



rijksuniversiteit
 groningen

De Realiteitsbeleving van de Fytssimulator

The Reality Experience of the Fytssimulator

Zoë Brouwers

Masterthese – Klinische Neuropsychologie

s4301919

september 2025

Vakgroep Psychologie

Rijksuniversiteit Groningen

Thesebegeleider: *Dr. De Waard*

Een masterthese is een proeve van bekwaamheid voor studenten. De goedkeuring van de masterthese 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 masterthese is dan ook niet zonder meer geschikt om als academische bron te worden gebruikt om naar te verwijzen. Indien u meer wilt weten over het in deze masterthese besproken onderzoek en eventueel daarop gebaseerde publicaties, waarnaar u zou kunnen verwijzen, kunt u contact opnemen met de genoemde begeleider.

Abstract

This study examined the realism experience of participants using the Fytssimulator. Factors such as acclimation time, feelings of control and safety, speed estimation, and realism judgement were used to determine the realism experience. Participants (N = 24) completed four conditions: a training condition, a control condition, a music condition, and a phone condition. Questionnaires were used to obtain participants' opinion about each condition, more specifically about the subjective mental effort and experience. The minimum time required to use the Fytssimulator in the training condition was 4.1 minutes, and the maximum time required was 21 minutes. The estimated average speed by the participants was lower than the actual average speed that was recorded during the control condition. The estimated and actual average speed correlated with each other. The participants average cycling speed in the training condition was lower than the average cycling speed in the control condition. The average cycling speed in the training condition and in the control condition correlated with each other. The perception of reality was considered somewhat realistic, with suggested room for improvement by adding other traffic, sounds, and weather conditions.

Keywords: Fytssimulator, bicycle simulator, reality experience, tension, speed estimation

Samenvatting

In het huidige onderzoek werd de realiteitsbeleving van de Fytssimulator onderzocht.

Factoren zoals de gewenningstijd aan de simulator, gevoelens van controle en veiligheid, de inschatting van de snelheid en het oordeel over realisme werden gebruikt om de realiteitsbeleving te bepalen. Deelnemers (N=24) doorliepen vier condities: een trainingsconditie, een controleconditie, een muziekconditie en een telefoonconditie. Er is gebruik gemaakt van vragenlijsten om de meningen van de deelnemers over elke conditie te verkrijgen, meer specifiek over de subjectieve mentale inspanning en ervaring. De minimale tijd benodigd in de trainingsconditie om aan de Fytssimulator te wennen was 4,1 minuten en de maximale tijd benodigd was ruim 21 minuten. De geschatte gemiddelde snelheid door deelnemers was lager dan de werkelijke snelheid die werd geregistreerd in de controleconditie. De geschatte en werkelijke gemiddelde snelheid correleerden met elkaar. De gemiddelde fietssnelheid van de deelnemers in de trainingsconditie was lager dan de gemiddelde fietssnelheid in de controleconditie. De gemiddelde fietssnelheid in de trainingsconditie en in de controleconditie correleerden met elkaar. De simulator werd enigszins realistisch gevonden, met een suggestie voor verbetering door andere verkeers-, geluids- en weersomstandigheden toe te voegen.

Sleutelwoorden: Fytssimulator, fietssimulator, realiteitsbeleving, spanning, snelheidsinschatting

De Realiteitsbeleving van de Fytssimulator

In Nederland wordt veel gefietst. De fiets wordt niet alleen gebruikt als transportmiddel om bij het werk te komen, maar fietsen is ook een vrijetijdsbesteding. Het deelnemen aan het verkeer per fiets brengt inherente risico's met zich mee, waaronder fatale ongevallen en ernstige verkeer gerelateerde verwondingen, al verloopt in de meeste gevallen het fietsen zonder incidenten. De SWOV (2024) publiceert al jaren de jaarlijkse monitor over de ontwikkelingen in de aantallen verkeersdoden en verkeersgewonden. Hoewel er ten opzichte van 2022 minder slachtoffers in het verkeer waren, wordt er juist een stijgende trend waargenomen in het aantal fietsslachtoffers. Niet alleen de omgevingsfactoren op de locatie van verkeersongevallen zijn van belang voor het begrijpen van de ongevalsdynamiek, maar ook het gedrag van fietsers speelt hierin een cruciale rol. Experimenteel onderzoek kan waardevolle inzichten bieden door het fietsgedrag vast te leggen en mogelijke veranderingen hierin te identificeren.

Fietsgedrag

In vergelijking met vroeger, zijn er aanvullende factoren die het gedrag van fietsers beïnvloeden. Belangrijke factoren zijn de introductie van elektrische fietsen en mobiele telefoons. In een onderzoek van Westerhuis en collega's (2023) is gekeken naar de betrokkenheid van elektrische fietsen bij de toenemende aantallen fietsongelukken in Nederland. Het relatief hoge aantal sterfgevallen bij fietsongevallen hangt samen met de kwetsbaarheid van oudere fietsers. Doordat de elektrische fiets ouderen in staat stelt langer te blijven deelnemen aan het verkeer, neemt hun blootstelling aan verkeersrisico's toe. Deze combinatie van hogere leeftijd en verhoogde participatie vergroot de kans op fatale ongevallen (Westerhuis et al., 2023).

Het gebruik van een mobiele telefoon in het verkeer is ook een belangrijke factor die het gedrag van fietsers beïnvloedt. De Waard en collega's (2014) hebben het gebruik van de scherm-aanraking van de mobiele telefoon onderzocht. De resultaten van de Waard en collega's (2014) geven weer dat fietsers hun gedrag aanpasten bij het gebruik van de telefoon: de fietssnelheid verminderde, de variatie in de laterale positie van de fietser was verhoogd, meer afstand tot de stoeprand werd aangenomen en de perifere visuele detectie was slechter vergeleken met het gebruik van een conventionele mobiele telefoon, maar voornamelijk wanneer vergeleken wordt met een conditie waarin met één hand werd gefietst. Het luisteren naar muziek met oordoppen die in het oor gaan, zorgde er ook voor dat slechts vier van de vierentwintig participanten het auditieve stopsignaal hoorden.

Het bestuderen van fietsgedrag kan mogelijk inzichten geven om de verkeersveiligheid te verbeteren. Echter, leidt dit tot een ethische kwestie. Zoals wordt besproken in Sporrel en collega's (2023), is een ethische beperking van het onderzoek in de echte wereld dat er een potentieel gevaar ontstaat voor de deelnemers. De deelnemers zijn namelijk in het verkeer afhankelijk van medeweggebruikers. Een oplossing voor deze beperking is mogelijk het onderzoeken van fietsgedrag in een virtuele realiteitsomgeving, waar de veiligheid van de deelnemer gewaarborgd wordt. De gesimuleerde wereld kan bijvoorbeeld actief vormgegeven worden en de weersomstandigheden zijn voor iedereen gelijk.

Fietssimulator

Met een fietssimulator kan men fietsgedrag meten, zoals bijvoorbeeld de snelheid van de fietser, in een gecontroleerde en veilige omgeving (Nazemi et al., 2020). Een fietssimulator bestaat uit twee componenten: een geïstrumenteerde fiets en een displaysysteem. Op het displaysysteem wordt de virtuele omgeving weergegeven.

Een nieuwe ontwikkeling op dit gebied is de Fytssimulator¹. In de Fytssimulator is de fietser in staat om de laterale balans van de fiets, de stuurhoek en de voorwaartse snelheid te bepalen (Sporrel et al., 2023). Om inzicht te krijgen in de bijdrage van deze nieuwe ontwikkeling op het gebied van onderzoek naar fietsgedrag, is het onderzoeken van de validiteit van de Fytssimulator noodzakelijk.

Literatuur

Belangrijk voor de validiteit van de Fytssimulator is de realiteitsbeleving van de deelnemers, met name het gevoel van aanwezigheid. Aanwezigheid wordt onder andere gebruikt om de ecologische validiteit van gedrag dat in virtuele omgevingen wordt waargenomen te beoordelen in rijssimulatoren (Deniaud et al., 2015). Witmer en Singer (1998) definiëren aanwezigheid in relatie tot de virtuele omgeving als volgt: "het ervaren van de computer-gegenereerde omgeving in plaats van de actuele fysieke plaats". Deze definitie suggereert dat de deelnemers, in plaats van de fysieke omgeving waarin zij zich bevinden, voornamelijk de door de computer gegenereerde virtuele ruimte waarnemen. Hun zintuiglijke aandacht wordt zodoende grotendeels gericht op de virtuele omgeving, waardoor de actuele fysieke ruimte secundair wordt. De mate van controle die iemand ondervindt in een virtuele omgeving, draagt bij aan een sterk gevoel van aanwezigheid. Factoren, bijvoorbeeld of de interacties in de virtuele omgeving natuurlijk aanvoelen en in welke mate deze interacties

¹ Fyts betekent Fiets in het Fries. De naam wordt gebruikt om de subsidiegever, namelijk de Provincie Fryslân, krediet te geven.

ervaringen in de echte wereld nabootsen, hebben ook invloed op het gevoel van aanwezigheid (Witmer & Singer, 1998).

Eén aspect dat kan worden nagebootst tijdens de Fytssimulator is de snelheid waarmee gefietst wordt. Echter, het correct waarnemen van een snelheid in een simulator is geen simpele taak. Hussain en collega's (2019) hebben onderzoek gedaan naar waargenomen snelheid en werkelijke snelheid in een rijnsimulator. Hoewel zij geen significante effecten vinden in het verschil tussen de snelheid in de simulator tegenover de snelheid in de echte wereld, vinden zij wel een grotere standaarddeviatie van de waargenomen snelheid in de rijnsimulator in vergelijking met observaties in de echte wereld. Dit indiceert dat de waargenomen snelheid bij deelnemers in de rijnsimulator meer varieerden, in vergelijking met de echte wereld. Zij nemen ook waar dat in de simulator, de deelnemers hun werkelijke snelheid overschatten en langzamer reden dan wat geïnstrueerd was (Hussain et al., 2019). Een onderzoek van Hussain en collega's (2020) naar de invloed van het geometrisch gezichtsveld van een rijnsimulator, heeft ook laten zien dat deelnemers hun snelheid onderschatten. Onderzoek naar snelheidswaarneming wordt niet alleen gedaan met auto's in rijnsimulators, maar ook met een elektrische fiets in een rijnsimulator. Simović en collega's (2021) hebben snelheidswaarneming onderzocht in een rijnsimulator met verschillende snelheden van een elektrische fiets. Zij hebben gevonden dat wanneer er met elektrische fietssnelheden van 20 kilometer per uur en 30 kilometer per uur gefietst werd, de deelnemers de snelheid onderschatten. Ook hebben zij gevonden dat wanneer met een elektrische fietssnelheid van 10 kilometer per uur gefietst werd, zij de snelheid overschatten (Simović et al., 2021).

Gupta en Velaga (2025) hebben onderzoek gedaan naar de validatie van een gemotoriseerde tweewieler in een virtuele omgeving, waar onder andere gekeken werd naar de invloed van waargenomen realisme. Gupta en Velaga (2025) vinden onder andere dat de realistische rijprestaties afhankelijk zijn van de inhoud van de gewinningssessie. De realistische rijprestaties verwijzen naar de mate waarin het rijgedrag wat getoond wordt door de deelnemers in een simulator (zoals snelheid, acceleratie en stuurbewegingen), overeenkomt met rijgedrag in reële verkeerssituaties. Wanneer in de virtuele omgeving gebruik werd gemaakt van realistische infrastructuur, verkeerscondities en geluid, worden deze realistische rijprestaties verbeterd.

