 maanden duurt. Chronische pijn duurt meestal langer dan 6 maanden. In dit onderzoek wordt gekeken naar acute pijn. (5)

Het is lang niet altijd mogelijk om farmacologische pijnstilling

te gebruiken om pijn te verminderen of weg te nemen. Het is daarom belangrijk om meer te weten te komen over mogelijke alternatieven voor het verminderen van pijn en fysiek ongemak. (1) Het doel van dit onderzoek is om daaraan bij te dragen.

Pijn is een alarmsignaal dat veel aandacht opeist. Daarom bestaat het idee al langer dat afleiding de pijnvering vermindert. De verklaring is dat er minder aandacht overblijft voor pijn als men meer aandacht besteedt aan andere bezigheden. De aandachtscapaciteit is immers beperkt. (5+6) Dit is gebaseerd op Melzack's poorttheorie (1965). In dat onderzoek zijn de onderzoekers ervan uitgegaan dat er een mechanisme aanwezig is in ons lichaam die de hoeveelheid pijn bepaalt. Deze is aanwezig in het ruggenmerg en wordt ook wel een 'poort' genoemd. De ervaring van pijn is hier afhankelijk van de geopende of gesloten poort. Er zijn factoren die als resultaat een negatieve terugkoppeling op de poort hebben en andere factoren openen de poort. Dit betekent dat de pijnvering vermindert kan worden door factoren waarbij de poort zich sluit. De poort kan bijvoorbeeld gesloten worden door afleiding. De aandachtscapaciteit wordt bereikt waardoor de poort zich sluit. Er blijft minder aandacht over voor de pijnverwerking als er tijdens de pijnbeleving afleiding gebruikt wordt. (5)

Bepaalde soorten afleiding hebben echter meer effect dan anderen. Onderzoeken zijn hierover verdeeld, ze hebben verschillende conclusies. Actieve afleiding, waarbij cognitieve vaardigheden belangrijk zijn, is bijvoorbeeld effectiever dan passieve afleiding, waar alleen visuele of auditieve observatie nodig is. (3) Een tegenstelling is gevonden in het onderzoek van Weiss, Dahlquist, & Wollheiter, 2011, hier is er geen verschil geconstateerd tussen actieve en passieve afleiding. Het onderzoek van MacLaren & Cohen, 2005 concludeert echter dat passieve afleiding in sommige gevallen effectiever kan zijn dan interactieve afleiding.

In dit onderzoek wordt op basis van de poorttheorie ervan uitgegaan dat actieve afleiding effectiever is dan passieve afleiding. Volgens Eccleston (1955) is de afleidende taak erg

belangrijk. Deze moet voldoende aandacht opeisen maar mag niet voor stress zorgen. (5) In eerdere onderzoeken zijn er al veel verschillende soorten afleiding gebruikt. In dit onderzoek wordt er gebruik gemaakt van auditieve afleiding waarbij de proefpersonen worden blootgesteld aan constante prikkels. Dit is in overeenstemming met het onderzoek van Roelofs, Peters, van der Zijden & Vlaeyen, 2004. Deze vorm van afleiding zorgt ervoor dat er geen routine of automatisme kan ontstaan. (3) Afleiding wordt nu ook al gebruikt bij pijnbestrijding in ziekenhuizen, met name bij kinderen. (1)

Het is echter nog onduidelijk of de techniek van afleiding daadwerkelijk effect heeft. De uitkomsten van eerder uitgevoerde wetenschappelijke onderzoeken, zoals hierboven genoemd, zijn tegenstrijdig. (5)

Dit onderzoek is er daarom op gericht meer duidelijkheid en inzicht te krijgen over de werking van afleiding op de pijnervaring. Als dit onderzoek de gewenste resultaten oplevert kan dit van grote invloed zijn op meerdere sectoren in de gezondheidszorg. Mensen zouden enorm geholpen kunnen worden met afleiding als de situatie voor farmaceutische bestrijding niet het gewenste resultaat oplevert. Afleiding kan in de toekomst eventueel, na verdere ontwikkelingen, de werking van farmaceutische bestrijding helemaal overnemen.

De onderzoeksvraag luidt als volgt:

Wat is de invloed van actieve, auditieve afleiding op de tijd dat acute pijn weerstaan kan worden bij jongeren?

De hypothese is dat acute pijn langer weerstaan kan worden onder invloed van actieve, auditieve afleiding bij jongeren.

Afleiding

Voor het onderzoek is gekozen voor actieve afleiding. Uit eerder onderzoek (3) is namelijk gebleken dat actieve afleiding beter werkt dan passieve afleiding. De afleiding moet voldoende aandacht opeisen en moet daarom niet te makkelijk zijn. Tegelijkertijd mag het niet te moeilijk zijn om stress te voorkomen. (5) De gekozen afleiding is uiteindelijk een toondiscriminatie test geworden. Hierbij hoort de proefpersoon een toon en moet hij laten weten of het een hoge of een lage toon is. Dit doet hij door een knikje omhoog te geven bij een hoge toon en een klinkje omlaag bij een lage toon. De tonen bestaan uit de volgende toonhoogtes: 200 Hz, 300 Hz, 600 Hz, 900 Hz, 1000 Hz en 2000 Hz. De lage tonen zijn 200 Hz, 300 Hz en 600 Hz. De hoge tonen zijn 900 Hz, 1000 Hz en 2000 Hz. Hier wordt een filmpje van gemaakt met een mix van de afwisselende tonen. De test is een afleiding die niet prestatiegericht is maar waar wel genoeg focus vereist is. In eerder onderzoek van Roelofs, Peters, Van der Zijden & Vlaeyen (2004) werd ook een toondiscriminatie test gebruikt.

Koudwatertest

Tijdens een koudwatertest stopt de proefpersoon zijn handen in een bak met ijskoud water. Er wordt gemeten hoelang hij het volhoudt en het is mogelijk om op elk moment de handen uit het water te halen. Tijdens deze test wordt een pijnlijke sensatie gecreëerd die vergelijkbaar is met klinische vormen van pijn. (5) Het water wordt koud gehouden door gebruik te maken van ijsklontjes, door de grote oppervlakte van deze ijsklontjes gaat de temperatuur van het water niet snel omhoog.

Materiaal

Voor het onderzoek zijn verschillende materialen nodig. Als eerste proefpersonen en een ruimte met een kraan om het

experiment uit te voeren. Verder is er een bak met ijs nodig en het daarbij horende koelsysteem of een vriezer. Een stopwatch, thermometer, koptelefoon en een blinddoek maken alle materialen compleet.

Methode

Figuur 1 in de bijlage geeft een proefpersoon weer die geblinddoekt aan een tafel zit waar een bak met ijskoud water op staat.

Voor het uitvoeren worden alle omstandigheden zo gelijk mogelijk gehouden, vandaar dat de proefpersonen een blinddoek op krijgen. Het is onmogelijk om de omgeving precies hetzelfde te maken op twee verschillende scholen dus op deze manier wordt die factor uitgesloten.

Bij figuur 2 in de bijlage wordt met dezelfde proefpersoon de test nog een keer uitgevoerd met een extra afleiding. Er wordt een toondiscriminatie test uitgevoerd. Deze begint als de handen van de proefpersoon weer op normale temperatuur zijn. Dit wordt gedaan door de handen een tijdje onder de kraan te houden, dit is ook uitgevoerd voor testsituatie 1.

In testsituatie 1 en 2 is het altijd mogelijk om te stoppen met het experiment door de handen uit het water te halen.

Blanco proef

Bij een derde van de proefpersonen wordt een blanco proef uitgevoerd. Bij deze blanco proef wordt tweemaal testsituatie 1 uitgevoerd. De tweede keer wordt de proefpersoon dus niet afgeleid. Dit wordt gedaan om te kijken of er gewenning optreedt van de handen aan het koude water. Dit kan er natuurlijk voor zorgen dat men het langer volhoudt. Door deze blanco proef zou dit uitgesloten kunnen worden.

Maximumtemperatuur en -tijd

De onderdompelduur van de handen kan invloed hebben op de pijnervaring. Uit onderzoek blijkt dat de pijn in het begin van het experiment enorm is en piekt tussen twee en vier minuten. Er kan gevoelloosheid optreden omdat de pijn na deze periode afneemt. Na ongeveer tien minuten treedt er weer een piek op. (5) Door middel van dit gegeven is er een maximale tijd ingesteld na de eerste pijnpiek van 5 tot 6 minuten. De tijden zijn allemaal gemeten met een stopwatch.

Het kan gebeuren dat er geen effect wordt gevonden van aandachtsafleiding door bijvoorbeeld een te intense pijnervaring. Er wordt meer aandacht opgeëist naarmate de pijn intenser is. (5)

Bij andere vergelijkbare onderzoeken van James & Hardardottir, 2002; Veldhuijzen et al., 2006 was de temperatuur van het water 2°C. Deze temperatuur is overgenomen in dit onderzoek om ervoor te zorgen dat de pijnervaring niet te intens is. Verder is er een maximumtijd ingesteld zodat er in een korte proefperiode zoveel mogelijk resultaten behaald werden. Zoals al eerder vermeld is de maximumtijd 5 tot 6 minuten dus in totaal duurt het onderzoek niet langer dan 12 minuten per proefpersoon.

Het onderzoek wordt uitgevoerd met leerlingen tussen de 14 en 18 jaar.

Uitvoering

De eerste stap is het meten van het water. De proefpersoon komt het lokaal binnen en ontvangt uitleg over de handelingen die worden uitgevoerd. De handen worden gewassen voor een constante temperatuur en de hygiëne van het water.

De proefpersoon neemt plaats en krijgt een blinddoek om. Vervolgens wordt de proef uitgevoerd waarbij het de bedoeling is om de handen zo lang mogelijk in het water te houden. De proefpersonen kunnen hun handen uit het water halen als ze de pijn te erg vinden en niet meer verder kunnen. De gemeten tijd wordt genoteerd als de proef afgelopen is. De temperatuur van het water wordt opnieuw gemeten en de proefpersoon gaat weer zijn handen wassen. Dezelfde proef wordt nog een keer uitgevoerd maar nu met een toevoeging van auditieve afleiding in de vorm van een toondiscriminatie-test. Als het experiment afgerond is wordt gevraagd om een enquête in te vullen en krijgt de proefpersoon een lolly als dankje.

Enquête

Er is ook een enquête gemaakt die na de proef ingevuld moet worden. In deze enquête staan vragen die eventuele andere factoren uit kunnen sluiten. Er wordt als eerste gevraagd wat het nummer is van de proefpersoon. Deze wordt ook opgeschreven bij de resultaten van de proef en zorgt ervoor dat de enquête anoniem aan de resultaten kan worden gekoppeld. Vervolgens worden een aantal algemene vragen gesteld over geslacht en leeftijd. Daarna komen een aantal vragen over factoren die van invloed kunnen zijn op de tijd dat de proefpersoon de pijn uithoudt. Als eerste wordt gevraagd of de proefpersonen gehoorschade hebben en of ze last hebben gehad van de blinddoek. Vervolgens wordt gevraagd naar hoe ze hun uithoudingsvermogen zelf zouden inschatten en hoeveel prestatiedruk ze hebben ervaren. Dan was er nog een vraag over of de proefpersonen verschil hebben ervaren tussen de eerste en de tweede keer hun handen in het water en als laatste nog een vraag waar de proefpersonen opmerkingen kunnen achterlaten. De precieze vragen van de enquête zijn te vinden in de bijlagen in figuren 3, 4, 5, 6 en 7. Deze enquête zorgt ervoor dat er nog een aantal subvragen beantwoord kunnen worden. Deze zijn als volgt; Wat is de invloed van geslacht op de tijd dat acute pijn weerstaan kan worden? Wat is de invloed van pijngrens op de tijd dat acute pijn weerstaan kan worden? Wat is de invloed van prestatiedruk op de tijd dat acute pijn weerstaan kan worden? Wat is het effect op het ervan verschil tussen test 1 en test 2 op de tijd dat acute pijn weerstaan kan worden? Wat is de invloed van leeftijd op de tijd dat acute pijn weerstaan kan worden?

Resultaten

Er zijn 31 proefpersonen getest en daar zijn de volgende resultaten uit voortgekomen. De gemiddelde tijd dat een proefpersoon de handen in het water hield en dus de pijn weerstond, zonder afleiding, is 1 minuut en 57 seconden. De gemiddelde tijd dat de pijn weerstaan werd met afleiding, is 2 minuten en 51 seconden. Dit is een toename van 46%. Bij een derde van de proefpersonen, dus 10 personen, is de blanco proef uitgevoerd. De resultaten van de blanco proef zijn als volgt; de eerste keer werd het ijskoude water voor 2 minuten en 55 seconden weerstaan en de tweede keer werd de pijn die het ijskoude water veroorzaakte voor 3 minuten en 12 seconden weerstaan. Dit is een toename van 10%.

In figuren 8 en 9 van de bijlage zijn de individuele tijden van de proefpersonen te vinden. In figuren 10 en 11 zijn deze tijden te vinden in de vorm van een staafdiagram.

In figuur 12 is het gemiddelde verschil tussen de eerste en de tweede test situatie te zien voor zowel de experiment groep als de blanco groep. Daarnaast is er een foutbalk toegevoegd

met de ingecalculerde standaardfout. Het gemiddelde verschil tussen de eerste en tweede situatie bij de experiment groep is 53,90 secondes en bij de controlegroep 17,4 secondes.

Resultaten enquête

De vragen die gebruikt zijn voor de enquête zijn te vinden in de bijlage. De resultaten van de enquête zijn als volgt:

De leeftijd van de proefpersonen varieert van 14 tot 18 jaar. De precieze verdeling hiervan is te vinden in figuur 13. Van de proefpersonen was 61% vrouw, 32% man en 7% koos voor de optie anders/zeg ik liever niet. Van de proefpersonen had 84% geen gehoorschade en 16% had verschillende problemen met het gehoor. De soorten gehoorschade die hierbij werden gegeven zijn: tinnitus, hyperacusis, slechthorendheid en een operatie aan het gehoor. Van de proefpersonen gaf 87% aan geen last te hebben van de blinddoek en 13% had wel last van de blinddoek, deze last uitte zich in zich niet veilig voelen, duizelig worden en te veel focus op de blinddoek. Bij de schaalverdeling van pijngrens is 1/10 een lage pijngrens en 10/10 een hoge pijngrens. De antwoorden van de proefpersonen op deze vraag zijn te vinden in figuur 14. Bij de schaalverdeling van de ervaren prestatiedruk is 1/10 een lage prestatiedruk en 10/10 een hoge prestatiedruk. De antwoorden van de proefpersonen op deze vraag zijn te vinden in figuur 15. Van de proefpersonen gaf 32% aan geen verschil te hebben ervaren tussen de eerste en de tweede keer, 68% gaf aan wel een verschil te hebben ervaren. Dit verschil werd als volgt beschreven: tweede keer minder pijn (7x) tweede keer minder koud (5x), tweede keer meer pijn (6x), tweede keer meer motivatie, tweede keer korter, tweede keer voelde het water anders. Bij de laatste vraag of de proefpersonen nog opmerkingen hadden, werden geen antwoorden gegeven die relevant zijn voor het onderzoek. Deze opmerkingen zijn te vinden in figuren 16 en 17. In figuren 16 en 17 van de bijlage zijn de individuele resultaten van de enquête in een tabel te vinden, op deze manier zijn de resultaten van de proef en de resultaten van de enquête met elkaar te vergelijken.

Vergelijking proef met enquêteresultaten

De enquête is toegevoegd om de invloed van andere factoren zoals geslacht, pijngrens, prestatiedruk, ervaren verschil tussen de eerste en tweede keer en leeftijd op de resultaten te onderzoeken. Deze factoren kunnen namelijk ook van invloed zijn op de tijd dat de proefpersoon de pijn weerstaan. Ook kan er op deze manier antwoord gegeven worden op een aantal andere vragen. Deze vragen zijn te vinden in de methode. Door de gemiddelde resultaten van de proef te vergelijken met de enquêteresultaten wordt de invloed van de eerdergenoemde factoren onderzocht. De tijden die hierbij zijn gebruikt, zijn dus zowel van de experimentgroep als de blancogroep.

Bij de vergelijking tussen de verschillende geslachten bestaan de volgende categorieën: man, vrouw en anders. De gemiddelde tijd van vrouwen is 2:45. De gemiddelde tijd van mannen is 2:22. De gemiddelde tijd van mensen die als antwoordoptie 'anders' gaven is 2:49. Deze tijden zijn in grafiekvorm te vinden in figuur 18.

Bij de vergelijking tussen een hoge en een lage pijngrens, zijn er een paar categorieën opgesteld. De eerste categorie is een lage pijngrens, bij deze categorie horen de antwoorden met een waarde van 1, 2, 3 en 4. De tweede categorie is een gemiddelde pijngrens, bij deze categorie horen de antwoorden met een waarde van 5, 6 en 7. De laatste categorie is een hoge pijngrens,

bij deze categorie horen de antwoorden met een waarde van 8, 9 en 10. De gemiddelde tijd van de mensen die aangaven een lage pijngrens te hebben is 1:58. De gemiddelde tijd van de mensen die aangaven een gemiddelde pijngrens te hebben is 2:28. De gemiddelde tijd van de mensen die aangaven een hoge pijngrens te hebben is 3:18. Deze tijden zijn in grafiekvorm te vinden in figuur 19.

Bij de vergelijking tussen een lage en een hoge prestatiedruk zijn ook een aantal categorieën opgesteld. De eerste categorie is een lage prestatiedruk, hierbij horen de antwoorden met een waarde van 2, 3 of 4. De tweede categorie is een gemiddelde prestatiedruk, hierbij horen de antwoorden met een waarde van 5 of 6. De laatste categorie is een hoge prestatiedruk, hierbij horen de antwoorden met een waarde van 7, 8 of 9. De gemiddelde tijd van mensen die aangaven een lage prestatiedruk te hebben ervaren is 2:38. De gemiddelde tijd van mensen die aangaven een gemiddelde prestatiedruk te hebben ervaren is 2:34. De gemiddelde tijd van mensen die aangaven een hoge prestatiedruk te hebben ervaren is 3:05. Deze tijden zijn in grafiekvorm te vinden in figuur 20.

De laatste vraag van de enquête, was of de proefpersonen verschil hebben ervaren tussen de eerste en de tweede keer. Hierbij zijn drie categorieën die mensen als antwoord gaven: tweede keer meer pijn, tweede keer minder pijn of geen verschil. De gemiddelde tijd van de mensen die de tweede keer meer pijn ervoerden is 3:05. De gemiddelde tijd van de mensen die de tweede keer minder pijn ervoerden is 3:05. De gemiddelde tijd van de mensen die geen verschil ervoerden is 2:18. Deze tijden zijn in grafiekvorm te vinden in figuur 21.

Als laatste zijn de leeftijden met elkaar vergeleken. De leeftijden die zijn ingevuld bij de enquête waren 14, 15, 16, 17 of 18 jaar. De gemiddelde tijd van mensen met een leeftijd van 14 jaar is 1:28. De gemiddelde tijd van mensen met een leeftijd van 15 jaar is 2:54. De gemiddelde tijd van mensen met een leeftijd van 16 jaar is 2:08. De gemiddelde tijd van mensen met een leeftijd van 17 jaar is 2:56. De gemiddelde tijd van mensen met een leeftijd van 18 jaar is 2:01. Deze tijden zijn in grafiekvorm te vinden in figuur 22.

Statistische significantie

Om de statistische significantie te berekenen is de T.TEST uitgevoerd met de gegevens, hieruit kwam $p=0,157...$ De kans dat de nulhypothese klopt is 16%. De nulhypothese stelt dat een gevonden associatie of verschil berust op toeval, met andere woorden dat er in werkelijkheid geen associatie of verschil bestaat. Gewoonlijk hanteert men $p=0,05$ als grens van statistische significantie. Indien $p \leq 0,05$, dan is de kans dat het gevonden resultaat aan het toeval is te wijten (en de nulhypothese ten onrechte wordt verworpen) kleiner of gelijk aan 5%, dit noemt men 'statistisch significant'. (8) De resultaten van dit onderzoek zijn met een p-waarde van 0,157 dus niet statistisch significant.

Conclusie

Uit de resultaten die in dit onderzoek verkregen zijn, blijkt dat actieve, auditieve afleiding ervoor zorgt dat acute pijn langer weerstaan kan worden. De toename van uithoudingstijd van 46% laat zien dat, in dit onderzoek, de actieve, auditieve afleiding invloed heeft op de tijd dat acute pijn weerstaan kan worden bij jongeren. Deze invloed is dus dat de pijn langer weerstaan kan worden. De toename van 10% van de uithoudingstijd van de blanco proef is niet groot genoeg om

te concluderen dat het enkel langer uitgehouden wordt door gewenning aan het koude water. De afleiding heeft dus ook daadwerkelijk invloed.

Het onderzoek is echter niet betrouwbaar genoeg om deze conclusie te kunnen veralgemeniseren. Het is dus niet wetenschappelijk bewezen dat actieve, auditieve afleiding altijd invloed heeft op de vermindering van pijn. Dit komt door een aantal redenen, waar in de discussie nog verder op ingegaan wordt. De belangrijkste is dat er te weinig personen getest zijn om voor een betrouwbare conclusie te kunnen zorgen, aangezien er zo geen sprake is van een representatieve steekproef. De hypothese dat acute pijn langer weerstaan kan worden onder invloed van actieve, auditieve afleiding bij jongeren, moet dus verworpen worden.

Conclusie vergelijking proef met enquêteresultaten

Bij de vergelijking tussen verschillende geslachten is geen groot verschil te vinden, hieruit kan geconcludeerd worden dat in dit onderzoek geslacht geen invloed had op de uitgehouden tijd. Bij de vergelijking tussen verschillende pijngrenscategorieën, is het duidelijk te zien dat de uitgehouden tijd toeneemt als de pijngrens toeneemt. Hieruit kan dus geconcludeerd worden dat pijngrens, in dit onderzoek, invloed had op de uitgehouden tijd. Bij de vergelijking tussen verschillende prestatiedruk categorieën, is geen verschil te zien dat kan duiden op de invloed van prestatiedruk op de uitgehouden tijd. Bij de vergelijking tussen het ervaren verschil tussen de eerste en tweede keer, is de gemiddelde tijd van de proefpersonen die de tweede keer meer pijn ervoerden gelijk aan de gemiddelde tijd van de proefpersonen die de tweede keer minder pijn ervoerden. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het ervaren verschil niet overeen is gekomen met de uitgehouden tijd. Als laatste zijn de leeftijden met elkaar vergeleken, ook is ook geen duidelijke conclusie uit op te maken. De enige conclusie die getrokken kan worden uit de resultaten van dit onderzoek, is dat pijngrens invloed heeft op de tijd dat acute pijn weerstaan kan worden. Deze conclusies kunnen anders zijn als het onderzoek opnieuw uitgevoerd wordt. Dit wordt in de discussie verder toegelicht.

Discussie

De belangrijkste resultaten zijn als volgt; De gemiddelde tijd dat de pijn die het ijskoude water veroorzaakte, weerstaan werd zonder afleiding, is 1 minuut en 57 seconden. De gemiddelde tijd dat de pijn weerstaan werd met afleiding, is 2 minuten en 51 seconden. Dit is een toename van 46%. Bij een derde van de proefpersonen, dus 10 personen, is de blanco proef uitgevoerd. De resultaten van de blanco proef zijn als volgt; de eerste keer werd het ijskoude water voor 2 minuten en 55 seconden weerstaan en de tweede keer werd de pijn die het ijskoude water veroorzaakte voor 3 minuten en 12 seconden weerstaan. Dit is een toename van 10%.

De opgestelde hypothese is dat mensen die met een actieve, auditieve activiteit afgeleid werden minder pijn zouden ervaren dan de mensen die niet werden afgeleid. Er werd dus verwacht dat de proefpersonen, die afgeleid werden terwijl ze pijn ervoerden, langer hun handen in het water konden houden. Deze verwachtingen zijn uitgekomen. De mensen met afleiding waren inderdaad beter in staat om hun handen langer in de bak met water te houden en dus meer pijn te weerstaan. De resultaten zijn in overeenstemming met het onderzoek van McCaul en Malott (1984). In dit onderzoek is de poorttheorie

bewezen. De afleidende taak vergde zodanig de aandacht dat er minder aandacht voor de pijn overbleef. (5)

In het onderzoek zijn er meerdere beperkingen geweest, dit heeft invloed gehad op de betrouwbaarheid, nauwkeurigheid en validiteit.

De betrouwbaarheid van het onderzoek is vooral beïnvloed door het feit dat er maar 31 mensen getest zijn. Dit zorgt ervoor dat de getrokken conclusie niet veralgemeniseerd kan worden. Er is geen significant verschil aan te tonen met zo'n kleine steekproef, zoals bewezen is in de resultaten. Daarnaast was de steekproef ook niet voldoende willekeurig, aangezien maar op twee scholen uit dezelfde regio is getest. De mensen van deze scholen hadden ook allemaal ongeveer hetzelfde niveau. Verder zijn er in verhouding meer mannen dan vrouwen getest, wat eventueel ook nog van invloed kan zijn op de resultaten. Al met al is er dus geen sprake van een goede representatieve steekproef. De resultaten kunnen niet gebruikt worden om betrouwbare conclusies te trekken.

