

Mentale Belasting bij Navigatie op de Fiets

Lisette Sina Anema

Studentnummer: s3956091

Afdeling Psychologie, Rijksuniversiteit Groningen

PSB3A-BT15: Bachelor These

Begeleider: prof. dr. Dick de Waard

Tweede beoordelaar: dr. Mark Nieuwenstein

In samenwerking met: Amir Danial Ridzuan, Nele Grabow, Shiyi Zhang en Ilse van der

Moolen

16 juni 2022

Een scriptie is een proeve van bekwaamheid voor studenten. De goedkeuring van de scriptie is het bewijs dat de student over voldoende onderzoeks- en rapportagevaardigheden beschikt om af te studeren, maar biedt geen garantie voor de kwaliteit van het onderzoek en de resultaten van het onderzoek als zodanig, en de scriptie is daarom niet per se geschikt als academische bron om naar te verwijzen. Als u meer wilt weten over het in deze scriptie besproken onderzoek en de daarop gebaseerde publicaties waarnaar u zou kunnen verwijzen, neem dan contact op met de genoemde begeleider.

Mental load while navigating on a bicycle

Abstract

Bicycle navigation with visual Turn-by-turn Google Maps has been compared to auditory Turn-by-turn navigation via Google Maps, Beeline As-the-crow-flies compass navigation and textual turn-by-turn instructions. Thirty participants were asked to cycle four segments in the quarter of Vinkhuizen using the different forms of navigation. As expected, mental load was rated higher with the Beeline navigation and the textual instructions than with visual Turn-by-turn Google Maps. No support was found for the hypothesis that mental load would be lower when navigating with auditory instructions, mental load was even rated higher for auditory turn-by-turn navigation than for visual turn-by-turn navigation. The level of frustration was also rated higher with auditory instructions, Beeline compass navigation, and textual instructions than with visual Google Maps. High mental load can be compensated by cycling more slowly. The higher mental load was only associated with a lower average cycling speed for the auditory instructions and printed instructions.

Keywords: Navigation, mental effort, cycling

Samenvatting

Navigatie op de fiets met visuele stapsgewijze informatie (Turn-by-turn) via Google Maps is vergeleken met auditieve stapsgewijze navigatie via Google Maps, Beeline As-the-crow-flies kompasnavigatie en tekstuele stapsgewijze instructies. Dertig deelnemers werd gevraagd vier segmenten in de wijk Vinkhuizen te fietsen met de verschillende vormen van navigatie. Zoals verwacht werd de mentale belasting hoger beoordeeld bij de Beeline navigatie en bij de tekstuele instructies dan bij visuele Turn-by-turn Google Maps. Voor de hypothese dat de mentale belasting lager zou zijn bij het navigeren met auditieve instructies is geen ondersteuning gevonden, de mentale belasting werd zelfs hoger beoordeeld bij auditieve Turn-by-turn navigatie dan bij visuele Turn-by-turn navigatie. De mate van frustratie werd ook bij auditieve instructies, Beeline kompasnavigatie en tekstuele instructies hoger beoordeeld dan bij visuele Google Maps. Een hogere mentale belasting kan gecompenseerd worden door langzamer te fietsen. De hogere mentale belasting ging alleen bij de auditieve instructies en geprinte instructies samen met een lagere gemiddelde fietssnelheid.

Trefwoorden: Navigatie, mentale belasting, fietsen

Mentale belasting bij navigatie op de fiets

Om de huidige klimaatdoelen te behalen is het belangrijk om vaker de auto te laten staan en in plaats daarvan de fiets te pakken. De fiets wordt daarmee belangrijker als vervoersmiddel van plaats A naar B. Om de juiste weg te vinden tijdens het fietsen wordt vaak gebruik gemaakt van navigatie via een mobiele telefoon. Tegenwoordig worden er veel nieuwe navigatiesystemen op de markt gebracht, zoals de Beeline. Voor het gebruik en de ontwikkeling van deze systemen is het belangrijk om te onderzoeken welke invloed de navigatie heeft op de veiligheid in het verkeer. Bij het fietsen met navigatie kunnen vergelijkbare problemen ontstaan als bij het gebruiken van een telefoon tijdens het fietsen om bijvoorbeeld berichten te lezen (De Waard et al., 2017). Er bestaan verschillende soorten navigatiesystemen. In dit onderzoek worden er een aantal vergeleken en de effecten op de subjectieve mentale belasting vastgesteld.

In Nederland was het jarenlang toegestaan om een mobiele telefoon te gebruiken tijdens het fietsen in het verkeer. Sinds 2019 is het in Nederland verboden om een mobiele telefoon vast te houden en te bedienen tijdens het fietsen. Het is nog wel toegestaan om een telefoon handsfree te gebruiken door een standaard op het stuur te hebben of bijvoorbeeld een koptelefoon op te zetten, op deze manier kan een telefoon gebruikt worden voor de navigatie in het verkeer.

Het gebruiken van een mobiele telefoon zorgt echter voor onveilig gedrag op de fiets, zoals verder naar het midden van de rijbaan fietsen (De Waard et al., 2014). Fietsers die naar muziek luisteren missen belangrijke auditieve signalen tijdens het fietsen (De Waard et al., 2014). Het missen van auditieve informatie kan gevaarlijk zijn in het verkeer. Afleiding tijdens het fietsen vergroot de kans op ongelukken voor fietsers en andere weggebruikers (Wolfe et al., 2016). Er is niet zoiets als een 'veilige' grens voor de mate van afleiding tijdens het fietsen vast te stellen (Wolfe et al., 2016).

Mentale belasting

Een belangrijk concept voor veiligheid in het verkeer is de mentale belasting. Mentale belasting is de interactie tussen de capaciteiten van een persoon en de eisen van een taak (De Waard, 1996). Een groot deel van de ongelukken in het verkeer zijn te wijten aan gebrek aan concentratie en aandacht voor het verkeer (Habib et al., 2019). Concentratie- en aandachtsproblemen kunnen veroorzaakt worden door een te hoge of te lage mentale belasting (Habib et al., 2019). Mentale belasting kan op verschillende manieren gemeten worden, aan de hand van fysiologische metingen, subjectieve metingen en prestatiemetingen. Deze manieren zouden gezamenlijk bekeken moeten worden om een zo volledig mogelijk beeld te geven van de mentale belasting (De Waard & Lewis-Evans, 2014).

Tijdens het fietsen in het verkeer zijn veel taken tegelijk belangrijk, zoals het fysiek bewegen, het overige verkeer in de gaten houden en de juiste route fietsen. Michon (1985) en Janssen (1979) hebben een model ontwikkeld waarin de taak van autorijden verdeeld wordt in drie hiërarchische niveaus; het strategische niveau, een manoeuvre niveau en een controle niveau. Het kiezen van de juiste route valt onder het strategische niveau, en het navigeren tijdens de route valt binnen het manoeuvre niveau (De Waard, 1996). In het controle niveau vinden veelal automatische processen plaats, terwijl in de hogere niveaus meer gecontroleerde processen plaatsvinden (De Waard, 1996). Dit model is ontwikkeld om de taken binnen het autorijden te categoriseren, maar is ook handig te gebruiken om fietsgedrag te categoriseren. De motorische handeling van fietsen zou gecategoriseerd kunnen worden in het controle niveau. Het oversteken van een kruispunt is een voorbeeld van een actie op manoeuvre niveau. De taakeisen in elk van deze niveaus kunnen de capaciteiten van een persoon overschrijden. Het uitvoeren van cognitief zware taken kan zorgen voor een vertraagde remreactie en kan andere verkeerstakingen beperken (Salvucci, 2013).

In elk van deze niveaus is er een bepaalde mate van mentale belasting. Dit kan worden weergegeven in het model van Meister (1976), waarin de mate van mentale belasting en het niveau van prestatie gecombineerd worden. De mentale belasting is een interactie van de externe taakeisen en de verwerkingscapaciteit van de persoon (De Waard, 1996). Meister deelde de mate van mentale belasting op in drie regio's op basis van de eisen van een taak; in regio A zijn de taakeisen laag en deze nemen toe totdat ze in regio C hoog zijn. In regio A is de prestatie goed en de mentale belasting laag, in regio B neemt de prestatie af als de eisen van de taak toenemen, in regio C neemt prestatie sterk af en is er een hoge mentale belasting. De Waard (1996) heeft dit model aangevuld met een regio D, waarin de taakeisen zo laag zijn dat ook daar de mentale belasting toeneemt. Bij een te lage mentale belasting en een te hoge mentale belasting wordt de prestatie negatief beïnvloed, waarbij aandachtsproblemen en reactieproblemen kunnen optreden (Brookhuis & De Waard, 2010).