Een onderdeel van experimenten met rijnsimulators wat weinig onderzocht is, is de gewenningsperiode aan een rijnsimulator. Tijdens de gewenningsperiode, ook verwezen als de training, krijgen de deelnemers de mogelijkheid om hun vaardigheden toe te passen in de

specifieke rijssimulator, voordat zij aan het experiment beginnen (Ronen & Yair, 2013). Vaak wordt gebruik gemaakt van een vooraf bepaalde tijd dat een deelnemer in de simulator traint, een bepaalde afstand die een deelnemer in de simulator aflegt tijdens de training of totdat een subjectief gevoel van comfort is behaald (Ronen & Yair, 2013).

Er is beperkt wetenschappelijk onderzoek naar het effect van het wennen aan een fietssimulator op de fietssnelheid van een deelnemer. Voor het huidige onderzoek is het mogelijk interessant om te kijken naar wat de gekozen trainingsmethode (het subjectieve gevoel van comfort) voor invloed heeft op een objectieve meting, zoals het verschil in gemiddelde snelheid tijdens een trainingsperiode en een conditie van het experiment.

Huidig onderzoek

Het doel van het huidige onderzoek is om de realiteitsbeleving van de Fytssimulator vast te leggen. Om een beeld te krijgen van de realiteitsbeleving van de participanten, wordt gekeken naar de tijd die benodigd is om aan de simulator te wennen; de snelheidsbeleving van de participanten; in welke mate de participanten een gevoel hebben van veiligheid; in welke mate de participanten de Fytssimulator als positief ervaren; in welke mate de participanten spanning ervaren tijdens de Fytssimulator; en in welke mate de participanten een gevoel van controle hebben tijdens de Fytssimulator. Op basis van literatuur wordt verwacht dat de werkelijke snelheid die de persoon fietst lager is dan de snelheid die de persoon ervaart.

Methode

In dit onderzoek was gebruik gemaakt van een kwantitatief onderzoek om antwoord te geven op de vraag over de realiteitsbeleving van de Fietssimulator. Hiervoor waren experimenten gedaan op de Fietssimulator en waren er vragenlijsten afgenomen.

Deelnemers

Voor het experiment was gebruikt gemaakt van een *convenience sample*, waarbij vrienden en kennissen van de onderzoekers waren uitgenodigd om deel te nemen. Voorafgaand aan het experiment gaf de participant zijn of haar geïnformeerde toestemming en vulde een vragenlijst in over hun biografische gegevens. Hierin werd gevraagd naar hun nationaliteit, hun gewicht, hun fietservaring, of zij betrokken zijn geweest in een fietsongeluk in het afgelopen jaar en ervaring met virtuele realiteit.

Inclusie- en exclusiecriteria

Voor het huidige onderzoek was gebruik gemaakt van participanten tussen de 18 en 55 jaar. Om deel te nemen aan het onderzoek, was fietservaring vereist. Vanwege het parallelonderzoek van een medestudent, zijn mensen met verschillende nationaliteiten uitgenodigd voor het onderzoek.

Instrumenten

Beschrijving simulator

Het experiment werd uitgevoerd met de Fytssimulator. De simulator bestond uit een echte fiets die was gemonteerd op een stabiel platform. Het stuur van de fiets kon vrij bewegen en de deelnemer kon trappen. Door de remmen op het stuur was de deelnemer ook in staat om te remmen. Daarnaast kon de deelnemer de fiets ook sturen door middel van het verplaatsen van zijn of haar balans.

De virtuele omgeving was gemaakt in de *Unity Game engine* en werd weergegeven op vier beeldschermen. Eén scherm stond recht voor de deelnemer, één scherm was daaronder gemonteerd en twee aanvullende schermen stonden aan weerszijden van het centrale scherm, zodat een breed gezichtsveld ontstond. Achter het platform bevond zich de computer waarop zowel de stuurprogramma's van de virtuele omgeving als de fietsbediening draaiden.

Tijdens het experiment werden de volgende data vastgelegd: de snelheid van de fiets, de laterale positie van de deelnemer in de virtuele omgeving en de benodigde tijd om aan de simulator te wennen. In figuur 1 is de opzet van de Fytssimulator weergegeven.

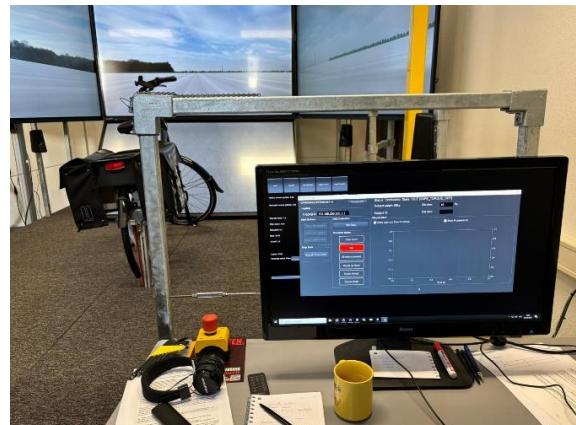
Figuur 1a

Opzet van de Fytssimulator: de fiets



Figuur 1b

Opzet van de Fytssimulator: de computer



Procedure

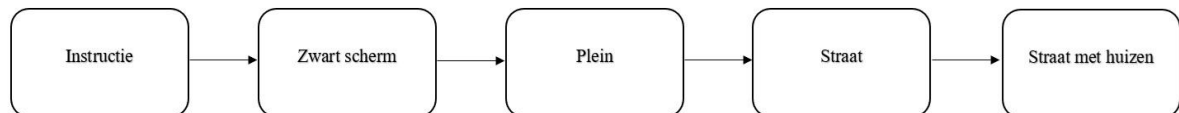
Tijdens het experiment waren er twee onderzoekers aanwezig, één onderzoeker instrueerde de participanten en de ander bediende de computer voor de simulator. De onderzoeker bij de computer overzag de dataverzameling en hield eventuele fouten met de fiets of in het virtuele realiteitsprogramma in de gaten. Wanneer er een fout met de fiets of het virtuele realiteitsprogramma optrad, kon de conditie gepauzeerd worden.

Voorafgaand aan het experiment vulden de deelnemers een vragenlijst in met betrekking tot hun demografische gegevens. Daarna startte de trainingsconditie, die maximaal 25 minuten duurde. Deze conditie had als doel de deelnemers te laten wennen aan de

simulator en verliep stapsgewijs in vier opeenvolgende omgevingen: 1. Een zwart scherm zonder visuele afleiding, 2. Een plein, 3. Een straat en 4. Een straat met huizen. Daarbij werd tijdens deze conditie de fiets door één van de onderzoekers vastgehouden totdat de deelnemer aangaf dat de onderzoeker de fiets mocht loslaten. In figuur 2 is de volgorde van omgevingen schematisch weergegeven.

Figuur 2

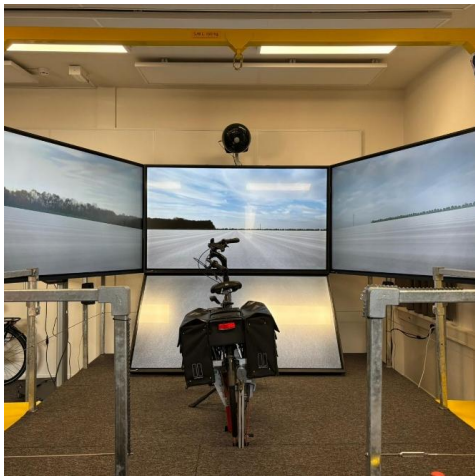
Schematische weergave van de trainingsconditie



Tijdens de eerste omgeving, stonden de schermen als het ware uit. Hierdoor kon de deelnemer eerst wennen aan de fiets, zonder afgeleid te worden door de virtuele omgevingen. De tweede omgeving was een groot plein met daaromheen bomen. Op het plein waren de deelnemers in staat om te wennen aan hoe zij de fiets konden sturen. De deelnemers waren in staat om bochten te maken. De derde omgeving was een straat met daarnaast bomen. De deelnemers kregen de instructie dat zij nu rechtuit moesten fietsen. Zij mochten op het midden van de weg fietsen om aan het rechtuit fietsen te wennen. De vierde omgeving was een straat met huizen. De deelnemer fietste in een straat, met daarnaast een stoeprand en huizen. Ook in deze omgeving moesten zij rechtdoor fietsen. In figuur 3 zijn de virtuele omgevingen van het plein, de straat en de straat met huizen weergegeven.

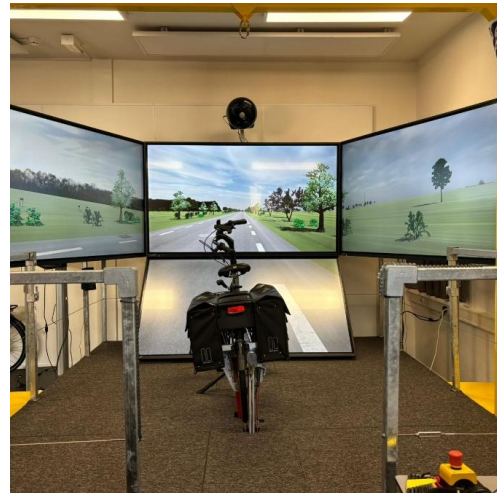
Figuur 3a

Fytssimulator en het plein



Figuur 3b

Fytssimulator en de straat



Figuur 3c

Fytssimulator en de straat met huizen



Na afloop van de trainingsconditie vulden de deelnemers opnieuw een vragenlijst in, ditmaal over de trainingsconditie. Vervolgens doorliepen de deelnemers de experimentele condities. De volgorde van de condities was voorafgaand aan de experimenten gebalanceerd over deelnemers. De deelnemer doorliep de volgende condities: een controleconditie, een muziekconditie en een telefoonconditie.

In de controleconditie fietsten de deelnemers drie minuten rechtuit zonder extra taak. De deelnemers fietsten over de straat met huizen. Zij werden geïnstrueerd om een comfortabele snelheid te kiezen.

In de muziekconditie fietsten zij drie minuten rechtuit terwijl zij via een koptelefoon naar muziek luisterden. De deelnemers kregen de keuze uit drie verschillende liedjes:

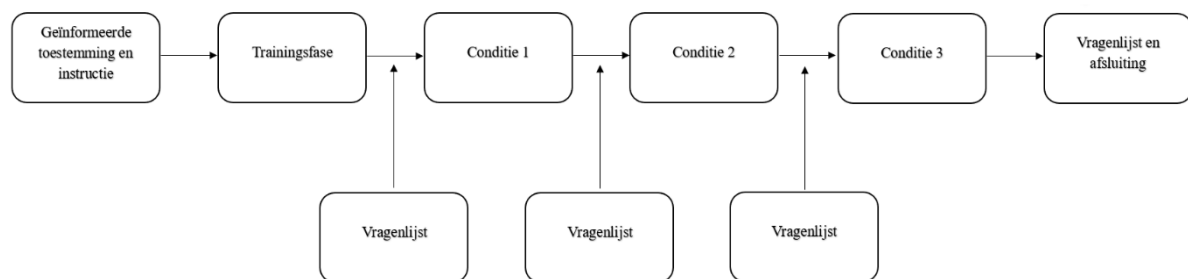
Runaway Baby van Bruno Mars, Happy van Pharrell Williams en een Japans liedje. De drie liedjes komen qua ritme overeen in slagen per minuut.

In de telefoonconditie fietsten de deelnemers eveneens drie minuten rechtuit, maar ontvingen zij rond de eerste minuut drie berichten op een telefoon. De berichten waren in het Engels. De deelnemers waren geïnstrueerd om veilig te fietsen en indien mogelijk de berichten op de telefoon aandachtig te lezen.

Na iedere conditie vulden de deelnemers een korte vragenlijst in over hun ervaring in de voorafgaande conditie. Na de laatste conditie werd het experiment afgesloten met twee aanvullende vragenlijsten. In figuur 4 is de onderzoeksopzet schematisch weergegeven.

Figuur 4

Schematische weergave van de onderzoeksopzet



Vragenlijsten

Het huidige onderzoek maakte gebruik van de vragenlijsten over de biografische gegevens, de trainingsconditie, de controleconditie en de vragenlijst over hun ervaring met de Fytssimulator. In tabel 1 zijn de vragen over de trainingsconditie, controleconditie en hun ervaring met de Fytssimulator.