Verder is de temperatuur in het onderzoek niet altijd constant gebleven. Het heeft geschommeld tussen 1°C en 2°C en is hierdoor een variatiepunt geworden. Uit onderzoek is gebleken dat er significante verschillen in de pijntolerantie en intensiteit zijn bij kleine verschillen in de temperatuur. (5)

Ook kan het zijn dat warmteophoping rond de handen invloed heeft gehad op de pijnbeleving. (5) Warmteophoping ontstaat doordat het water rond de handen opgewarmd wordt door de warmte van de handen. Dit kan in het onderzoek makkelijk ontstaan zijn doordat er geen circulerende pomp is gebruikt. Deze pomp zorgt ervoor dat het water in beweging blijft waardoor het eventuele opgewarmde water rond de handen weg wordt gepompt. Wel is ervoor gezorgd dat de proefpersonen hun handen plat in het water hebben gelegd en geen vuist van hun handen hebben gemaakt. Echter kan er ook warmteophoping ontstaan zonder een vuist te hebben gemaakt. Als dit is gebeurd bij de proefpersonen kan dit ervoor gezorgd hebben dat ze het langer vol hebben gehouden. De ruimte rond de handen wordt namelijk warmer dan het water in de bak. Hierdoor kunnen de proefpersonen minder pijn hebben ervaren.

Een andere beperking binnen het onderzoek was de ingestelde maximumtijd. Er zat een grens aan de lengte waarmee de proefpersonen met hun handen in het water mochten blijven. Dit was niet door gezondheidsrisico's bepaald, want die waren er niet met de temperatuur die werd gebruikt. Er was een maximumtijd ingesteld om er zeker van te zijn dat er per proefpersoon niet meer dan 12 minuten aan het onderzoek besteed werd. Dit was besloten omdat er twee testdagen waren ingepland die van 10:00 tot 17:00 konden duren, dus er was beperkte tijd om zo veel mogelijk mensen te testen. Het doel was om op die dagen zoveel mogelijk mensen te testen, want hoe meer resultaten er waren, hoe betrouwbaarder de resultaten. Hoewel de meeste mensen niet de limiet bereikten, waren er een aantal uitzonderingen. Elf mensen hebben de limiet van 5 minuten bereikt en daar zijn geen betrouwbare resultaten van, want er is geen manier om te weten of ze het anders veel langer hadden volgehouden. De uitkomsten hadden dus kunnen verschillen van de huidige resultaten als de proefpersonen geen opgestelde maximumtijd hadden gekregen.

Een ander punt is dat het gemiddelde met afleiding 2:51 was en het gemiddelde van de eerste tijd bij de blanco proef 2:55 was. Het tweede gemiddelde van de blanco proef was 3:12. Het is erg opmerkelijk dat het eerste gemiddelde van de

blanco proef al hoger is dan het gemiddelde met afleiding. Het tweede gemiddelde van de blanco proef is nog hoger dan het gemiddelde met afleiding. De meest voor de hand liggende verklaring hiervoor is dat er bij de blanco proef mensen mee hebben gedaan met een langer uithoudingsvermogen. Verder kan het zijn dat er te weinig mensen zijn getest. Als er meer mensen getest zouden worden zouden deze gemiddeldes dichter bij elkaar liggen. Het verschil tussen met en zonder afleiding zal nog steeds groot zijn.

Een andere verklaring is hetzelfde aspect dat beschreven wordt in het onderzoek van Mathieu B. (2007). De blanco proefpersonen kunnen zelf spontane aandachtsafleiding gebruikt hebben. Dit kunnen ze bijvoorbeeld gedaan hebben door sterk aan iets anders te denken, seconden te tellen of op hun ademhaling te letten. Door dit toe te passen leiden ze zichzelf af van de pijn in het koude water en zouden ze het langer vol kunnen houden. (5)

In de onderzoeken van McCaul et al. (1992), Goubert et al. (2004) en Mathieu B. (2007) is er geen significant effect gevonden van aandacht afleiding op de pijnvaring. Dit is tegenstrijdig met de resultaten van dit onderzoek. Het kan bijvoorbeeld komen doordat er bij de drie eerdergenoemde onderzoeken sprake is geweest van een te intense pijnvaring. Het is moeilijker om de aandacht van de pijn weg te richten als de pijn heel intens is (Eccleston & Crombez, 1999). Pijn is erg persoonlijk en het is dus moeilijk vast te stellen of de intensiteit bij alle proefpersonen gelijk is gebleven. Het onderzoek van Mathieu B. (2007) geeft als mogelijke verklaring dat de afleidende taak niet goed werkte en dat de blanco groep gebruik heeft gemaakt van spontane aandachtsafleiding. (5)

Er zijn een aantal conclusies getrokken over de vergelijking van de resultaten van de enquête en de gemeten tijden. Deze conclusies zijn om een aantal redenen niet te veralgemeniseren. De meeste van deze redenen zijn al eerder in de discussie benoemd; niet representatieve steekproef, te weinig proefpersonen en de ingestelde maximumtijd. Er zijn ook nog een aantal andere factoren van invloed op de betrouwbaarheid en validiteit van de vergelijking. Voor de gemiddelde tijden zijn alle tijden van de desbetreffende categorie genomen. Hierbij horen dus de twee tijden van de experimentgroep en de twee tijden van de blancogroep. Door het gemiddelde van deze tijden te nemen, is er geen rekening gehouden met de andere factoren die van invloed zijn op deze tijden. Een factor die hierbij ook van invloed is, is bijvoorbeeld de afleiding. Om betrouwbare conclusies te kunnen trekken, had dus een onderscheid gemaakt moeten worden tussen deze tijden.

Een mogelijk vervolgonderzoek zou op dezelfde manier kunnen worden uitgevoerd, met meer proefpersonen. Hierdoor kun je een conclusie trekken voor een grotere populatie, wat waarschijnlijk een betrouwbaarder resultaat geeft.

Verder zou het onderzoek opnieuw uitgevoerd kunnen worden met proefpersonen met een sterk bovengemiddeld concentratievermogen, zoals dat bijvoorbeeld voorkomt bij mensen die een stoornis hebben in het autistisch spectrum. In dit onderzoek is iemand getest die zich heel sterk op een bepaalde taak kan focussen, dit was de proefpersoon met nummer 8. Hij had met afleiding een tijd die 1304% groter was dan de eerste proef zonder afleiding. Hij gaf zelf aan autistisch te zijn en hij had zich heel sterk heeft gefocust op de taak van de piepjes en knikjes. In vervolgonderzoek zou dus getest kunnen worden of afleiding bij autistische mensen een groter effect heeft op de verlichting van pijn.

Zoals al eerder genoemd is in de discussie, is in dit onderzoek geen sprake van een goede representatieve steekproef. Bij een ander vervolgonderzoek zou dus nog meer nadruk gelegd kunnen worden op de representatieve. Hierbij horen mensen van verschillende geslachten, leeftijden, afkomst, niveau en woonplaats. Wanneer er meer diversiteit in de steekproef is, is deze representatiever. De resultaten kunnen zo beter gebruikt worden voor een betrouwbaardere conclusie.

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat, hoewel de resultaten niet statistisch significant zijn, de methode van actieve, auditieve afleiding effectief lijkt voor de vermindering van pijn. Uit vervolgonderzoek met een aantal aanpassingen zou moeten blijken of dit daadwerkelijk zo is.

Bibliografie

Bron 1

Wismeijer, A.A.J.; Vingerhoets, A.J.J.M. (2004) Virtuele realiteit en audiovisuele afleiding als methoden van pijnbestrijding bij medische procedures.
<https://pure.uvt.nl/ws/portalfiles/portal/620517/GGVirtualReality.pdf>

Bron 2

Kraaimaat, F.W., Bakker, A. en Evers, A.W.M. Pijn coping-strategieën bij chronische pijnpatiënten: De ontwikkeling van de PijnCoping-Inventarisatielijst (PCI).
<https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/24661/24661.PDF>

Bron 3

Wohlheiter, K.A. en Dahlquist, L.M. (maart 2013) Interactive Versus Passive Distraction for Acute Pain Management in Young Children: The Role of Selective Attention and Development.
<https://academic.oup.com/jpepsy/article/38/2/202/949355?login=true>

Bron 4

Malcolm, H. en Johnson, M.A. (maart 2005) How does distraction work in the management of pain?
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11916-005-0044-1>

Bron 5

Mahieu, B. (2007) De werking van aandachtsafleiding bij pijn.
https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/295/059/RUG01-001295059_2010_0001_AC.pdf

Bron 6

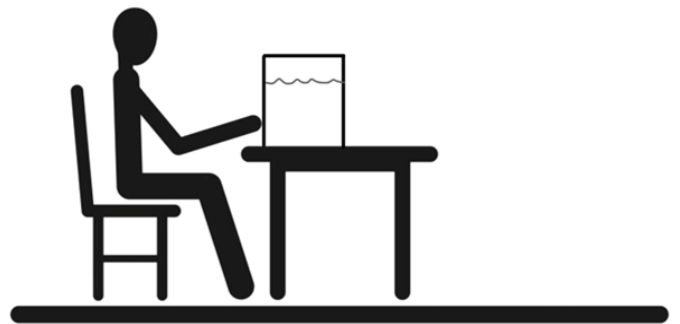
Ther. (mei 1995) Chronic pain and distraction: an experimental investigation into the role of sustained and shifting attention in the processing of chronic persistent pain.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7538753/>

Bron 7

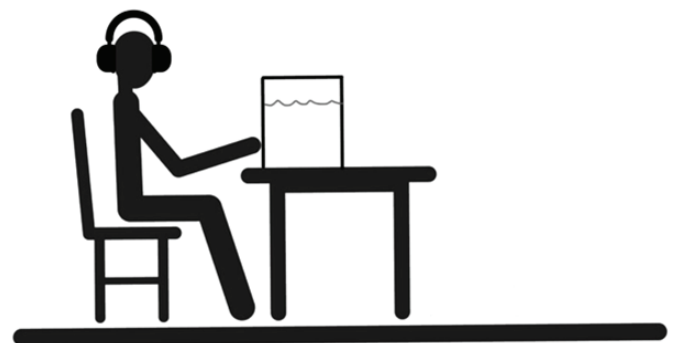
RK van Zorg. (November 2011) Chronische pijn
<https://chronic-pain-science.nl/pdf/nederlands/rapport%20regieraad.pdf>

Bron 8

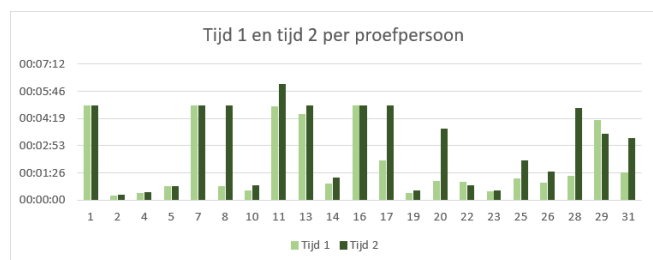
Bhandari, P. (November 2021) Statistische significantie begrijpen (met voorbeeld)
<https://www.scribbr.nl/statistiek/statistische-significantie/>



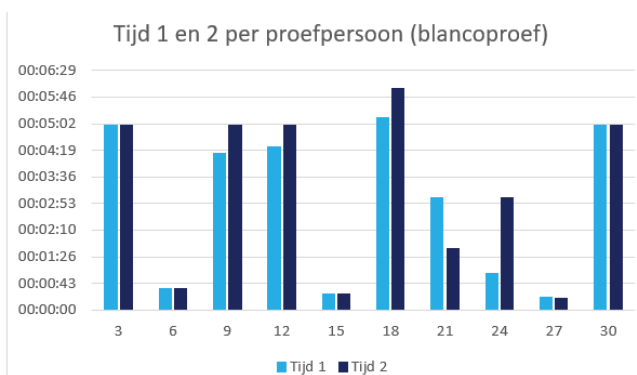
Figuur 1, Testsituatie 1. Er zit een proefpersoon aan een tafel, op deze tafel staat een bak met ijswater. De proefpersoon draagt geen koptelefoon, en wordt dus niet afgeleid. De proefpersoon heeft ook nog een blinddoek op maar deze is niet weergegeven in de figuur.



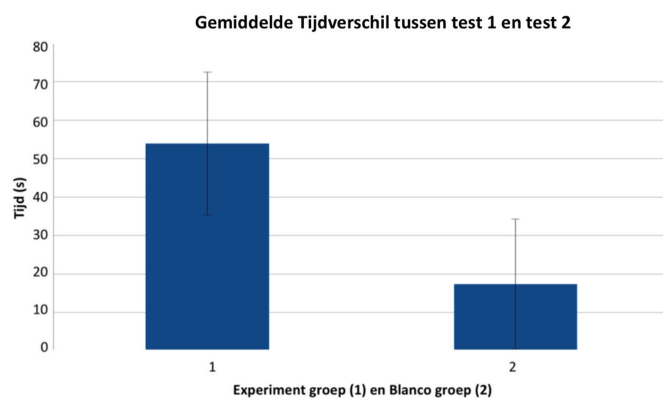
Figuur 2, Testsituatie 2. Er zit een proefpersoon aan een tafel, op deze tafel staat een bak met ijswater. Ook is te zien dat de proefpersoon een koptelefoon draagt. In deze koptelefoon wordt de toondiscriminatietest afgespeeld. De proefpersoon heeft ook nog een blinddoek op maar deze is niet weergegeven in de figuur.



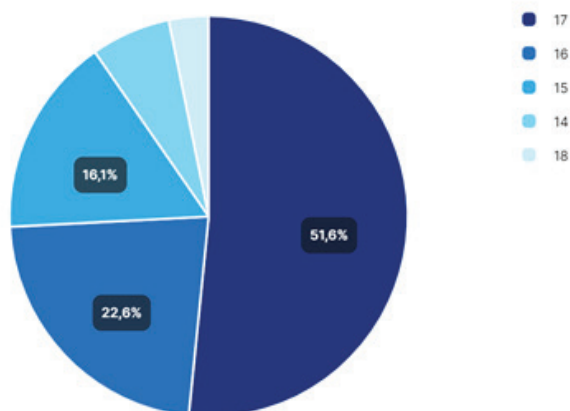
Figuur 3, De tijd zonder afleiding, tijd 1, en de tijd met afleiding, tijd 2, per proefpersoon.



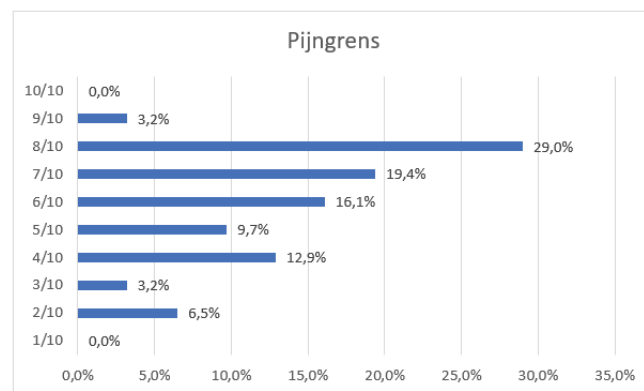
Figuur 4, De 2 tijden van de blanco proef per proefpersoon.



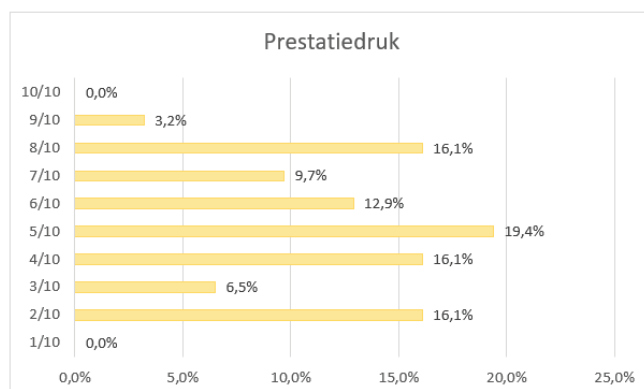
Figuur 5, Gemiddelde tijdsverschil tussen tijd 1 en tijd 2.



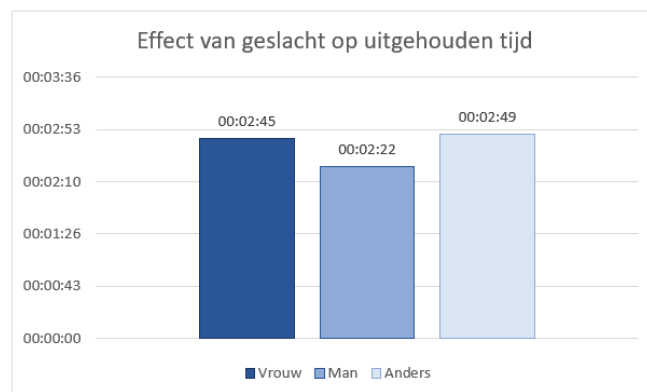
Figuur 6, Leeftijd proefpersonen.



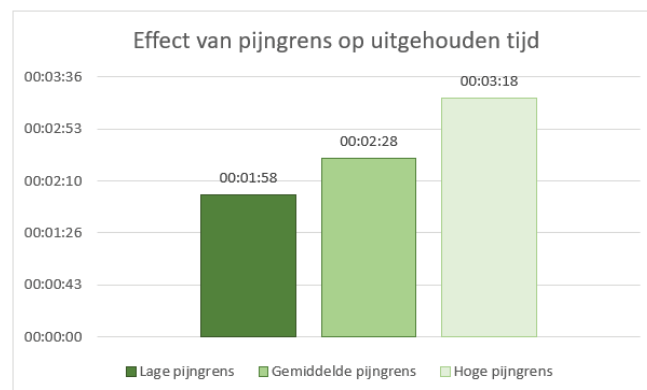
Figuur 7, Aangegeven pijngrens door proefpersonen.



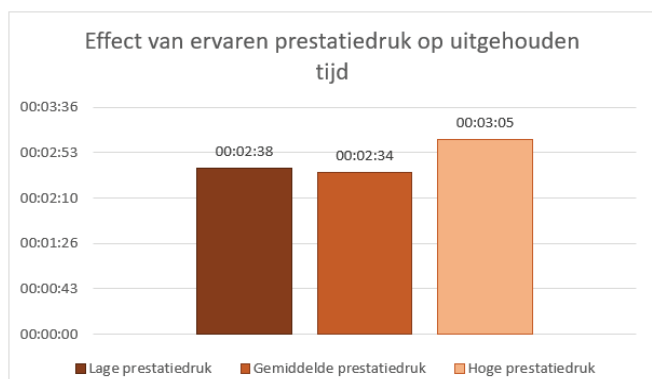
Figuur 8, Prestatiedruk die de proefpersonen hebben ervaren.



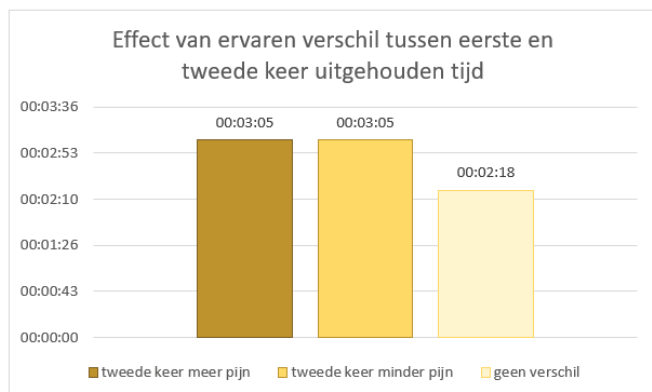
Figuur 9, Effect van geslacht op uitgehouden tijd.



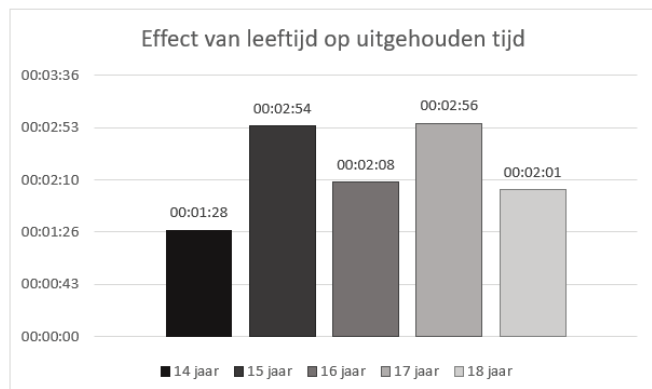
Figuur 10, Effect van pijngrens op uitgehouden tijd.



Figuur 11, Effect van ervaren prestatiedruk op uitgehouden tijd.



Figuur 12, Effect van ervaren verschil tussen eerste en tweede keer op uitgehouden tijd.



Figuur 13, Effect van leeftijd op uitgehouden tijd.

Bijlage A: Enquête

Enquete pijnervaring

Hai,

Wat fijn dat je mee hebt gedaan aan ons onderzoek! Hierbij nog een paar vragen ter evaluatie, het duurt niet langer dan twee minuten. Als je vragen hebt kan je ze altijd stellen.

ENQUÊTE STARTEN

1. Welk nummer heb je net gekregen?*

Typ één of enkele woorden...

500

2. Hoe oud ben je?*

Selecteer één antwoord

14
15
16
17
18

3. Wat is je geslacht?*

Selecteer één antwoord

man
vrouw
anders/zeg ik liever niet

4. Heb je, voor zover jij weet, gehoorschade?*

Selecteer één antwoord

Nee
Ja, namelijk:

5. Heb je de blinddoek als storend ervaren?*

Selecteer één antwoord

Nee
Ja, namelijk:

6. Op een schaal van 1 tot 10, hoe hoog zou je van jezelf zeggen dat je pijngrens is?*

Links is laag, dus snel pijn. Rechts is hoog, dus niet snel pijn.

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

7. Op een schaal van 1 tot 10, in hoeverre heb je prestatiedruk ervaren tijdens dit proefje?*

Links is weinig prestatiedruk, rechts is veel prestatiedruk.

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

8. Heb je verschil ervaren tussen de eerste en tweede keer je handen in het water?*

Denk hierbij aan: meer/minder pijn, meer/minder kou.

Nee
Ja, namelijk:

9. Heb je nog opmerkingen voor ons?

Typ één of enkele woorden...

Bijlage B: Resultaten experiment & blancoproef

Nummer proefpersoon	Tijd zonder afleiding	Tijd met afleiding	Bijzonderheden tijdens uitvoering
1	05:00	05:00	Afwijking aan gehoor
2	00:12	00:15	
4	00:22	00:25	Deed geen knikjes
5	00:42	00:43	Deed geen knikjes
7	05:00	05:00	Piepen en oorsuizen
8	00:23	05:00	Autisme
10	00:28	00:46	
11	04:58	06:08	Piepen en oorsuizen
13	04:33	05:00	Veel focus op blinddoek
14	00:52	01:10	
16	05:00	05:00	
17	02:05	05:00	Slechthorend
19	00:22	00:29	
20	01:00	03:46	Praatte
22	00:56	00:45	Ervaarde blinddoek als onveilig
23	00:26	00:30	
25	01:08	02:06	
26	00:53	01:28	
28	01:15	04:50	
29	04:12	03:28	Liepen veel mensen binnen
31	01:27	03:16	
Gemiddelde tijd	01:57	02:51	

Resultaten experiment.

Nummer proefpersoon	Tijd 1	Tijd 2	Bijzonderheden tijdens uitvoering
3	05:00	05:00	
6	00:35	00:34	
9	04:14	05:00	Tinnitus en hyperacusis
12	04:25	05:00	
15	00:27	00:25	
18	05:12	06:00	
21	03:03	01:40	Vroeg naar tijd en wilde weg
24	01:00	03:03	
27	00:21	00:19	
30	05:00	05:00	
Gemiddelde tijd	02:55	03:12	

Resultaten blancoproef.

Invloed van mobiel telefoongebruik op het gevoel van uitgerust zijn bij kinderen van 9 tot 12 jaar

R.S. Dijkstra¹, M.L. Eggink², A. Maas³, H.E. Lemstra¹, N. Bout², M. Niemeijer³

¹Carmel College Salland, Raalte

²Etty Hillesum Lyceum, Het Vlier, Deventer

³Afdeling Pre-U, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The main purpose of this study is to investigate the influence of mobile phone use on the feeling of being well-rested among young children from 9 to 12 years old. 102 children from 2 different primary schools in the municipality of Deventer took part in this study. A survey has been conducted, consisting of 25 questions which assessed the sleep quality, individual needs for sleep, and (rules for) mobile phone use. Results showed that there is no relationship between sleep quality and mobile phone use. This is remarkable because it does not match the estimated outcome of the study. The lack of this relation can be accounted for by certain invalidities. For instance, the PSQI is not a good measure of the sleep quality of children. Moreover, other variables, such as privacy sensitive information, could influence sleep quality. However, this could not be measured in this research.

Inleiding

Mobiele telefoons

Het gebruik van mobiele telefoons is in de afgelopen jaren enorm toegenomen. Uit onderzoek is gebleken dat 93% van de Nederlandse bevolking een mobiele telefoon bezit (Stemers & Beijns, 2021). Als er alleen een blik wordt geworpen op kinderen, hebben 59% van de 9-10 jarigen een mobiele telefoon. Dit aantal loopt bij 11-12 jarigen al op tot 76% (Mascheroni & Ólafsson, 2018). Tevens wordt er gesteld dat mobiele telefoons relevanter zijn dan computers, dit komt omdat er op mobiele telefoons meer tijd wordt gespendeerd, zowel overdag als 's nachts (ComScore, 2015). Door deze toename in gebruik van mobiele telefoons worden tegenwoordig veel onderzoeken naar de gevolgen hiervan uitgevoerd. Onderzoek van het Einstein Medical Center wijst uit dat deze vorm van technologie zowel voor- als nadelen heeft voor de gezondheid van adolescenten (Chassiakos, Radesky, & Christakis, 2016). Maar wat betekent dit voor kinderen?