De eerder genoemde mentale capaciteiten zouden mogelijk in verschillende modaliteiten opgedeeld kunnen worden. De 'multiple-resource' theorie (Wickens, 2008) stelt dat verschillende soorten informatie verschillende mentale bronnen belasten. Informatie kan verschillen in drie dimensies; de verwerkingsfase van de informatie, de modaliteit van de informatie en de codering van de informatie in verbaal of ruimtelijk concept (Wickens, 2008). De theorie stelt dat hoe meer verschillen er zijn op deze dimensies, hoe beter de informatie tegelijk verwerkt kan worden.

Het navigeren van een route tijdens het fietsen vindt dus plaats op het manoeuvre niveau. Om veilig deel te nemen in het verkeer is het belangrijk dat de mentale belasting optimaal is. Als de mentale belasting te laag of te hoog is, kan dit fouten en ongelukken veroorzaken. Het vaststellen van het niveau van mentale belasting is dus van belang voor de veiligheid in het verkeer.

Verder is er een onderscheid tussen mentale en emotionele belasting (Van Acker et al., 2018). De emotionele belasting wordt vaak vastgesteld met een frustratiescore. Emotionele belasting is niet altijd aanwezig bij mentale belasting, maar het kan een belangrijke indicator zijn van de reactie op een situatie of taak. Emotionele belasting is een weerspiegeling van hoe mensen verwachten om te kunnen gaan met een taak. Emotionele belasting of frustratie kan hiermee een indirecte invloed hebben op de mentale belasting (Van Acker et al., 2018).

Navigatiesystemen

Er zijn verschillende manieren om te navigeren op de fiets. De ouderwetse papieren kaart bestaat, maar alternatieven zoals Google Maps zijn populair. Ook zijn er tegenwoordig auditieve navigatiesystemen voor op de fiets en zijn er nieuwe apparaten zoals de Beeline, die als een kompas de richting van het doel weergeeft. (Savino et al., 2020)

Navigatiesystemen op de fiets kunnen gebruik maken van visuele instructies, zoals bijvoorbeeld Google Maps, een papieren kaart of de Beeline (Savino et al., 2020). Anderzijds kunnen navigatie-instructies ook auditief gepresenteerd worden. Een nadeel van visuele navigatie is dat de aandacht tussen de omgeving en het navigatiesysteem verdeeld moet worden (Albrecht et al., 2016). Auditieve instructies zouden minder invloed kunnen hebben op aandacht en zicht tijdens het fietsen dan de visuele instructies. Op basis van de ‘multiple-resource’ theorie (Wickens, 2008) is te verwachten dat de mentale belasting lager ligt bij het gebruik van auditieve instructies dan bij visuele instructies, aangezien er gebruik gemaakt wordt van een andere modaliteit.

Navigeren kan op verschillende manieren. Een populaire manier, die gebruikt wordt in Google Maps, is de turn-by-turn methode (TBT). Hierbij wordt een van tevoren gekozen route per afslag gepresenteerd aan de fietser (Savino et al., 2020). Een andere manier om te navigeren op de fiets is aan de hand van ‘As-the-crow-flies’ (ATCF) systemen. Dit systeem

wordt gebruikt in de Beeline compass. In ATCF systemen wordt een rechte lijn naar het einddoel getrokken en aangegeven en krijgt de fietser een richtingsindicatie in de vorm van een kompasnaald te zien. Hierbij wordt er dus niet een route gekozen op basis van de infrastructuur, maar dit is vrij in te vullen (Savino et al., 2020). Dit betekent dat ATCF systemen meer vrijheid geven aan de fietser dan TBT navigatie, en de fietser zelf de informatie van de ATCF moet interpreteren om de juiste weg te vinden.

De veelgebruikte navigatievorm van Google Maps is een Turn-by-turn navigatiesysteem (TBT). In onderzoek van De Waard et al. (2017) hadden fietsers een voorkeur voor TBT visuele navigatie ten opzichte van een papieren kaart of auditieve navigatie. Het gebruik van ATCF navigatie is relatief nieuw en vereist een andere manier van navigeren van de gebruiker. Fietsers beoordeelden de subjectieve mentale belasting als hoger bij het gebruik van ATCF navigatie dan bij TBT navigatie (Savino et al., 2020).

Google Maps is een veel gebruikte manier van TBT navigatie, waarbij gebruikers een deel van een kaart zien met visuele instructies. TBT navigatie kan ook gebruikt worden zonder deze visuele vormgeving. De instructies kunnen dan weergegeven worden als tekstuele instructies. In dit onderzoek worden deze tekstuele instructies geprint via Google Maps. De papieren instructie is bevestigd op het stuur. Het navigeren door tekstuele instructies zou ervoor kunnen zorgen dat fietsers langere tijd naar de instructies kijken, wat gevaarlijk is in het verkeer en kan zorgen voor een hogere mentale belasting (Albrecht et al., 2016). Ook is het bij het gebruik van geprinte instructies belangrijker om bij te houden waar op de route je bent dan bij het gebruik van Google Maps. Hierdoor zou de mentale belasting als hoger ervaren kunnen worden.

In dit onderzoek wordt mentale belasting en subjectieve voorkeur van navigatie met Google Maps visuele TBT navigatie vergeleken met auditieve TBT instructies via Google Maps, ATCF navigatie via de Beeline en tekstuele geprinte TBT instructies.

Onderzoeksvraag en hypothesen

In dit onderzoek wordt gekeken naar hoe verschillende vormen van navigatie op de fiets (de subjectieve) mentale belasting beïnvloeden. Hierbij wordt een vergelijking gemaakt van visuele TBT navigatie via Google Maps ten opzichte van de auditieve TBT instructies via Google Maps, de ATCF Beeline navigatie en de tekst-gebaseerde geprinte TBT instructies. Vanwege het onderscheid tussen mentale belasting en emotionele belasting of frustratie (Van Acker et al., 2018) wordt ook de frustratie bij het gebruik van de navigatie bekeken.

Aan de hand van de eerder besproken literatuur zijn de volgende hypothesen opgesteld:

H1: Het gebruik van auditieve instructies via Turn-by-turn Google Maps gaat samen met een lagere mentale belasting dan de visuele instructies van de TBT Google Maps.

H2: As-the-crow-flies navigatiesystemen, zoals de Beeline, gaan samen met een hogere mentale belasting dan de Turn-by-turn navigatie van Google Maps.

H3: Het gebruik van geprinte tekstuele turn-by-turn route-instructies gaat samen met een hogere mentale belasting dan de Turn-by-turn navigatie van Google Maps.

Bijdrage van dit onderzoek

In dit onderzoek worden de verschillende vormen van navigatie vergeleken met de Turn-by-turn navigatie via Google Maps, terwijl in andere onderzoeken er vaak gekozen wordt om navigatiesystemen te vergelijken met papieren kaarten (bijvoorbeeld De Waard et al., 2017). Er is gekozen om te vergelijken met Google Maps omdat dit op dit moment een veelgebruikte vorm van navigatie is.

Methode

Participanten

De steekproef is een gemakssteekproef. De steekproef bestond uit 30 participanten, waarvan 63% man, 26% vrouw en 10% non-binair . De participanten hebben een gemiddelde leeftijd van 24.7 (SD=5.68), met een minimale leeftijd van 19 en een maximale leeftijd van 43. Van de participanten was 57% Nederlands, andere participanten kwamen uit verschillende landen zoals de Verenigde Staten, Duitsland, China en Indonesië.

Design en procedure

De verschillende manieren van navigatie werden getest in een *within-person* design. De participanten zijn vergaard uit eigen kenniskringen. De ethische commissie van de faculteit gedrags- en maatschappijwetenschappen van de rijksuniversiteit Groningen heeft toestemming gegeven voor het onderzoek (PSY-2122-S-0279). De participanten ontvingen eerst een mail met gegevens over het onderzoek en het consentformulier. In Vinkhuizen werden de participanten ontvangen, waar zij het consentformulier ondertekenden en instructies kregen voor het experiment. De navigatieapparatuur en een camera werden ondertussen op hun fiets gemonteerd, foto's hiervan staan in bijlage A. In het experiment werd bij iedere participant dezelfde iPhone gebruikt om de Google Maps navigatie te gebruiken. Deze telefoon werd op het stuur vastgezet door middel van een telefoonhouder voor op de fiets. De participanten gebruikten hun eigen fiets voor het onderzoek. Na het invullen van een vragenlijst werd de participanten gevraagd een route te fietsen door de wijk Vinkhuizen. De route was opgedeeld in vier delen, die ze met verschillende vormen van navigatie moesten afleggen. Deze onderdelen van de route waren gemiddeld 1,5 km lang, met een minimale afstand van 1,2 km en een maximale afstand van 1,8 km. De kaarten van de route staan in bijlage B. De volgorde van de verschillende vormen van navigatie werden gebalanceerd tussen participanten, maar de route werd door iedereen in dezelfde volgorde afgelegd. Na elk onderdeel van de route werden zij gevraagd een korte vragenlijst in te vullen.