De vragenlijst van de trainingsconditie bestond uit vijf vragen, één open vraag, drie vragen en één stelling gebaseerd op 11-punts Likertschalen. De vragenlijst van de controleconditie bestond uit vijf vragen, één open vraag, twee vragen en twee stellingen gebaseerd op 11-punts Likertschalen. De vragenlijst over hun ervaring met de Fytssimulator bestond uit vijf vragen, drie vragen en twee stellingen gebaseerd op 11-punts Likertschalen.

Tabel 1a*Vragen over de trainingsconditie*

	Likertschaal	Open vraag
<i>Trainingsconditie</i>		
Heeft u het gevoel dat u gewend bent aan de simulator?	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.
Wat heeft u nodig om beter gewend te raken aan de simulator?	N.v.t.	Ja
Hoe realistisch was de virtuele omgeving?	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.
Fietsen in de simulator voelde veilig.	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.
Voelde u zich gestrest tijdens de eerste sessie van de simulator?	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.

Tabel 1b*Vragen over de controleconditie*

	Likertschaal	Open vraag
<i>Controleconditie</i>		
Wat denkt u dat uw gemiddelde fietssnelheid was gedurende deze sessie? (In kilometers per uur)	N.v.t.	Ja
Ik kon mijn fietssnelheid zeer goed beoordelen	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.
Ik had het gevoel alsof ik in het echte leven aan het fietsen was	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.
Hoeveel mentale inspanning was voor u nodig om op de simulator te fietsen?	11-puntsschaal; 0 betekent geen mentale inspanning benodigd, 10 betekent maximale inspanning	N.v.t.
Hoe goed reageerde de fiets op de acties die jij initieerde (of uitvoerde)?	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.

Tabel 1c*Vragen over ervaring met de Fytssimulator*

	Likertschaal	Open vraag
<i>Ervaring met de Fytssimulator</i>		
Hoe realistisch voelde het om te fietsen in de simulator?	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.
In welke mate voelde u zich gedesoriënteerd aan het einde van een fiets sessie?	11-puntsschaal; 0 betekent geen, 5 betekent beetje, 10 betekent veel	N.v.t.
Ik voelde mij in controle over de fiets	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.
Fietsen in de simulator voelde moeilijker dan fietsen in het echte leven	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.
Voelde u zich gestrest gedurende de laatste 15 minuten van de simulator?	11-puntsschaal; 0 betekent helemaal niet, 5 betekent enigszins, 10 betekent erg	N.v.t.

Data-analyse

De data van het experiment waren verwerkt en geanalyseerd in SPSS. De werkelijke snelheid van de participanten tijdens de controleconditie en de ingeschatte snelheid van de deelnemers werd vergeleken door middel van een gepaarde t-toets. Tevens werd de snelheid van de deelnemers in de trainingsconditie en in de controleconditie met elkaar vergeleken door middel van een gepaarde t-toets. De ervaren spanning tijdens de trainingsconditie en de spanning tijdens de laatste 15 minuten van het onderzoek werd ook vergeleken door middel van een gepaarde t-toets.

Validiteit en betrouwbaarheid

Voorafgaand aan het onderzoek was een poweranalyse uitgevoerd om de juiste steekproefgrootte te berekenen voor een betrouwbaarheid van 90%. Het benodigde participanten voor het experiment moest 30 zijn.

Resultaten

Deelnemers

In totaal zijn 25 deelnemers verworven voor het onderzoek, waarvan acht mannen en zeventien vrouwen. Er was één vrouwelijke deelnemer uitgevallen door simulatorziekte. De deelnemers waren tussen de 19 en 54 jaar oud, met een gemiddelde leeftijd van 28,62 jaar. De deelnemersgroep had voor 55,2% een niet-Nederlandse nationaliteit en 45,8% een Nederlandse nationaliteit. Het gemiddelde aantal jaren van fietservaring van de deelnemers was 20,1 jaar. In tabel 2 worden de beschrijvende statistieken van de deelnemers weergegeven. In bijlage A is de vragenlijst over de demografische kenmerken weergegeven.

Tabel 2a*Demografische kenmerken van de deelnemers*

Kenmerk	Categorie	n	%	M
Geslacht	Man	8	33,3	n.v.t.
	Vrouw	16	66,7	
Leeftijdsgroep	19-25 jaar	15	62,5	28,6
	26-35 jaar	5	20,8	
	36-45 jaar	0	0	
	46 jaar en ouder	4	16,7	
Nationaliteit	Chinees	4	16,7	n.v.t.
	Duits	1	4,2	
	Grieks	1	4,2	
	Iers	1	4,2	
	Indonesisch	1	4,2	
	Maleisisch	1	4,2	
	Nederlands	11	45,8	
	Roemeens	1	4,2	
	Spaans	1	4,2	
	Zwitser	1	4,2	

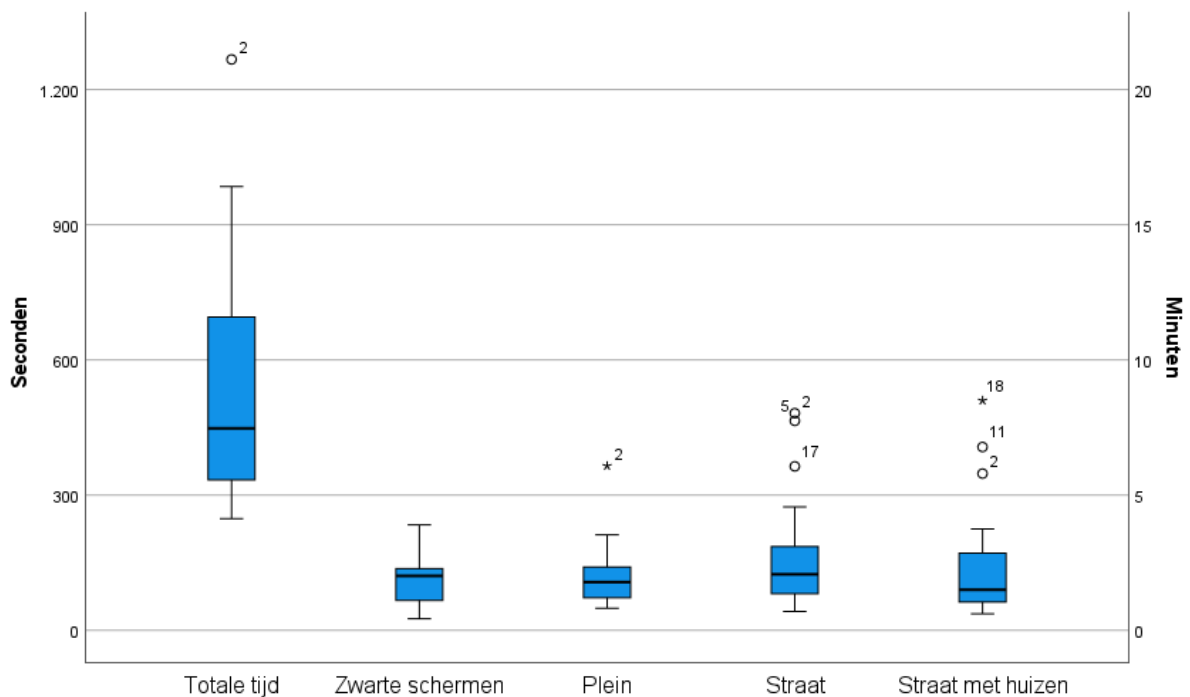
Tabel 2b*Demografische kenmerken van de deelnemers*

Kenmerk	Categorie	n	%	M
Jaren fietservaring	0-10 jaar	5	20,8	20,1
	11-20 jaar	10	41,7	
	21-30 jaar	5	20,8	
	31-40 jaar	0	0	
	41-50 jaar	4	16,8	
Wekelijkse Fietsafstand	0-50 kilometer	21	83,3	34,67
	51-100 kilometer	2	8,4	
	101-150 kilometer	0	0	
	151-200 kilometer	1	4,2	
Fietsongeluk in het laatste jaar (val, botsing)	Ja	7	29,2	n.v.t.
	Nee	17	70,8	
Virtuele realiteitservaring	Ja, een beetje*	13	54,2	n.v.t.
	Ja, veel**	2	8,3	
	Nee	9	37,5	

*Noot: * betekent enkele (één tot tien) ervaringen met virtuele realiteit**Noot: ** betekent meerdere (> tien) ervaringen met virtuele realiteit***Trainingsconditie**

De boxplots van het aantal minuten die benodigd waren om te wennen in de trainingsconditie zijn weergegeven in figuur 5. Deze zijn weergegeven als de volledige trainingsconditie, het zwarte scherm, het plein, de straat en de straat met huizen. Het criterium voor het afsluiten van een omgeving was de verbale feedback gegeven door de deelnemer, die aangaf dat hij/zij klaar was om naar de volgende omgeving te gaan.

Figuur 5*Trainingsconditie, aantal minuten voordat deze conditie werd afgesloten*



Noot: boxplots geven de tijd benodigd voor de onderdelen van de trainingsconditie

Volledige trainingsconditie

De minimale tijd vereist voor een deelnemer om gewend te raken aan de Fytssimulator was 248 seconden (4,1 minuut) en de maximale tijd vereist voor een deelnemer om gewend te raken was 1267 seconden (ruim 21 minuten). Gebaseerd op de 1,5xIQR-criterium was één uitbuiters gevonden voor de totale tijd benodigd in de trainingsconditie. Hoewel deze waarde buiten de gebruikelijke grenzen van de dataset viel, werd besloten deze niet te verwijderen. De score vertegenwoordigde een persoonlijke ervaring van de deelnemer en is daarom een legitiem datapunt dat belangrijke informatie over de variabiliteit in subjectieve ervaringen bevat. De gemiddelde tijd voor alle deelnemers om gewend te raken aan de Fytssimulator was $M = 535$ seconden (8,9 minuut) ($SD = 263$ seconden). De boxplot van de volledige trainingsconditie is weergegeven in figuur 5 ($Q1 = 332$; Mediaan= 449; $Q3 = 699$). Bij 32% van de deelnemers vond een herstart van de simulatie plaats tijdens de trainingsconditie.

Trainen zonder visuele feedback

De gemiddelde tijd voor alle deelnemers om gewend te raken aan het trainen zonder visuele feedback op de schermen (oftewel met zwarte schermen) was $M = 113$ seconden ($SD = 54$ seconden). De minimale tijd vereist voor een deelnemer om gewend te raken om aan de zwarte schermen bij de Fytssimulator was 26 seconden (0,4 minuut) en de maximale tijd vereist voor een deelnemer om gewend te raken was 234 seconden (3,9 minuut). De boxplot van de zwarte schermen is weergegeven in figuur 5 ($Q1 = 66$; Mediaan= 121; $Q3 = 138$).

Plein

De gemiddelde tijd voor alle deelnemers om gewend te raken aan het plein was $M = 118$ seconden ($SD = 67$ seconden). De minimale tijd vereist voor een deelnemer om gewend te raken aan het fietsen op het plein in de Fytssimulator was 49 seconden (0,8 minuut) en de maximale tijd vereist voor een deelnemer om gewend te raken was 365 seconden (6,1 minuut). De boxplot van de het plein is weergegeven in figuur 5 ($Q1 = 72$; Mediaan= 107; $Q3 = 143$).

Straat

De gemiddelde tijd voor alle deelnemers om gewend te raken aan de straat was $M = 164$ seconden ($SD = 121$ seconden). De minimale tijd vereist voor een deelnemer om gewend te raken aan het fietsen op de straat in de Fytssimulator was 42 seconden (0,7 minuut) en de maximale tijd vereist voor een deelnemer om gewend te raken was 482 seconden (8 minuten). De boxplot van de straat is weergegeven in figuur 5 ($Q1 = 79$; Mediaan= 124; $Q3 = 189$).