Kinderen die nu opgroeien worden ondergedompeld in de digitale media, waaronder mobiele telefoons. De mobiele telefoon wordt door kinderen vaak gebruikt om spelletjes op te spelen, videos te bekijken of te communiceren (Kabali et al., 2015). De Kaiser Family Foundation (2017) kwam door middel van een enquête erachter dat kinderen in de Verenigde Staten tussen de 8 jaar en 18 jaar oud een hoge gemiddelde schermtijd op hun mobiele telefoon hadden van 6 uur en 21 minuten per dag. Kinderen maken dus veel gebruik van mobiele telefoons, maar opgroeien met de beschikking over een mobiele telefoon is nog relatief nieuw. De effecten van mobiele telefoons op kinderen worden veel onderzocht, maar ook is veel nog onduidelijk. Het is immers pas een onderwerp wat enkele jaren aan de orde is (Tafa & Baiocco, 2009). Doordat slaap de ontwikkeling, prestatie en gezondheid van kinderen beïnvloedt, heeft dit onderzoek een maatschappelijke functie. Een negatief effect van mobiele telefoons op slaap zou een beweging in gang kunnen zetten waarbij mobiel telefoongebruik onder kinderen kan worden gehanteerd om slaap te bevorderen.

Effecten op slaap

Kijkend naar studies die al zijn gedaan naar de effecten van mobiele telefoons, wordt dit vaak in verband gebracht met de effecten op slaap. Bij adolescenten en volwassenen gaan de onderzoeken naar effecten van mobiele telefoons veelal

over de invloed op slaapduur en slaapkwaliteit (Calamaro, Mason & Ratcliffe, 2009). Bij kinderen is hier nog niet veel over bekend, terwijl er juist wel veel kinderen zijn die steeds meer gebruik gaan maken van mobiele telefoons. Slaapduur en slaapkwaliteit zijn belangrijk voor de ontwikkeling, gezondheid en het vermogen om te presteren (Wolfson & Carskadon, 2003), voor kinderen geldt dit dus ook voor het presteren op school. Hoewel individuele slaapbehoefte kan verschillen, hebben kinderen 8 tot 10 uur slaap per nacht nodig (Hirshkowitz, Whiton, & Albert, 2014). De impact van het gebruik van mobiele telefoons in de avond wordt vaak geassocieerd met later naar bed gaan en een vermindering in de totale slaaptijd (Calamaro et al., 2009). Dit kan indirect een negatieve invloed hebben op de ontwikkeling, prestatie en gezondheid van een kind (Hirshkowitz et al., 2014).

Gradisar, Wolfson, Harvey, Hale, Rosenberg, & Czeisler (2013) onderzochten onder adolescenten de correlatie tussen het gebruik van technologie en slaapkwaliteit. Hieruit bleek dat de interactie met een technologisch apparaat het moeilijker maakte om in slaap te vallen. Ook bleek dat in 90% van de gevallen het gebruik van een technologisch apparaat een negatieve invloed had op het gevoel van uitgerust zijn. Dit roept de vraag op of dit bij kinderen ook het geval is. Indien hetzelfde effect wordt vastgesteld onder kinderen, kan worden gesteld dat mobiele telefoons zorgen voor minder slapen en minder uitgerust, iets wat erg nadelig is voor kinderen.

Uitgerustzijn en mobiel telefoongebruik meten

Kijkend naar de onderzoeken die al gedaan zijn naar slaapkwaliteit en uitgerust zijn, komt er een manier van meten telkens terug. Veel onderzoeken meten de slaapkwaliteit en uitgerust aan de hand van de Pittsburgh Sleep Quality Index (Buysse, 1983), ontwikkeld door de University of Pittsburgh. Deze index geeft in een cijfer weer hoe de slaapkwaliteit is van de bevroegde participant.

De Pittsburgh Sleep Quality Index, ookwel de PSQI, is een vragenlijst met open en gesloten vragen om slaapkwaliteit over de afgelopen maand te berekenen. De vragenlijst bestaat uit zeven componenten: subjectieve slaapkwaliteit, sleep-latency, duur van slaap, gebruikelijke slaapefficiëntie, verstoring van slaap, het gebruik van slaapbevorderende medicatie en disfunctie overdag (Buysse, 1983). Uit de antwoorden op de vragen kan met behulp van een scoreformulier een score

worden gegenereerd. Hoe hoger de PSQI-score, des te lager de slaapkwaliteit van de participant is. Deze schaal loopt van 0 tot 21. Een score van 5 of meer duidt op een slechte slaapkwaliteit (Smyth, n.d.). Doordat de PSQI de slaapkwaliteit aanduidt als cijfer, is hiermee goed aan te geven wat de correlaties zijn met andere gemeten waarden in onderzoeken.

Bij onderzoeken die het verband tussen mobiel telefoongebruik en slaap bekijken, moet naast de slaapkwaliteit en uitgerust zijn, ook worden gekeken naar het mobiel telefoongebruik. In de recente onderzoeken wordt vaak een enquête gebruikt om informatie te vergaren over mobiel telefoongebruik (White, Buboltz, & Igou, 2020). De antwoorden op de enquêtevragen worden dikwijls gekoppeld aan een getal om op deze manier een waarde te hebben die vergeleken kan worden met een andere waarde. De kwalitatieve waardes worden omgezet in kwantitatieve waardes (Boels, 2020, 9-10). Een voorbeeld van een methode die vaak voorkomt om kwantitatieve waardes te vergelijken, is de correlatiecoëfficiënt.

Onderzoeksvraag

Zoals hierboven al beschreven staat, is er nog weinig bekend over de invloed van mobiele telefoons op de slaap van kinderen. Al eerder gedane onderzoeken gaan over adolescenten of oudere leeftijdscategoriën (Chassiakos et al., 2016), terwijl het juist interessant is om een leeftijdscategorie te onderzoeken die aan het opgroeien is met mobiele telefoons. De onderzoeksvraag luidt als volgt: In hoeverre heeft de mate van gebruik van mobiele telefoons bij Nederlandse basisschoolleerlingen, tussen de 9 en de 12 jaar oud, invloed op hun gevoel van uitgerust zijn?

De hypothese van dit onderzoek is dat het gebruik van mobiele telefoons een negatief effect heeft op het gevoel van uitgerust zijn bij kinderen. Uit eerdere onderzoeken blijkt dat mobiele telefoons negatieve effecten kunnen hebben op verschillende zaken. Slaap is hier vaak één van, terwijl slaap van belang is voor kinderen (Calamaro et al., 2009). Naar aanleiding van eerdere onderzoeken, wordt bij dit onderzoek een negatief effect op het gevoel van uitgerust zijn verwacht als gevolg van minder slaap (e.g. Gradisar et al., 2013). Er wordt verwacht dat de slaapduur en -kwaliteit van kinderen achteruit gaat des te meer tijd op een mobiele telefoon per dag wordt besteed.

Aanpak

Dit onderzoek is gestart in september 2021, de data is verzameld in november 2021 en het onderzoek is afgerond in februari 2022.

Participanten

De te onderzoeken doelgroep voor het onderzoek bestond uit kinderen van 9 tot en met 12 jaar. Tijdens de voorbereiding van de onderzoeksuitvoering is duidelijk gemaakt dat de enquête anoniem werd afgenomen, waardoor de privacy van de minderjarigen werd gewaarborgd. De participanten zijn verkregen met behulp van de basisscholen en hun leerkrachten. In totaal hebben 101 participanten deelgenomen aan het onderzoek. Uiteindelijk zijn er 7 enquêtes niet meegenomen in het onderzoek doordat deze onvolledig of foutief ingevuld waren. Van de uiteindelijke 94 participanten waren er 42 leerlingen van groep 8a en groep 8b van OBS de Slingerbos in Diepenveen en 52 leerlingen van groep 6, 7 en 8 van OBS de Cees Wilkeshuisschool in Deventer. De minimale leeftijd was 9 jaar, de maximale leeftijd 12 jaar en de gemiddelde leeftijd

11 jaar. Er hebben 48 meisjes, 43 jongens en 3 participanten met het geslacht anders deelgenomen aan het onderzoek. De bewoording van participanten duidt hierbij op de 94 betrouwbare participanten.

Materialen

De twee belangrijkste variabelen in dit onderzoek zijn het mobiele telefoongebruik en het gevoel van uitgerust zijn. Door middel van een door de onderzoekers samengestelde enquête, bestaande uit 25 vragen, zijn de benodigde gegevens verzameld en demografische informatie, zoals leeftijd en geslacht. De enquête is zichtbaar Bijlage 1. Met de enquête zijn de slaapkwaliteit, het gebruik van mobiele telefoons en eventuele afwijkingen in slaap bevraagd.

Het mobiele telefoongebruik is gemeten aan de hand van vragen 20 tot en met 25 in de enquête, bijvoorbeeld “Gebruik jij je mobieltje wel eens voordat je gaat slapen?”. De extra vragen in de enquête betrof de regels thuis omtrent mobiel telefoongebruik.

Het gevoel van uitgerust zijn is gemeten aan de hand van twee vragen “Voel jij je na het slapen goed uitgerust?” en “Voel jij je overdag goed uitgerust?”. Deze worden beantwoord aan de hand van de antwoordopties “Ja” of “Nee”. De slaapkwaliteit is gemeten aan de hand van de PSQI-lijst, welke terugkomt in de enquête als vragen 5 tot en met 13. De enquête was opgebouwd uit een bestaande enquête van de PSQI (Buysse, 1983). Op deze manier is een bijdrage geprobeerd te leveren aan de betrouwbaarheid en validiteit wat betreft de slaapkwaliteit. Op de enquête zijn de vragen 5 t/m 13 overeenkomstig met vraag 1 t/m 9 op de PSQI-lijst, deze lijst is gebruikt bij het analyseren van de resultaten. Vraag 10 uit de PSQI-lijst is niet gebruikt omdat deze niet wordt meegenomen in de beoordeling en de berekening van de index. De index die uit de PSQI-lijst is gekomen, was representatief voor de slaapkwaliteit. Doordat de PSQI-lijst geen individuele slaapbehoefte behandelt, zijn er door de onderzoekers samengestelde vragen toegevoegd aan de enquête voor een zo valide mogelijk resultaat.

De antwoorden van de enquête van kinderen met slaapproblemen zijn ook meegenomen in de onderzoeksresultaten omdat deze problemen zijn verwerkt bij het berekenen van de index.

Tevens is de enquête beperkt tot 25 vragen om te voorkomen dat het te lang duurt en de participanten de vragen gaan afraffelen. Uit onderzoek blijkt dat kinderen vaak minder interesse en aandacht te hebben voor enquête met een duur langer dan 30 minuten (Pauwels & Dreijer, 2017). De op papier afgenomen enquêtes zijn met de hand verwerkt en geanalyseerd. Verdere analyse is uitgevoerd door het verwerken van de resultaten in Excel en Word.

Procedure

Om de relatie tussen het mobiele telefoongebruik en het gevoel van uitgerust zijn te onderzoeken, is een enquête uitgevoerd onder leerlingen van 9 tot en met 12 jaar. Verschillende openbare basisscholen zijn in een vroeg stadium benaderd voor toestemming om de enquête uit te voeren in groep 6, 7 en 8. In elke mail naar de scholen is een brief toegevoegd met een beknopte weergave van het onderzoek. De enquête is kort daarna samengesteld en is met een latere mail naar de scholen meegestuurd. Na toestemming van de scholen deed de mogelijkheid zich voor om de enquête op die basisscholen af te nemen. De enquête is gezamenlijk klassikaal afgenomen met een wisselende groeps grootte van 16 tot 22 leerlingen.

De enquêtes werden uitgedeeld op papier. Elke vraag werd voorgelezen door de aanwezige onderzoeker waarbij de kinderen kort de tijd kregen om hun antwoord te omcirkelen op de enquête voordat de volgende vraag werd voorgelezen. Deze methode is verkozen boven het individueel invullen van de enquête omdat op deze manier de aandacht van de kinderen beter vastgehouden werd. Door kinderen de enquête in te laten vullen is er naar verwachting een beter beeld verkregen over hun mobiele telefoongebruik, de regels thuis omtrent dit gebruik en de slaaptijden, hun slaapritme en gevoel van uitgerust zijn.

Analyse

De resultaten zijn verzameld in Excel, waarin de indexen van de PSQI en overige gegevens uit de antwoorden overzichtelijk zijn weergegeven. Hieruit zijn duidelijke grafieken verkregen. Om tussen meer factoren de correlatie te berekenen zijn enkele kwalitatieve waarden omgezet in kwantitatieve waarden (bijvoorbeeld: Ja = 1, Nee = 2) en met deze waarden de correlatiecoëfficiënt berekend.

Ten eerste is de correlatie tussen de PSQI-waarde en het gevoel van uitgerust zijn zowel na het slapen als overdag berekend. Deze correlatie zal aanwijzen of de PSQI een goede indicatie geeft van het gevoel van uitgerust zijn onder kinderen.

Daarna zullen de statistieken van de PSQI en het telefoongebruik worden gecalculleerd.

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden zal de correlatie tussen deze twee variabelen worden berekend. Dit is gebeurd voor alle geslachten bij elkaar en voor jongens en meisjes apart. Ook correlaties van de PSQI met andere gemeten variabelen (leeftijd, moeite met opstaan, telefoon mee naar de slaapkamer, telefoon gebruiken voor het slapen en wanneer de mobiel telefoon weggelegd werd voor het slapen) zijn berekend. Over de correlatiecoëfficiënten die aanzienlijk dicht bij 1 liggen, wordt geconcludeerd dat er een correlatie is tussen die twee genoemde factoren.

Resultaten

Ten eerste werd een correlatiecoëfficiënt van 0,372 gevonden tussen de PSQI-score en goed uitgerust na het slapen. Het gevoel van uitgerust zijn verschilt per persoon, het hangt namelijk samen met de individuele slaapbehoefte. Het is verschillend bij hoeveel slaap iemand zich uitgerust voelt. Ook de PSQI-score en overdag goed uitgerust voelen lieten een gemiddelde correlatie zien ($r = 0,399$). Hieruit kan worden gesteld dat de PSQI-score nauw samenhangt met hoe uitgerust iemand zich voelt en deze dus valide is voor het meten van het gevoel van uitgerust zijn. Door het verband van de PSQI en het gevoel van uitgerust zijn te bekijken (Figuur 4), is te zien of de PSQI aansluit op de individuele slaapbehoefte. Er is te zien dat een hogere PSQI (>9) betekent dat iemand zich niet uitgerust voelt overdag. Maar als we kijken naar een lagere PSQI ($<6,5$) geven de participanten aan zich altijd of soms uitgerust voelen. Hierdoor is duidelijk geworden dat de PSQI meet wat van belang is, slaapkwaliteit en gevoel van uitgerust zijn.

In Figuur 1 is de PSQI-score en het telefoongebruik in minuten per dag tegen elkaar afgezet. In deze grafiek is te zien dat er veel variatie is tussen de PSQI-score en het telefoongebruik. De gemiddelde PSQI-score is 5,28. Hierbij scoorden jongens gemiddeld een 5,05 op de PSQI. Meisjes daarentegen scoorden hoger met 5,56 op de PSQI. Kinderen met een ander geslacht scoorden erg hoog met een gemiddelde PSQI-score van 9,66.

Uit een analyse kwam dat er geen significant verschil van PSQI-score is tussen jongens en meisjes ($p = 0,312$).

Het gemiddelde telefoongebruik van de participanten lag op 149 minuten per dag. Het gemiddelde telefoongebruik van jongens ligt met 134 minuten per dag onder het gemiddelde. Meisjes gebruiken hun telefoon meer met een gemiddeld gebruik van 157 minuten. Participanten met een ander geslacht gebruiken hun telefoon weer veel meer met een gemiddeld gebruik van 240 minuten per dag. Ook het telefoongebruik gaf een nonsignificant verschil tussen jongens en meisjes ($p = 0,256$).

De correlatiecoëfficiënt die de samenhang in dit onderzoek aan zou kunnen tonen, is die tussen PSQI en gemiddelde telefoongebruik in minuten met $r = 0,191$. Deze ligt ook dicht bij 0 dan bij 1. Tussen de PSQI en het telefoongebruik voor het slapen ligt de correlatiecoëfficiënt iets hoger (0,201). Een correlatiecoëfficiënt tussen de 0,00 en 0,20 geeft geen verband tussen de twee variabelen weer.

Daarnaast zijn ook verdere correlaties omtrent de PSQI berekend (Tabel 1). Uit de waarden van de correlatiecoëfficiënt valt op te maken dat er geen correlatie is tussen de leeftijd en de PSQI-score (Figuur 5). Participanten die ouder zijn hebben dus niet een hogere of lagere PSQI-score. De correlatie tussen de PSQI-score en of de telefoon meegenomen werd naar de slaapkamer is -0,154. Ook deze waarde ligt dicht bij 0 en dus hangen deze twee variabelen dus niet met elkaar samen. Bij de andere correlatiecoëfficiënten, tussen PSQI-score en moeite met opstaan, PSQI-score en wanneer je de mobiele telefoon aan de kant legt voor het slapen, is ook geen correlatie aanwezig.

Ook is er een blik geworpen op het verband tussen de PSQI en het gebruik van een mobiele telefoon voor het slapengaan (Figuur 6). Bijna een kwart van de participanten gebruikt nooit hun mobiele telefoon voor het slapen, deze groep heeft een lagere, gemiddelde PSQI (4,76). De overige participanten gebruiken wel eens hun mobiele telefoon voor het slapen. Bij andere groepen die wel hun mobiele telefoon gebruiken voor het slapen ligt de PSQI hoger dan 4,76. Zoals bij de groep die meer dan 5 keer per week hun mobiele telefoon gebruikt voor het slapen. In deze groep ligt het gemiddelde PSQI op 5,39. Zoals in Figuur 6 ook duidelijk te zien is, loopt de PSQI op als de mobiele telefoon vaker voor het slapen gebruikt wordt. In Tabel 2 is nog te zien wat de verhouding is tussen de mensen die wel of geen regels thuis hadden omtrent telefoongebruik en hun gemiddelde PSQI. Hieruit blijkt dat de participanten zonder regels thuis een hogere PSQI-score hebben (5,79) dan die met regels thuis (5,44). Welke verschillende soorten regels de participanten thuis kenden is gevraagd en de resultaten bij deze vraag wijken in de meeste gevallen niet veel van elkaar af. Wel is dus het verschil zichtbaar tussen de participanten met regels omtrent mobiel telefoongebruik en participanten waar dit niet voor geldt.

Conclusie

De onderzoeksvraag luidt als volgt: In hoeverre heeft de mate van gebruik van mobiele telefoons bij Nederlandse basisschoolleerlingen, tussen de 9 en de 12 jaar oud, invloed op hun gevoel van uitgerust zijn?

De hypothese van dit onderzoek is dat het gebruik van mobiele telefoons een negatief effect heeft op het gevoel van uitgerust zijn bij kinderen. In andere woorden: bij meer telefoongebruik wordt een hogere PSQI-score verwacht. Uit de verkregen resultaten kan geconcludeerd worden dat deze hypothese

met dit onderzoek is afgewezen. De resultaten van het hier onderzochte verband tussen telefoongebruik en uitgerust zijn sluiten niet aan op andere uitgevoerde onderzoeken.

Wel blijkt dat er een aanzienlijk verband is tussen de PSQI-score en het gevoel van uitgerust zijn bij basisschoolleerlingen. Dit maakt dat de PSQI een valide enquête is voor het meten van de mate van uitgerust zijn. Kijkend naar de statistieken, kan worden gesteld dat de deelnemende kinderen over het algemeen vrij slecht slapen. Dit wordt aangetoond door de gemiddelde index van 5,28. Bij een index van 5 of hoger wordt de slaapkwaliteit namelijk als slecht beschouwd (Smyth, n.d.). De invloed van het telefoongebruik op het gevoel van uitgerust daarentegen blijkt minimaal te zijn volgens het uitgevoerde onderzoek. Er werd dan ook een lage, niet significante correlatie gevonden. In de data kan dit worden teruggevonden bij bijvoorbeeld de kinderen met een dagelijks telefoongebruik van 360 minuten die een lage PSQI-score hadden. Dit is in strijd met de gestelde hypothese. Wel blijkt dat kinderen die, in verhouding tot anderen, minder op hun telefoon zitten over het algemeen lagere PSQI-scores halen dan 8. De kinderen met een hogere PSQI-score dan 8 hebben minstens een dagelijks telefoongebruik van gemiddeld 45 minuten (zie Figuur 1). Hieruit kan dus opgemaakt worden dat de invloed minimaal is, zoals hierboven vermeld, omdat 45 minuten nog steeds niet een extreme hoeveelheid is.

Terwijl de gewenste relatie absent bleef, bleken andere variabelen wel in verband te staan met de mate van uitgerust zijn. Zo blijkt dat kinderen die hun telefoon nooit mee naar bed nemen gemiddeld een lagere PSQI-score (4,76) dan de kinderen die hem meer dan 5 keer per week meenemen naar hun slaapkamer (5,39). Er valt dus te stellen dat de mate van het telefoongebruik voor het slapengaan in dit onderzoek samenhangt met de PSQI-score, en het bestaan van dit verband dus aannemelijk is.

Discussie

Leeftijdsgroep

De leeftijdsgroep van de participanten is van groot belang in dit onderzoek. De resultaten hebben echter een discutabele betrouwbaarheid, hierin speelt die leeftijdsgroep een grote rol. Zo bevat de enquête een vraag waarin gesteld wordt: “Heb jij ‘s ochtends wel eens moeite met uit bed komen?” (Bijlage 1, vraag 14). De leeftijdsgroep bevat meisjes en jongens van 11 en 12 jaar die de “vroege puber-fase” doormaken. Een van de bijkomstigheden van deze fase, is dat een kind ‘s ochtends eerder moeite heeft om uit bed te komen dan de kinderen van 7 of 8 jaar oud (Opvoed Informatie, 2021). Daardoor is deze vraag minder betrouwbaar voor de desbetreffende doelgroep en ook minder betrouwbaar om te gebruiken als vraag voor de individuele slaapbehoefte. Om het onderzoek betrouwbaarder te maken zou deze vraag anders geformuleerd of weggelaten moeten worden.

Daarnaast is de PSQI-score per definitie al lager bij kinderen, omdat kinderen meer uren slaap nodig hebben, scoren zij logischerwijs op verschillende componenten al een lager cijfer dan een volwassene of adolescent van 16. De PSQI-score is immers ook ontwikkeld voor volwassenen en niet specifiek voor kinderen. Kinderen met een PSQI-score van 10 hebben duseigenlijk een slechtere slaapkwaliteit in vergelijking tot volwassenen die een PSQI-score van 10 hebben. Er kan dus worden gesteld dat de schaal van de PSQI-score (0-21) niet meer representatief genoeg is voor de hele bevolking en niet

aansluit aan de onderzochte doelgroep. Momenteel bestaat er geen speciale PSQI vragenlijst voor kinderen en is de PSQI lijst bedoeld voor alle leeftijdsgroepen. De PSQI-lijst is een betrouwbare methode als hij gebruikt wordt bij volwassenen (Buysse, 1989) en zou goed gebruikt kunnen worden in eventueel vervolgonderzoek naar andere factoren bij die leeftijdsgroep. Bij een vervolgonderzoek met basisschoolleerlingen tussen de 10 en 12 jaar is het interessant om een PSQI lijst te ontwikkelen die specifiek de slaapkwaliteit van kinderen (de doelgroep) meet met een eigen scoreformulier.

Opvallende resultaten

Verder springen sommige ingevulde antwoorden er zeer boven uit. Participanten antwoorden bijvoorbeeld dat zij twee of vier uur slaap per nacht hebben. In dit onderzoek zijn een aantal PSQI-waarden van 17 of 18 van de 21 behaalde punten naar voren gekomen. Voor een kind in de onderzochte leeftijdscategorie is dit extreem hoog en praktisch gezien onhaalbaar omdat een kind niet kan functioneren met structureel zo weinig slaap (Slaap Informatie Centrum, n.d.). Dit zijn dus mogelijk geen waarheidsgetrouwe resultaten, maar dit kan niet met zekerheid gezegd worden. Om deze reden zijn deze resultaten wel meegenomen in de resultatenverwerking.

Één-op-één met een kind de enquête afnemen kan mogelijk een betrouwbaarder resultaat opleveren omdat het kind op deze manier minder afgeleid wordt. Echter zou dit veel tijdrovender zijn en dus zou het bijna onmogelijk zijn om een grote groep de enquête in te laten vullen. Dit zou op zijn beurt weer invloed hebben op de groeps grootte van het onderzoek en dus ook weer van invloed op de betrouwbaarheid zijn.

Participanten

Meer participanten zou de betrouwbaarheid en de validiteit van dit onderzoek aanzienlijk kunnen vergroten. 102 participanten is al een behoorlijk aantal voor een kleinschalig onderzoek, maar met meer deelnemers zou het onderzoek nog representatiever zijn voor de gekozen doelgroep. Dit omdat een grotere hoeveelheid resultaten leidt tot betrouwbaardere gemiddelden en sterker onderbouwde analyses.

In dit onderzoek zijn andere geslachten, gedefinieerd als: ‘Anders’, ondergerepresenteerd met een aantal van 3 participanten. Hierdoor wordt deze groep niet voldoende vertegenwoordigd en wijken de resultaten van deze geslachtsgroep af van de rest van de onderzochte doelgroep. Deze resultaten zijn dus niet representatief genoeg om gebruikt te worden bij het trekken van een conclusie. Om dit op te lossen zou het onderzoek op grotere schaal uitgevoerd moeten worden, waarbij vooral gelet moet worden op een verhoogde hoeveelheid deelnemers met andere geslachten ten opzichte van dit onderzoek.