Aan het einde van de route vulden zij nog een afsluitende vragenlijst in. De participanten werden gevolgd door één van de experimentleiders om veiligheid te waarborgen.

Metingen

Snelheid

Snelheid werd berekend op basis van de GPS gegevens van de Contour+2 camera. De GPS data van de camera werden in het Contour StoryTeller programma (versie 3.6.2.1043) geëxporteerd naar tekstbestanden en geïmporteerd in Excel. Er is een kort segment van één minuut van elk deel van de route gekozen om de snelheid over te berekenen. Als back-up voor deze gegevens werd ook de tijd per onderdeel geklokt door degene die achter de participanten aanfietste. De snelheid is op twee manieren berekend. De snelheid is berekend door de ideale afstand van elk traject in meters te delen door de fietstijd van de participant in seconden.

Oogfixaties

Oogfixaties werden op een vergelijkbare manier gemeten als eerder gedaan door De Waard et al. (2017). Via een Contour+2 camera op het stuur van de participanten werd de frequentie en duur van fixatie op het navigatiesysteem gemeten. De beelden van de camera werden geïmporteerd in het programma ELAN (versie 6.3) om te analyseren. De oogfixaties werden op een kort stuk van elk segment geanalyseerd. De fixaties op de navigatie werden manueel gemarkeerd en vervolgens werd de duur van de fixaties berekend.

Subjectieve mentale belasting

Aan het eind van elk onderdeel van de route werd de participanten gevraagd hoe inspannend ze het fietsen van het traject ervaren hadden met behulp van de *Rating Scale Mental Effort*, RSME (Zijlstra, 1993). De RSME is een unidimensionele schaal bestaande uit een lijn van 0 tot 150, op onregelmatige intervallen zijn er ankerpunten voor de mate van

mentale inspanning. Een beoordeling van 2 komt overeen met ‘no effort’, 37 met ‘some effort’, 85 met ‘great effort’ en 112 ‘extreme effort’. Participanten zetten een kruisje op deze lijn. Deze meting is aangevuld met een aangepaste schaal om de mate van frustratie te meten, om de frustratie te scheiden van de mentale belasting (Van Acker et al., 2018).

Beoordeling van de navigatie

In de afsluitende vragenlijst werden de participanten gevraagd de verschillende vormen van navigatie te beoordelen met een cijfer van 1 tot 10. Ook werd gevraagd welke manieren van navigatie zij vaker zullen gebruiken in de toekomst.

Resultaten

Beschrijvende analyse

Van de participanten geeft 87% aan minimaal vier keer per week de fiets te gebruiken. De participanten fietsen vaak voor een duur van 10 minuten (33.3%) of van 15 minuten per keer (36.7%). Voor 77% van de participanten is de fiets de belangrijkste vorm van transport. Van de participanten gebruikte 70% wel eens een navigatiesysteem op de fiets, de meest voorkomende vorm van navigatie was een visuele Google Maps. Ze maken hier niet vaak gebruik van, 50% van de participanten gebruikt minder dan één keer per week de navigatie, en 30% zegt dit één keer per week te gebruiken. Van de participanten zegt 80% niet of een beetje bekend te zijn met de wijk Vinkhuizen.

De data van zes participanten waren niet compleet. Zij misten gegevens van één tot vijf variabelen per persoon. De missende gegevens zijn aangevuld door de gemiddelden van de andere participanten op die variabelen in te voegen. Ook is er gekozen om een afwijkende score van een participant op de auditieve conditie als gevolg van een storing te vervangen door het gemiddelde van de andere participanten op die variabelen. De analyse is na deze aanpassingen uitgevoerd over de gegevens van alle 30 participanten. Om deze data te

analyseren werd er gebruik gemaakt van een *repeated-measures Analysis of Variance* (ANOVA).

Gemiddelden en Correlaties

De gemiddelde gerapporteerde mentale belasting, frustratie, eindbeoordeling en gemiddelde snelheid is per navigatieconditie weergegeven in tabel 1. In tabel 2 worden de correlaties met de beoordeling van de mentale belasting weergegeven.

Tabel 1

Gemiddelde mentale belasting, frustratiescore, eindbeoordeling, gemiddelde snelheid over het hele traject en gemiddelde snelheid over het geselecteerde segment per navigatiesysteem

	Mentale belasting M (st. dev.)	Frustratiescore M (st. dev.)	Eindbeoordeling M (st. dev.)	Snelheid hele traject in m/s M (st. dev)	Snelheid segment in m/s M (st. dev)
Visuele Google Maps TBT	27.27 (17.91)	19.73 (19.84)	8.38 (1.13)	4.35 (.90)	5.30 (.93)
Auditieve Google Maps TBT	46.00 (28.71)	38.59 (34.80)	5.75 (2.50)	4.21 (.65)	5.06 (.81)
Beeline ATCF	50.20 (29,39)	42.73 (32.26)	6.00 (2.07)	3.91 (.59)	5.08 (.77)
Tekstuele geprinte TBT	65.55 (26.11)	50.79 (28.83)	4.07 (1.55)	3.65 (.68)	4.85 (.66)

Noot: M = gemiddelde. St. dev.= standaarddeviatie. TBT= Turn-by-turn navigatie, ATCF = As-the-crow-flies navigatie. Mentale belasting = score op de RSME op een schaal van 0 tot 150, Frustratie = score op schaal frustratie (0-150). Eindbeoordeling = rapportcijfer (1-10).

Tabel 2*Correlaties met beoordeling van mentale belasting*

	Frustratiescore	Eindbeoordeling	Gemiddelde snelheid hele traject in m/s	Gemiddelde snelheid geselecteerde segment in m/s
Visuele Google Maps TBT	.63 (p = <.001)	-.49 (p = .006)	.02 (p = .930)	-.14 (p = .529)
Auditieve Google Maps TBT	.70 (p = <.001)	-.56 (p = <.001)	-.40 (p = .027)	-.09 (p = .693)
Beeline ATCF	.78 (p = <.001)	-.53 (p = .002)	-.18 (p = .333)	-.16 (p = .483)
Tekstuele geprinte TBT instructies	.72 (p = <.001)	-.52 (p = .003)	-.50 (p = .005)	-.01 (p = .965)

Noot: TBT = Turn-by-turn navigatie. ATCF = As-the-crow-flies navigatie. Frustratiescore = score op de schaal van frustratie (0-150). Eindbeoordeling = rapportcijfer (1-10).

In tabel 3 zijn de gemiddelde duur van de oogfixaties op het navigatiesysteem en de frequentie van de fixaties weergegeven met de correlatie met de beoordeling van mentale belasting. De analyse van deze metingen wordt verder uitgewerkt in Van der Moolen (2022).

Tabel 3

Gemiddelde duur en frequentie van oogfixaties op het navigatiesysteem en de correlatie met de beoordeling van mentale belasting

	Gemiddelde duur van fixatie		Frequentie van fixaties	
	M (st. dev.)	Correlatie mentale belasting	M (st. dev.)	Correlatie mentale belasting
Google Maps	1.18 (.08)	.22 (p = .311)	6.89 (.71)	-.15 (p = .502)
Visueel				
Google Maps	.07 (.05)	.77 (p = .020)	.21 (.17)	.38 (p = .066)
Auditief				
Beeline ATCF	.97 (.06)	.59 (p = .003)	9.17 (.70)	-.02 (p = .945)
Tekstuele instructies	1.79 (.16)	.04 (p = .855)	4.70 (.48)	-.08 (p = .727)

Noot: Gemiddelde duur van frequentie in seconden, gemeten over een segment van ongeveer een minuut van elke conditie. Mentale belasting = de beoordeling op de beoordelingschaal voor mentale belasting (0-150).