Straat met huizen

De gemiddelde tijd voor alle deelnemers om gewend te raken aan de straat met huizen was $M = 140$ seconden ($SD = 122$ seconden). De minimale tijd vereist voor een deelnemer om gewend te raken aan het fietsen op de straat met huizen in de Fytssimulator was 37 seconden (0,6 minuut) en de maximale tijd vereist voor een deelnemer om gewend te raken was 510 seconden (8,5 minuut). De boxplot van de straat met huizen is weergegeven in figuur 5 ($Q1 = 61$; Mediaan= 90; $Q3 = 179$).

Gewenningscontrolelijst

De gewenningscontrolelijst was bij 22 deelnemers afgenomen. Op een schaal van 0 tot 6, waarbij een score van 5 of 6 betekent dat de deelnemer gewend is geraakt aan de simulator. In totaal hadden 50% van de deelnemers een score van 5 en 50% van de deelnemers een score van 6. Wanneer de deelnemers een score van 5 hadden gekregen, kon dit door enkele redenen het geval zijn. Namelijk dat bij 31,8% van de deelnemers met een score van 5, nog schokkende bewegingen maakten tijdens het sturen; 9,1% van de deelnemers met een score van 5 hadden een coördinatieprobleem tussen de beweging van het fietsen en de visuele feedback; 4,5% van de deelnemers met een score van 5 vertoonden nog tekenen van desoriëntatie en 4,5% van de deelnemers met een score van 5 vertoonden nog tekenen van vermoeidheid of frustratie. De gewenningscontrolelijst is weergegeven in bijlage B.

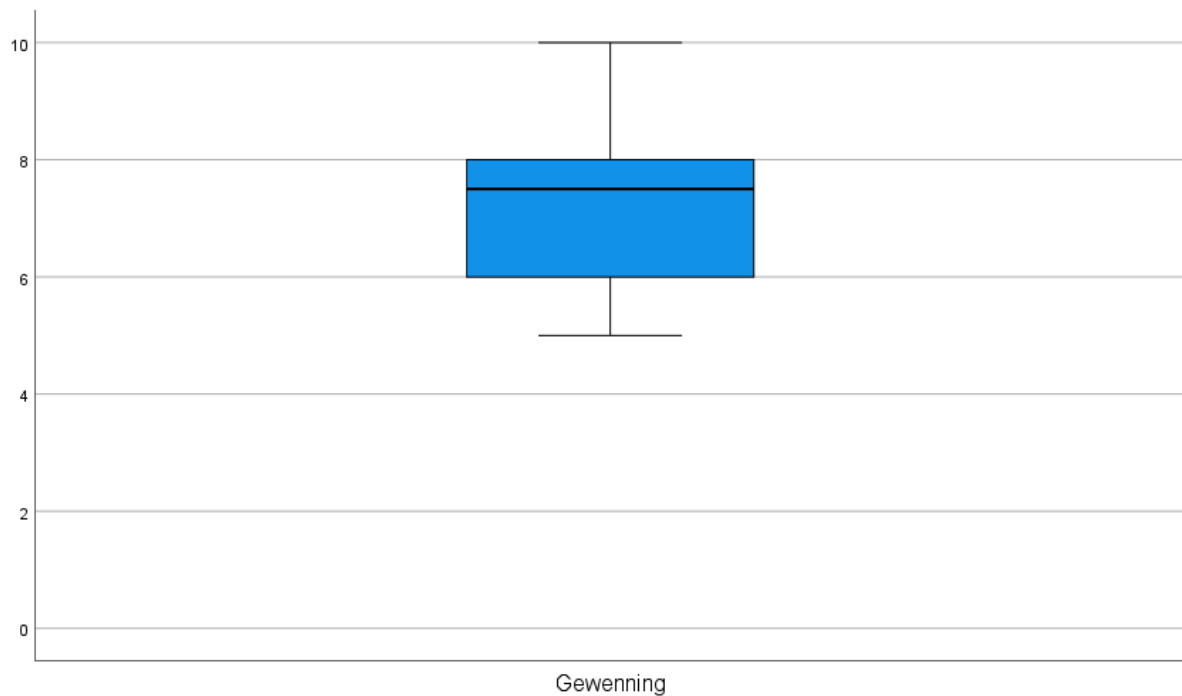
Vragenlijst over trainingsconditie

Gemiddeld was men aan het eind van de training “enigszins tot erg” gewend aan het fietsen in de Fytssimulator. Men scoorde een 7,3 ($SD = 1,4$) op een schaal van 0 tot 10,

waarbij 0 betekent helemaal niet gewend en 10 betekent erg gewend. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg) was 3 het laagste gegeven antwoord en was 10 het hoogst gegeven antwoord. De boxplot over het wennen aan de Fytssimulator tijdens de trainingsconditie is weergegeven in figuur 6 (Q1 = 6; Mediaan= 7,5; Q3 = 8).

Figuur 6

Oordeel over het wennen aan de Fytssimulator tijdens de trainingsconditie gebaseerd op een 11-puntschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg)



Noot: Gewenning geven de antwoorden weer op de vraag “Heeft u het gevoel dat u gewend bent aan de simulator?”

De antwoorden van de deelnemers op de vraag “Wat heeft u nodig om beter gewend te raken aan de simulator” zijn weergegeven in tabel 3. Enkele deelnemers hebben de vraag niet beantwoord.

Tabel 3*Antwoorden van deelnemers op de vraag over het beter wennen aan de simulator*

Deelnemer	Letterlijke weergave van de antwoorden deelnemers
Deelnemer 2	minder vrijwillig schudden in de simulator
Deelnemer 3	meer rechtdoor fietsen
Deelnemer 6	Onzeker - misschien zouden obstakels helpen
Deelnemer 7	Balans
Deelnemer 8	Sturen met het stuur en niet met je gewicht
Deelnemer 9	Controleren van de richting van de fiets
Deelnemer 11	Werk zeker een beetje aan de afstand van de schermen tot de fiets, persoonlijk zou ik ze liever iets verder hebben en nog een ding is de controle over de fiets, omdat het soms een beetje moeilijk was en niet zo aanpasbaar als een echte fiets en dat had ook invloed op de beweging. Het toevoegen van regen en auto's kan ook helpen.
Deelnemer 12	Misschien een paar keer herhalen en het zou normaal voelen.
Deelnemer 14	Op de een of andere manier gedraagt de fiets zich anders dan de echte fiets.
Deelnemer 15	Haptische feedback die overeenkomt met de ondergrond, hogere resolutie, realistischer fietsgevoel door auto's toe te voegen en omgevingsgeluiden
Deelnemer 16	Ik heb het idee dat ik beter op de fiets kan rijden als ik meer tijd krijg.
Deelnemer 17	Betere balans
Deelnemer 18	Ik ben niet zo gewend aan de manier waarop de straatweergave op het scherm beweegt
Deelnemer 19	betere feedback op de handbesturing.
Deelnemer 20	betere overgang. Bij de eerste fase had je heel veel ruimte om elke kant op te gaan, en de straat kan je maar 1 kant op ongeveer.
Deelnemer 21	meer oefening, betere aandachtspunten
Deelnemer 25	Slaap er eerst nog even goed voor.

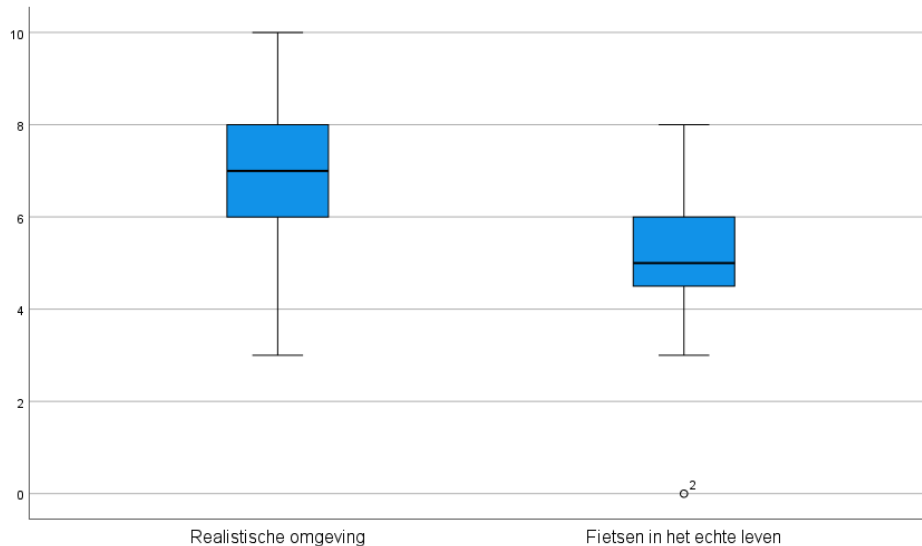
Realiteitsbeleving

De boxplots van de realiteitsbeleving zijn weergegeven in figuur 7 en figuur 8. Figuur 7 geeft de boxplots weer voor hoe realistisch men de omgeving in de simulator vond en hoe fietsen in de simulator te vergelijken is met fietsen in het echte leven. Figuur 8 geeft het

realistisch fietsen weer, welke bestaat uit het initiëren van acties, realistisch fietsen en de mate van moeilijkheid van het fietsen in de Fytssimulator.

Figuur 7

Oordeel over hoe realistisch men de omgeving in de simulator vond en fietsen in het echte leven (0 = helemaal niet, 10 = erg)



Realistische omgeving

Gemiddeld vond men de virtuele omgeving van de Fytssimulator “enigszins” realistisch. Men scoorde een 6,8 (SD = 1,7) op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 betekent helemaal niet realistisch en 10 betekent erg realistisch. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg) was het laagst gegeven antwoord 3 en was het hoogst gegeven antwoord 10. De boxplot over de virtuele omgeving van Fytssimulator is weergegeven in figuur 7 (Q1 = 6; Mediaan= 7; Q3 = 8).

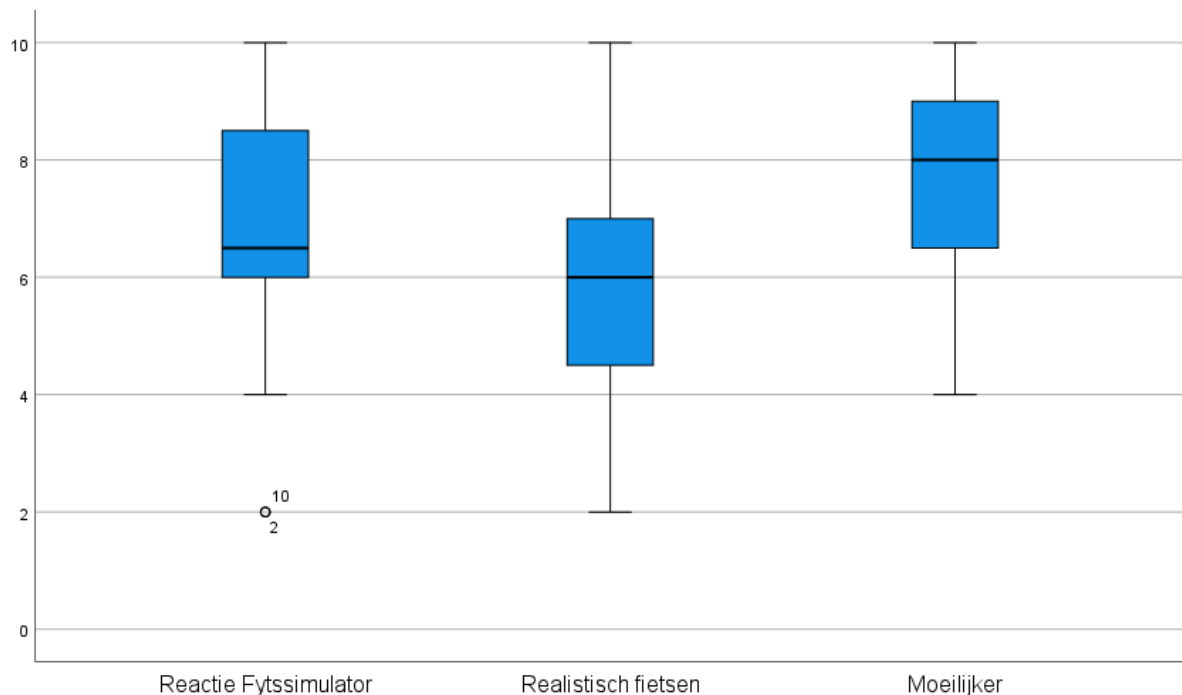
Fietsen in het echte leven

Gemiddeld vond men het fietsen in de Fytssimulator “enigszins” overeenkomen met fietsen in het echte leven. Men scoorde een 5,1 (SD = 1,8) op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 betekent komt helemaal niet overeen met fietsen in het echte leven en 10 betekent komt erg overeen met fietsen in het echte leven. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg) was het laagst gegeven antwoord 1 en was het hoogst gegeven antwoord 8. De boxplot over in welke mate het fietsen in de Fytssimulator overeenkomt met het echte leven is weergegeven in figuur 7 (Q1 = 4; Mediaan= 5; Q3 = 6).