De betrouwbaarheid van de resultaten kan in twijfel getrokken worden omdat deze mogelijk niet representatief genoeg zijn voor de gekozen doelgroep. Onbewust is de gekozen doelgroep namelijk specifiek voor 2 basisscholen uit Deventer. Mogelijk komen er andere resultaten uit het onderzoek, en zou er wellicht wel een verband kunnen zijn, als deze op andere basisscholen of in een ander deel van Nederland uitgevoerd zou worden. Voor een representatiever onderzoek zouden er dus meer basisscholen verspreid door het land deel moeten nemen.

Bijkomende variabelen

In het onderzoek zitten verder een aantal oncontroleerbare

variabelen, zoals een slechte thuissituatie of kinderen die niet lekker in hun vel zitten. Deze variabelen hebben invloed op de uitkomst van het onderzoek maar kunnen niet verwerkt worden in de enquête omdat dit te privacygevoelig en te confronterend is voor de jonge leeftijdsgroep. Doordat deze variabelen niet zijn meegenomen in dit onderzoek, kan er geen meting of uitspraak worden gedaan over de invloed van deze variabelen op de slaapkwaliteit van kinderen. Hierdoor kan het ook niet worden uitgesloten dat deze van invloed zijn.

Verder zijn in dit onderzoek ook kinderen met slaapproblemen meegenomen. De PSQI-lijst categoriseert deze kinderen door te vragen of een kind medicatie gebruikt om slaap te bevorderen, wat duidt op slaapproblemen (Bijlage 1, vraag 11). Kinderen met slaapproblemen kunnen een onbetrouwbare variabele vormen in het onderzoek en zouden daarom ook weggelaten kunnen worden (Chindamo, Buja, & DeBattisti, 2019). In dit onderzoek zijn ze wel meegenomen omdat anders de validiteit van de PSQI-score niet meer te waarborgen is.

Vervolgonderzoek

Een slechte of goede slaapkwaliteit kan veroorzaakt worden door veel variabelen, zoals uit de conclusie blijkt, ligt in dit onderzoek de oorzaak niet bij de mate van telefoongebruik. In dit onderzoek is gekeken naar een mogelijke oorzaak, maar niet naar de enige oorzaak voor de slaapkwaliteit van kinderen. In een vervolgonderzoek zou er dus gekeken kunnen worden naar andere factoren die de slaapkwaliteit kunnen beïnvloeden. Ook zou er nog gekeken kunnen worden naar het verband tussen de PSQI-score en hoe vaak de telefoon gebruikt werd voor het slapen gaan. Zoals in de conclusie al vermeld staat, blijkt uit het onderzoek dat dit verband mogelijk wel bestaat.

Eindconclusie

De verkregen resultaten in dit onderzoek sluiten niet voldoende aan bij de gestelde hypothese. Het verband tussen telefoongebruik en de PSQI-score is namelijk gering en daarmee ook gering met het gevoel van uitgerust zijn. De hoge PSQI-score die het gevoel van uitgerust zijn beïnvloedt, wordt dus mede veroorzaakt door andere factoren dan door het hier onderzochte telefoongebruik, zoals privacy gevoelige variabelen als thuissituatie. Verder blijkt de PSQI geen goede methode om de slaapkwaliteit van kinderen te meten.

Bibliografie

- Boels, L. (2020, January). Overzicht misverstanden over data in statistiek. UU, 9-10, <https://www.uu.nl/sites/default/files/overzicht-problemen-histogrammen-voor-docenten.pdf>
- Buyse, D. J. (1983). Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI). Opapc. <http://www.opapc.com/uploads/documents/PSQI.pdf>
- Calamaro, C. J., Mason, T. B. A., & Ratcliffe, F. J. (2009). Adolescents living the 24/7 Lifestyle: effects of caffeine and technology on sleep duration and daytime functioning. *PEDIATRICS*, 123(6), doi:10.1542/peds.2008-3641
- Chassiakos, R., Radesky, J., & Christakis, D. (2016, november). Children and adolescents and digital media. *PEDIATRICS*, 138(5). <https://pediatrics.aappublications.org/content/pediatrics/138/5/e20162593.full.pdf>
- Chindamo, S., Buja, A., & DeBattisti, E. (2019). Sleep and new media usage in toddlers. *European Journal of Pediatrics*, 8, 1-2, doi:10.1007/s00431-019-03318-7

ComScore (2015, maart 26). Comscore's latest whitepaper digital future in focus. ComScore. <https://www.comscore.com/Insights/Press-Releases/2015/3/comScores-Latest-Whitepaper-r-2015-US-Digital-Future-in-Focus-Available-for-Download>

Data Science Team (2020, May 2). Wat is de correlatiecoëfficiënt? — DATA SCIENCE. DATASCIENCE. Retrieved January 27, 2022, from <https://datascience.eu/nl/wiskunde-statistiek/wat-is-de-correlatiecoefficient/>

Gradisar, M., Wolfson, A., Harvey, A., Hale, L., Rosenberg, R., & Czeisler, C. (2013). The sleep and technology use of Americans: Findings from the National Sleep Foundation's 2011 Sleep in America Poll. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 9(12), 1292-1294. doi:10.5664/jcsm.3272

Hirshkowitz, M., Whiton, K., & Albert, S. (2014). National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: Methodology and results summary. *Sleep Health*, 1(1), 40-43, <http://dx.doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>

Kabali, H. K., Irigoyen, M. M., Nunez-Davis, R., Budack, J. G., Mohanty, S. H., Leister, K. P., & Bonner, R. L. (2015, December). Exposure and use of mobile media devices by young children. *Pediatrics*, 136(6), 1-3. <https://pediatrics.aappublications.org/content/pediatrics/136/6/1044.full.pdf>

Kaiser Family Foundation (2017, January 20). Daily Media Use Among Children and Teens Up Dramatically From Five Years Ago. Kaiser Family Foundation. <https://www.kff.org/racial-equity-and-health-policy/press-release/daily-media-use-among-children-and-teens-up-dramatically-from-five-years-ago/>

Lentis (n.d.). Waar komt je slaapprobleem vandaan? Lentis. <https://www.lentis.nl/probleem/slaapproblemen/komt-slaapprobleem-vandaan/>

Mascheroni, G., & Ólafsson, K. (2018, Februari). Net Children go mobile Risks and opportunities. Full Findings report, 12. http://eprints.lse.ac.uk/55798/1/Net_Children_Go_Mobile_Risks_and_Opportunities_Full_Findings_Report.pdf

Microsoft (n.d.). CORRELATIE, functie. Microsoft Support. Retrieved November 22, 2021, from <https://support.microsoft.com/nl-nl/office/correlatie-functie-995dcef7-0c0a-4bed-a3fb-239d7b68ca92>

Opvoed Informatie (2021, May 19). Puberteit | Informatie over pubers. Opvoeden.nl. Retrieved January 11, 2022, from <https://www.opvoeden.nl/puberteit-2177/>

Pauwels, H., & Dreijer, R. (2017). Onderzoek doen met kinderen. Hanze hogeschool Groningen.

Slaap Informatie Centrum (n.d.). Hoeveel slaap heeft een kind, volwassene en puber nodig en waarom? Slapen.com. Retrieved January 11, 2022, from <https://www.slapen.com/hoeveel-slaap-nodig/>

Smyth, C. A. (n.d.). Evaluating sleep quality in older adults: The Pittsburgh Sleep Quality Index can be used to detect sleep disturbances or deficits. | CE Article | NursingCenter. Lippincott's Nursing Center. Retrieved December 9, 2021, from https://www.nursingcenter.com/ce_articleprint?an=00000446-200805000-00028

Steemers, P., & Beijin, M. (2021, Januari 3). Global Mobile Consumer Survey 2020: Dutch Edition. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/nl/nl/pages/technologie-media-telecom/articles/global-mobileconsumer-survey-2020-the-dutch-edition.html>

Tafa, M., & Baiocco, R. (2009). Addictive behavior

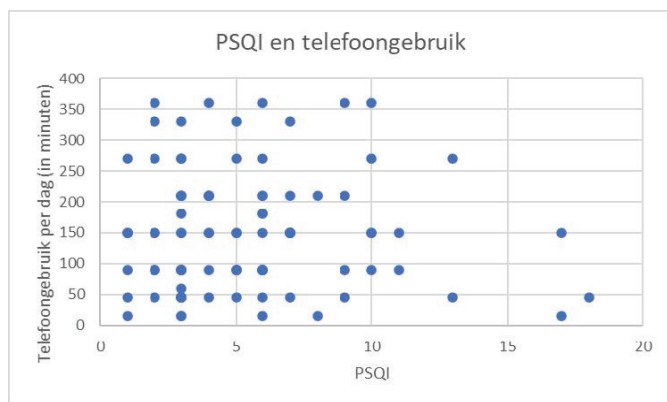
and family functioning during adolescence.

The American Journal of Family Therapy, 37(5), 388-395. https://www.researchgate.net/publication/230634457_Addictive_Behavior_and_Family_Functioning_During_Adolescence

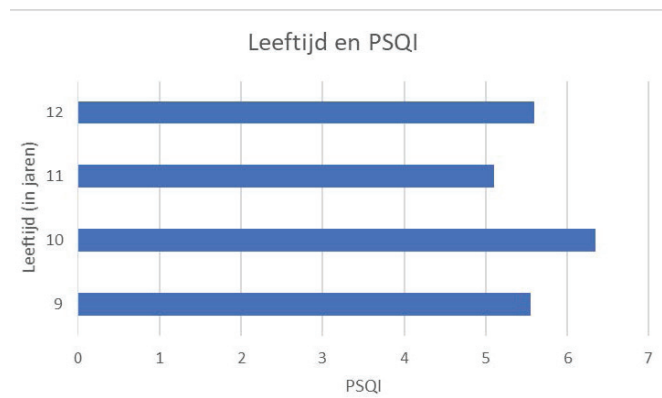
White, A., Buboltz, W. C., & Igou, F. (2017, November). The awakening of mobile phone use among college students. *International Journal of Humanities and Social Science*, 1(18). <https://www.researchgate.net/publication/265741578>

Wolfson, A. R., & Carskadon, M. A. (2003). Understanding adolescents' sleep patterns and school performance: A critical appraisal. *Sleep Medicine*, 7(8), 491-509. doi:10.1053/smr.2002.0258

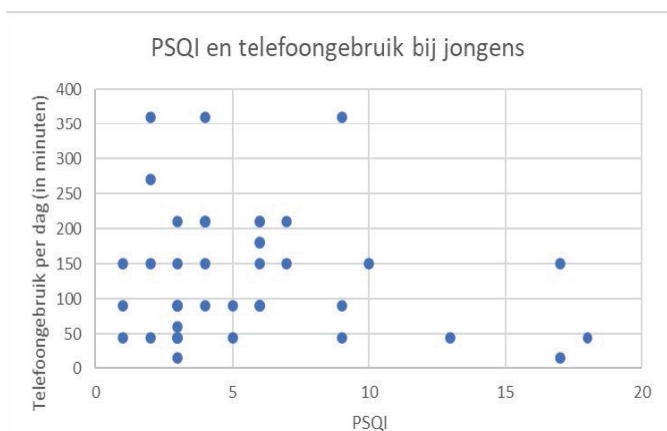
Buysse, D. (1989, May 28). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. PubMed. Retrieved February 3, 2022, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2748771/> doi: 10.1016/0165-1781(89)90047-4.



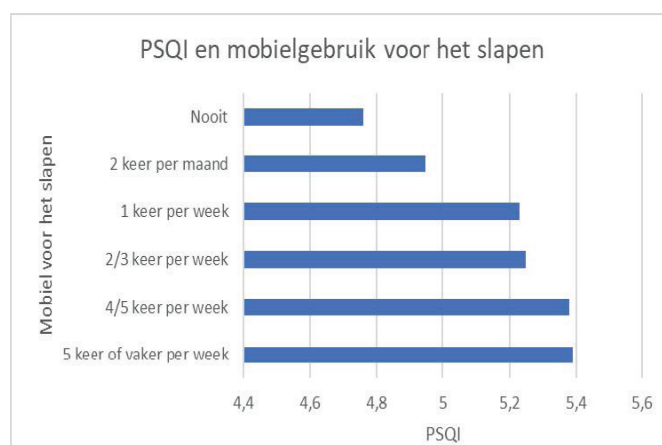
Figuur 1, Verband tussen PSQI en Dagelijks Telefoongebruik in Minuten.



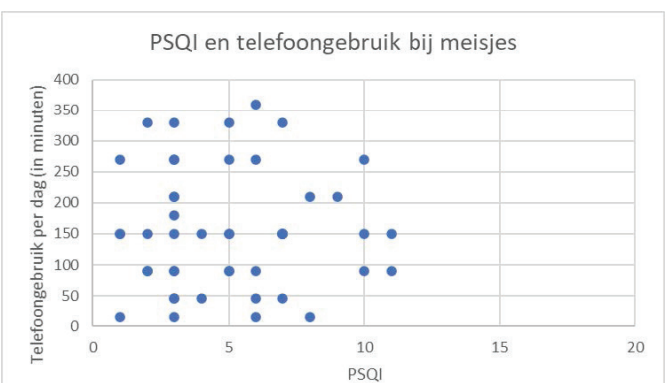
Figuur 5, Verband tussen Leeftijd en PSQI.



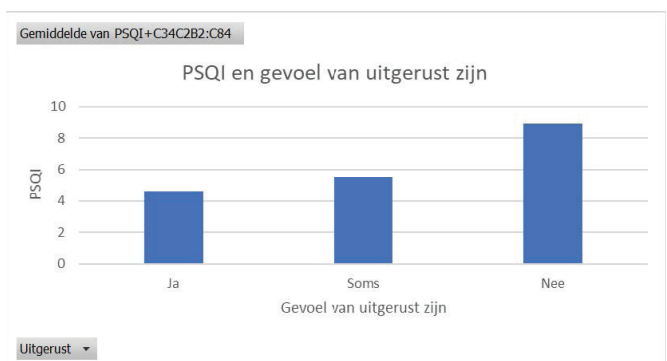
Figuur 2, Verband tussen PSQI-score en Dagelijks Telefoongebruik in Minuten bij Jongens.



Figuur 6, Weergave van Hoeveelheid Telefoongebruik voor het Slapen met Gemiddelde PSQI-score per Factor.



Figuur 3, Verband tussen PSQI-score en Dagelijks Telefoongebruik in Minuten bij Meisjes.



Figuur 4, Verband tussen Gemiddelde PSQI-score en Gevoel van Uitgerust zijn Overdag.

Verband tussen...	Correlatiecoëfficiënt
PSQI en leeftijd	-0,119746595
PSQI en gemiddelde telefoongebruik in minuten	0,1908669784
PSQI en moeite met opstaan	-0.03516486276
PSQI en goed uitgerust na slapen	0.3716979317
PSQI en overdag goed uitgerust	0.3988579555
PSQI en telefoon meenemen naar slaapkamer	-0.1544439638
PSQI en telefoon gebruiken voor slapen	0.2088046526
PSQI en wanneer je je mobieltje aan de kant legt	0.1304150012

Figuur 7, Tabel 1. Weergave Correlatiecoëfficiënt per Factor.

Regels thuis voor telefoongebruik en de gemiddelde PSQI		
	Wel regels thuis	Geen regels thuis
Aantal participanten	75	19
Gemiddelde PSQI	5,44	5,79

Figuur 8, Tabel 2. Weergave Aanwezigheid Regels Thuis over Telefoongebruik en Gemiddelde PSQI-score.

Bijlage A: Enquête

Bijlagen

Bijlage 1: Enquête vragenlijst

Enquête: Onderzoek naar gevoel van uitgerust zijn bij kinderen van 10 tot 12 jaar oud | gerelateerd aan telefoongebruik.

1. Hoe oud ben je?
 - ☐ 9
 - ☐ 10
 - ☐ 11
 - ☐ 12
2. Wat is je geslacht?
 - ☐ Jongen
 - ☐ Meisje
 - ☐ Anders...
3. Op welke basisschool zit je?
4. Heb je een mobiele telefoon of gebruik je het mobieltje van een ander elke dag?
 - ☐ Ja, ik heb een eigen mobieltje
 - ☐ Nee, ik heb zelf geen mobieltje, maar gebruik die van een ander
 - ☐ Nee, ik heb geen mobieltje
 - ☐ Anders...
5. Hoe laat ga je 's avonds ongeveer naar bed?
6. Na hoeveel minuten val je vaak pas in slaap nadat je in bed ligt?
 - ☐ 15 minuten of minder
 - ☐ Tussen de 15 en 30 minuten
 - ☐ Tussen de 30 minuten en 1 uur
 - ☐ Meer dan een uur
7. Hoe laat sta je 's ochtends ongeveer weer op?
8. Hoeveel uur slaap jij 's nachts? Dit hoeft niet hetzelfde te zijn als het aantal uren dat je in je bed ligt maar dit is hoeveel uren je ook echt aan het slapen bent.
9. **Hoe vaak heb jij de afgelopen maand slecht geslapen omdat je last had van de volgende dingen (a-j)?**
 - a. Ik kan niet binnen 30 minuten in slaap vallen
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker
 - b. Ik word wel eens 's nachts of 's ochtends vroeg wakker
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker
 - c. Ik moet er 's nachts vaak uit om te plassen
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker
 - d. Ik heb moeite met ademen in bed
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker
 - e. Ik moet vaak hoesten of luid snurken als ik in bed lig
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker
 - f. Ik heb het 's nachts te warm
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker
 - g. Ik heb het 's nachts te koud
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker

- h. Ik heb 's nachts nachtmerries
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker

- i. Ik heb last van pijn als ik in bed lig waardoor ik slecht slaap
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker

- j. Ik heb slecht geslapen deze maand om een andere reden, namelijk...
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
 - ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker

10. Hoe vindt jij dat je de afgelopen maand geslapen hebt?

- ☐ Heel goed
- ☐ Redelijk goed
- ☐ Best wel slecht
- ☐ Slecht

11. Hoe vaak heb jij de afgelopen maand iets genomen om jou te helpen slapen? (zoals een pilletje of een drankje)

- ☐ Deze maand niet
- ☐ Minder dan één keer per week deze maand
- ☐ Één of twee keer per week deze maand
- ☐ Drie of meer keer per week deze maand

j. Ik heb slecht geslapen deze maand om een andere reden, namelijk...

- ☐ Hier heb ik afgelopen maand geen last van gehad
- ☐ Hier heb ik afgelopen maand minder dan één keer per week last van gehad
- ☐ Hier heb ik afgelopen maand 1 of twee keer per week last van gehad
- ☐ Hier heb ik afgelopen maand drie keer per week last van gehad of vaker

10. Hoe vindt jij dat je de afgelopen maand geslapen hebt?

- ☐ Heel goed
- ☐ Redelijk goed
- ☐ Best wel slecht
- ☐ Slecht

11. Hoe vaak heb jij de afgelopen maand iets genomen om jou te helpen slapen? (zoals een pilletje of een drankje)

- ☐ Deze maand niet
- ☐ Minder dan één keer per week deze maand
- ☐ Één of twee keer per week deze maand
- ☐ Drie of meer keer per week deze maand

14. Heb je wel eens moeite met uit bed komen 's ochtends?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

15. Hoe vaak doe je een dutje per dag?

- ☐ Nooit
- ☐ 1 keer
- ☐ 2 keer
- ☐ 3 keer
- ☐ Anders...

16. Zo ja, hoe lang slaap je dan?

- ☐ 15 minuten
- ☐ 30 minuten
- ☐ 1 uur
- ☐ 1,5 uur
- ☐ 2 uur
- ☐ Anders...

17. Voel jij je na het slapen goed uitgerust?

- ☐ Ja
- ☐ Nee
- ☐ Anders...

18. Voel jij je overdag goed uitgerust?

- ☐ Ja
- ☐ Nee
- ☐ Anders...

19. Hoe zou jij jezelf omschrijven?

- ☐ Ik ben iemand die meer slaap nodig heeft dan 9 of 10 uur om me goed uitgerust te voelen
- ☐ Ik ben iemand die een normale hoeveelheid slaap nodig heeft om me goed uitgerust te voelen (9 tot 10 uur per nacht)
- ☐ Ik ben iemand die minder slaap nodig heeft dan 9 of 10 uur om me goed uitgerust te voelen
- ☐ Anders...

20. Hoe lang zit jij per dag op je telefoon?

- ☐ 0 tot 30 minuten
- ☐ 30 minuten tot 1 uur
- ☐ 1 tot 2 uur
- ☐ 2 tot 3 uur
- ☐ 3 tot 4 uur
- ☐ 4 tot 5 uur
- ☐ 5 tot 6 uur
- ☐ Meer dan 6 uur
- ☐ Anders...

21. Gebruik jij je mobieltje wel eens voordat je gaat slapen?

- ☐ Nee, nooit
- ☐ Ja, 2 keer in de maand
- ☐ Ja, 1 keer per week
- ☐ Ja, 2-3 keer per week
- ☐ Ja, 4-5 keer week
- ☐ Ja, meer dan 5 keer per week
- ☐ Anders...

22. Zo ja, wanneer leg jij je mobieltje aan de kant?

- ☐ Vlak voordat ik ga slapen
- ☐ 15 minuten voordat ik ga slapen
- ☐ 30 minuten voordat ik ga slapen
- ☐ 1 uur voordat ik ga slapen
- ☐ Anders...

23. Hebben je ouders regels gemaakt over je mobieltje thuis?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

24. Zo ja, welke regels zijn dit dan?

Je mag hier meerdere vakjes aanvinken!

- ☐ Ik mag hem niet gebruiken tijdens het eten
- ☐ Ik mag hem wel gebruiken tijdens het eten
- ☐ Ik mag hem maar even gebruiken en moet hem dan weer aan de kant leggen
- ☐ Ik mag hem alleen met mijn ouders erbij gebruiken
- ☐ Ik mag hem altijd gebruiken
- ☐ Anders...

Rechtvaardigheid van het beslismodel van World Athletics betreffende de testosteronconcentratie limiet gebruikt voor classificatie bij de vrouwenatletiek

C. Hergink¹, C. Wijering², A. Boamfa³, P. Nijland¹, M.N.A. Bijman³

¹Lyceum de Grundel, Hengelo

²Bonhoeffer College, Van der Waalslaan, Enschede

³Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - The main purpose of this study is to investigate whether the regulations regarding the testosterone concentration of female athletes, which are enforced at international competitions, are fair. The limit of testosterone is now 5 nmol/L, a female athlete has to have a testosterone concentration lower than that limit for a period of at least six months to be eligible for competing. The literature search reveals that the testosterone concentration does play a role in performance at different events in athletics. However, the study that was conducted to be the main substantiation of the current regulations has gotten a lot of critique and it has become clear that more research has to be done to compose fair regulations. The main points of critique are the way the concentration of testosterone was calculated and the way the research was executed. It has also become clear that there should be more discussions about ethics, since fair regulations and ethical considerations are closely intertwined. In conclusion, the regulations that are now in place can not be considered to be fair, and more research has to be conducted before implementing new regulations.

Inleiding

Sport is universeel, het zou voor iedereen eerlijk moeten zijn. Dit brengt wel moeilijkheden met zich mee. De scheiding tussen mannen en vrouwen in sport bijvoorbeeld. Deze is vanaf 1966 al een probleem, toen werden er namelijk gender tests ingevoerd. Dit gebeurde omdat er mannen waren die zich voordeden als vrouw om zo beter mee te komen op professioneel niveau. De initiële test bestond uit het visueel bestuderen van de atleten op vrouwelijke voortplantingsorganen. Na twee jaar werd hier weer vanaf gestapt, toen werd er na advies van het IOC (Internationaal Olympisch Comité) overgestapt op een chromosomentest. Deze test was echter geen goede maatstaf voor het onderscheid tussen mannelijke en vrouwelijke atleten, het kwam voor dat vrouwen zonder atletisch voordeel werden afgekeurd en vrouwen met atletisch voordeel goedgekeurd. [1] [2]

Sinds 2011 maakt World Athletics gebruik van een testosteronlimiet als eis voor het deelnemen aan vrouwenatletiek, deze limiet werd toen ingesteld op 10 nmol/L (zie figuur 1). Vrouwen met een testosterongehalte van boven de 10 nmol/L mochten niet deelnemen aan de wedstrijden. Het Hof van Arbitrage voor Sport (CAS) stelde in 2014 dat World Athletics niet genoeg wetenschappelijk bewijs had om de claim waar te maken dat de concentratie testosteron in het lichaam gelijk staat aan een goede atletische prestatie. Dit betekende dat vrouwen met een hogere testosteronwaarde toch deel mochten nemen aan alle disciplines in de atletiek. [3] De navolgende punten worden door zowel World Athletics als de getroffen atleten als valide gezien in de CAS-rechtszaak uit 2014.