Hypothesetoetsing

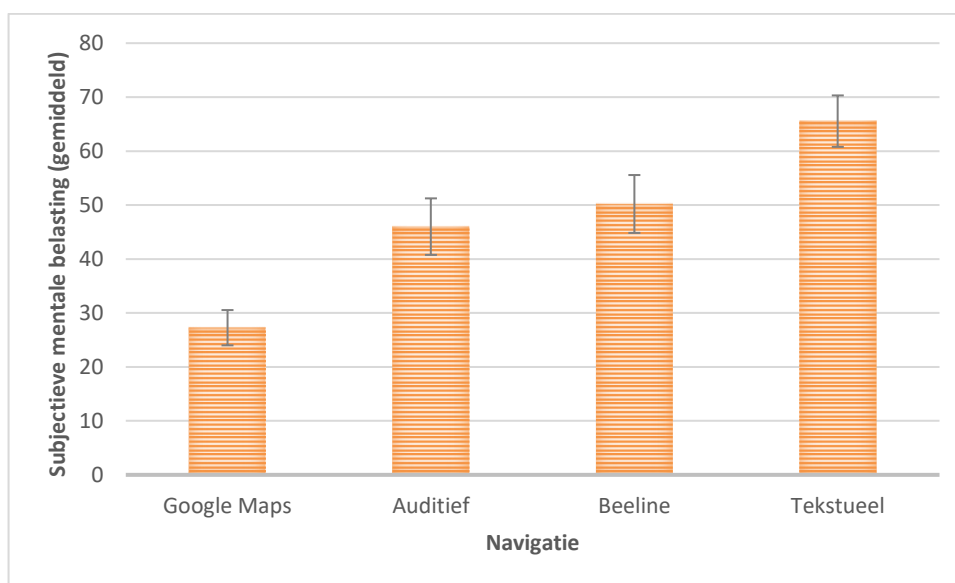
Mentale belasting

De beoordeling van mentale belasting per navigatie is weergegeven in figuur 1. De Google Maps visuele TBT instructies worden beoordeeld met de laagste mate van mentale belasting. De mentale belasting bij de auditieve TBT instructies via Google Maps, de Beeline en de

tekstuele instructies worden allemaal hoger beoordeeld dan de visuele TBT instructies via Google Maps. Om te testen of deze in mentale belasting verschillen significant zijn, is gebruik gemaakt van een *repeated-measures ANOVA*. De assumpties worden niet geschonden (Bijlage B). Er was een significant verschil tussen beoordelingen van mentale belasting bij de navigatiecondities ($F(3,87) = 12.59$, $p = <.001$, $\eta_p^2 = .30$).

Figuur 1

De beoordeling van mentale belasting per navigatieconditie



Noot: foutbalken geven de standaardfout weer.

De beoordeling van mentale belasting van auditieve instructies via TBT Google Maps is vergeleken met de beoordeling van mentale belasting van visuele instructies van TBT Google Maps door middel van contrasten. De mentale belasting werd significant hoger beoordeeld bij de auditieve TBT instructies dan bij de visuele TBT instructies ($F(1,29) = 12.45$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .30$). Dit resultaat is in tegenspraak met de gestelde hypothese.

Om de tweede hypothese te testen is ook gebruik gemaakt van contrasten. Hierbij is de beoordeling van de mentale belasting van ATCF systeem Beeline vergeleken met de mentale belasting van visuele TBT van Google Maps. De beoordeling van de mentale belasting was significant hoger bij de ATCF instructies van de Beeline dan bij de TBT visuele Google Maps instructies ($F(1,29) = 15.62$, $p = <.001$, $\eta_p^2 = .35$). Dit resultaat is in overeenstemming met de hypothese.

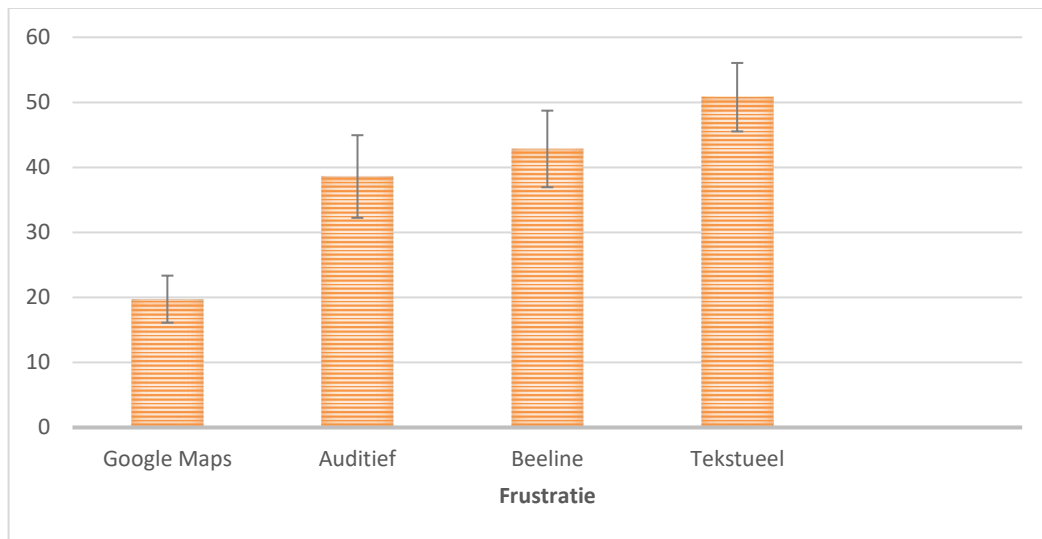
Ook de laatste hypothese is getest door middel van contrasten. De beoordeling van mentale belasting bij geprinte tekstuele TBT instructies werd vergeleken met de mentale belasting bij visuele TBT instructies via Google Maps. De beoordeling van de mentale belasting was significant hoger bij de geprinte tekstuele TBT instructies dan bij de visuele TBT instructies via Google Maps $F(1,29) = 57.84$, $p = <.001$, $\eta_p^2 = .67$). Dit resultaat is in overeenstemming met de hypothese.

Frustratie

Ook de frustratiescore voor elke vorm van navigatie is vergeleken. De scores zijn weergegeven in figuur 2.

Figuur 2

Frustratiescore (gemiddelde) per navigatie



Noot: foutbalken geven de standaardfout weer.

Om te onderzoeken of de verschillen in frustratie tussen de vormen van navigatie significant zijn is een *repeated-measures* ANOVA uitgevoerd. De scores op de frustratieschaal voldoen niet aan de assumptie van sfericiteit, daarom is er gebruik gemaakt van de Greenhouse-Geisser correctie (zie Bijlage B). Er was een significant verschil tussen de frustratiescores per navigatieconditie ($F(3,87) = 6.59, p = .001, \eta_p^2 = .19$). Om deze verschillen verder te onderzoeken is er gebruik gemaakt van contrasten.

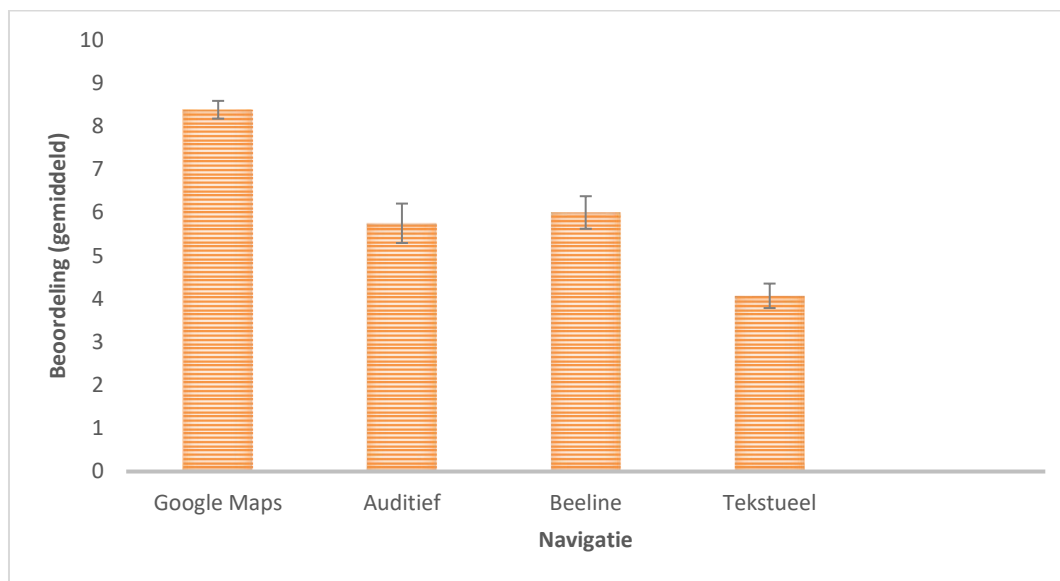
Er was een significant hogere frustratiescore bij auditieve TBT instructies via Google Maps dan bij visuele TBT instructies via Google Maps ($F(1,29) = 9.68, p = .004, \eta_p^2 = .25$). Ook bij de Beeline ATCF instructies was er een significant hogere frustratiescore dan bij de visuele TBT instructies via Google Maps ($F(1,29) = 15.25, p = .001, \eta_p^2 = .35$). De frustratiescore bij de tekstuele TBT instructies was ook significant hoger dan bij de visuele TBT instructies via Google Maps ($F(1,29) = 28.29, p = <.001, \eta_p^2 = .49$).