Realistisch fietsen

Figuur 8

Oordelen over de realiteitsbeleving van de Fytssimulator gebaseerd op een 11-puntschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg)



Noot: “Reactie Fytssimulator” geven de antwoorden weer op de vraag “Hoe goed reageerde de fiets op de acties die jij initieerde (of uitvoerde)?”

Noot: “Realistisch fietsen” geven de antwoorden weer op de vraag “Hoe realistisch voelde het om te fietsen in de simulator?”

Noot: “Moeilijker” geven de antwoorden weer op de stelling “Fietsen in de simulator voelde moeilijker dan fietsen in het echte leven”

Gemiddeld vond men dat de geïnitieerde acties die zij uitvoeren in de simulator “enigszins” overeenkomen met de reactie die wordt gegeven door de simulator. Men scoorde een 6,8 ($SD = 2,2$) op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 betekent helemaal niet overeenkomend en 10 betekent erg overeenkomend. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg) was het laagst gegeven antwoord 2 en was het hoogst gegeven antwoord 10. De boxplot over in welke mate de geïnitieerde acties overeenkomen met de reactie van de Fytssimulator is weergegeven in figuur 8 ($Q1 = 6$; Mediaan = 6,5; $Q3 = 9$).

Gemiddeld vond men het fietsen in de Fytssimulator “enigszins” realistisch. Men scoorde een 6 ($SD = 1,9$) op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 betekent helemaal niet realistisch en 10 betekent erg realistisch. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg) was het laagst gegeven antwoord 2 en was het hoogst gegeven antwoord 10. De boxplot over

het realistisch fietsen in de Fytssimulator is weergegeven in figuur 8 ($Q1 = 4.25$; Mediaan= 6; $Q3 = 7$).

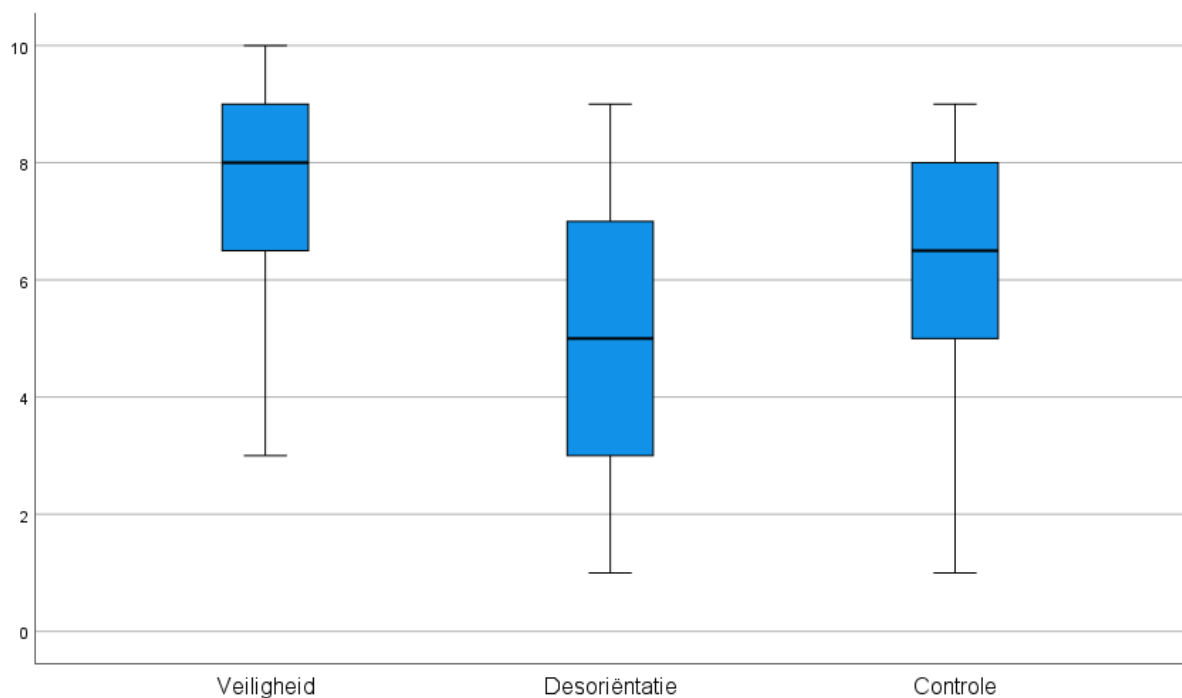
Gemiddeld vond men fietsen in de simulator moeilijker dan op de weg. Men scoorde een 7,8 (SD = 1,9) op een schaal van 0-10, waarbij 0 betekent helemaal niet moeilijker en 10 betekent erg moeilijk. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg) was het laagst gegeven antwoord 4 en was het hoogst gegeven antwoord 10. De boxplot over in welke mate het fietsen in de Fytssimulator moeilijker is dan in het echte leven is weergegeven in figuur 8 ($Q1 = 6$; Mediaan= 8; $Q3 = 9$).

Controle en veiligheid

De boxplots van de controle en veiligheid zijn weergegeven in figuur 9. De boxplots zijn weergegeven als veiligheid, desoriëntatie en controle.

Figuur 9

Oordelen over de veiligheid van en controle over de Fytssimulator gebaseerd op een 11-puntschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg)



Noot: “Veiligheid” geven de antwoorden weer op de stelling “Fietsen in de simulator voelde veilig”

Noot: “Desoriëntatie” geven de antwoorden weer op de vraag “In welke mate voelde u zich gedesoriënteerd aan het einde van een fiets sessie?”

Noot: “Controle” geven de antwoorden weer op de stelling “Ik voelde mij in controle over de fiets”

Veiligheid

Gemiddeld vond men het fietsen in de Fytssimulator veilig. Men scoorde een 7,5 (SD = 1,96) op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 betekent helemaal niet veilig en 10 betekent erg veilig. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg) was het laagst gegeven antwoord 3 en was het hoogst gegeven antwoord 10. De boxplot over de veiligheid is weergegeven in figuur 9 (Q1 = 6,35; Mediaan= 8; Q3 = 9).

Desoriëntatie

Gemiddeld ondervond men “enigszins” desoriëntatie aan het einde van een fietsonderdeel in de Fytssimulator. Men scoorde een 4,96 (SD = 2,33), op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 betekent helemaal geen desoriëntatie en 10 betekent erge desoriëntatie. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg) was het laagst gegeven antwoord 1 en het hoogst gegeven antwoord 9. De boxplot over de desoriëntatie is weergegeven in figuur 9 (Q1 = 3; Mediaan= 5; Q3 = 7).

Controle

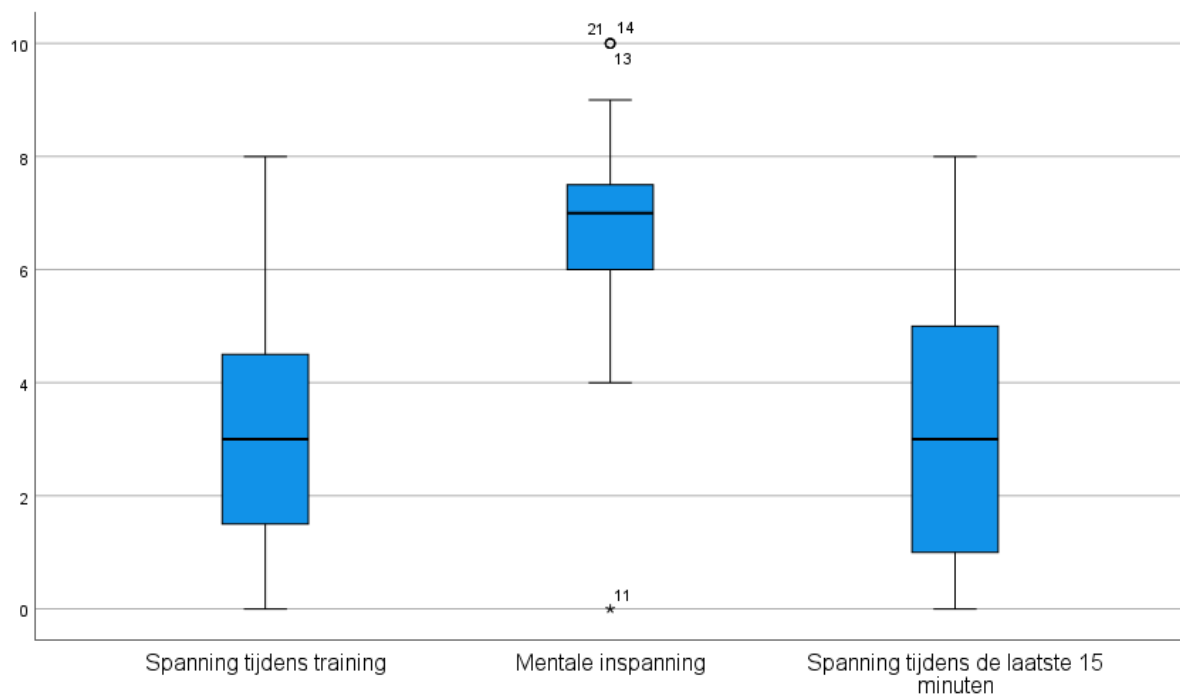
Gemiddeld vond men dat zij “enigszins” controle hebben in de Fytssimulator. Men scoorde een 6,29 (SD = 1,85) op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 betekent helemaal geen controle en 10 betekent erge controle. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg) was het laagst gegeven antwoord 1 en was het hoogst gegeven antwoord 9. De boxplot over de controle is weergegeven in figuur 9 (Q1 = 5; Mediaan= 6.5; Q3 = 8).

Spanning

De boxplots van de spanning zijn weergegeven in figuur 10. De boxplots zijn weergegeven als spanning tijdens de trainingsconditie, mentale inspanning en spanning tijdens de laatste 15 minuten.

Figuur 10

Oordelen over de spanning tijdens het fietsen in Fytssimulator gebaseerd op een 11-puntschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg)



Noot: Spanning tijdens training geven de antwoorden weer op de vraag “Voelde u zich gestrest tijdens de eerste sessie van de simulator?”

Noot: Mentale inspanning geven de antwoorden weer op de vraag “Hoeveel mentale inspanning was voor u nodig om in de simulator te fietsen?”

Noot: Spanning tijdens de laatste 15 minuten geven de antwoorden weer op de vraag “Voelde u zich gestrest gedurende de laatste 15 minuten van de simulator?”