Mannen hebben een 8-12% voordeel in sportprestaties over vrouwen, grotendeels veroorzaakt door verschil in spiermassa en spierkracht. Beide worden beïnvloed door de hoeveelheid testosteron. [4] 95% van de vrouwen heeft een testosterongehalte tussen 0.26 en 1.73 nmol/L. Bij mannen ligt dat tussen 7.7 en 29.4 nmol/L. Vrouwen hebben in 99,99% van de gevallen een testosteronconcentratie onder 4.95 nmol/L. [5] Er zit dus een significant verschil tussen de sportprestaties van mannen en vrouwen, daarom zijn daar verschillende klassen

voor. Deze scheiding moet ervoor zorgen dat de sport zo eerlijk mogelijk wordt voor iedereen. Ondanks dat er verschillende klassen zijn voor mannen en vrouwen, is de bepaling van gender in mensen niet binair. Het is dus nodig om in elk speciaal geval te kunnen bepalen in welke klasse een atlete mag deelnemen. Bij deze bepaling mag geen gebruik gemaakt worden van chromosomale testen of extern onderzoek. Verder werd in deze rechtszaak door het CAS beslist dat World Athletics meer wetenschappelijk bewijs nodig had om een nieuw testosteronlimiet in te stellen. [6]

Na een onderzoek van Berman en Garnier, waarin het effect van testosteron op de sportprestaties werd onderzocht [7], zijn de huidige toelatingseisen voor de vrouwelijke categorie opgesteld. Deze zijn gepubliceerd door World Athletics in april 2018. Het CAS oordeelde in datzelfde jaar dat World Athletics nu wel genoeg wetenschappelijk bewijs heeft om deze limiet in te stellen. Dit bewijs is hierna meerdere malen in twijfel getrokken door verscheidene later uitgevoerde studies, waardoor er vraagtekens gezet worden bij de validiteit en betrouwbaarheid van het onderzoek. [8] [9] [10]

De World Athletics reglementen stellen sinds 2018 dat vrouwelijke atleten mee mogen doen aan internationale competities (400 tot en met 1500 meter) als hun testosteronconcentratie voor minstens zes maanden onder de 5 nmol/L blijft. Voor alle wedstrijden onder de 400 meter en boven de 1500 meter gelden deze reglementen niet. Dit komt omdat er volgens de gebruikte bewijzen geen effect van testosteron op de sportprestaties bij deze wedstrijden is gevonden en er geen testosteronlimiet ingesteld hoeft te worden. [11] [12]

In dit onderzoek wordt vaak de afkorting DSD gebruikt. Deze Engelse afkorting staat voor Disorders of Differences of Sex Development. In het Nederlands wordt dit ook wel geslachtsvariatie genoemd. De term slaat op mensen die door een genetische variatie atypische geslachtskenmerken hebben. De term wordt gebruikt voor vele genetische variaties, waaronder ook hyperandrogenisme. Bij hyperandrogenisme maakt het lichaam van een vrouw teveel mannelijke hormonen aan, wat de lichaamsbouw beïnvloedt. Het uit zich meestal

in een mannelijke bouw van het lichaam, overmatige lichaamsbeharing, acne en haaruitval. [13]

Een bekend voorbeeld van een atlete met DSD is de Zuid-Afrikaanse Caster Semenya. Op 18-jarige leeftijd won Semenya een gouden medaille in de 800 meter hardlooptwedstrijd op de IAAF World Championships in 2009. Haar tijd van 1:55.45 was meer dan 8 seconden sneller dan haar persoonlijke record. Deze enorme verbetering van haar record en de bouw van de atlete, met veel mannelijke kenmerken, zorgden ervoor dat World Athletics Semenya verplichtte een gendertest te ondergaan. Hieruit bleek dat Semenya een testosterongehalte had van meer dan drie keer de gemiddelde hoeveelheid bij vrouwelijke atleten. Er waren in 2009 nog geen limieten voor de testosteronconcentratie.

In 2011 werd hierdoor een testosteronlimiet van 10 nmol/L ingesteld. In 2015 werd hier echter bezwaar op gemaakt door de Indiase sprintster Dutee Chand. World Athletics moest hierdoor beter bewijs leveren. Dit bewijs kwam in de vorm van het eerder genoemde onderzoek van Berman en Garnier uit 2017, waarna de limiet werd ingesteld op 5 nmol/L.

Caster Semenya heeft voor langere tijd medicatie genomen waardoor haar testosteronconcentratie omlaag ging, zodat ze deel mocht nemen aan internationale wedstrijden. Nadat ze stopte met deze medicatie werd ze uitgesloten van wedstrijden, waardoor haar kans op succes in de atletiekwereld verdween. De rechtszaak van het CAS heeft bij het bezwaar van Dutee Chand een duidelijk statement gemaakt:

“De Hyperandrogenisme Reglementen zijn gebaseerd op de impliciete veronderstelling dat hyperandrogene vrouwen een significant voordeel hebben op het gebied van sportprestaties ten opzichte van de vrouwen zonder hyperandrogenisme, een voordeel dat groter is dan die van elke andere genetische of biologische factor en significant lijkt op (of zelfs even groot is als) het voordeel dat mannen hebben ten opzichte van vrouwen.” - CAS

Er is echter een vaak terugkomend tegenargument dat het willekeurig is om alleen hyperandrogenisme te bestraffen in een wereld waarin ook andere genetische factoren regelmatig voordelen leveren. [14]

Sinds het invoeren van de limiet van 5 nmol/L is op het bewijs van World Athletics, dat de basis vormt voor deze reglementen, al veel kritiek geweest op onder andere de betrouwbaarheid en validiteit [8] [9] [10]. Deze kritiek kwam vanuit de media, verschillende wetenschappers en de sportwereld.

Er is dus nog altijd veel onduidelijkheid over wat de waarde van deze limiet moet zijn. Het doel van dit onderzoek is dan ook om meer duidelijkheid te scheppen over de rechtvaardigheid van de huidige testosteronlimiet om sport eerlijker te maken voor iedereen, waardoor het mogelijk zal zijn een advies te geven over potentiële nieuwe reglementen en onderzoeken omtrent het effect van testosteron en de testosteronreglementen. Dit leidde dan ook tot de onderstaande onderzoeksvraag.

Vraagstelling

In hoeverre is het beslismodel van World Athletics, dat bepaalt of een atleet aan een vrouwencompetitie deelneemt, gerechtvaardigd met betrekking tot het level van testosteron?

Methode

Dit onderzoek is uitgevoerd aan de hand van een literatuuronderzoek. Bij het vooronderzoek is gekeken naar verschillende actualiteiten omtrent doping en

hyperandrogenisme in de sport. Er is gekozen om te kijken naar de regelgeving met betrekking tot het level van testosteron bij vrouwelijke atleten. Hiervoor is gekozen omdat er nog een grote discussie speelt op dit gebied en er geen duidelijke oplossing bekend is.

Ten eerste is er een oriënterende fase uitgevoerd, waarbij vooral is gekeken naar wat de controverse omtrent de testosteronconcentratie inhoudt. Op basis van de verkregen informatie is gekeken naar de bruikbaarheid van de beschikbare informatie en de haalbaarheid van het onderzoek. De keuze is gemaakt om te kijken naar vier elementen:

- de huidige reglementen
- de wetenschappelijke onderbouwing van deze reglementen
- de kritiek op de reglementen
- de ethische kant van de controverse

Voor deze vier elementen is gekozen omdat het alle kanten van het probleem belicht en omdat veel van de beschikbare literatuur zich focust op maar één van deze vier elementen en dus geen duidelijk overzicht biedt.

Na de oriënterende fase is er een uitgebreid literatuuronderzoek uitgevoerd, waarbij zoveel mogelijk bruikbare informatie verkregen is. De gebruikte onderzoeken komen van de platforms Google Scholar, PubMed en Scopus. Ook werden er meerdere criteria gebruikt bij het vinden van de onderzoeken:

- De onderzoeken moesten relevant zijn aan de onderzoeksvraag of aan één van de vier elementen.
- De onderzoeken omtrent de wetenschappelijke basis voor de reglementen en het effect van testosteron op de atletiekprestaties moesten zo recent mogelijk zijn, uitgevoerd in de afgelopen 20 jaar. De onderzoeken omtrent het effect van testosteron in het algemeen mochten ook minder recent zijn, tenzij er bewezen is dat de uitkomsten niet kloppen. De kritiek op de reglementen en het onderzoek dat is uitgevoerd, speciaal als basis voor de huidige reglementen, komen uit de afgelopen vijf jaar.
- Alle onderzoeken moesten meerdere referenties hebben. De onderzoeken die een overzicht van één van de vier bovenstaande elementen bieden, moesten minstens 20 referenties hebben, zodat het overzicht betrouwbaarder is.
- Het onderzoek van Berman en Garnier, waarin het effect van testosteron op de sportprestaties werd onderzocht [3], is het onderzoek waarop de huidige reglementen gebaseerd zijn. Doordat de reglementen controversieel zijn, is op het Berman en Garnier onderzoek ook de meeste kritiek gepubliceerd. Van dat onderzoek wordt alle kritiek en ondersteuning van de conclusie gebruikt, in tegenstelling tot de andere onderzoeken waarbij het onmogelijk was om alle informatie te verwerken in dit paper.

De gevonden informatie is vervolgens ingedeeld bij één van de vier elementen. De vier elementen zijn daarna zo vloeiend mogelijk verwerkt in het paper, zodat het een mooi lopend geheel is. De literatuur die is gebruikt kwam voornamelijk uit wetenschappelijke tijdschriften en de websites van relevante instanties. Bij het literatuuronderzoek is een strenge selectie uitgevoerd omtrent de relevantie voor dit onderzoek, waardoor veel van de literatuur uiteindelijk niet gebruikt is. Hiervoor is gekozen om zo gericht mogelijk de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden, waardoor een compact en relevant beeld ontstaat van de controverse betreffende de reglementen omtrent de testosteronconcentratie.

Resultaten

Veelgebruikte termen

In dit paper worden vele termen gebruikt die betrekking hebben tot de testosteronreglementen. Deze termen worden hier uitgelegd voor een beter begrip van de resultaten.

- Free testosterone (fT): een groot deel van het testosteron in het lichaam is gebonden aan een eiwit. Het andere deel is niet gebonden aan een eiwit en kan dus ongebonden door het lichaam bewegen. Dit wordt free testosterone genoemd. Wanneer een cel free testosterone absorbeert kan het bepaalde functies bevorderen, zoals celrepletie in de botten en spieren. Free testosterone speelt dan ook een grote rol in het effect van testosteron op de sportprestaties.
- Endogene testosteron: de totale concentratie testosteron in de bloedbaan. Een hoge waarde bij het endogene testosteron betekent echter niet dat de concentratie free testosterone ook hoog is en het heeft dus niet hetzelfde effect op de sportprestaties.
- Endogene androgenen: chemische stoffen die mannelijke eigenschappen ontwikkelen die binnen het lichaam ontstaan. Het belangrijkste endogene androgene hormoon is testosteron. Androgenen binden aan een androgeenreceptor en activeren deze, waardoor eiwitten gesynthetiseerd kunnen worden.
- Isotope dilution equilibrium dialysis: equilibrium dialysis is de nauwkeurigste methode om free testosterone te meten. Het is gebaseerd op de diffusie van lichte moleculen door een membraan met een vooraf bepaalde grens (zie figuur 2). Monsters worden gedialyseerd over een periode van vele uren: aan eiwit gebonden testosteron wordt verwijderd, terwijl free testosterone achterblijft in het dialysaat. Zo kan de concentratie free testosterone erg precies gemeten worden. [15]

Huidige reglementen

De reglementen die nu gelden zijn op 26 april 2018 door World Athletics in gebruik genomen. Hierin is opgenomen dat een atlete mag meedoen aan internationale hardlooptcompetities tussen de 400 en 1500 meter als zij:

1. Volgens de wet een vrouw of een persoon met DSD is.
2. Gedurende zes maanden voor het betreffende discipline een testosteronniveau heeft lager dan 5,0 nmol/ testosteron per liter bloed.
3. Gedurende het discipline een testosteronniveau van onder de 5,0 nmol testosteron per liter bloed behoudt.

Wetenschappelijke onderbouwing van de reglementen

Het 99e percentiel voor testosteronconcentratie bij vrouwelijke atleten is 3,08 nmol/L. Dit betekent dat 1% van de atletes een testosteronconcentratie boven de 3,08 nmol/L heeft. Bij deze berekening is geen rekening gehouden met transgender vrouwen en vrouwen met DSD. [16]

Het is aangetoond dat een causaal verband bestaat tussen testosteron en een toename in vetvrije massa en uithoudingsvermogen tot uitputting. Dit is gebleken uit een onderzoek over het effect van testosteron uit 2019. Over een bepaalde tijdsperiode moest een groep vrouwen een pil innemen die de testosteronconcentratie in het lichaam verhoogd. Een andere groep vrouwen kreeg een placebo toegediend. Hierna moesten ze op verschillende data hardlopen. De resultaten werden aan het eind vergeleken met de beginwaarden. Het uithoudingsvermogen van de vrouwen waarvan de

testosteronconcentratie toegenomen was, verbeterde met 21,17 seconden en de vetvrije massa veranderde met 923 gram bij een testosteronverandering van 0,9 nm/L tot 4,3 nm/L. Bij de placebogroep verbeterde het uithoudingsvermogen met 15,5 seconden en veranderde de vetvrije massa met 135 gram. Hierbij lag het testosteronlevel tussen de 0,4 nm/L en 2,8 nm/L. Bij de placebogroep verbeterde het uithoudingsvermogen doordat bij het onderzoek meerdere malen rennend een afstand moest worden afgelegd verspreid over een lange tijdsperiode om het effect van testosteron goed te kunnen onderzoeken. Door de twee groepen met elkaar te vergelijken is er aangetoond dat testosteron een significante invloed heeft op vetvrije massa en het uithoudingsvermogen. [17]

Testosteron heeft dus invloed op de sportprestaties bij atletiek. Bij het onderzoek van Bermon en Garnier werden vrouwelijke atleten opgedeeld in drie groepen op basis van hun free testosterone (fT) concentratie. De beste resultaten werden vergeleken tussen de hoogste en laagste fT-groepen. Hieruit kwam de conclusie dat vrouwelijke atleten met hoge fT-levels een significant voordeel hadden ten opzichte van de atleten met een laag fT bij de 400 meter hardlopen (2,73%), 400 meter horden (2,78%), 800 meter hardlopen (1,78%), kogelslingeren (4,53%) en polsstokhoogspringen (2,94%). Dit betekent dat vrouwelijke atleten met hoge fT-levels vaker sneller en beter presteren dan de vrouwelijke atleten met lage fT-levels. [7]

Kritiek op de huidige reglementen

Er is veel kritiek op hoe de reglementen tot stand zijn gekomen. De testosteronlimiet slaat op het endogene testosteron in het bloed, maar bij het onderzoek van Bermon en Garnier werd geconcentreerd op de 'free testosterone' (fT). Ook waren er atleten wiens fT in het laagste tertiël zat, die beter presteerden bij bepaalde disciplines dan atleten wiens fT in het hoogste tertiël zat. Met betrekking tot de endogene testosteronlevels waren er alleen maar significante verschillen ($p < 0,05$) tussen hoge en lage tertiëlen bij drie hardlooptdisciplines, namelijk de 400 meter, de 400 meter horden en de 800 meter. De vergelijking tussen verschillende tertiëlen werd beschouwd als statistisch ongepast. Een betere benadering waarbij gekeken wordt naar een correlatie tussen endogeen testosteron en prestatie werd aangeraden. [18]

Deze correlatie is nooit aangetoond, ook al is dat wel geprobeerd. Wel is er aangetoond dat endogene androgenen een rol spelen bij de atletische prestatie van vrouwen. Hier moet rekening mee gehouden worden met betrekking tot de reglementen, die nu volledig gebaseerd zijn op het level van het endogene testosteron. [19]

Een ander punt van kritiek is de controverse omtrent de berekening van de concentratie fT. Variabiliteit in prestaties bij het berekenen van de concentratie fT wordt beïnvloed door verschillende factoren en onnauwkeurigheden in de gebruikte wiskundige modellen (zie figuur 3). Vanwege deze variabiliteit is er een significant verschil in de berekende fT en de werkelijke fT aanwezig in het lichaam. fT wordt vaak berekend met verschillende wiskundige modellen in plaats van gemeten met isotope dilution equilibrium dialysis. [20]

Na het publiceren van hun studie in 2017 kwamen Bermon en Garnier erachter dat ze fouten hadden gemaakt met de cijfers in het onderzoek. Ze hadden, naar eigen zeggen, maar liefst 230 verkeerde getallen geproduceerd, te onderscheiden in drie soorten fouten. De eerste fout was dat bij een atlete meerdere tijden waren genoteerd voor dezelfde discipline. De

tweede fout was dat meerdere atletes onterecht dezelfde tijd toegewezen hadden gekregen voor dezelfde discipline. De laatste fout was dat er tijden geregistreerd waren waar geen enkele atlete bij gevonden kon worden. Voor de disciplines met een testosteronlimiet, bleken in totaal 25% van de tijden fout geregistreerd te zijn. Na het herstellen van deze fouten kwamen ze in 2018 met een vernieuwde versie van het onderzoek. Hierin waren echter maar 220 gewijzigde getallen te vinden. Dus zelfs na het verbeteren van hun onderzoek, slaagden ze er niet in om alle fouten eruit te krijgen. Door de gewijzigde onderzoeksdata zijn verschillen in gemiddelde tijden tussen hoogste en laagste tertielen van testosteron gehalten ook veranderd; de marges van deze tertielen zijn ten opzichte van de studie uit 2017 gewijzigd. De resultaten zijn verwerkt in een figuur, waarin de marges in procenten bij de beide studies en het verschil tussen deze studies wordt weergegeven (zie figuur 4). [8]

Ethische kant van de controverse

In 2014 zei het CAS dat World Athletics wetenschappelijk bewijs moest leveren voor een nieuwe testosteronlimiet. Het enige artikel dat World Athletics na 2014 bij hun bewijs hebben gevoegd is een artikel uit 2017 van Berman en Garnier. [7] Deze studie is dus de doorslaggevende factor geweest in de uitspraak van het CAS in 2018 om de nieuwe limiet in te stellen, omdat er toen volgens het CAS wel voldoende wetenschappelijk bewijs was. De personen die dat onderzoek uitgevoerd hebben zijn Stéphane Berman en Pierre-Yves Garnier. Zij zijn beide allebei werkzaam bij World Athletics, Stéphane bij World Athletics Health and Science Department en Pierre bij Athletics Integrity Unit (World Athletics). Het onderzoek is dus ook opgezet en gefinancierd door World Athletics zelf. Dit leidt hoe dan ook tot belangenverstrengeling. Het is ethisch onverantwoord om medewerkers van World Athletics een onderzoek uit te laten voeren, waarbij zij eigenbelang hebben, omdat de objectiviteit dan verdwijnt.

Door het CAS werd in 2014 aangegeven in de rechtszaak tussen World Athletics en Dutee Chand, dat er een wezenlijk verschil moest zijn tussen de sportprestaties van vrouwen met een hoog testosteronniveau en vrouwen met een laag niveau. Hierbij zeiden ze dat een verschil in testosteronniveau een scheiding tot gevolg zou moeten hebben indien het verschil in sportprestatie in de buurt zou komen van het verschil tussen mannen en vrouwen van 10-12%. Het CAS gaf aan dat een verschil in de buurt van 1% veroorzaakt zou kunnen worden door vele andere variabelen die sportprestaties beïnvloeden, omdat het een relatief kleine marge is. Te zien is in figuur 4 dat er in werkelijkheid een marge in de prestaties zit die significant dicht bij de 1% dan bij de 10-12% ligt; gemiddeld blijkt er een marge van 1,6% aanwezig te zijn tussen de hoogste en laagste tertielen op de hardlooppafstanden tussen 400 en 1500 meter. Volgens de rechtszaak van het CAS zou deze bestempeld moeten worden als een niet significante marge. Toch wordt deze marge op dit moment als significant behandeld en vallen de betreffende afstanden toch onder de huidige reglementen. Bij de 100 meter hardlopen is er een marge aanwezig in het voordeel van vrouwen uit het laagste tertiel. Deze marge is groter dan alle marges van de in de reglementen opgenomen disciplines, alleen dan de andere kant op. Als de marges van de 400 tot en met de 1500 meter genoeg zijn voor een uitsluiting van atletes uit het hoogste tertiel, zou die van de 100 meter dat dus ook moeten zijn voor vrouwen uit het laagste tertiel. [8]

Conclusie

Uit het onderzoek is gebleken dat de wetenschappelijke onderbouwing van de reglementen op bepaalde vlakken tekortschiet, onder andere de manier waarop de testosteronconcentratie van de vrouwen in de onderzoeken gemeten wordt en de onderzoeksmethode waarmee de invloed van testosteron op de sportprestaties is gemeten. Verder is de manier waarop de onderzoeken zijn uitgevoerd en de kwaliteit van de onderzoeken die het grootste deel van het geleverde bewijs uitmaken zeer ondermaats, doordat bekend geworden is dat veel getallen niet kloppen. Het is wel duidelijk dat testosteron een invloed heeft op de prestaties bij bepaalde atletiekdisciplines, hoewel niet zeker is hoe groot die invloed is en bij welke disciplines dit het sterkst naar voren komt. Al met al zijn de huidige testosteronreglementen niet rechtvaardig, er moet nog meer onderzocht worden om rechtvaardige reglementen op te kunnen stellen en de sport eerlijker te maken.

Discussie

In de discussie zal worden ingegaan op de interpretatie van de resultaten en de ethische kant van de controverse omtrent de testosteronreglementen. Verder zal er ook worden ingegaan op de beperkingen, de validiteit en de betrouwbaarheid van het onderzoek. Daarnaast zullen er ideeën worden gegeven voor eventueel vervolgonderzoek.

Het is aangetoond dat testosteron invloed heeft op de sportprestaties in de atletiek. Het is echter nog niet duidelijk vanaf welke concentratie dit is en bij welke disciplines. Ook is het niet duidelijk welke andere factoren naast testosteronconcentratie een rol spelen in de prestaties. Dat verschillende wetenschappers het niet met elkaar eens zijn, is vanwege de manier waarop de testosteronconcentratie gemeten wordt. Bij het onderzoek dat de huidige reglementen onderbouwd hebben de onderzoekers de concentratie free testosterone gebruikt als testosteronconcentratie. De gebruikte wiskundige modellen voor het berekenen van de concentratie fT zijn echter niet nauwkeurig, doordat de wiskundige benaderingen nooit de fT-concentratie exact kunnen berekenen. Doordat deze concentratie een grote rol speelt bij het bepalen en opvolgen van de reglementen, is het niet aanvaardbaar dat de metingen niet nauwkeurig zijn. De nauwkeurigste methode is door middel van isotope dilution equilibrium dialysis. In de praktijk is het niet haalbaar de concentratie fT te meten door isotope dilution equilibrium dialysis doordat deze methode te veel tijd kost en dus niet efficiënt genoeg is om in de atletiek toegepast te kunnen worden.

Los van alle resultaten, is gender een zeer ingewikkeld gegeven. Het is zeer moeilijk om iedereen in een hokje vrouw of man te plaatsen. Dit onderzoek kan dus niet gedaan worden zonder dat er rekening gehouden wordt met iedereen die zich buiten deze traditionele hokjes thuis voelt.

Het valt te betwisten of het ethisch verantwoord is om atleten te dwingen hun testosteronniveau te verlagen, als deze testosteronconcentratie geen schadelijke impact heeft op hun gezondheid. Om mee te doen aan internationale competities is dit momenteel nodig voor vrouwen met een testosteronniveau van boven de 5,0 nmol/L. In deze internationale competities gaat significant meer geld om dan in hun nationale tegenhangers. Door het niet navolgen van de reglementen kan dus een groot deel van de inkomsten van vrouwelijke atleten wegvallen.

Er zijn talloze factoren van invloed op sportprestaties, vele hiervan zijn genetisch bepaald. Toch worden atletes alleen

beoordeeld op hun hoeveelheid testosteron. [21] [22] De vraag is of het verantwoord is om vrijwel alle genetische voordelen buiten beschouwing te laten en alleen naar testosteron te kijken.

Wanneer een atleet wordt bestraft op dopinggebruik, geeft World Athletics een straf van vier jaar. Wanneer een atlete een te hoog testosteronniveau bezit en hier niks aan besluit te doen, verbiedt World Athletics haar om ooit nog mee te doen aan de onder de reglementen vallende disciplines. Dit kan geïnterpreteerd worden als het bericht: het is erger om een grotere hoeveelheid testosteron te hebben dan om doping te gebruiken. [23] Dit terwijl doping veel gezondheidsrisico's met zich meebrengt en moedwillig valsspelen is, en het testosteronniveau aangeboren is. Doping heeft daarnaast een grotere invloed dan testosteron op de sportprestatie. Door een atlete met een te hoog testosterongehalte te behandelen als valsspeler, wordt haar eigen inspanning teniet gedaan. De beoordeling duidt er op dat haar prestaties alleen worden behaald door het hoge testosteronniveau.

Hoewel er zoveel mogelijk beschikbare literatuur gebruikt is, is het aannemelijk dat niet alle bruikbare literatuur is gevonden. Ook is niet alle gevonden literatuur verwerkt in de resultaten, vanwege de beschikbare tijd voor dit onderzoek. Het literatuuronderzoek sloot goed aan bij het onderwerp. Ook waren er genoeg onderzoeken aanwezig om de kwestie van alle kanten te kunnen bekijken. De methode gaf een goed beeld van de aspecten die onderzocht moesten worden waardoor de resultaten een breed overzicht geven van de situatie. Tegelijkertijd heeft de gebruikte methode er ook voor gezorgd dat er goed antwoord kon worden gegeven op de onderzoeksvraag. Dit draagt bij aan de validiteit van het onderzoek.

Voor het vinden van bronnen is een breed scala aan zoektermen gebruikt, zowel in het Nederlands als in het Engels. Veel gebruikte zoektermen waren onder andere: "testosterone", "effects of testosterone", "testosterone female athletes" en "testosterone in sports". Door synoniemen en referenties uit eerder gevonden onderzoeken te gebruiken is zo veel mogelijk informatie verzameld. Ook is er gebruik gemaakt van de suggesties van de gebruikte databases. Door het brede literatuuronderzoek zijn er vele onderzoeken gevonden die de onderzoeksvraag ondersteunen. Dit draagt bij aan de betrouwbaarheid van het onderzoek.