Eindbeoordeling

Ook de eindbeoordeling van de verschillende navigatiecondities is bekeken. De gemiddelde beoordelingen zijn weergegeven in figuur 3.

Figuur 3

Eindbeoordeling van de navigatie (gemiddeld) op een schaal van 1 tot 10



Noot: Foutbalken geven de standaardfout weer.

Om te onderzoeken of de verschillen in beoordeling significant zijn, is er een *repeated-measures* ANOVA uitgevoerd. Benodigde assumpties worden niet geschonden (Bijlage B). Er waren significante verschillen in de beoordeling van de verschillende navigatiecondities ($F(3,87) = 26.89$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .48$). Om deze verschillen verder te onderzoeken is er gebruik gemaakt van contrasten.

De beoordeling van de visuele TBT instructies via Google Maps was significant hoger dan de beoordeling van de auditieve TBT instructies via Google Maps ($F(1,29) = 30.67$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .51$). Ook was de beoordeling van de visuele TBT instructies via Google Maps

significant hoger dan de beoordeling van de Beeline ATCF instructies ($F(1,29) = 32.65$, $p = <.001$, $\eta_p^2 = .53$). De beoordeling van de tekstuele TBT instructies was ook significant lager dan de beoordeling van visuele TBT instructies via Google Maps ($F(1,29) = 141.31$, $p = <.001$, $\eta_p^2 = .83$).

Discussie

In deze these zijn verschillende vormen van navigatie op de fiets onderzocht. Er wordt specifiek gekeken naar de mentale belasting en frustratie. De hypothese is gesteld dat de mentale belasting lager ligt bij auditieve TBT (Turn-By-Turn) instructies via Google Maps dan bij visuele TBT instructies via Google Maps, omdat er verschillende modaliteiten worden gebruikt bij auditieve instructies (Wickens, 2008). Er is geen ondersteuning gevonden voor deze hypothese, de mentale belasting bij auditieve TBT instructies via Google Maps was zelfs significant hoger dan bij de visuele TBT instructies via Google Maps. Verder werd verwacht dat visuele TBT instructies via Google Maps minder mentaal belasting zouden zijn dan ATCF instructies via Beeline, omdat ATCF navigatie meer vrijheid geeft aan de fietser en dus ook meer interpretatie vereist (Savino et al., 2020). De resultaten ondersteunen deze hypothese. Ook de hypothese dat de mentale belasting hoger beoordeeld wordt bij tekstuele geprinte TBT instructies dan bij de visuele TBT instructies via Google Maps wordt ondersteund door de resultaten. De verwachting was dat tekstuele TBT instructies meer belastend zijn, omdat er minder informatie is voor de fietser en de eigen positie zelf bijgehouden moet worden (De Waard et al., 2017). De mate van frustratie was bij auditieve TBT instructies via Google Maps, ATCF instructies met de Beeline en bij de tekstuele TBT instructies hoger dan bij de visuele TBT instructies via Google Maps. Dit zou mogelijk verklaard kunnen worden door de hoeveelheid ervaring die de participanten hadden met de verschillende navigatiesystemen.

Op basis van de multiple-resource theorie van Wickens (2008) werd verwacht dat de auditieve instructies via Google Maps samen zouden gaan met een lagere beoordeling van mentale belasting. Dit is niet in overeenstemming met de resultaten. Ook in De Waard et al. (2017) gaven fietsers aan een voorkeur te hebben voor visuele TBT navigatie boven auditieve instructies. Dit komt overeen met de bevindingen van dit onderzoek. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat mensen de route niet kunnen controleren tijdens het fietsen en instructies vaak maar één keer horen. Enkele participanten gaven tijdens het onderzoek aan dat zij hierdoor begonnen te twijfelen aan de juiste route.

In lijn met eerder onderzoek naar ATCF navigatie met de Beeline werd de mentale belasting bij navigatie met dit systeem hoger beoordeeld dan bij de visuele TBT via Google Maps (Savino et al., 2020). Mogelijk komt dit doordat mensen weinig ervaring hebben met ATCF navigatie. Ook geeft ATCF navigatie meer vrijheid aan fietsers, wat ook meer interpretatie en eigen invulling van de fietser vraagt (Savino et al., 2020). Mogelijk leidt dit ook tot een hogere mentale belasting.

Ook de mentale belasting bij het gebruik van de geprinte tekstuele TBT instructies werd hoger beoordeeld dan bij de visuele TBT via Google Maps. Dit komt overeen met de verwachting dat fietsers meer tijd nodig hebben om deze instructies te lezen wat leidt tot hogere mentale belasting (Albrecht et al., 2016). Ook moeten de fietsers zelf hun positie bijhouden bij de tekstuele TBT instructies, terwijl dit bij de digitale systemen gedaan wordt door het navigatiesysteem (De Waard et al., 2017).

Oogfixaties in percentages van de tijd op het geselecteerde segment verschillen niet significant tussen de visuele TBT via Google Maps, de ATCF instructies via Beeline en de tekstuele TBT instructies (Van der Moolen, 2022). In eerder onderzoek naar oogfixaties tijdens het navigeren op de fiets werd ook geen verschil gevonden tussen verschillende vormen van navigatie in totale tijdsduur van fixatie (De Waard et al., 2017) Er is echter wel

een verschil in de gemiddelde tijdsduur van de oogfixaties. De gemiddelde duur van de oogfixaties op het navigatiesysteem ligt significant hoger bij de tekstuele TBT instructies dan bij de visuele TBT via Google Maps (Van der Moolen, 2022). Dit hangt samen met de hogere beoordeling van mentale belasting bij het gebruik van de tekstuele TBT instructies. Er is echter alleen gekeken naar de oogfixaties op het navigatiesysteem en niet naar de overige oogfixaties. Het is dus niet bekend hoe vaak en hoe lang mensen hebben gekeken naar verkeersrelevante objecten.

Opvallend is dat de snelheid per traject alleen significant samenhangt met de mentale belasting bij de auditieve TBT instructies en de geprinte TBT instructies. Terwijl verwacht werd dat de snelheid lager zou liggen bij een hogere mentale belasting, omdat door langzamer te fietsen gecompenseerd kan worden voor de hoge mentale belasting (De Waard et al., 2010). De geprinte TBT instructies waren het meest belastend en gaan ook samen met een lagere snelheid. Verder zou het kunnen zijn dat de auditieve instructies beter te horen waren met een lagere fietssnelheid. Mogelijk is er bij de visuele Google Maps en de Beeline geen samenhang gevonden tussen de mentale belasting en de snelheid omdat de snelheid gemeten is over het hele segment. Hierdoor kan het overige verkeer invloed hebben op de metingen.

De snelheid over het geselecteerde segment hangt niet significant samen met de mentale belasting van de navigatiesystemen. Dit komt mogelijk doordat er veel GPS gegevens ontbraken, in totaal waren de data van de snelheid per segment compleet voor 21 van de 30 participanten.

Sterke punten

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van een *within-person* onderzoeksdesign met gebalanceerde condities. Dit onderzoeksdesign minimaliseert de invloed van persoonlijke

verschillen op de resultaten. Ook is de steekproefgrootte aanzienlijk groter dan in eerdere onderzoeken zoals in De Waard et al. (2017) en Savino et al. (2020).

De verschillende navigatiecondities zijn vergeleken met visuele TBT instructies via Google Maps. In eerdere onderzoeken werden digitale systemen vaak vergeleken met een papieren kaart, zoals in De Waard et al. (2017). Door de vergelijking te maken met de visuele TBT instructies via Google Maps zijn er zo min mogelijk verschillen tussen de navigatiecondities die vergeleken worden. Ook is er voor visuele TBT Google Maps gekozen omdat dit een veel gebruikte vorm van navigatie is op dit moment.

Limitaties

Dit onderzoek is uitgevoerd in een woonwijk in Groningen. Deze woonwijk is gebouwd in de periode 1960-1970 en is opgebouwd uit veel rechte straten, in veel van deze straten is geen apart fietspad aanwezig. Dit zou invloed kunnen hebben op de resultaten van dit onderzoek. Er is voor deze wijk gekozen vanwege de lagere verkeersdichtheid ten opzichte van het centrumgebied in Groningen en omdat weinig participanten hier bekend zouden zijn. Deze woonwijk is eerder gebruikt in onderzoek van De Waard et al. (2017). Het kon echter niet vermeden worden dat participanten een drukke weg over moesten steken tijdens het onderzoek. Door het balanceren van de navigatiecondities over de diverse deeltrajecten zou de invloed hiervan op de resultaten moeten uitmiddelen. Verder onderzoek naar navigatie op de fiets zou gedaan kunnen worden in een andere omgeving, zoals een stadscentrum, om de resultaten verder te onderbouwen. Een stadscentrum heeft namelijk een andere wegstructuur en verkeersdoorstroom dan een woonwijk. Verder wisten participanten dat zij “in de gaten werden gehouden” en was er geen ‘natuurlijk’ doel, aangezien zij meededen aan een experiment.