Spanning tijdens trainingsconditie

Gemiddeld ervaarde men weinig spanning tijdens de trainingsconditie in de Fytssimulator. Men scoorde een 3,29 (SD = 2,33) op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 betekent helemaal geen spanning en 10 betekent erge spanning. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal geen, 10 = erg) was het laagst gegeven antwoord 0 en was het hoogst gegeven antwoord 8. De boxplot over de spanning tijdens de trainingsconditie is weergegeven in figuur 10 (Q1 = 1,25; Mediaan= 3; Q3 = 4,75).

Mentale inspanning

Gemiddeld leverde men “enigszins” mentale inspanning tijdens het fietsen in de Fytssimulator. Men scoorde een 6,67 (SD = 2,14) Het gemiddelde antwoord van de deelnemers over de mentale inspanning tijdens het fietsen in de Fytssimulator is $M = 6,67$ (SD = 2,140). Het minimum antwoord van de deelnemers over de mentale inspanning is 0 en het maximum is 10. De boxplot over de mentale inspanning tijdens het fietsen in de Fytssimulator is weergegeven in figuur 10 (Q1 = 6; Mediaan= 7; Q3 = 7,75).

Spanning tijdens laatste 15 minuten

Gemiddeld ervaaarde men “weinig” spanning tijdens de laatste 15 minuten van het fietsen in de Fytssimulator. Men scoorde een 3,17 (SD = 2,41) op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 betekent helemaal geen spanning en 10 betekent erge spanning. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = erg) was het laagst gegeven antwoord 0 en het hoogst gegeven antwoord 8. De boxplot over de spanning tijdens de laatste 15 minuten van het fietsen in de Fytssimulator is weergegeven in figuur 10 (Q1 = 1; Mediaan= 3; Q3 = 5).

Vergelijking van spanning

Een gepaarde t-test was uitgevoerd op de variabele “de mate van spanning tijdens de trainingsconditie”, welke is vergeleken met “de mate van spanning tijdens de laatste 15 minuten van het fietsen in de Fytssimulator”. Er was geen significant verschil gevonden ($t=0,22$; $p = ,42$). De correlatie tussen de spanning tijdens de trainingsconditie en de spanning tijdens de laatste 15 minuten van het fietsen in de Fytssimulator was negatief $r = -,293$ ($p = ,082$).

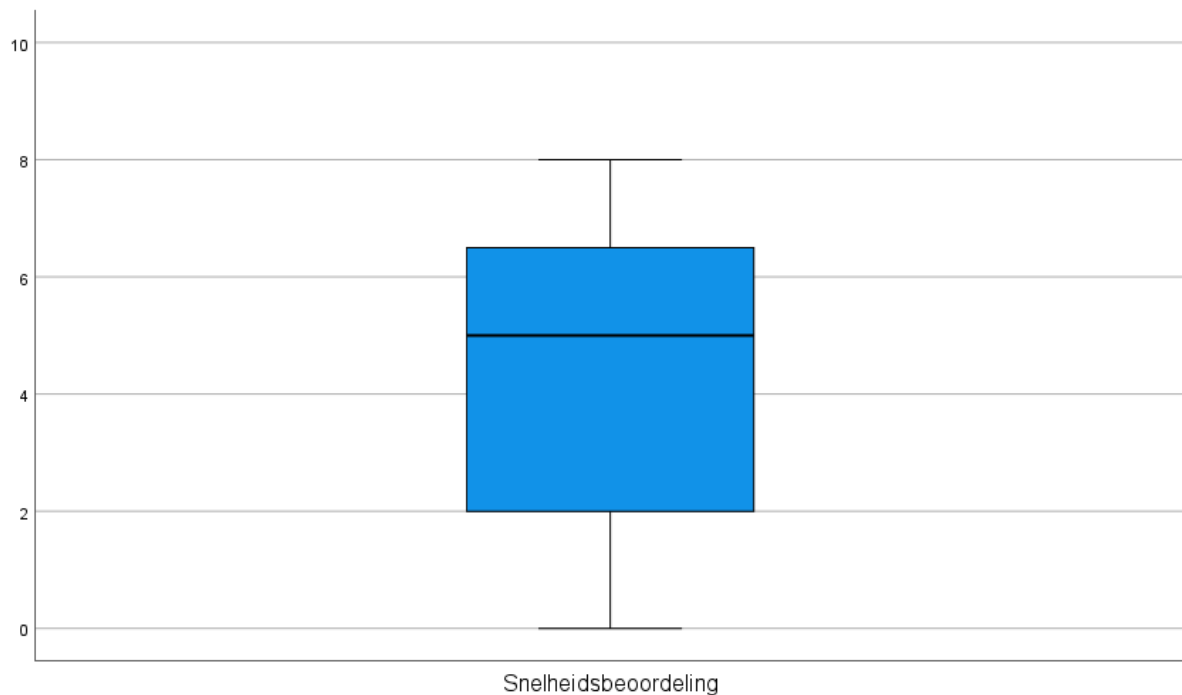
Snelheidsbeleving

Snelheidsbeoordeling

Gemiddeld konden de deelnemers ‘enigszins’ hun snelheid inschatten tijdens de controleconditie (d.w.z. fietsen zonder dubbeltaak). Men scoorde een 4,37 (SD = 2,45) op een schaal van 0 tot 10, waarbij 0 betekent helemaal niet kunnen inschatten en 10 betekent zeer goed kunnen inschatten. Op de 11-puntsschaal (0 = helemaal niet, 10 = zeer goed), was het laagst gegeven antwoord 0 en was het hoogst gegeven antwoord 8. In figuur 11 is een boxplot weergegeven die aantoont in welke mate de deelnemers hun fietssnelheid konden beoordelen (Q1 = 2; Mediaan = 5; Q3 = 6,75).

Figuur 11

Oordelen over de beoordeling van snelheid tijdens het fietsen in de Fytssimulator gebaseerd op een 11-puntschaal (0 = helemaal niet, 10 = zeer goed)



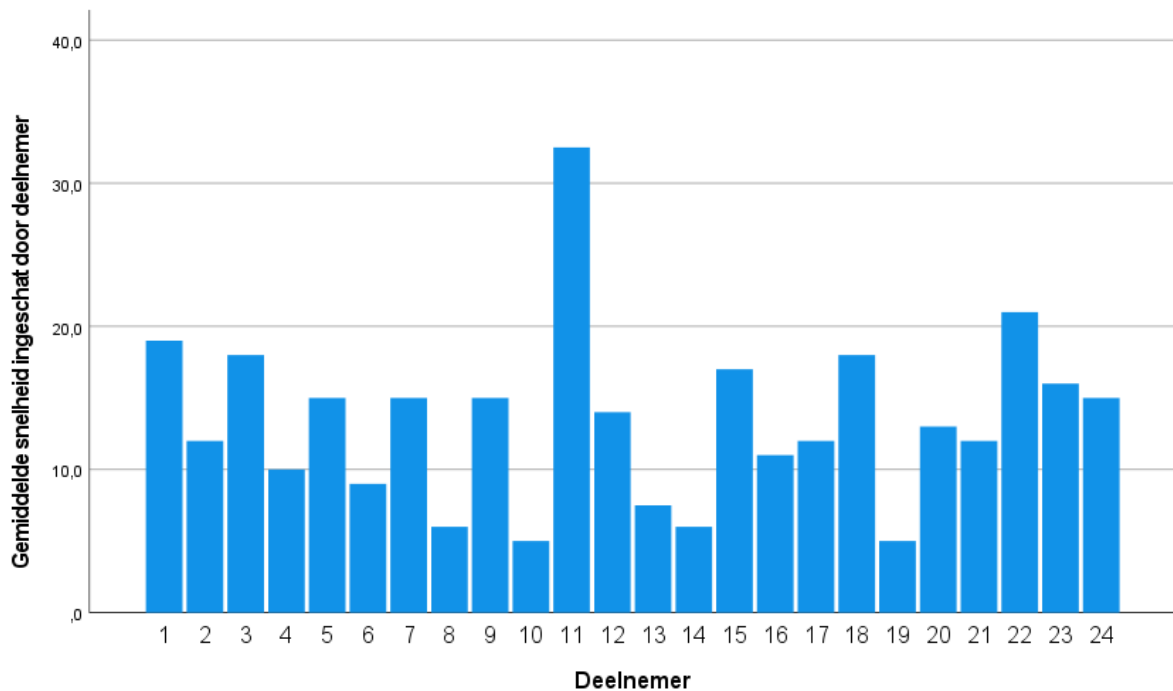
Noot: Snelheidsbeoordeling geven de antwoorden weer op de stelling “Ik kon mijn fietssnelheid zeer goed beoordelen”

Inschatting van snelheid

Het gemiddelde antwoord van de deelnemers over de inschatting van hun gemiddelde snelheid in de Fytssimulator tijdens de controleconditie was $M = 13,5$ kilometer per uur ($SD = 6,1$). De minimumsnelheid van de deelnemers over de inschatting van hun snelheid was 5 kilometer per uur en het maximum is 32,5 kilometer per uur. De grafiek over de inschatting van hun gemiddelde snelheid in de Fytssimulator tijdens de controleconditie is weergegeven in figuur 12.

Figuur 12

Inschatting snelheid in de controleconditie (d.w.z. tijdens het experiment zonder dubbeltaak) per deelnemer

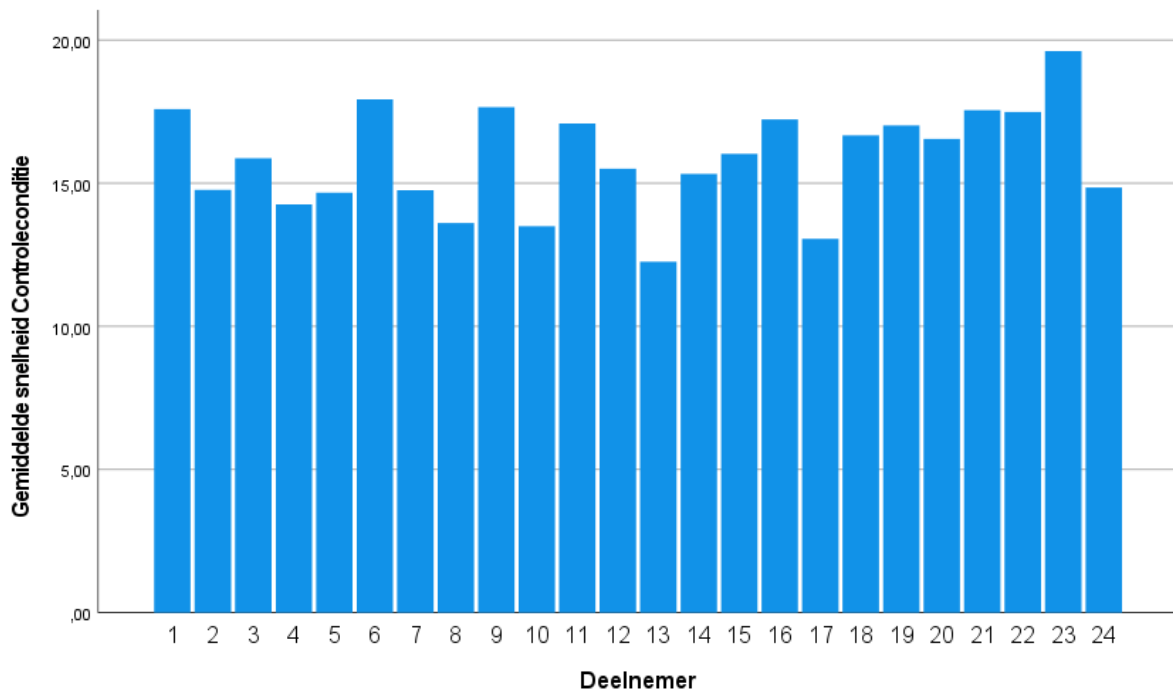


Gemiddelde snelheid

De gemiddelde gemeten snelheid van alle deelnemers tijdens de controleconditie van het onderzoek was $M = 15,87$ kilometer per uur ($SD = 1,81$). De gemiddelde snelheid per deelnemer wordt weergegeven in figuur 13.