De uitkomsten van dit onderzoek geven aan dat de huidige testosteronlimiet onrechtvaardig is. Dit is een aanleiding tot vervolgonderzoek. Er zijn nog veel onduidelijkheden omtrent het effect van testosteron op sportprestaties. Dit is duidelijk geworden uit alle kritiek op de onderzoeken die het effect van testosteron bestuderen. Een vervolgonderzoek zou dus kunnen bestaan uit een methode die de testosteronconcentratie daadwerkelijk meet, zonder gebruik te maken van wiskundige modellen. Hierbij zou dan eenzelfde soort onderzoek kunnen worden uitgevoerd als eerder al gedaan, waarbij over een langere periode testosteron aan vrouwelijke atleten wordt toegediend, waarna het effect van de toename in testosteron kan worden gemeten. Ook zou nog een onderzoek opgezet kunnen worden die meet welke limiet bij welke discipline het eerlijkst is, aangezien atletiekdisciplines erg van elkaar verschillen. Daarnaast is er een onderzoek nodig dat dieper ingaat op de ethische kant van de testosteronlimiet, aangezien het een controversiële kwestie is. Een ander idee voor vervolgonderzoek is een onderzoek naar een betere indeling

van wedstrijden, naast de classificatie tussen man en vrouw. Zo zou gekeken kunnen worden of een indeling van atleten op testosteronconcentratie zorgt voor eerlijkere wedstrijden.

Uit dit onderzoek kwam de conclusie dat de huidige testosteronreglementen onrechtvaardig zijn en beter onderbouwd moeten worden. Het is echter duidelijk dat testosteron zeker invloed heeft op de sportprestaties in de atletiek. Het is dus erg ingewikkeld om reglementen op te stellen die eerlijk zijn. Daarnaast is het onverantwoord dat er zoveel kritiek gevonden is op het onderzoek van Bermon en Garnier, dat nog steeds de reglementen ondersteunt. Het is ook onrechtvaardig dat de reglementen na de geconstateerde fouten nooit zijn aangepast. Hoewel er nog veel onderzocht moet worden, is de aanbeveling dat er goed en kritisch gekeken wordt naar de huidige reglementen en dat er overwegingen komen voor nieuwe reglementen.

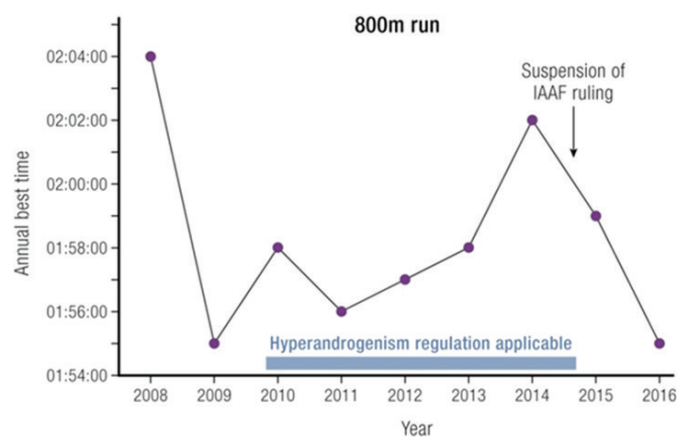
Bibliografie

- [1] Ljungqvist, A., Patiño, M. M. J., Martínez-Vidal, A., Sánchez, Z. L., & Padorno, M. C. (2006, 1 januari). The history and current policies on gender testing in elite athletes. ResearchGate. Geraadpleegd op 12 oktober 2021, van https://www.researchgate.net/publication/289604595_The_history_and_current_policies_on_gender_testing_in_elite_athletes
- [2] Ferguson-Smith, M. A., & Ferris, E. A. (1991). Gender verification in sport: the need for change? *British Journal of Sports Medicine*, 25(1), 17–20. <https://doi.org/10.1136/bjbm.25.1.17>
- [3] IAAF to introduce eligibility rules for females with hyperandrogenism. (2011, 12 april). Worldathletics.Org. <https://www.worldathletics.org/news/iaaf-news/iaaf-to-introduce-eligibility-rules-for-female-1>
- [4] Atlantis, E., Fahey, P., Cochrane, B., Wittert, G., & Smith, S. (2013). Endogenous testosterone level and testosterone supplementation therapy in chronic obstructive pulmonary disease (COPD): a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 3(8), e003127. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-003127>
- [5] Endocrine Reviews, Volume 39, Issue 5, October 2018, Pages 803–829, <https://doi.org/10.1210/er.2018-00020>
- [6] CAS 2014/A/3759 Dutee Chand v. Athletics Federation of India (AFI) & The International Association of Athletics Federations (IAAF). (2015, 24 juli). www.doping.nl. Geraadpleegd op 26 november 2021, van https://www.doping.nl/media/kb/3317/CAS%202014_A_3759%20Dutee%20Chand%20vs.%20AFI%20%26%20IAAF%20%28S%29.pdf
- [7] Bermon, S., & Garnier, P. Y. (2017). Serum androgen levels and their relation to performance in track and field: mass spectrometry results from 2127 observations in male and female elite athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 51(17), 1309–1314. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097792>
- [8] Pielke, R. (2019, 18 april). Scientific integrity and the IAAF testosterone. . . The International Sports Law Journal. Geraadpleegd op 12 oktober 2021, van https://link.springer.com/article/10.1007/s40318-019-00143-w?error=cookies_not_supported&code=aa3a2ada-8481-4d01-89fb-66bb027450da
- [9] Crepeau, R. C. (z.d.). Sex Identity and the IAAF. STARS. Geraadpleegd op 12 oktober 2021, van <https://stars.library.ucf.edu/onsportandsociety/845/>
- [10] Mphidi, T. M., & Lubaale, E. C. (2020). The IAAF Rules on Testosterone Levels and the Right to Health. *Obiter*,

- 41(2), 410–428. <https://doi.org/10.17159/obiter.v41i2.9160>
- [11] Br, H., G, L., J, B., L, S., A, K., G, W., A, K., X, B., H, L., P, Z., A, I., A, D., N, J., K, V., F, F., C, F., M, C., D, C., B, W., . . . Yp, P. (2021, 24 maart). Integrating Transwomen and Female Athletes with Differences of Sex Development (DSD) into Elite Competition: The FIMS 2021 Consensus Statement. Abstract - Europe PMC. <https://europepmc.org/article/med/33761127>
- [12] IAAF introduces new eligibility regulations for female classification | PRESS-RELEASE | World Athletics. (z.d.). Worldathletics.Org. Geraadpleegd op 26 september 2021, van <https://www.worldathletics.org/news/press-release/eligibility-regulations-for-female-classifica>
- [13] Variaties in de geslachtsontwikkeling. (z.d.). UZ Gent. Geraadpleegd op 3 januari 2022, van <https://www.uzgent.be/patient/zoek-een-arts-of-dienst/centrum-voorgeslachtsontwikkeling/variates-in-de-geslachtsontwikkeling>
- [14] O. (2021, 30 juni). The Controversy Around Caster Semenya Explained. Outside Online. Geraadpleegd op 27 november 2021, van <https://www.outsideonline.com/health/running/caster-semenya-debate/>
- [15] Shea, J. L., Wong, P. Y., & Chen, Y. (2014). Free Testosterone. *Advances in Clinical Chemistry*, 59–84. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800094-6.00002-9>
- [16] Bermon, S., Garnier, P. Y., Hirschberg, A. L., Robinson, N., Giraud, S., Nicoli, R., Baume, N., Saugy, M., Fénichel, P., Bruce, S. J., Henry, H., Dollé, G., & Ritzen, M. (2014). Serum Androgen Levels in Elite Female Athletes. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 99(11), 4328–4335. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-1391>
- [17] Hirschberg, A. L., Elings Knutsson, J., Helge, T., Godhe, M., Ekblom, M., Bermon, S., & Ekblom, B. (2019b). Effects of moderately increased testosterone concentration on physical performance in young women: a double blind, randomised, placebo controlled study. *British Journal of Sports Medicine*, 54(10), 599–604. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100525>
- [18] Sönksen, P. H., Bavington, L. D., Boehning, T., Cowan, D., Guha, N., Holt, R., Karkazis, K., Ferguson-Smith, M. A., Mircetic, J., & Böhning, D. (2018). Hyperandrogenism controversy in elite women's sport: an examination and critique of recent evidence. *British Journal of Sports Medicine*, 52(23), 1481–1482. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098446>
- [19] Eklund, E., Berglund, B., Labrie, F., Carlström, K., Ekström, L., & Hirschberg, A. L. (2017b). Serum androgen profile and physical performance in women Olympic athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 51(17), 1301–1308. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097582>
- [20] Hackbarth, J. S., Hoyne, J. B., Grebe, S. K., & Singh, R. J. (2011). Accuracy of calculated free testosterone differs between equations and depends on gender and SHBG concentration. *Steroids*, 76(1–2), 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2010.08.008>
- [21] Guth, L. M., & Roth, S. M. (2013). Genetic influence on athletic performance. *Current opinion in pediatrics*, 25(6), 653–658. <https://doi.org/10.1097/MOP.0b013e3283659087>
- [22] Camporesi SA (2019) question of 'fairness': Why ethics should factor in the Court of Arbitration for Sport's decision on the IAAF Hyperandrogenism Regulations *British Journal of Sports Medicine* 2019;53:797-798.
- A question of 'fairness': Why ethics should factor in the Court of Arbitration for Sport's decision on the IAAF

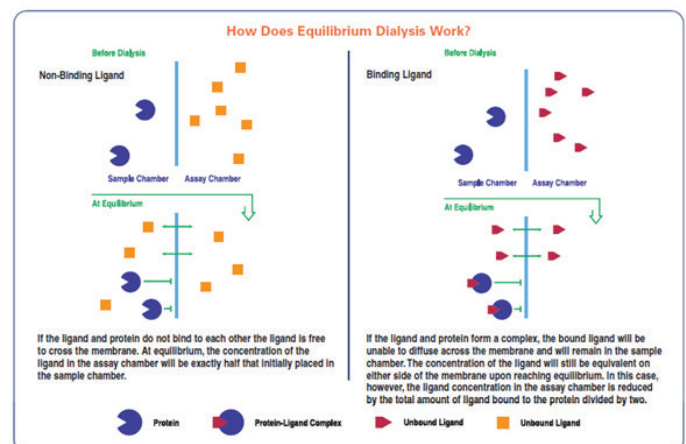
Hyperandrogenism Regulations | British Journal of Sports Medicine

- [23] Krane, V., Calow, E., & Panunti, B. (2021). Female Testosterone: Contested Terrain. *Kinesiology Review*, 1–10. <https://doi.org/10.1123/kr.2021-0062>
- [24] *Endocrine Reviews*, Volume 39, Issue 5, October 2018, Pages 803–829, <https://doi.org/10.1210/er.2018-00020>
- [25] Harvard Apparatus. (z.d.-b). Overview of Equilibrium Dialysis. Geraadpleegd op 12 oktober 2021, van <https://www.harvardapparatus.com/overview-equilibrium-dialysis>
- [26] Hackbarth, J. S., Hoyne, J. B., Grebe, S. K., & Singh, R. J. (2011). Accuracy of calculated free testosterone differs between equations and depends on gender and SHBG concentration. *Steroids*, 76(1–2), 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2010.08.008>
- [27] Pielke, R. (2019, 18 april). Scientific integrity and the IAAF testosterone. . . The International Sports Law Journal. Geraadpleegd op 12 oktober 2021, van https://link.springer.com/article/10.1007/s40318-019-00143-w?error=cookies_not_supported&code=aa3a2ada-8481-4d01-89fb-66bb027450da

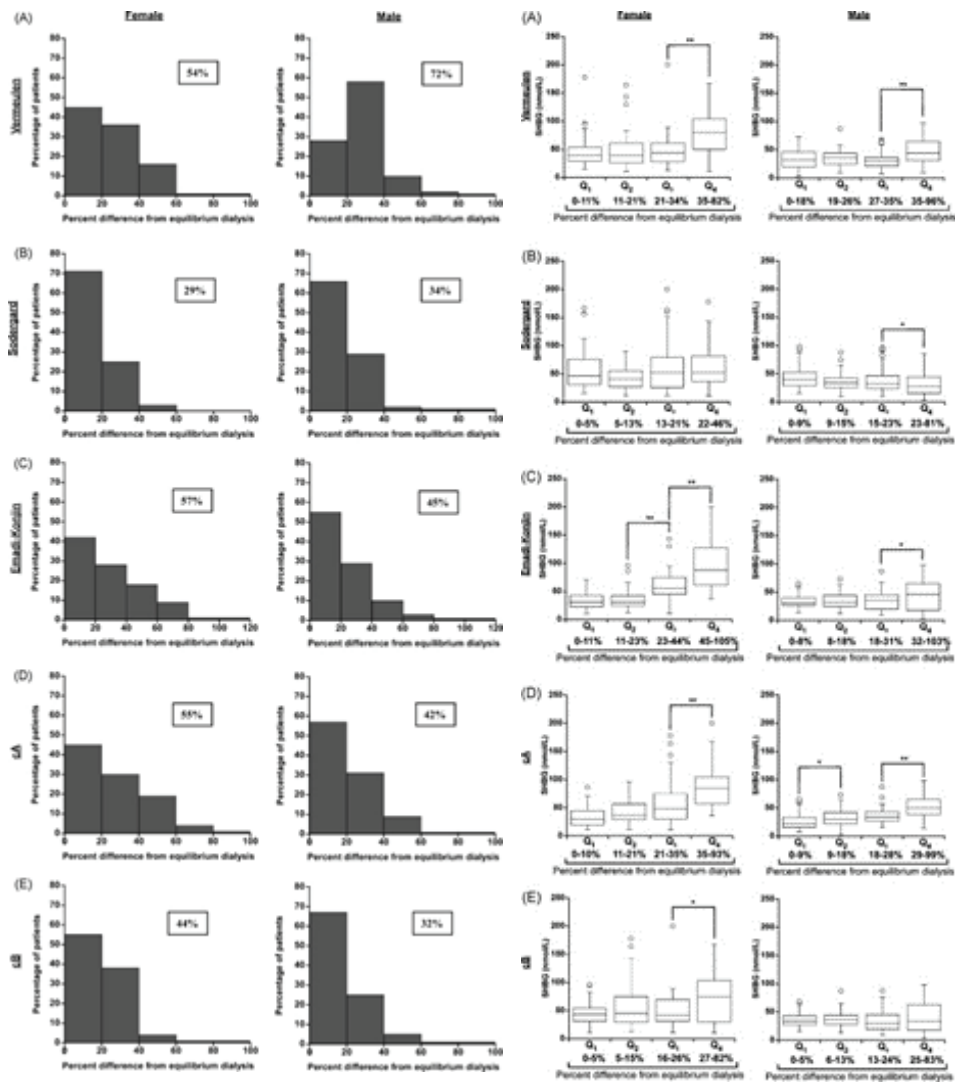


© 2018 ENDOCRINE SOCIETY

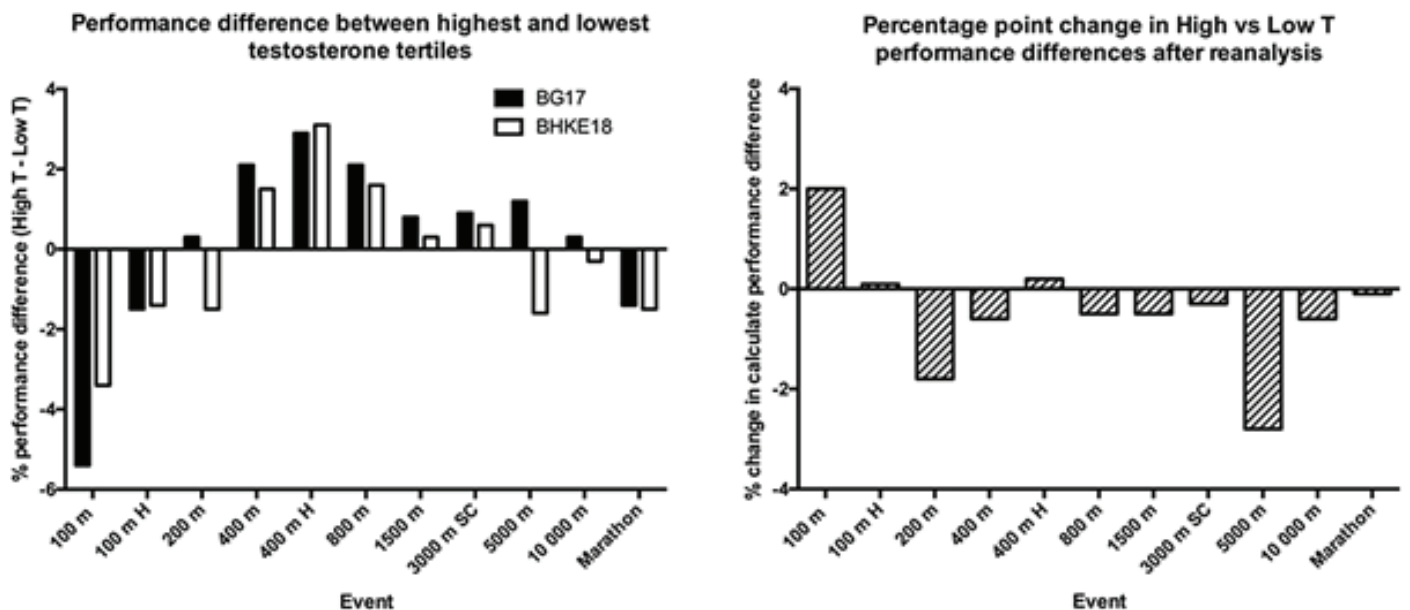
Figuur 1, Tijdlijn reglementen en jaarlijkse beste tijd tot voor de instelling van de huidige reglementen. [24]



Figuur 2, Werking van equilibrium dialysis. [25]



Figuur 3, Verschillen tussen de wiskundige modellen voor het berekenen van fT en equilibrium dialysis. Links stelt het verschil in fT concentratie in procenten voor tussen de wiskundige modellen en equilibrium dialysis. Rechts stelt het verschil in SHBG (Sex Hormone Binding Globulin) concentratie in procenten voor tussen de wiskundige modellen en equilibrium dialysis). [26]



Figuur 4, Verschillen in sportprestatie tussen hoogste en laagste tertielen van testosteron gehalten. [27]

Dutch VWO adolescents' opinions towards a Male contraceptive pill

E. A. Groote Stroek¹, T.R. Koehorst², L.E. Witteveen³, A. Boamfa⁴, M.N.A. Bijman⁴, M.S. van de Vliet², H.E. Lemstra¹, M. ten Voorde³

¹Carmel College Salland, Raalte

²Twents Carmel College Lyceumstraat, Oldenzaal

³OSG Het Erasmus, Almelo

⁴Afdeling Pre-U-, Universiteit Twente, Enschede

Abstract - De afgelopen jaren is er hard gewerkt aan het ontwikkelen van een mannelijke anticonceptiepil. Door de aanname van farmaceutische bedrijven dat deze pil geen consumenten zal vinden, is de ontwikkeling van de pil voor deze firma's echter geen prioriteit. In dit onderzoek wordt door middel van een enquête duidelijk wat de visie van de bovenbouw van het Overijsselse VWO op de mannelijke anticonceptiepil is. In dit onderzoek is een vragenlijst ingevuld door 243 bovenbouw VWO-leerlingen. Er werd aan zowel mannelijke als vrouwelijke participanten gevraagd of ze open stonden voor het gebruik van de mannenpil. Vervolgens konden ze aangeven in hoeverre ze het eens waren met een aantal stellingen over de mannenpil. Deze stellingen opperde verschillende redenen waarom iemand wel of juist voor het gebruik van de mannenpil zou zijn. De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat het merendeel van deze groep jongeren het gebruik van de mannenpil wil overwegen. De grootste redenen voor twijfel zijn de effectiviteit van de mannenpil en de bijwerkingen.

Introduction

Male contraceptive devices are still in their infancy. Unlike women, men have a very limited variety of choices when it comes to contraceptive devices. To prevent a possible pregnancy the two options given to men are the use of condoms or getting a vasectomy. However, new methods of prevention are being developed. One of these possible new contraceptives is the male contraceptive pill. A contraceptive can be defined as a device or drug serving to prevent pregnancy [1]. Although this contraceptive is not yet on the market, it could have been [23]. Pharmaceutical companies are mostly responsible for this, due to their revenue model. This has to do with the predicted lack of interest in such medication. The male contraceptive pill has many side effects and this is one of the main reasons that it is not yet commercially available. Many pharmaceutical companies believe that the male contraceptive pill is not worth the investment. They fear that the benefits of the contraceptive pill will not outweigh the side effects for the consumer. This will result in a low number of interested people and thus no profit will be made [24].

If it can be proven that there is a certain demand for this male contraceptive, pharmaceutical companies could be persuaded to once again look into the development of this medicine. Therefore, the interest in this research lies with the opinions of adolescents and their view on the male contraceptive pill or the so-called male pill and it is relevant to look specifically into the possibility of interest in the future generation of users. If they are interested in the male contraceptive pill, the market will become beneficial for pharmaceutical investors due to financial interests. Therefore, the question that is researched and answered in this paper is: How do adolescents with upper secondary VWO education from Overijssel view the male contraceptive pill?

Ethical and practical problems solved by the male pill

To find the answer to the question stated in this paper, first there needs to be explained why a male contraceptive would be desirable in these current times. Currently several contraceptives can be found on the market. As said before, most of them are

developed for women, such as the oral contraceptive pill, intrauterine contraceptive device (IUD), contraceptive injection, patch, implant and more [2]. A long-acting, reversible contraceptive (LARC) for men has not yet been developed [3]. The disparity between these numbers forces women to carry most of the contraceptive burden [8]. Between the years of 2011 and 2013, 9.7 million women in the United States were using the pill and 9.4 million women were sterilized [7]. However, the burden of contraceptives can be heavy, due to the possible side effects of taking contraceptives [9]. More male contraceptives could make men and women equally responsible for contraception and offers them the possibility of sharing this responsibility [8].

In addition, contraceptives are beneficial to society in several other ways. Between the years of 2015 and 2019 globally there were 121 million unintended births [5]. This number has dropped due to an increase of contraceptives [5], as contraceptives avoid (risky) abortions and unplanned births [4]. Furthermore, due to increase in population pressure, devastating environmental issues have occurred, including global warming, the development of world hunger and the increase of diseases in less developed countries [6]. As more contraceptives will be developed, the numbers of unwanted pregnancies will probably drop as well as the number of population growth.

Theoretical framework

Although a male contraceptive is a desirable medicine to have available to the public, it cannot yet be found there. In these current times a lot of research has already been dedicated to this subject. A generous amount these studies has focussed on the possible approaches towards the male contraceptive on which will be elaborated below. In contrast with literature concerning the working of the male pill, public literature concerning the opinions of adolescents on the contraceptive is a lot less common and even scarce. However, this kind of literature is essential to prove the importance of putting a male contraceptive pill on the market. For people to form a clear opinion on male contraceptives, first the many aspects of male contraceptives must be looked at.

Male reproduction system

The human body is a complex system of organs, which work closely together to keep things running. To grasp the workings of a male contraceptive, it is needed to zoom in on the male reproduction system. This system consists of several endocrine glands called the hypothalamus, the pituitary gland and the male gonads or testes. The hypothalamus can be found on the under surface of the brain [10] and produces the Luteinizing Hormone Releasing Hormone (LHRH) and Gonadotropin Releasing Hormone (GnRH) [11]. The role of these hormones in the spermatogenesis, also called sperm production, is stimulating the nearby lying pituitary gland to release the Luteinizing hormone (LH) and follicle-stimulating hormone (FSH) [11]. Together these two hormones are the main gonadotropins, a group of hormones secreted by the pituitary gland which stimulates the activity of the gonads. [12, 13]. LH will cause the stimulation of testosterone production in the testes. Testosterone is the most common androgen. Androgens are a group of sex hormones [14]. Testosterone is produced by the specialized cells of Leydig [15]. The production of sperm takes place in seminiferous tubules (see figure 1). The Sertoli cells that can be found there, are responsible for the primary spermatogonia, also called meiosis I [16]. During this process one of the diploid cells that have been formed during the mitosis will divide into two haploid cells. Meiosis II will then cause those two cells to divide themselves into four haploid cells, that will later develop into spermatozoa (see figure 2). This maturation process of sperm is located in another part of the testes called the epididymis (see figure 1). For this process FSH comes in [17]. The hormones will circulate in the blood back to the brain, where the hypothalamus and the pituitary will regulate this process (see figures 3 & 4) [17-18]. To simplify the former words: in the human brain two glands can be found that produce hormones. These hormones travel through the blood to the testes, where they are responsible for the production of testosterone. This hormone will cause sperm to be made and due to feedback, the brain knows if it needs to produce more or less hormones.

Requirements of the contraceptive

For a pill to actually work it has to interfere with the system of male reproduction as described in the previous paragraph. The medicine has to have some fundamental requirements to meet this goal and at the same time be safe to use for men. One example of requirements is the sperm count. A healthy male has more than 15 million sperm cells per millilitre of semen [19]. The sperm count has to be reduced to one million sperm cells per millilitres of semen for a contraceptive to work effectively [4]. When this has been accomplished, a male using this contraceptive has a 1% chance of getting a woman pregnant per year [19]. On top of the effectiveness of the drug, the contraceptive needs to fulfil certain safety standards. The process of developing a new medicine has a number of stages (see figure 5) [20]. A lot of the male pills that are now being developed have reached the clinical trials, but have not yet been approved by independent organisations like for example the EMA or CBG-MEG.