In dit onderzoek is er gebruik gemaakt van een gemakssteekproef door mensen uit eigen kenniskring uit te nodigen. Hierdoor kan het zijn dat de steekproef niet representatief is voor de algemene fietser. Zo zijn bijna alle participanten in dit onderzoek student en ligt de gemiddelde leeftijd van de participanten laag.

Theoretische en praktische implicaties

Op basis van het multiple-resource model (Wickens, 2008) werd verwacht dat de mentale belasting lager zou zijn bij het gebruik van auditieve navigatie dan bij visuele navigatie. Dit model stelt dat informatie makkelijker verwerkt kan worden als er gebruik gemaakt wordt van een andere modaliteit. Dat de resultaten van dit onderzoek niet overeenkomen met het multiple-resource model zou verklaard kunnen worden met de hogere mate van frustratie die ervaren werd bij het gebruik van de auditieve TBT instructies. De frustratiescore bij het gebruik van auditieve TBT instructies lag significant hoger dan bij het gebruik van visuele TBT instructies. Verder gaven participanten aan onzeker te zijn over de route omdat zij de instructies niet zelf konden controleren.

De visuele TBT instructies worden het meest positief beoordeeld in dit onderzoek. Bij deze vorm van navigatie wordt ook de meeste informatie getoond. Hierbij is een stuk van een kaart te zien, samen met de afstand en de specifieke TBT instructie. Het weergeven van een kaart zou niet direct tot hogere beoordeling moeten leiden, zo werd in De Waard et al. (2017) een papieren kaart lager beoordeeld dan navigatiesystemen zonder kaart.

In dit onderzoek komt naar voren dat de digitale systemen positiever beoordeeld worden dan de papieren instructies. Bij de digitale systemen hoeft de fietser niet de eigen positie bij te houden, terwijl dit bij de papieren instructies wel vereist wordt. Zoals eerder genoemd gaven participanten aan onzeker te worden van de auditieve instructies omdat zij de instructies niet konden controleren. Er zou dus gekeken kunnen worden hoe dit verbeterd kan

worden bij auditieve navigatie, bijvoorbeeld door vaker de instructie te herhalen of om een mededeling te hebben van status van voortgang op de route. De TBT instructies werden beter beoordeeld dan de ATCF instructies. Het is mogelijk dat dit verklaard wordt door het gebrek aan ervaring met de ATCF navigatie. Zoals ook in eerder onderzoek gesteld (Savino et al., 2020), gaven enkele participanten aan dat het ATCF systeem van de Beeline ze geschikt leek voor plezierritjes met de fiets of bij het wielrennen.

Verder onderzoek

Verder onderzoek zou kunnen richten op dezelfde navigatiemethoden in een andere omgeving om te kijken of de resultaten ook verder te generaliseren zijn. Hierbij is het interessant om dit bijvoorbeeld in een stadscentrum te onderzoeken, omdat hier een andere wegstructuur is dan in een woonwijk. Aangezien weinig mensen ervaring hebben met de ATCF navigatie zou het een goede toevoeging zijn om participanten eerst een oefenrondje te laten fietsen met dit systeem. Ook zou onderzocht kunnen worden hoe fietsers de ATCF navigatie zouden beoordelen voor wielrennen of pleziersochten op de fiets, aangezien enkele participanten aangaven dat ze dit graag zouden proberen.

Anderzijds zou verder onderzoek ook gericht kunnen zijn op het vergelijken van sommige van de in dit onderzoek gebruikte navigatiesystemen met andere vormen van navigatie.

Referenties

- Albrecht, R., Väänänen, R., & Lokki, T. (2016). Guided by music: pedestrian and cyclist navigation with route and beacon guidance. *Personal and Ubiquitous Computing*, 20(1), 121-145.
- Ben-Elia, E. (2021). An exploratory real-world wayfinding experiment: A comparison of drivers' spatial learning with a paper map vs. turn-by-turn audiovisual route guidance. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 9, 100280.
- Brookhuis, K. A., & De Waard, D. (2010). Monitoring drivers' mental workload in driving simulators using physiological measures. *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 898-903.
- De Waard, D. (1996). The measurement of drivers' mental workload. PhD thesis, University of Groningen. University of Groningen, Traffic Research Centre, Haren
- De Waard, D., Lewis-Evans, B. (2014). Self-report scales alone cannot capture mental workload. *Cogn Tech Work* 16, 303–305. <https://doi-org.proxy-ub.rug.nl/10.1007/s10111-014-0277-z>
- De Waard, D., Lewis-Evans, B., Jelijs, B., Tucha, O., & Brookhuis, K. (2014). The effects of operating a touch screen smartphone and other common activities performed while bicycling on cycling behaviour. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 22, 196-206.
- De Waard, D., Prey, A., Mohr, A. K., & Westerhuis, F. (2020). Differences in cycling performance of Dutch and non-Dutch students in the Netherlands. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 68, 285-292.

- De Waard, D., Schepers, P., Ormel, W., & Brookhuis, K. (2010). Mobile phone use while cycling: Incidence and effects on behaviour and safety. *Ergonomics*, *53*(1), 30-42.
- De Waard, D., Westerhuis, F., Joling, D., Weiland, S., Stadtbäumer, R., & Kaltofen, L. (2017). Visual map and instruction-based bicycle navigation: a comparison of effects on behaviour. *Ergonomics*, *60*(9), 1283-1296.
- Habib, K., Shalkamy, A., & El-Basyouny, K. (2019). Investigating the Effects of Mental Workload on Highway Safety. *Transportation Research Record*, *2673*(7), 619–629.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In *Advances in psychology* (Vol. 52, pp. 139-183). North-Holland.
- Janssen, W.H. (1979). Routeplanning en -geleiding: een literatuurstudie (Route planning and route guidance: a review of the literature). (Report IZF 1979-C13). Soesterberg, The Netherlands: Instituut voor Zintuigfysiologie.
- Meister, D. (1976). Behavioral foundations of system development.
- Michon, J. A. (1985). A critical view of driver behavior models: What do we know, what should we do. In L. Evans & R. C. Schwing (Eds.). *Human behavior and traffic safety* (pp. 485-520). New York: Plenum Press
- Salvucci, D. D. (2013). Multitasking. In J. D. Lee & A. Kirlik (Eds.), *The Oxford handbook of cognitive engineering* (pp. 57–67). Oxford University Press.
- Savino, G. L., Meyer, L., Schade, E. E. S., Tenbrink, T., & Schöning, J. (2020). Point me in the right direction: Understanding user behaviour with as-the-crow-flies navigation. In *22nd International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services* (pp. 1-11).

- Van Acker, B.B., Parmentier, D.D., Vlerick, P. Understanding mental workload: from a clarifying concept analysis toward an implementable framework. *Cogn Tech Work* 20, 351–365 (2018). <https://doi-org.proxy-ub.rug.nl/10.1007/s10111-018-0481-3>
- Van der Moolen (2022). Bicycle navigation and eye fixations. Bachelor thesis, University of Groningen
- Wickens, C. D. (2008). Multiple Resources and Mental Workload. *Human Factors*, 50(3), 449–455. <https://doi.org/10.1518/001872008X288394>
- Wolfe, E. S., Arabian, S. S., Breeze, J. L., & Salzler, M. J. (2016). Distracted biking: an observational study. *Journal of trauma nursing: the official journal of the Society of Trauma Nurses*, 23(2), 65.
- Zijlstra, F. R. H. (1993). Efficiency in work behaviour: A design approach for modern tools. PhD thesis Delft University of technology.