Figuur 13

Gemiddelde snelheid per deelnemer tijdens de controleconditie in Fytssimulator



Vergelijking van snelheidsinschatting en werkelijke snelheid

In tabel 4 is de verschilscore tussen de werkelijke snelheid en de ingeschatte snelheid weergegeven (werkelijke snelheid minus ingeschatte snelheid).

Tabel 4

Vershuilscore van de werkelijke gemiddelde snelheid in de controleconditie minus de ingeschatte gemiddelde snelheid door de deelnemer in de controleconditie

Deelnemer	Werkelijke snelheid	Ingeschatte snelheid	Vershuilscore (d)
Deelnemer 1	17,6	19	-1,4
Deelnemer 2	14,8	12	2,8
Deelnemer 3	15,9	18	-2,1
Deelnemer 4	14,3	10	4,3
Deelnemer 5	14,7	15	-0,3
Deelnemer 6	17,9	9	8,9
Deelnemer 7	14,8	15	-0,2
Deelnemer 8	13,6	6	7,6
Deelnemer 9	17,7	15	2,7
Deelnemer 10	13,5	5	8,5
Deelnemer 11	17,1	32,5	-15,4
Deelnemer 12	15,5	14	1,5
Deelnemer 14	12,3	7,5	4,8
Deelnemer 15	15,3	6	9,3
Deelnemer 16	16,0	17	-1
Deelnemer 17	17,2	11	6,2
Deelnemer 18	13,0	12	1,1
Deelnemer 19	16,7	18	-1,3
Deelnemer 20	17,0	5	12
Deelnemer 21	16,6	13	3,6
Deelnemer 22	17,6	12	5,6
Deelnemer 23	17,5	21	-3,5
Deelnemer 24	19,6	16	3,6
Deelnemer 25	14,8	15	-0,2

Met behulp van een gepaarde t-test waren de inschatting van de gemiddelde snelheid van de deelnemers vergeleken met de werkelijke gemiddelde snelheid van de deelnemers ($t=-$

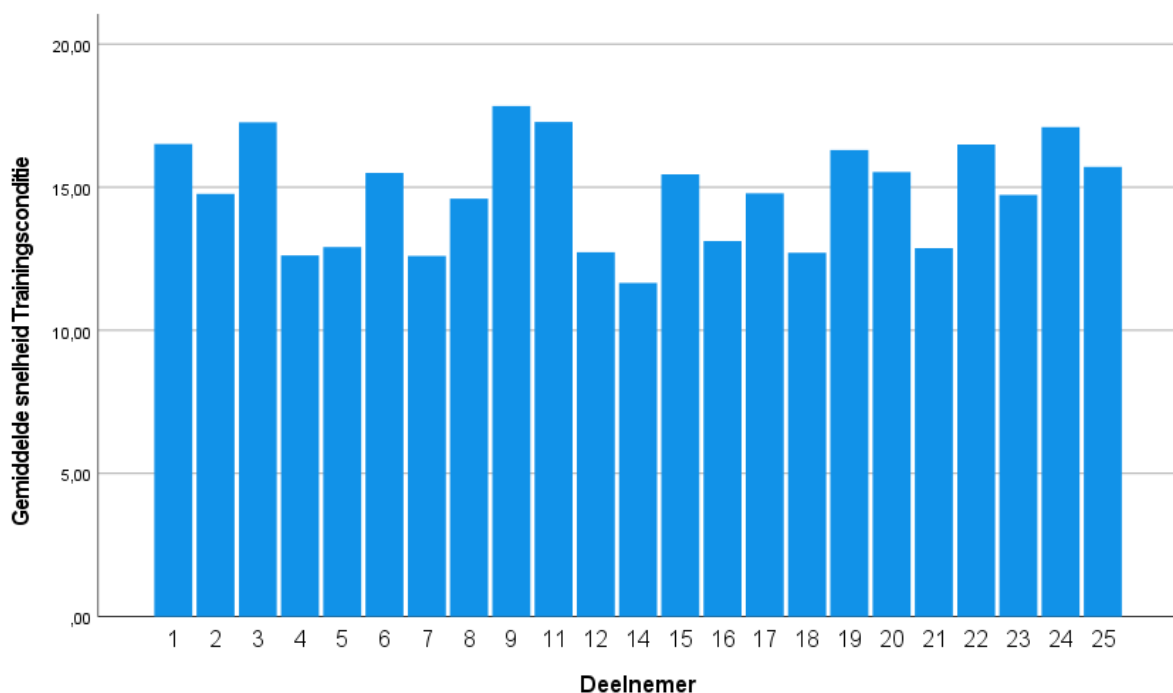
2,08; $p=0,49$). De geschatte gemiddelde snelheid door de deelnemers lag 2,37 kilometer per uur lager dan de werkelijke gemiddelde snelheid. De werkelijke snelheid en door de deelnemers geschatte snelheid correleerden significant met elkaar ($N = 24$; $r = ,41$; $p = ,022$).

Gemiddelde snelheid tijdens trainingsconditie

De gemiddelde snelheid van alle deelnemers tijdens de trainingsconditie van het onderzoek was $M = 14,8$ kilometer per uur ($SD = 1,9$). De gemiddelde snelheid per deelnemer is weergegeven in figuur 14. De gemiddelde snelheden voor deelnemer tien en dertien waren niet meegenomen vanwege uitval en programmeerfouten.

Figuur 14

Gemiddelde snelheid per deelnemer tijdens trainingsconditie



Vergelijking van gemiddelde snelheid tijdens controleconditie en trainingsconditie

Vanwege de beperkte literatuur omtrent de invloed van een trainingsconditie op de fietssnelheid van deelnemers, was het interessant om te kijken naar het verschil in gemiddelde snelheid tijdens de trainingsconditie en de controleconditie.

Een gepaarde t-test laat zien dat een effect aanwezig was ($t = 3,839$; $p < ,001$). Gemiddeld fietsten de deelnemers 1,14 kilometer per uur harder tijdens de controleconditie dan in de trainingsconditie; tijdens de controleconditie 15,9 kilometer per uur en tijdens de trainingsconditie 14,8 kilometer per uur. De gemiddelde snelheid van de deelnemers tijdens de trainingsconditie en de gemiddelde snelheid van de deelnemers tijdens de controleconditie correleerden ook significant met elkaar ($N = 23$; $r = ,691$; $p < ,001$).

Discussie

Het doel van het huidige onderzoek was om de realiteitsbeleving van de Fytssimulator te onderzoeken. Hierbij is gekeken naar de tijd die benodigd is om het prestatieniveau te bereiken waarin zij verder konden gaan met het experiment; hoe de deelnemers het fietsen in de Fytssimulator hebben ervaren; in welke mate de deelnemers een gevoel hebben van veiligheid; in welke mate de deelnemers een gevoel van controle hadden tijdens het fietsen in de Fytssimulator; in welke mate de deelnemers spanning hebben ervaren tijdens het fietsen in de Fytssimulator en de snelheidsbeleving van de deelnemers. Er werd verder verwacht dat de werkelijke snelheid die de persoon fietst lager is dan de snelheid die de persoon ervaart.

Alle deelnemers waren in staat om binnen 25 minuten gewend te raken aan de Fytssimulator, waarin de meerderheid binnen 15 minuten gewend was. De virtuele realiteitsomgeving waarin de deelnemers gemiddeld het meeste de tijd nodig hadden om te wennen was de overgang van het plein naar de straat zonder huizen. Na de overgang van het plein naar de straat zonder huizen, waren de deelnemers vereist om rechthout te fietsen. Op het plein hadden zij nog de mogelijkheid om bochten te maken, maar bij de straat was dit niet meer toegestaan per instructie van de onderzoeker. Alle deelnemers hebben aangegeven tijdens het invullen van de vragenlijst dat zij in enige mate gewend waren aan het fietsen in de Fytssimulator na de trainingsconditie.

De meerderheid van de deelnemers zijn erover eens dat de Fytssimulator enigszins realistisch aanvoelt, maar dat er aspecten aan de simulator kunnen worden toegevoegd of kunnen worden aangepast om het realistischer te laten voelen. Hierbij kan gedacht worden aan weersomstandigheden, verkeer en de positie van de fiets ten opzichte van de schermen. Alle deelnemers waren het erover eens dat fietsen in de Fytssimulator enigszins tot veel moeilijker was dan in het echte leven.

De deelnemers waren positief over de mate van controle en veiligheid die zij voelden tijdens het fietsen in de Fytssimulator. De meerderheid van de deelnemers hebben aangegeven weinig desoriëntatie te ondervinden na het fietsen in de Fytssimulator.

Er is geen significant verschil in de mate van spanning tijdens de trainingsconditie en de mate van spanning tijdens de laatste vijftien minuten van fietsen op de Fytssimulator. De deelnemers geven voor beide vragenlijsten aan gemiddeld “een beetje tot enigszins” gespannen te zijn. Dit betekent dat ondanks dat de deelnemers langer op de Fytssimulator hebben gefietst, hun gevoel van spanning niet omlaag of omhoog is gegaan. Er is ook geen correlatie tussen de spanning tijdens de trainingsconditie en de spanning tijdens de laatste vijftien minuten.

De deelnemers hebben aangegeven “een beetje tot enigszins” hun snelheid tijdens het fietsen in de Fytssimulator te kunnen beoordelen. Geen enkele deelnemer heeft geantwoord dat zij zeer goed hun snelheid konden inschatten. Het verschil tussen de ingeschatte gemiddelde snelheid van de deelnemers en hun werkelijke gemiddelde snelheid is significant, waarbij het gemiddelde van de werkelijke gemiddelde snelheid hoger lag. Dit betekent dat de deelnemers hun gemiddelde snelheid lager inschatten. Aangezien de correlatie van de gepaarde steekproef ook significant was, betekent dit dat er een duidelijke lineaire relatie was tussen de scores. De deelnemers die hun gemiddelde snelheid hoger hebben ingeschat, hadden ook een hogere werkelijk gemiddelde snelheid.

Tijdens de trainingsconditie hebben de deelnemers een lagere snelheid dan tijdens de controleconditie. Er werd een significante correlatie gevonden tussen beide scores, de deelnemers die tijdens de trainingsconditie een lagere gemiddelde snelheid vertoonden, lieten ook in de controleconditie een lagere gemiddelde snelheid zien. De gevonden correlatie kan erop wijzen dat fietssnelheid in de simulator in hoge mate wordt beïnvloed door stabiele individuele eigenschappen, zoals risicoperceptie of mate van voorzichtigheid. De variatie in snelheid tussen de deelnemers kan erop wijzen dat iedere deelnemer een snelheid kiest die aansluit bij zijn of haar persoonlijke comfortniveau.

Realiteitsbeleving

Uit het huidige onderzoek blijkt dat de realiteitsbeleving van de Fytssimulator in zijn huidige staat verbeterd kan worden. Zoals beschreven in het onderzoek van Hammami en collega's (2025) vonden zij ook een lage score op het waargenomen niveau van realisme. Zij gaven aan dat het lastig is om alle omgevingsomstandigheden te reproduceren, zoals weersomstandigheden en wegdekstandigheden. In het huidige onderzoek werd de wind nagebootst in de Fytssimulator, maar weersomstandigheden zoals de zon niet. Hier is ook feedback over gegeven door de deelnemers. Daarbij werd er enkel één type en toestand van het wegdek in het huidige onderzoek gebruikt. Mogelijk is het in de toekomst interessant of het mogelijk is om een glad wegdek te introduceren in de Fytssimulator.