Concepts of the male contraceptives

Studies have shown different approaches in developing a male contraceptive pill, all still do not yet meet up with the requirements named in the paragraph above. At the moment several

studies have been looking into LARCs for men.

First to be discussed, will be the possible male contraceptive blocking the BRDT-protein or bromodomain testis-specific protein [45]. This Protein has an essential role in meiotic and post meiotic sperm cells (see figure 2) [21]. If this protein is blocked, the sperm becomes inactive due to the proper development of the sperm. This will result in sperm not being able to accomplish a possible fertilization.

The second method of a male contraceptive is androgen-progestin combination therapy [23]. Progestin is a synthetic form of progesterone, hormones that can be found in women which maintain pregnancies and prevent further ovulations [25]. In men the hormones will cause infertility. Small-scale testing has proven both the effectiveness and the reversibility of this method. The difficulties with this method lie within the fact that most hormones have more than one function. Resulting in several possible side effects, that will be discussed in the paragraph below.

Another solution for unwanted pregnancies may be the possible male contraceptive made with phenoxybenzamine (PBZ). A dose of 20 mg/day after 2 to 3 days blocks the ejaculation. This is reversible and the PBZ does not interfere with the sperm quality [26]. Adjudin can also serve the purpose of a male contraceptive [19]. This lonidamine derivative, a chemical derived from another substance either by modification, partial substitution or directly, disturbs the adhesion of spermatids to the Sertoli cells [47]. Spermatids will develop into sperm cells (see figure 2) and without being able to bind themselves to the Sertoli cells, the male is infertile. It has been found that two doses of 50 mg/Kg adjudin resulted in 100% infertility after 4 weeks in rats. After another 3 weeks fertility rebounded, however less than half of the rodents did not regain fertility [19].

Furthermore, 2-gamendazole, another landimane derivative, is also a candidate of a novel male contraceptive. 2-gamendazole impairs the function of apical ectoplasmic specialization [19]. In other words, the Sertoli cells and elongated spermatids will not attach to each other, which will result in infertility [28]. It has been tested on fertile male rats. A single oral dose of 6mg/kg resulted in 100% infertility [29]. However, the drug only had 57% reversibility at this dose.

Named before are some small explanations of the methods that are now being researched to find a reliable LARC for men. Many more studies are dedicated to this subject. With more chemicals being tested as male contraceptive prototypes such as: Dimethandrolone or a combination of Oral Desogestrel and Transder testosterone [44, 45].

Side effects

As has been mentioned in the paragraph above, several research on male contraceptives has reached the stage of clinical trials. The results of these studies are very promising. Although the use of the male pill could cause several side effects, the main goal of the contraceptive has been accomplished [19]. The several male pills that are being developed have periodically stopped the fertility of a man. However, some of the participants of such trials have come to face with these side effects, such as weight gain or weight loss, shrinking of the testis, acne, headaches, mild erectile dysfunction, tiredness and a decrease in libido [27]. In one particular occasion liver inflammation was diagnosed, while testing on rats. The inflammation was caused by 29 days of use of Adjudin [19]. 65% of the users

of a combination of Oral Desogestrel and Transdermal Testosterone were confronted with varying skin reaction from the transdermal testosterone. There may even be more side-effects to be found, as there has not been enough research done on this subject. As tests have had a low number of participants, it is hard to say to which rate the side-effects occur.

Current view

Today many people are enthusiastic about the general idea of the male contraceptive pill [30]. In the east of England, a study has shown that more than half of the 54 men and 134 women asked would like to have the option of a male variant of the pill [31]. Even though women do not always trust their partner, they would like to have the male pill on the market. They are the sex most favourable towards this form of contraceptive. Another study has shown that the pill already has been accepted by the public, but as stated earlier, it cannot yet be found at the pharmacy or drugstore [32]. In Mozambique a study has been performed where 412 men were asked about their opinion on the male contraceptive. In the results it turned out that only about 1/5 of the men were reluctant or unwilling towards considering using the male pill [33]. Men in stable sexual relationships tend to be more open to the idea of a male pill, in contrast with men in a casual sexual relationship [30]. Women are more favourable towards this sort of medication, but tend to have more doubt about its effectiveness and safety [30]. Another study showed that between 44% and 83% of the men from Hong Kong, Cape Town, Shanghai and Edinburgh would use a male contraceptive [34]. As can be concluded from this paragraph, no research has been dedicated to adolescents. To gain such insights in this research a survey will be made targeted towards this particular audience, as will be elaborated in the method.

Method

For this research an online survey was conducted among fourteen- to twenty-year-old students (see Appendix, Survey). The participants were all VWO-students from 'Twents Carmel College Lyceum', 'Carmel College Salland' and 'OSG Het Erasmus'. Approximately one thousand students were sent an e-mail with a link to the survey. They could voluntarily and anonymously choose to fill it in.

This number of participants was chosen so the questionnaire was filled in by a sufficient amount of people to draw a reliable conclusion. Fourteen- to twenty-year-olds were chosen because this age group has the necessary knowledge to fill out this form. Every child in high school is obligated to learn the build and function of the human body in the first three years of high school [36]. Primary schools and high schools are also obligated to teach sex education to their students [37]. This gives the students in this research the necessary information about the human body and sex to fill in the questionnaire. Furthermore, this age group is able to comprehend the questions that are being asked and can give an answer that is relevant for this survey.

Both male and female participants have been included in this questionnaire. Even though this form of medication will only be used by men, the use of birth control is a decision often made by both parties in a relationship [38]. On top of that, as is said in the theoretical framework, the burden of contraception is currently mostly being carried by women. A shift in this burden is relevant for both sexes. This is why both male and

female participants are included in the survey.

The survey started with factual information about the male pill. The participants were told about the current situation surrounding the male pill, how the different types of pills work and what the potential side-effects of the pill are.

The VWO-students were then asked their biological sex. The question included this disclaimer: 'Sex is the distinction in organisms based on the biological difference in reproductive organs, physiology and behaviour.' [39]. This question was asked to make sure that people that answered male would biologically be able to use the male pill. If their answer was male, they were asked if they would ever consider using the male pill as anticonception. People that said that they were female were asked if they would want their partner taking the male pill. Based on their answers, the participants were given different statements about the male pill, which they could agree on, on a spectrum from disagree (1) to agree (5). The statements were reasons why somebody would or would not use the male pill. They were also given the option to give their own opinion if it was not included in the statements.

The results were gathered and utilised with Google Forms. These results were then put in graphs and compared. The graphs were made per question and showed the answers and the amount of people per answer.

Results

The survey was filled out by 243 people. Four people filled in that they were not from Overijssel and 64 people filled in that they or their partner will not need contraceptives in the future and. These people were therefore not relevant for our research and were not permitted to fill in the survey any further. In addition, the answers of one participant were not included since there was sufficient evidence that this person did not understand the questions that were asked, and because their answers were therefore not useful to this research. With these corrections, 174 responses were used for this research.

Men

Out of the 174 people that filled in the survey, 25.9% was male. As is visible in figure 6, 51.1% of these men stated they would consider taking the male pill.

The results show that in all three categories (men who did not want to take the pill, men who would want to consider taking the pill, or men who wanted to take the pill) the factors religion, responsibility for anticonception for either sexes and taking medicine were all unimportant in the decision-making. The biggest reason why men did not want to take the male pill was because of their trust in the safety and ability of the pill. For roughly 70% of all the men who did not want to take the pill, the potential side-effects played a big role in this decision (figure 8).

Of the men who would consider taking the pill, 50% still said that the side-effects were a big reason why they did not want to take it (figure 9). In addition to that, none of these men fully believed that the pill was a safe and good form of anticonception (figure 10).

Of the men who did want to take the pill, 66,7% completely believed the pill is a good and safe form of anticonception and the other 33,3% almost completely believed this (figure 11).

Women

Of the 174 people that filled in the survey, 74.1% were female. Of these women, 72.1% said that they would consider wanting their partner to take the male pill (see fig. 7).

As seen in the charts, in none of the three categories of the women (women who did not want their partner to take the male pill, women who would consider wanting their partner to take the male pill and women who want their partner to take the male pill) the factors religion, taking medicine or (not) wanting to take a contraceptive themselves played a role in the choice whether they want their partner to take the pill. Bearing the financial responsibility for anticonception also does not play a role in their decision making and women in this survey show they have no problem delegating the responsibility of taking the contraceptive to their partner, therefore this is also not a reason for them to make a certain decision.

However, as for the side-effects, for women who do not want their partner to take the pill, this plays the biggest role in their decision as they believe the side-effects are not worth the benefits (figure 12)

Women who would want the pill have the most faith in its effectiveness (figure 13). For as well women who would consider and women who want their partner to take the pill, their desire for shared responsibility is the most important factor in their decision making (figure 14 and 15).

Conclusion

How do young people view the male pill?

The results of the survey show us that a lot of adolescents between 14 and 20 are hesitant towards the male pill. The vast majority (51.1% of the men and 74.1% of the women) would consider the use of the pill, but they especially doubt whether the pill is efficient or not and the potential side effects of it hold them back.

This however does show that there is a potential market for pharmaceuticals in the male pill. These VWO-students are hesitant, but open towards the use of the pill. There is more interest in the male pill among the participants than pharmaceuticals initially thought, and this could make investment in research more interesting for them.

Discussion

The conclusion of this research stated that many of the adolescents are willing to consider using the male pill, but there are some doubts about the effectivity and the side-effects of the male pill. The fact that more than half of the participants would consider using the male pill shows that there is an interest in the male pill among the youth. These participants could be future users and buyers of the male pill and this in turn could be interesting for pharmaceutical companies. One of the reasons that the male pill is not on the market yet is that pharmaceutical companies believe there is no profit in it, there will be no buyers. This research proves that there might be buyers in the future, for pharmaceutical this means profit. But this research has been conducted among fourteen till nineteen years old Dutch VWO students from Overijssel. This has to be representative for a big part of Netherlands in order to show a real interest in the male pill.

There were 38.670 examination candidates in the year of 2021 in the Netherlands [42]. To get an estimate of the total number of VWO students in the Netherlands this number is multiplied by 3, which results in a total of 116010 Dutch VWO students.

To get the number of VWO students in Overijssel first has to be calculated the percentage of people that live in this province. The Netherlands had a total of 17.598.074 inhabitants on 1st January 2022 [41]. Overijssel had approximately 1.166.533 inhabitants in 2021 [43]. By multiplying the total inhabitants of Overijssel by a 100 and dividing this result by the number of inhabitants of the Netherlands a percentage of approximately 6.62% will be the result. Multiplying the number of Dutch VWO students by the percentage of Overijssel inhabitants will bring one at the final figure of 7680 VWO students that live in Overijssel. This means that 3.2% of Dutch VWO students living in Overijssel filled in the survey. This means that this research is large enough to be representative for Overijssel. 3.2% is a large enough percentage. In order to know whether or not this research and its results are representative for the Netherlands, it has to be considered how the inhabitants of Overijssel resemble the rest of the inhabitants in the Netherlands. Numbers show that the demographics of Overijssel differ from the rest of the Netherlands [46]. For example, around 80000 immigrants were living in Overijssel in 2005, in Zuid-Holland this number was seven times bigger. This means that this research is not representative for all the inhabitants of the Netherlands due to the possible cultural differences.

However, this research shows that further, bigger research about the male pill might result in some interesting findings. Opinions from adolescents from different schools, ages and even from different countries could be used to proof to pharmaceutical companies that there is an interest in the male pill. This research shows to pharmaceutical companies and science in general that the male pill is worth researching. The conclusion was that a lot of adolescents doubt the effectivity of the male pill and are hesitant because of the side effects. Further research could investigate what is necessary for adolescents to increase their faith in the male pill. This could be done by asking teenagers what they think would increase their faith in the male pill, or by comparing the birth control that they currently use to the male pill. This last study could discover the reason why people put their faith in a certain type of birth control. These studies bring us one step closer to the actual development of a male pill and this pill being sold to the public.

Currently, almost all of the studies about interest in the male pill have had adult participants [30]. Most of these studies show a willingness by men to use the male pill. For example, a study with participants from different Asian cities showed that between 44% and 84% of these men were willing to use the male pill [34]. The present study's result is that 51,5% of the male participants would consider using the male pill. This result corresponds with the results from earlier studies [31]. This shows a pattern in the opinions from men about the male pill. Not only adults are positive about the male pill, but also adolescents. This is reason why this study has young participants, and not adults. The choice of participants distinguishes this study from the earlier studies. The opinions about the male pill from adults were already known. The opinions gathered from adolescents by this study show that the younger generation is also interested in the male pill. The adolescents from the age group researched here will be of the age to use the male pill the most when the male pill is developed.

In order for this study to make a change, the results have to be valid and reliable. All these results depend on the quality of the survey, which also means that the validity and the reliability of this research are very important. First of all, the participants

were all given the same survey and the same amount of information beforehand. This assures that this research can be repeated with the same results. The results from the survey made clear that the participants understood the questions and because of this, the participants were able to give useful answers for this research. The results also showed that the information given to the participants in the preface was sufficient to answer the questions. On the other hand, this research depends on the answers given in this survey and the validity of these answers. Respondents could be lying when replying to the questions. For example, the question 'I don't want to take the male pill because I want women to be responsible for taking birth control' could lead to participants giving a socially and politically acceptable answer instead of the truth. Moreover, is it not possible to test how seriously the participants filled in the survey. The questions had an underlying topic concerning sexuality and gender roles, and this is often a topic found funny or awkward by adolescents. This is because sex is still seen as a taboo subject [40]. On top of that, the survey was based on subjective statements. For example, statements about the side-effects and whether men or woman are responsible for birth control. The wording of these questions could have steered the participants in a certain direction, especially since this is a quite unknown subject. The survey was online and it was sent by email. This means the survey was filled in at different times under different circumstances. This could have influenced the results. For example, participants who were not alone while filling in the survey could have been influenced by social pressure.

The size of the research group also influences the validity of the results. 25% of the answers were by men, and 75% by women. This is an uneven distribution and it means that only 45 men filled in the survey. The answers given by these men are only a fraction of the opinions that Dutch VWO adolescent men have concerning the male pill, so are thereby not able to say something conclusive.

Furthermore, the control questions at the start of the survey excluded four participants from filling in the rest of the survey. These questions ensured that only Dutch VWO-students from Overijssel filled in the survey. The participants were also asked what their sex was. The wording of this question made sure that only people that would be able to use the male pill in the future answered the questions that were made for them. The same counts for the participants that themselves would not be able to use the male pill, but their partner would be able to. Because of these control questions we have a reliable research group.

The conclusion from this research was that many adolescents are willing to consider using the male pill. The research group was representative for Overijssel, but not for the Netherlands. However, this study shows that the male pill is worth researching and developing. Pharmaceutical companies might be able to make a profit. The advice for these companies and for researchers is to consider spending time and money on the research and development of the male pill.

Bibliography

- [1] Wikipedia contributors. (2022, 9 januari). Birth control. Wikipedia. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van https://en.wikipedia.org/wiki/Birth_control
- [2] Queensland Government. (2019, 9 oktober). 9 types of contraception you can use to prevent pregnancy (with pictures!). Queensland Health. Geraadpleegd op 11 januari 2022, van <https://www.health.qld.gov.au/news-events/news/types-contraception-women-condoms-pill-iud-ring-implant-injection-diaphragm>
- [3] Gollub, E. L., & Stein, Z. A. (2016). Beyond LARC: Advancing Reproductive Health to Include Men. *American Journal of Public Health*, 106(7), 1169–1170. <https://doi.org/10.2105/ajph.2016.303245>
- [4] Darroch, S. S. (2012, juni). Adding It Up: Costs and Benefits of Contraceptive Services—Estimates for 2012. New York: Guttmacher Institute.
- [5] Guttmacher Institute. (2020, 3 september). New Estimates Show Worldwide Decrease in Unintended Pregnancies. Geraadpleegd op 11 januari 2022, van <https://www.guttmacher.org/news-release/2020/new-estimates-show-worldwide-decrease-unintended-pregnancies#:~:text=Worldwide%2C%20since%201990%2C%20as%20access,1%2C000%20women%20in%201990%E-2%80%931994>
- [6] Page, S. T., Amory, J. K., & Bremner, W. J. (2008). Advances in Male Contraception. *Endocrine Reviews*, 29(4), 465–493. <https://doi.org/10.1210/er.2007-0041>
- [7] Daniels K, Daugherty J, Jones J, Mosher W. Current contraceptive use and variation by selected characteristics among women aged 15–44: United States, 2011–2013. *National health statistics reports*; no 86. Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics. 2015
- [8] Campo-Engelstein, L. (2012, 1 februari). Contraceptive Justice: Why We Need a Male Pill. *Journal of Ethics | American Medical Association*. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van <https://journalofethics.ama-assn.org/article/contraceptive-justice-why-we-need-male-pill/2012-02>
- [9] Kalmuss, D., Lawton, A. I., & Namerow, P. B. (1987). Advantages and Disadvantages of Pregnancy and Contraception: Teenagers' Perceptions. *Population and Environment*, 9(1), 23–40. <http://www.jstor.org/stable/27503061>
- [10] LUMC. (2017, 9 november). Luteïniserend Hormoon Releasing Hormoon test (LHRH) | LUMC. Leids Universitair Medisch Centrum. Geraadpleegd op 16 december 2021, van <https://www.lumc.nl/patientenzorg/praktisch/patientenfolders/Luteïniserend-hormoon-releasing-test-LHRH>
- [11] Saper, C. B., & Lowell, B. B. (2014b). The hypothalamus. *Current Biology*, 24(23), R1111–R1116. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.10.023>
- [12] Drugs.com. (z.d.). Gonadotropins. Geraadpleegd op 7 januari 2022, van <https://www.drugs.com/drug-class/gonadotropins.html>
- [13] Wikipedia contributors. (2022b, januari 11). Gonadotropin. Wikipedia. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van <https://en.wikipedia.org/wiki/Gonadotropin>
- [14] Cleveland Clinic. (2021, 24 oktober). Androgens: Function, Measurement and Related Disorders. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/22002-androgens>
- [15] Schulze, C. (1984b). Sertoli Cells and Leydig Cells in Man. *Advances in Anatomy Embryology and Cell Biology*, 88, 1–104. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-69869-9>
- [16] Wong, W. J., & Khan, Y. S. (2021). Histology, Sertoli Cell. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- [17] Emanuele MA, Emanuele N. Alcohol and the male reproductive system. *Alcohol Res Health*. 2001;25(4):282–287.
- [18] Roth, M., & Amory, J. (2016). Beyond the Con-

- dom: *Frontiers in Male Contraception. Seminars in Reproductive Medicine*, 34(03), 183–190. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1571435>
- [19] Nya-Ngatchou, J. J., & Amory, J. K. (2013). New approaches to male non-hormonal contraception. *Contraception*, 87(3), 296–299. <https://doi.org/10.1016/j.contraception.2012.08.016>
- [20] Kaitin, K. I. (2010). Deconstructing the Drug Development Process: The New Face of Innovation. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 87(3), 356–361. <https://doi.org/10.1038/clpt.2009.293>
- [21] The human protein atlas. (z.d.). BRDT protein expression summary - The Human Protein Atlas. Protein atlas. Geraadpleegd op 3 december 2021, van <http://www.proteinatlas.org/ENSG00000137948-BRDT>
- [23] Thirumalai, A., & Page, S. T. (2018). Recent Developments in Male Contraception. *Drugs*, 79(1), 11–20. <https://doi.org/10.1007/s40265-018-1038-8>
- [24] Kean, S. (2012). Reinventing the Pill: Male Birth Control. *Science*, 338(6105), 318–320. <https://doi.org/10.1126/science.338.6105.318>
- [25] Tash, J. S., Chakrasali, R., Jakkaraj, S. R., Hughes, J., Smith, S. K., Hornbaker, K., Heckert, L. L., Ozturk, S. B., Hadden, M. K., Kinzy, T. G., Blagg, B. S., & Georg, G. I. (2008). Gamendazole, an Orally Active Indazole Carboxylic Acid Male Contraceptive Agent, Targets HSP90AB1 (HSP-90BETA) and EEF1A1 (eEF1A), and Stimulates Il1a Transcription in Rat Sertoli Cells. *Biology of Reproduction*, 78(6), 1139–1152. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.107.062679>
- [26] Homonnai, Z. T., Shilon, M., & Paz, G. F. (1984). Phenoxybenzamine — An effective male contraceptive pill. *Contraception*, 29(5), 479–491. [https://doi.org/10.1016/0010-7824\(84\)90022-2](https://doi.org/10.1016/0010-7824(84)90022-2)
- [27] Bakare, T. D. (2019, 30 april). ‘The pill’ for guys: Male birth control option passes safety tests: UT Southwestern - MedBlog. UT Southwestern. Geraadpleegd op 3 december 2021, van <https://utswmed.org/medblog/pill-guys-male-birth-control-option-passes-safety-tests/>
- [28] Biology Online. (2021, 1 maart). Anchoring junction Definition and Examples - Biology Online Dictionary. Biology Articles, Tutorials & Dictionary Online. Geraadpleegd op 11 januari 2022, van <https://www.biologyonline.com/dictionary/anchoring-junction>
- [29] Thirumalai, A., Ceponis, J., Amory, J. K., Swerdlow, R., Surampudi, V., Liu, P. Y., Bremner, W. J., Harvey, E., Blithe, D. L., Lee, M. S., Hull, L., Wang, C., & Page, S. T. (2018). Effects of 28 Days of Oral Dimethandrolone Undecanoate in Healthy Men: A Prototype Male Pill. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 104(2), 423–432. <https://doi.org/10.1210/jc.2018-01452>
- [30] Eberhardt, J., Van Wersch, A., & Meikle, N. (2009). Attitudes towards the male contraceptive pill in men and women in casual and stable sexual relationships. *Journal of Family Planning and Reproductive Health Care*, 35(3), 161–165. <https://doi.org/10.1783/147118909788707986>
- [31] Walker, S. (2011). Attitudes to a male contraceptive pill in a group of contraceptive users in the UK. *Journal of Men's Health*, 8(4), 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.jomh.2011.04.003>
- [32] Marsiglio, W., & Menaghan, E. G. (1987). Couples and the male birth control pill: A future alternative in contraceptive selection. *Journal of Sex Research*, 23(1), 34–49. <https://doi.org/10.1080/00224498709551340>
- [33] Vera Cruz, G., Humeau, A., Moore, P. J., & Mullet, E. (2019). Identifying determinants of Mozambican men's willingness to use a male contraceptive pill. *The European Journal of Contraception & Reproductive Health Care*, 24(4), 266–273. <https://doi.org/10.1080/13625187.2019.1630816>
- [34] Martin, C., Anderson, R., Cheng, L., Ho, P., Van derSpuy, Z., Smith, K., Glasier, A., Everington, D., & Baird, D. (2000). Potential impact of hormonal male contraception: cross-cultural implications for development of novel preparations. *Human Reproduction*, 15(3), 637–645. <https://doi.org/10.1093/humrep/15.3.637>
- [36] Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. (2014, 7 augustus). Kerndoelen onderbouw voortgezet onderwijs. Besluit | Rijksoverheid.nl. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/voortgezet-onderwijs/documenten/besluiten/2010/09/17/kerndoelen-onderbouw-voortgezet-onderwijs>
- [37] Jager, H. (2020, 30 juli). Seksuele voorlichting op school. Ouders & Onderwijs. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van <https://oudersenonderwijs.nl/kennisbank/kwaliteit-van-het-onderwijs/lessen-en-vakken/seksuele-voorlichting/>
- [38] Kraft, J. M., Harvey, S. M., Hatfield-Timajchy, K., Beckman, L., Farr, S. L., Jamieson, D. J., & Thorburn, S. (2010). Pregnancy Motivations and Contraceptive Use: Hers, His, or Theirs? *Women's Health Issues*, 20(4), 234–241. <https://doi.org/10.1016/j.whi.2010.03.008>
- [39] Wikipedia-bijdragers. (2021, 7 november). Sekse. Wikipedia. Geraadpleegd op 9 december 2021, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Sekse>
- [40] Tempels-van Zetten, I. T. (2021, 14 december). Seks een taboe en hoe. Praktijkleif. Geraadpleegd op 9 januari 2022, van <https://www.praktijkleif.nl/seks-een-taboe-en-hoe>
- [41] Centraal Bureau voor de Statistiek. (2022, 11 januari). Bevolkingsteller. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-bevolking/bevolkingsteller#:~:text=Meer%20uitleg%20bij%20de%20bevolkingsteller,Dat%20is%20het%20geregistreerde%20inwonertal.>
- [42] Examenoverzicht.nl. (z.d.). Statistieken over het Eindexamen: het Ultieme Overzicht (2020). ExamenOverzicht. Geraadpleegd op 7 januari 2022, van <https://www.examenoverzicht.nl/examen-informatie/algemeen/statistieken>
- [43] Heel veel informatie over provincie Overijssel (update 2021!). (2021, 25 december). AlleCijfers.nl. Geraadpleegd op 12 januari 2022, van <https://allecijfers.nl/provincie/overijssel/>
- [44] Hair, W. M., Kitteridge, K., O'Connor, D. B., & Wu, F. C. W. (2001). A Novel Male Contraceptive Pill-Patch Combination: Oral Desogestrel and Transdermal Testosterone in the Suppression of Spermatogenesis in Normal Men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(11), 5201–5209. <https://doi.org/10.1210/jcem.86.11.8028>
- [45] Long, J. E., Lee, M. S., & Blithe, D. L. (2019). Male Contraceptive Development: Update on Novel Hormonal and Nonhormonal Methods. *Clinical Chemistry*, 65(1), 153–160. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2018.295089>
- [46] Martens, V. (2008). Cijfers en Feiten Trendverkenning Demografie in Overijssel 2030 - PDF Free Download. Adoc.Pub. Geraadpleegd op 29 januari 2022, van <https://adoc.pub/cijfers-en-feiten-trendverkenning-demografie-in-overijssel-2.html>

[47] Biology Online. (2019, 7 oktober). Derivative Definition and Examples - Biology Online Dictionary. Biology Articles, Tutorials & Dictionary Online. Geraadpleegd op 2 februari 2022, van <https://www.biologyonline.com/dictionary/derivative#:~:text=Derivative-,Derivative,by%20modification%20or%20partial%20substitution>.