Bijlage A

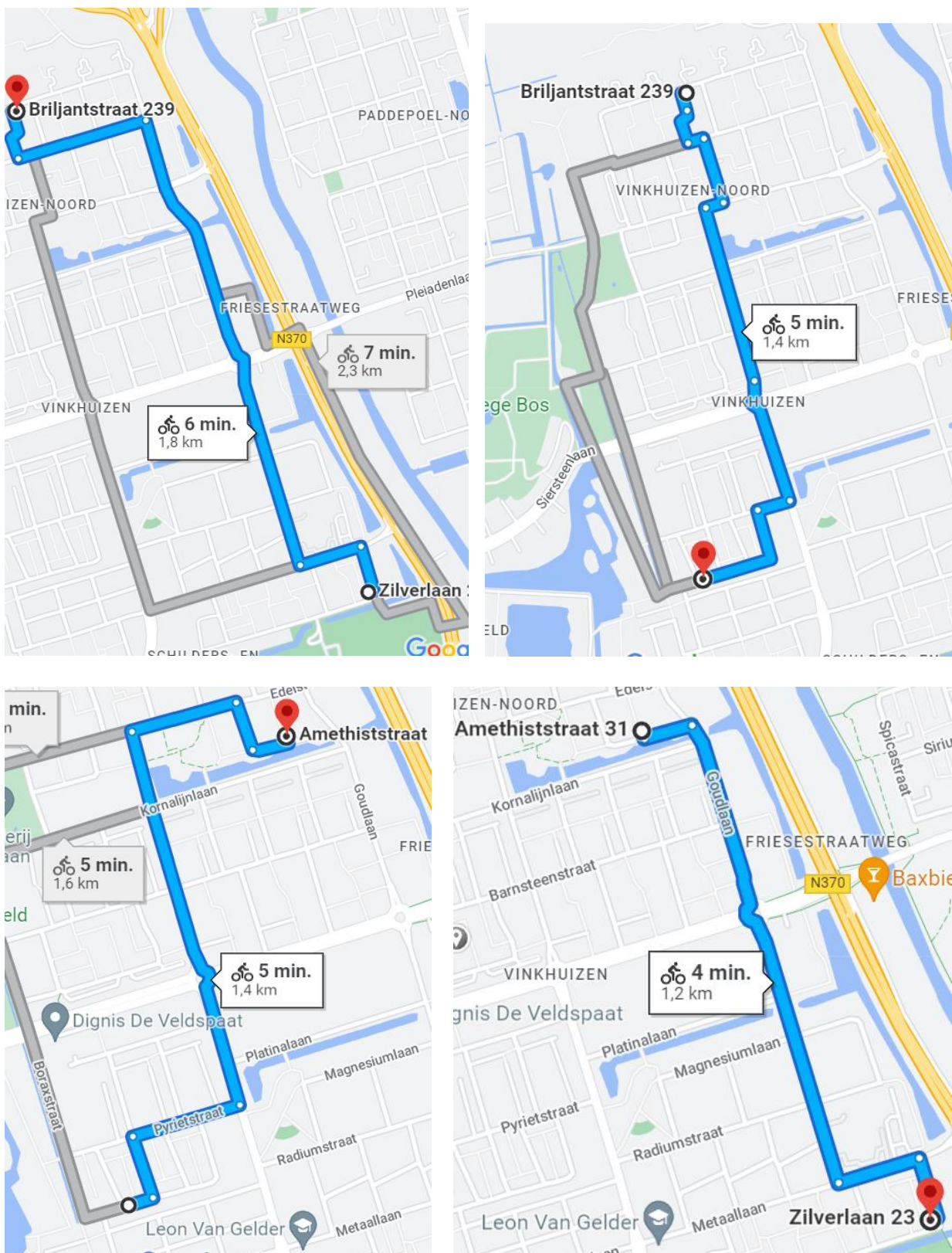


Op de foto links is te zien hoe de camera en de tekstuele instructies op het stuur van de participant zijn bevestigd. De foto in het midden komt van de website van Beeline, hierop is goed te zien hoe de kompasinstructies weergegeven zijn. De rechter foto laat zien hoe de Beeline op de fiets bevestigd is.

Bijlage B

Routekaarten per segment

De kaart linksboven is de ideale route van het eerste segment, de kaart rechtsboven is de ideale route van het tweede segment. De kaart linksonder is de ideale route voor segment drie. En de kaart rechtsonder is de ideale route voor segment 4.

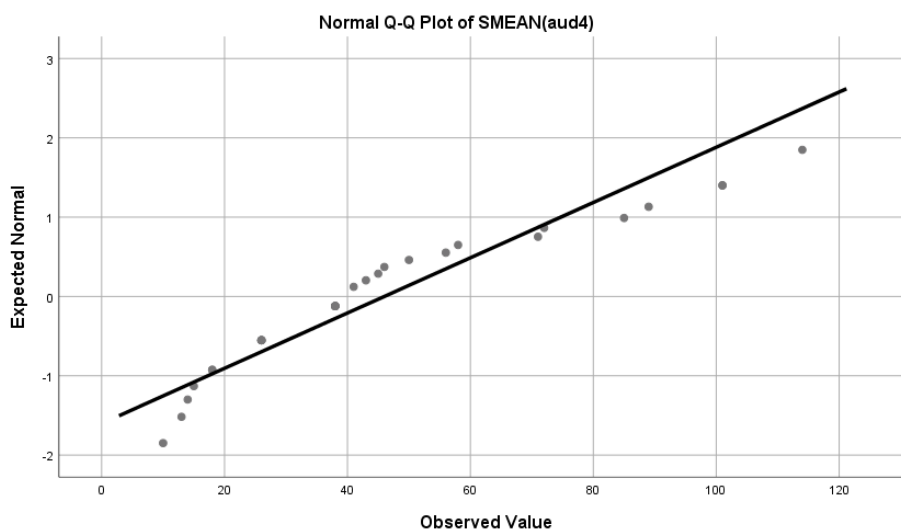
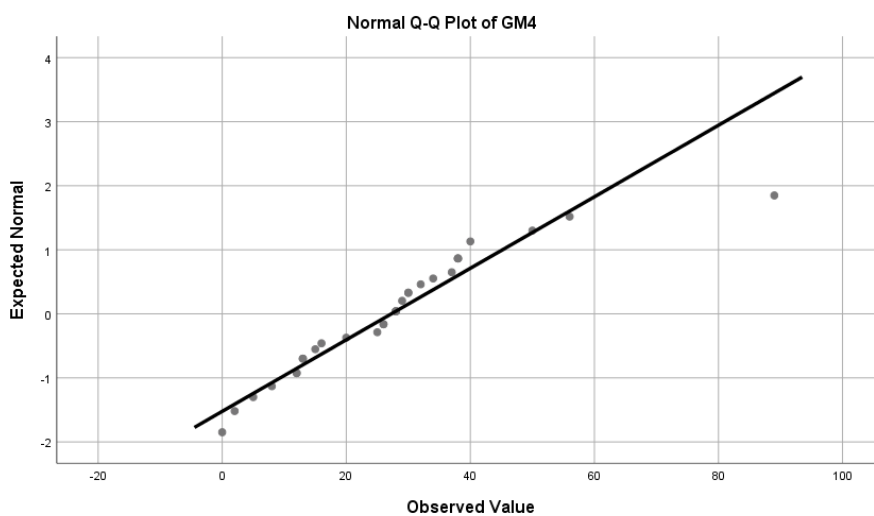


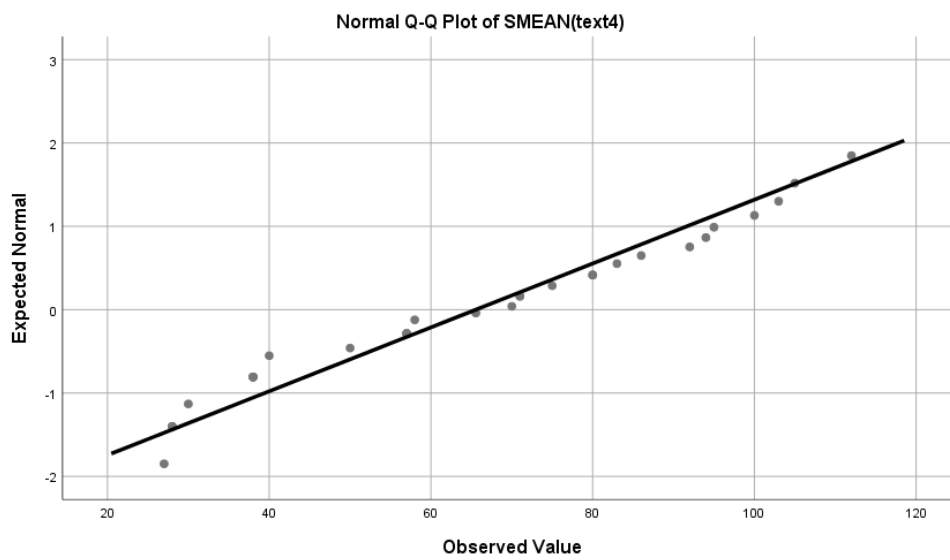
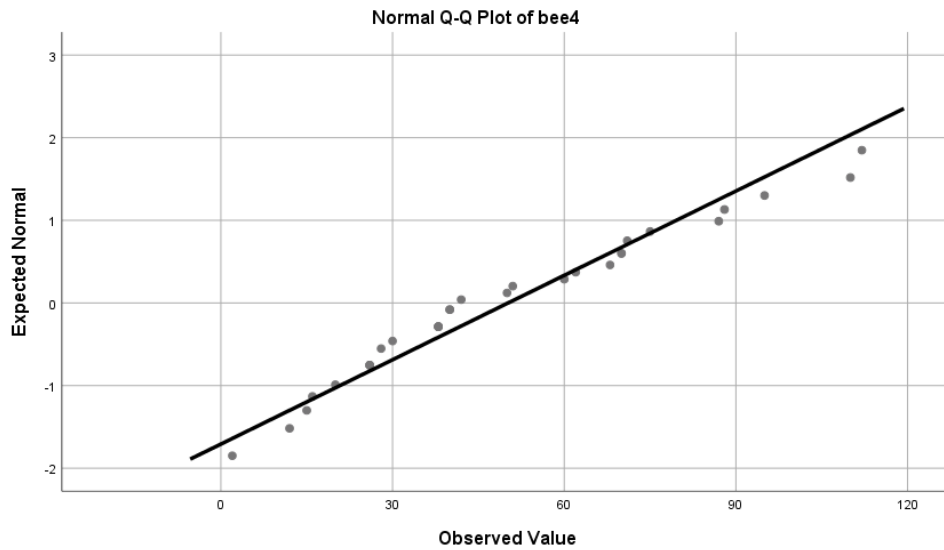
Bijlage C