In een onderzoek van Shoman en Imine (2021) is gekeken naar de toegevoegde waarde van een fysiek wegdek als ondergrond van de fietssimulator voor de realiteitsbeleving. Zij gebruikten hiervoor een stuk asfalt dat zodanig was aangebracht dat het de indruk wekte daadwerkelijk over een asfaltwegdek te fietsen. Daarbij hebben zij actuatoren in de fiets geïnstalleerd, als toevoeging aan het realisme van de fiets. Zij vonden dat de subjectieve evaluatie van het realisme door deze toevoegingen steeg van een score van 6.1 naar een score van 6.7 op een schaal van 1 tot 10, waarbij 10 het meest realistisch is. De subjectieve

evaluaties uit het onderzoek van Shoman en Imine (2021) kwam ook met feedback van de deelnemers wat de meest realistische aspecten waren. Enkele aspecten die in de feedback van Shoman en Imine (2021) worden genoemd, maar niet in het huidige onderzoek aanwezig zijn, waren: auto's, wegdekweerstand en verkeerslichten. Ook kregen Shoman en Imine (2021) feedback over het toevoegen van geluid, voetgangers en andere verkeersdeelnemers (zoals andere fietsers). Dit komt overeen met de feedback die het huidige onderzoek heeft gekregen.

Het toevoegen van realistische aspecten aan de virtuele realiteitsomgeving zorgt dus mogelijk voor een verbetering van de realiteitsbeleving van de Fytssimulator. Zowel het huidige onderzoek als het onderzoek van Shoman en Imine (2021) en Hammami en collega's (2025) maken gebruik van subjectieve metingen. Objectieve metingen, zoals de *degree of realism* (DR) meting van Hammami en collega's (2025), kunnen mogelijk hulp bieden bij het standaardiseren van de realisme classificatie van fietssimulatortools. De *degree of realism* meting bestaat uit twee componenten, subjectieve en objectieve realisme. Het subjectieve realisme is gebaseerd op de observaties van de deelnemers in het experiment. De deelnemers beoordeelden de simulatie op drie aspecten, waargenomen snelheid, fietscontrole en omgevingsrepresentatie, door deze te vergelijken met hun ervaring in de reële fietsomgeving. Het objectieve realisme wordt gemeten dankzij de snelheid en de cumulatieve laterale positie. In een simulatie wordt de cumulatieve laterale positie gemeten om vast te stellen in hoeverre de deelnemer afwijkt van de vooraf vastgestelde middellijn of de stoep (Hammami et al., 2025).

Snelheidsbeleving

Onderzoek naar de snelheidsbeleving van een fiets simulator is schaars. In het onderzoek van Hussain en collega's (2019) in een rijnsimulator, vonden zij dat de deelnemers hun werkelijke snelheid juist overschatten. In het huidige onderzoek is het tegenovergestelde gebeurd, de deelnemers hebben hun werkelijke snelheid onderschat. Omdat er weinig informatie te vinden is over de snelheidsbeleving in de fiets simulator, is het mogelijk interessant om te kijken naar de snelheidsbeleving in andere simulatoren.

Lidestam en collega's (2019) deden bijvoorbeeld een onderzoek naar hoe het gezichtsveld van invloed kan zijn op snelheidsperceptie. Zij vonden dat een smaller gezichtsveld van drie monitoren resulteerde in een hogere snelheid dan wanneer er vijf of zeven monitoren werden gebruikt. Ook vonden zij dat het gebruik van virtuele wegmarkeringen een invloed hadden op de snelheid, met name de volgorde waarin de virtuele wegmarkeringen aan de deelnemer werden vertoond. Wanneer de deelnemers het experiment

begonnen met de wegmarkeringen, reden zij trager. Vervolgens wanneer de wegmarkeringen weg werden gehaald, bleven zij met een lagere snelheid rijden (Lidestam et al., 2019).

Mogelijk hebben de opstelling van de monitoren en de wegmarkeringen dus een invloed gehad op de snelheidsbeleving van de deelnemers. In het huidige onderzoek is gekozen om de snelheid van de deelnemers tijdens elk van de omgevingen in de trainingsconditie niet te onderzoeken, maar mogelijk kan dit een interessante invalshoek bieden voor vervolgonderzoek.

Beperkingen

Voorafgaand aan het onderzoek is een poweranalyse uitgevoerd om de gewenste steekproefgrootte te bepalen, dit was een steekproefgrootte van 32 personen. De uiteindelijke grootte van de steekproef van het onderzoek is 24 personen geworden. De generaliseerbaarheid van het onderzoek is dus beperkt.

De resultaten over de realiteitsbeleving, ervaren spanning en snelheidsbeleving zijn van subjectieve aard. Hieruit kan veel bruikbare informatie worden gehaald, maar er wordt wel geadviseerd om de resultaten voorzichtig te interpreteren. Daarbij kan er sprake zijn van een sociale wenselijkheidsbias, omdat de deelnemers bekenden van de onderzoekers zijn. Door zowel de subjectieve aard van het onderzoek als de sociale wenselijkheidsbias, kan een vertekend beeld zijn ontstaan over de realiteitsbeleving van de Fytssimulator.

Tijdens het fietsen in de Fytssimulator konden ook fouten in het computerprogramma, die de Fytssimulator in werking houdt, ontstaan. Enkele keren waren deze veroorzaakt door de deelnemers zelf (abrupt remmen, stuur omgooien), maar er waren ook fouten die in de Fytssimulator zelf zaten. Aan het eind van het experiment merkten wij bijvoorbeeld dat er een lichte kantel naar links was bij de simulator, waardoor er gecompenseerd moest worden. Ook kon er een fout ontstaan waardoor er niet meer gefietst kon worden. De simulator moest dan worden herstart, waardoor de deelnemer moest stoppen met fietsen. In de trainingsconditie kwam dit bij 32% van de deelnemers voor. Dit had ook invloed op hun fietservering.

Implicaties

Er wordt gesuggereerd om meer onderzoek te doen naar de realiteitsbeleving van fietssimulatoren. Het gebruik van objectieve meetinstrumenten kan ervoor zorgen dat er meer informatie verkregen kan worden. Daarbij is het interessant als de gegeven feedback over weersomstandigheden (regen, gladheid) en verkeersomstandigheden (andere fietsers, auto's) wordt geïmplementeerd in het onderzoek.

Ook wordt gesuggereerd om meer onderzoek te doen naar de snelheidsbeleving in fietssimulatoren. Het juist kunnen inschatten van de fietssnelheid door de deelnemers, kan mogelijk een waarde bijdragen aan het realistisch aanvoelen van de Fytssimulator voor hen.

Conclusie

Concluderend hadden de deelnemers minder dan 25 minuten de tijd nodig om gewend te raken aan de Fytssimulator, waarbij de meerderheid onder 15 minuten gewend was. Er is verbetering gewenst voor de realiteitsbeleving van de Fytssimulator, waarbij het toevoegen van weersomstandigheden en verkeersomstandigheden wordt gesuggereerd door deelnemers en ander onderzoek. De deelnemers schatten hun gemiddelde snelheid lager in dan hun werkelijke gemiddelde snelheid.

Referenties

- Deniaud, C., Honnet, V., Jeanne, B., & Mestre, D. (2015). The concept of “presence” as a measure of ecological validity in driving simulators. *Journal Of Interaction Science*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40166-015-0005-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. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2013.12.003>
- Gupta, M., & Velaga, N. R. (2025). Validation of motorized two-wheeler virtual environment: Influence of perceived realism and simulator fidelity. *Transportation Research Part F Traffic Psychology And Behaviour*, 109, 672–688. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2025.01.001>
- Hammami, A., Borsos, A., & Sándor, Á. P. (2025). How realistic a bicycle simulator can be? - a validation study. *Multimodal Transportation*, 100193. <https://doi.org/10.1016/j.multra.2025.100193>
- Hussain, Q., Alhajyaseen, W. K., Pirdavani, A., Reinolsmann, N., Brijs, K., & Brijs, T. (2019). Speed perception and actual speed in a driving simulator and real-world: A validation study. *Transportation Research Part F Traffic Psychology And Behaviour*, 62, 637–650. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.02.019>
- Hussain, Q., Almallah, M., Alhajyaseen, W. K., & Dias, C. (2020). Impact of the geometric field of view on drivers’ speed perception and lateral position in driving simulators. *Procedia Computer Science*, 170, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.005>
- Lidestam, B., Eriksson, L., & Eriksson, O. (2019). Speed perception affected by field of view: Energy-based versus rhythm-based processing. *Transportation Research Part F Traffic Psychology And Behaviour*, 65, 227–241. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.07.016>

- Nazemi, M., Van Eggermond, M., Erath, A., Schaffner, D., Joos, M., & Axhausen, K. W. (2020). Studying bicyclists' perceived level of safety using a bicycle simulator combined with immersive virtual reality. *Accident Analysis & Prevention*, *151*, 105943. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105943>
- Ronen, A., & Yair, N. (2013). The adaptation period to a driving simulator. *Transportation Research Part F Traffic Psychology And Behaviour*, *18*, 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.12.007>
- Shoman, M. M., & Imine, H. (2021). Bicycle Simulator Improvement and Validation. *IEEE Access*, *9*, 55063–55076. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3071214>
- Simović, S., Ivanišević, T., Trifunović, A., Čičević, S., & Taranović, D. (2021). What Affects the E-Bicycle Speed Perception in the Era of Eco-Sustainable Mobility: A Driving Simulator Study. *Sustainability*, *13*(9), 5252. <https://doi.org/10.3390/su13095252>
- Sporrel, B., Stuiver, A., & de Waard, D. (2023). On the use of bicycle simulators. In D. de Waard, V. Hagemann, L. Onnasch, A. Toffetti, D. Coelho, A. Botzer, M. de Angelis, K. Brookhuis, & S. Fairclough (Eds.), *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2023 Annual Conference* (pp. 120–122). Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter. <https://www.hfes-europe.org/wp-content/uploads/2023/05/Sporrel2023.pdf>
- SWOV. (2024). *De staat van de verkeersveiligheid 2024* (report R-2024-18; p. 3). <https://swov.nl/sites/default/files/bestanden/downloads/R-2024-18.pdf>
- Westerhuis, F., Velasco, P. N., Schepers, P., & De Waard, D. (2023). Do electric bicycles cause an increased injury risk compared to conventional bicycles? The potential impact of data visualisations and corresponding conclusions. *Accident Analysis & Prevention*, *195*, 107398. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107398>

Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: a presence questionnaire. *PRESENCE Virtual And Augmented Reality*, 7(3), 225–240.
<https://doi.org/10.1162/105474698565686>

Bijlage A

Vragenlijst over de demografische gegevens

1. Wat is uw leeftijd (jaren)?
2. Wat is uw geslacht? (Vrouw, Man, Anders)
3. Wat is uw gewicht in kg? (Als u het niet weet, voer een schatting in)
4. Wat is uw nationaliteit?
5. Hoe vaak fietst u? (Minder dan een maand, maandelijks, wekelijks, meerdere keren in een week, (bijna) dagelijks)
6. Welke afstand fietst u per week, gemiddeld? (Ruwe schatting in kilometers)
7. Hoe lang bent u aan het fietsen? (In maanden (als het minder is dan 1 jaar), In jaren (Als het meer of gelijk is aan een jaar))
8. Heeft u fietsongelukken in het afgelopen jaar gehad? (Nee, ja)
9. Heeft u ervaring met virtuele werkelijkheid? (Ja, een beetje; ja, veel; nee)

Bijlage B

Gewenningscontrole lijst

Tabel B1

Gewenningscontrole lijst

Observatiepunt

Ja/Nee

Deelnemer fietst met een stabiel en consistent tempo

Geen stotteren of aarzelen bij het sturen of navigeren

Reageert adequaat op visuele stimuli

Geen tekenen van verwarring of desoriëntatie

Coördinatie tussen beweging en visuele feedback verloopt soepel

Geen zichtbare tekenen van vermoeidheid of frustratie

Noot: De deelnemer moet aan vijf van de zes observatiepunten voldoen voordat de

trainingsconditie succesvol kan worden afgerond