[1.1] Vasković, J., MD. (2021, 21 december). Testes. Kenhub. Geraadpleegd op 3 februari 2022, van <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-testes>

[1.2] Michigan State University. (z.d.). spermatid | ReproMedia. ReproMedia. Geraadpleegd op 3 februari 2022, van <https://www.reproMedia.org/spermatid>

[1.3] Emanuele MA, Emanuele N. Alcohol and the male reproductive system. *Alcohol Res Health*. 2001;25(4):282-287.

[1.4] Roth, M., & Amory, J. (2016). Beyond the Condom: Frontiers in Male Contraception. *Seminars in Reproductive Medicine*, 34(03), 183–190. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1571435>

[1.5] Kaitin, K. I. (2010). Deconstructing the Drug Development Process: The New Face of Innovation. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 87(3), 356–361. <https://doi.org/10.1038/clpt.2009.293>

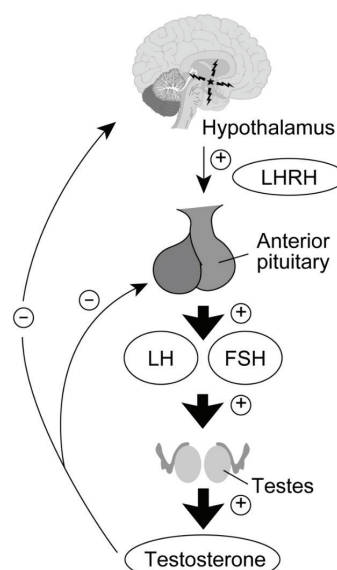


Figure 3 [1.3], The hypothalamic-pituitary-gonadal axis. The hypothalamus produces luteinizing hormone releasing hormone (LHRH), which is released to the pituitary gland. In response to the LHRH signal, the pituitary gland produces luteinizing hormone (LH) and follicle-stimulating hormone (FSH). In males, LH stimulates testosterone production and FSH is important to sperm maturation. Testosterone circulates in the blood back to the hypothalamic-pituitary unit and regulates the further production and secretion of LHRH and LH. NOTE: + = stimulatory effect; - = inhibitory effect.

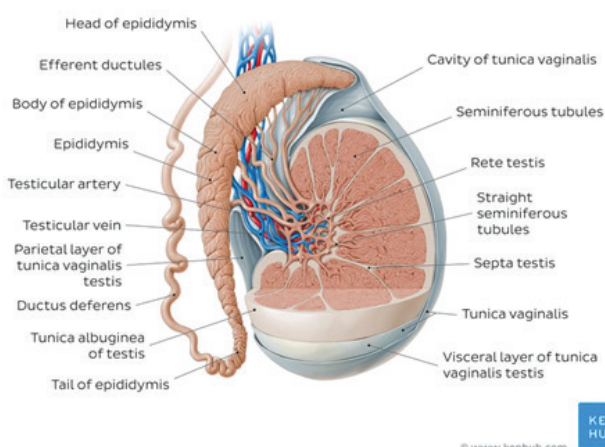


Figure 1 [1.1], Anatomy of the testis and epididymis [1.2].

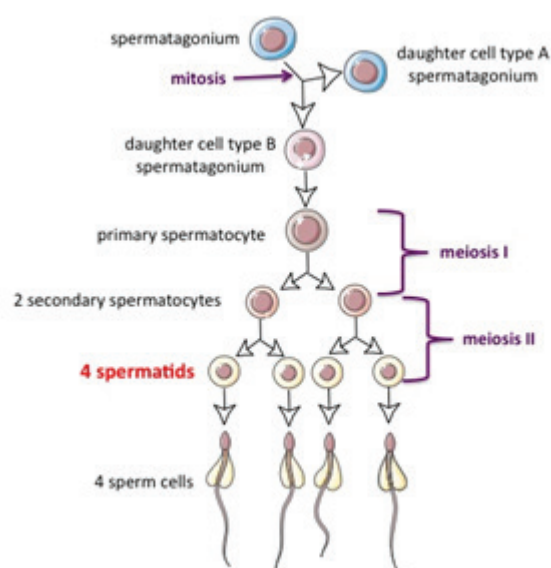


Figure 2 [1.2], Sperm development.

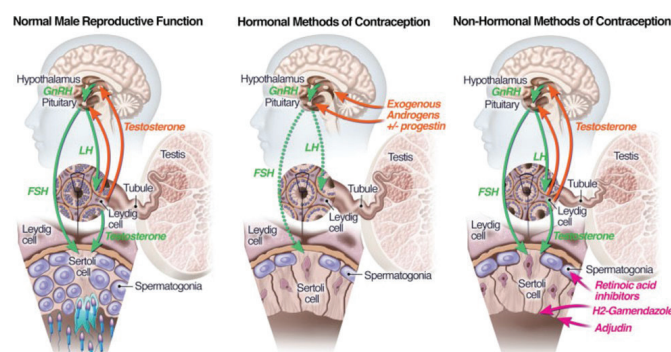


Figure 4 [1.4], Mechanisms of male contraception. Left panel illustrates normal hypothalamic-pituitary-gonadal feedback loop with positive stimulation (green arrows) of the testes from gonadotropins stimulating spermatogenesis and testosterone production, and negative feedback (red arrows) from testosterone at the hypothalamus and pituitary. Middle panel illustrates disruption of the normal feedback loop due to persistent negative feedback from exogenous androgens (red arrows), with or without addition of progesterone. Right panel illustrates the mechanism of action of nonhormonal contraceptives that either disrupt retinoic acid synthesis or action (WIN 18,446 and BMS 189,453) or disrupt the normal binding of spermatids to Sertoli cells (adjudin and H2-gamendazole), without any alteration in normal hypothalamic-pituitary-gonadal function. Normal hormonal feedback loop remains intact with nonhormonal methods of contraception.

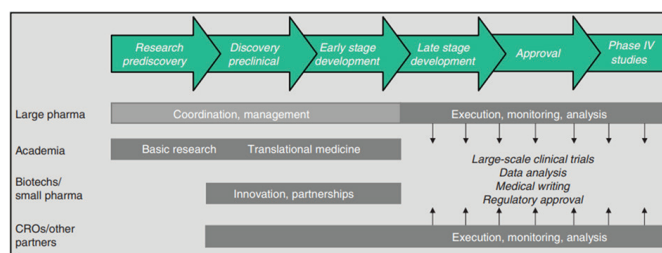


Figure 5 [1.5], A FIPNet (fully integrated pharmaceutical network) model of drug development, in which the core capabilities of different stakeholders in the development process are leveraged. CRO, contract research organization.

If the male pill became available on the market, would you take it?

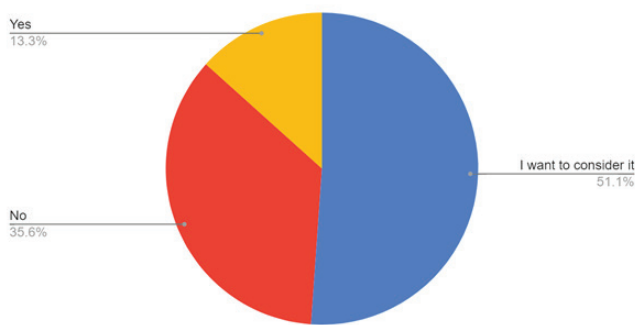


Figure 6, Answers to the question: If the male pill became available on the market, would you take it?

If the male pill became available on the market, would you want your (future) partner to take the male pill?

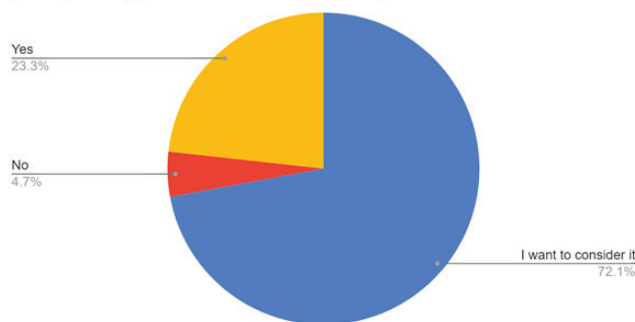


Figure 7, Answers to the question: If the male pill became available on the market, would you want your (future) partner to take the male pill?

Ik wil geen mannenpil slikken door de mogelijke bijwerkingen.
16 responses

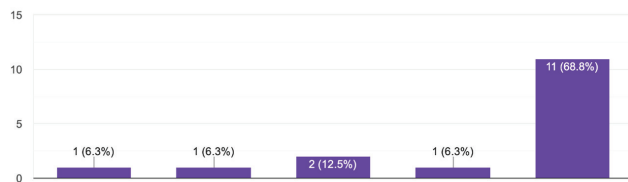


Figure 8, Answers from the 'I don't want to take the male pill'-group to the premise: I don't want to take the male pill because of the potential side-effects. On a scale from 1 (disagree) to 5 (agree).

Ik wil geen mannenpil slikken door de mogelijke bijwerkingen.
39 responses

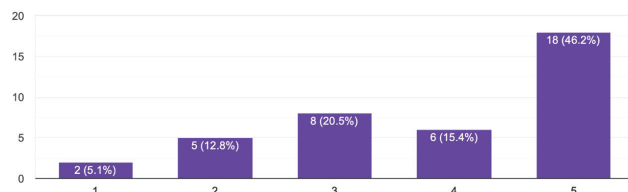


Figure 9, Answers from the 'I would want to consider taking the male pill'-group to the premise: I don't want to take the male pill, because of the potential side-effects. On a scale from 1 (disagree) to 5 (agree).

Ik wil de mannenpil slikken omdat dit mij een veilige en goede vorm van anticonceptie lijkt.
39 responses

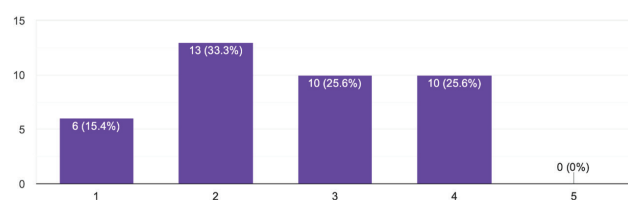


Figure 10, Answers from the 'I would want to consider taking the male pill'-group to the premise: I want to take the male pill, because it seems like a safe and good form of contraception to me. On a scale from 1 (disagree) to 5 (agree).

Ik wil de mannenpil slikken omdat dit mij een veilige en goede vorm van anticonceptie lijkt.
6 responses

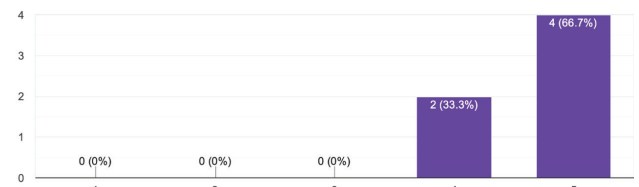


Figure 11, Answers from the 'I want to take the male pill'-group to the premise: I want to take the male pill because it seems like a safe and good form of contraception to me. On a scale from 1 (disagree) to 5 (agree).

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt door de mogelijke bijwerkingen.
6 responses

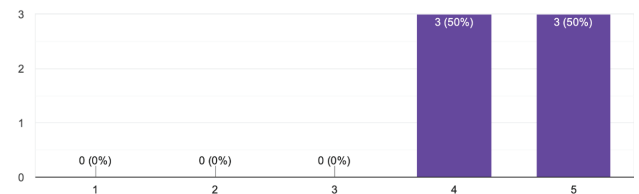


Figure 12, Answers from the 'I don't want my (future) partner to take the male pill'-group to the premise: I don't want my (future) partner to take the male pill, because of the potential side-effects. On a scale from 1 (disagree) to 5 (agree).

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat het mij een veilige en goede vorm van anticonceptie lijkt.
30 responses

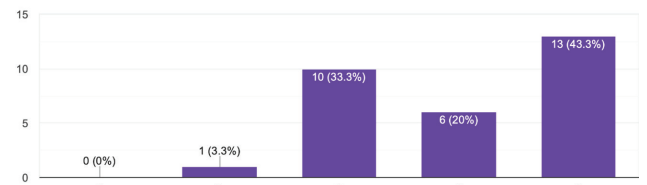


Figure 13, Answers from the 'I want my (future) partner to take the male pill'-group to the premise: I want my (future) partner to take the male pill, because it seems like a safe and good form of contraception to me. On a scale from 1 (disagree) to 5 (agree).

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik wil dat de verantwoordelijkheid voor anticonceptie gelijk is verdeelt.
99 responses

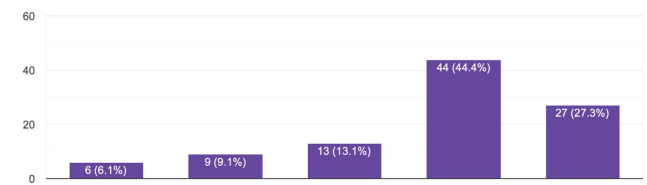


Figure 14, Answers from the 'I would consider wanting my (future) partner to take the male pill'-group to the premise: I want my (future) partner to take the male pill, because I want the responsibility for contraception to be shared more fairly. On a scale from 1 (disagree) to 5 (agree).

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik wil dat de verantwoordelijkheid voor anticonceptie gelijk is verdeelt.
0 responses

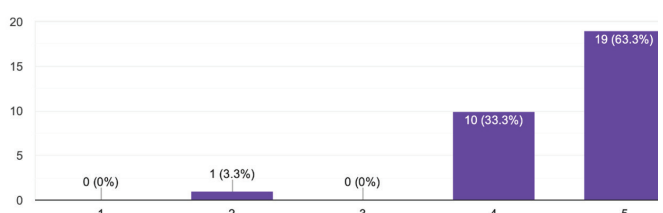


Figure 15, Answers from the 'I want my (future) partner to take the male pill'-group to the premise: I want my (future) partner to take the male pill, because I want the responsibility for contraception to be shared more fairly. On a scale from 1 (disagree) to 5 (agree).

Bijlage A: Enquête**Mannelijke anticonceptiepil**

Evelien Groote Stroek, Tess Koehorst & Lotte Witteveen

Deze enquête is opgezet voor een onderzoek van het Honour-sprogramma aan de Universiteit Twente. De enquête is anoniem en de resultaten zullen alleen gebruikt worden voor het onderzoek.

In de nabije toekomst is het misschien wel werkelijkheid. Mannen zouden een medicijn kunnen gaan slikken dat ervoor zorgt dat zij voor een bepaalde periode onvruchtbaar zijn. Nu is het zo dat er verschillende onderzoeken lopen naar deze mannenpil, hij is echter nog niet verkrijgbaar. Hier zijn verschillende redenen voor, waaronder de reden dat men denkt dat er geen vraag naar zo'n medicijn zou zijn. In ons onderzoek zouden wij graag willen achterhalen of dit klopt.

Eerst even een korte toelichting over het onderwerp:

Anticonceptiemiddel: voorkomt zwangerschappen, maar voorkomt geen Soa's. Er lopen momenteel verschillende onderzoeken naar de mannenpil. Deze zullen hieronder kort worden toegelicht.

Hormonale systeem van de man ontregelen:

De hormonen die een goede productie van het sperma verzorgen, worden onderdrukt bij het gebruik van deze methode. De mannenpil zou er dan voor zorgen dat de hormoonklier deze hormonen niet meer produceert.

Onderdrukken van het BRDT-eiwit:

Het BRDT-eiwit zorgt voor een goede splitsing van cellen, waardoor zaadcellen worden gevormd. Als dit eiwit wordt uitgeschakeld, dan zal de man tijdelijk onvruchtbaar worden. Deze medicijnen zullen mogelijke bijwerkingen met zich meebrengen. Deze kunnen optreden in elke willekeurige combinatie. De kans is echter ook dat een gebruiker van dergelijk medicijn geen van de volgende bijwerkingen ervaart:

- Gewichtstoename of afname
- Krimpen van de testikels
- Psychologische problemen
- Verminderd libido
- Het verminderen van de mannelijke kenmerken

In deze enquête zult u een aantal stellingen krijgen. Hierbij kan u in verschillende maten aangeven in hoeverre u het eens of oneens bent met deze stellingen.

Sectie 2

Verwacht jij dat jij of jouw partner in de toekomst anticonceptie zal (moeten) gebruiken?	
Ja	Ga verder naar sectie 3
Nee	Formulier verzenden

Sectie 3

Uit welke provincie kom je?	
Overijssel	Ga verder naar sectie 4
Anders	Formulier inleveren

Sectie 4

Wat is je leeftijd?	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

Wat is je sekse? (sekse is het onderscheid bij organismen gebaseerd op het biologische verschil in voortplantingsorganen, fysiologie en gedrag)	
Man	Ga verder naar sectie 5 (mannen)
Vrouw	Ga verder naar sectie 9 (vrouwen)
Dit wil ik liever niet zeggen	Formulier inleveren

Sectie 5

Als de mannenpil op de markt komt, zou je deze dan willen slikken?	
Ja	Ga verder naar sectie 8 (stellingen voor de mannenpil voor mannen)
Nee	Ga verder naar sectie 6 (stellingen tegen de mannenpil voor mannen)
Ik wil het overwegen	Ga verder naar sectie 7 (stellingen voor/tegen de mannenpil voor mannen)

Sectie 6

Ik wil geen mannenpil slikken door de mogelijke bijwerkingen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil geen mannenpil slikken omdat ik geen medicijnen wil slikken.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil geen mannenpil slikken omdat ik niet de verantwoordelijkheid wil dragen voor het nemen van anticonceptie.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil geen mannenpil slikken omdat ik wil dat vrouwen de verantwoordelijkheid dragen voor het nemen van anticonceptie.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil geen mannenpil slikken vanwege mijn geloofsovertuigingen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Vul hier je mening als deze hierboven niet is benoemd				

Sectie 7

Ik wil geen mannenpil slikken door de mogelijke bijwerkingen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil geen mannenpil slikken omdat ik geen medicijnen wil slikken.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil geen mannenpil slikken omdat ik niet de verantwoordelijkheid wil dragen voor het nemen van anticonceptie.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil geen mannenpil slikken omdat ik wil dat vrouwen de verantwoordelijkheid dragen voor het nemen van anticonceptie.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil geen mannenpil slikken vanwege mijn geloofsovertuigingen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil de mannenpil slikken omdat dit mij een veilige en goede vorm van anticonceptie lijkt.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil de mannenpil slikken zodat vrouwen de medische lasten niet hoeven te dragen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil de mannenpil slikken omdat de verantwoordelijkheid dan bij mij ligt.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil de mannenpil slikken omdat ik de financiële kosten zelf wil dragen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil de mannenpil slikken omdat ik de vrouw niet vertrouw met anticonceptie.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Vul hier je mening als deze hierboven niet is benoemd

Sectie 8

Ik wil de mannenpil slikken omdat dit mij een veilige en goede vorm van anticonceptie lijkt.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil de mannenpil slikken zodat vrouwen de medische lasten niet hoeven te dragen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil de mannenpil slikken omdat de verantwoordelijkheid dan bij mij ligt.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil de mannenpil slikken omdat ik de financiële kosten zelf wil dragen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil de mannenpil slikken omdat ik de vrouw niet vertrouw met anticonceptie.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Vul hier je mening als deze hierboven niet is benoemd

Sectie 9

Als de mannenpil op de markt komt, zou jij dan willen dat jouw (toekomstige) partner de mannenpil slikt?	
Ja	Ga verder naar sectie 12 (stellingen voor de mannenpil voor vrouwen)
Nee	Ga verder naar sectie 10 (stellingen tegen de mannenpil voor vrouwen)
Ik wil het overwegen	Ga verder naar sectie 11 (stellingen voor/tegen de mannenpil voor vrouwen)

Sectie 10

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt door de mogelijke bijwerkingen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner medicijnen moet slikken.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik hen niet vertrouw met anticonceptie.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt vanwege mijn geloofsovertuiging.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik de verantwoordelijkheid wil hebben voor anticonceptie.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Vul hier je mening als deze hierboven niet is benoemd

Sectie 11

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt door de mogelijke bijwerkingen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner medicijnen moet slikken.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik hen niet vertrouw met anticonceptie.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt vanwege mijn geloofsovertuiging.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil niet dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik de verantwoordelijkheid wil hebben voor anticonceptie.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik wil dat de verantwoordelijkheid voor anticonceptie gelijk is verdeelt.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil dat er een mogelijkheid is voor mijn (toekomstige) partner om de mannenpil te slikken.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat het mij een veilige en goede vorm van anticonceptie lijkt.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik niet de financiële kosten van anticonceptie wil dragen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik zelf geen anticonceptie wil nemen/gebruiken.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Vul hier je mening als deze hierboven niet is benoemd

Sectie 12

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik wil dat de verantwoordelijkheid voor anticonceptie gelijk is verdeelt.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

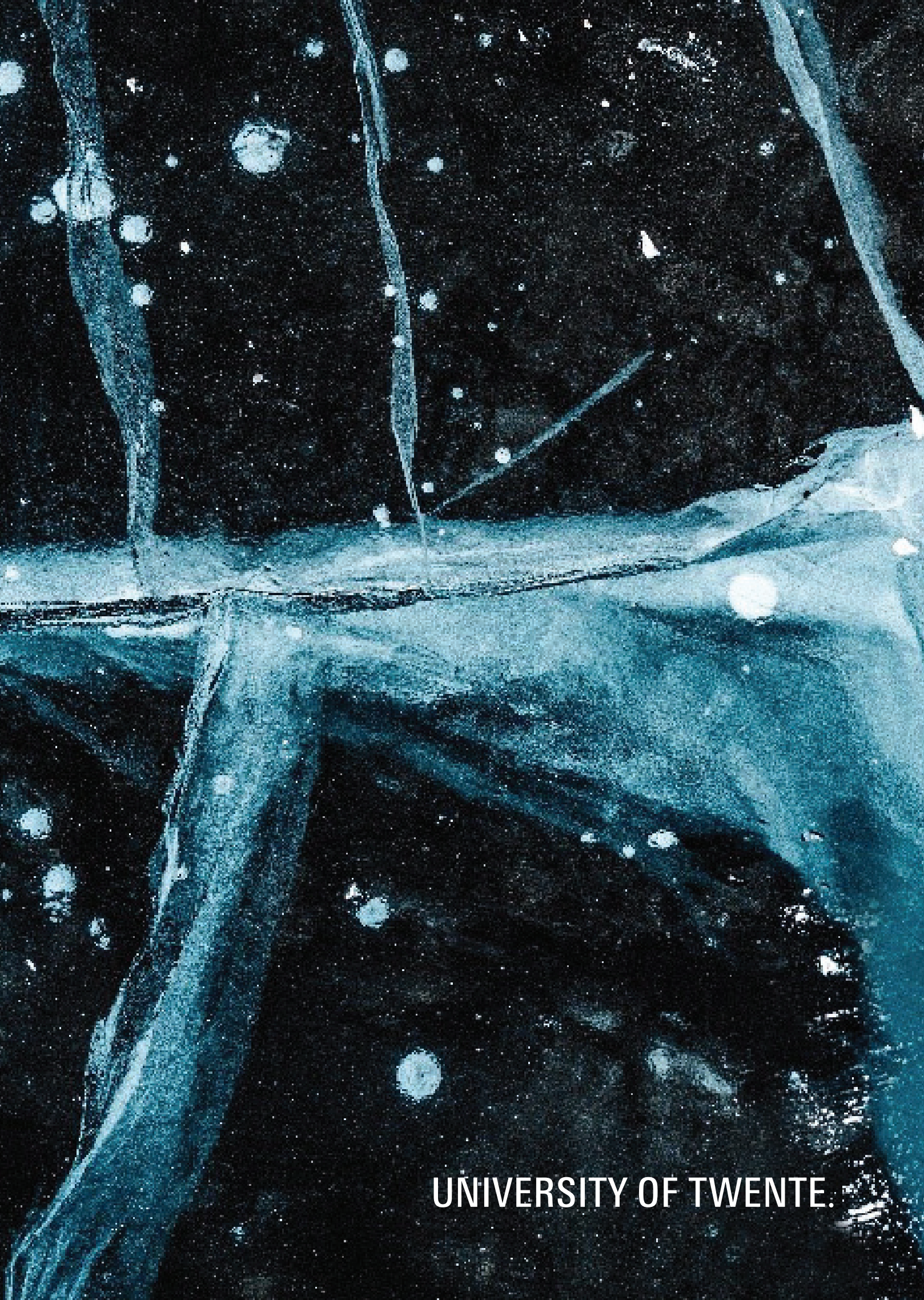
Ik wil dat er een mogelijkheid is voor mijn (toekomstige) partner om de mannenpil te slikken.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat het mij een veilige en goede vorm van anticonceptie lijkt.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik niet de financiële kosten van anticonceptie wil dragen.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Ik wil dat mijn (toekomstige) partner de mannenpil slikt omdat ik zelf geen anticonceptie wil nemen/gebruiken.				
1	2	3	4	5
Oneens Eens				

Vul hier je mening als deze hierboven niet is benoemd



UNIVERSITY OF TWENTE.