Assumpties voor *repeated-measures* ANOVA zijn gecontroleerd door middel van Q-Q plots en Mauchly's test voor sfericiteit.

Mentale belasting

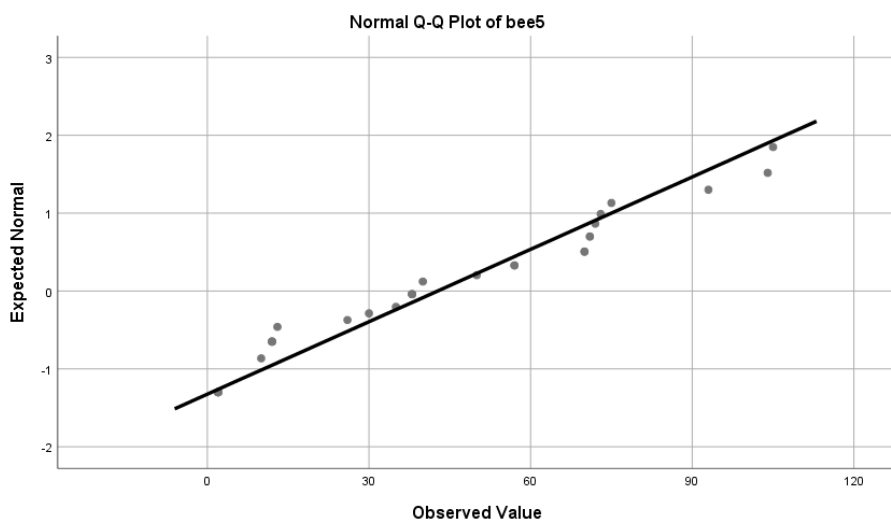
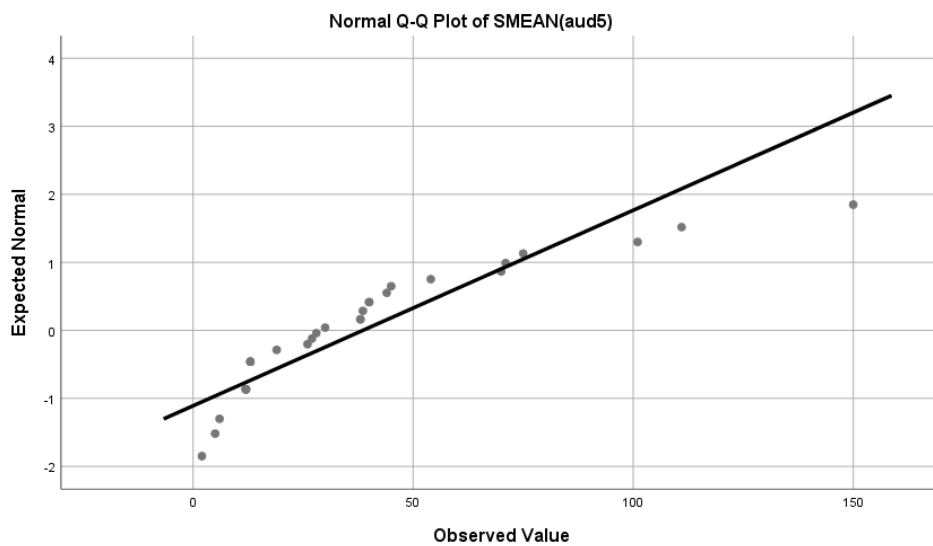
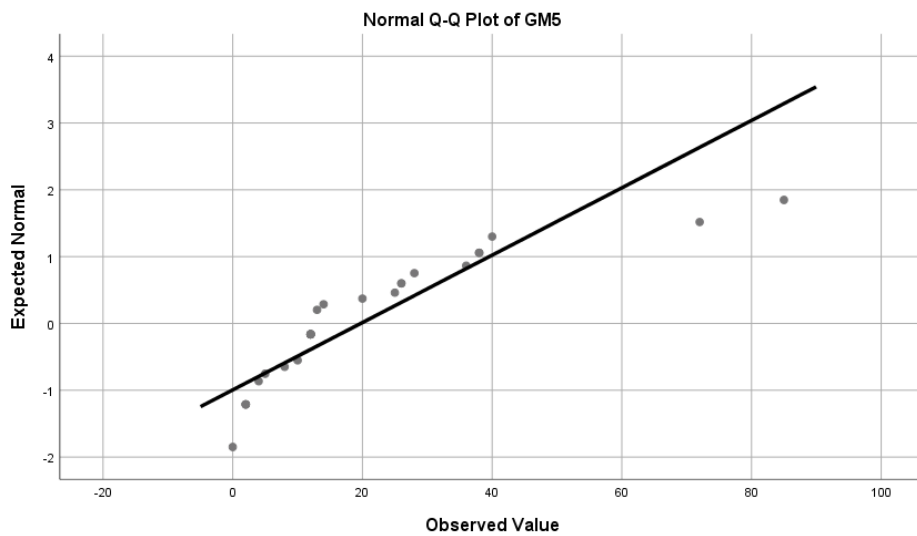
De aanname van sfericiteit is niet geschonden bij mentale belasting ($\chi^2 = 8.40$, $p = .136$).

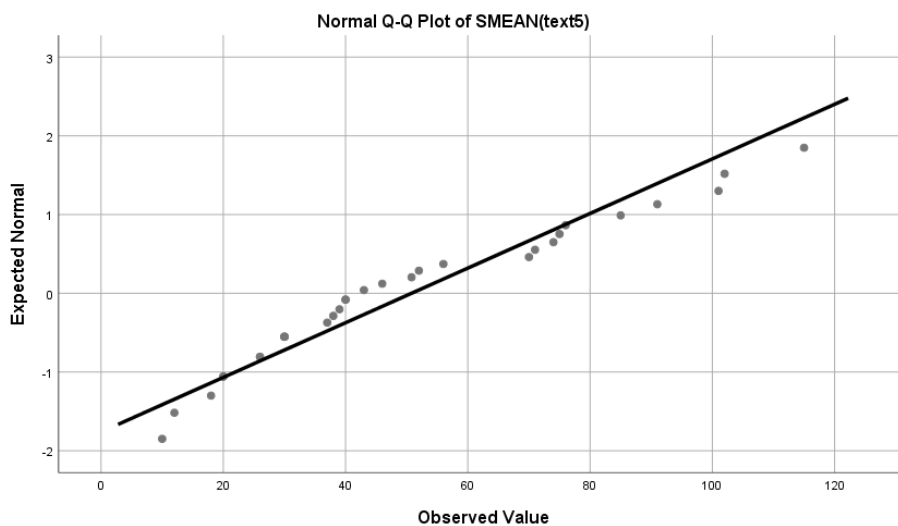




Frustratie

De aanname van sfericiteit is wel geschonden bij de frustratiescore ($\chi^2 = 14.36$, $p = .014$). Er is gebruik gemaakt van een Greenhouse-Geisser correctie.





Beoordeling

De aanname van sfericiteit wordt niet geschonden bij de beoordeling van de navigatie ($\chi^2 = 9.35$, $p = .096$).

