

TNO-rapport**TNO 2021 R10138****Maximumsnelheden in Signaalgevers:
Perceptie-onderzoek****Defence, Safety & Security**Kampweg 55
3769 DE Soesterberg
Postbus 23
3769 ZG Soesterbergwww.tno.nlT +31 88 866 15 00
F +31 34 635 39 77

Datum	27 januari 2021
Auteur(s)	Koen van der Sanden Frank Kooi Johan Alferdinck Piet Bijl Tycho Brug
Aantal pagina's	52 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	6
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Projectnaam	Maximumsnelheden in signaalgevers
Projectnummer	060.46316

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

Samenvatting

Momenteel kan er op de signaalgevers boven de snelweg een aangepaste maximumsnelheid worden weergegeven zonder rode rand in het geval van files, wegwerkzaamheden of incident management. Vanuit het onderzoek 'Maximumsnelheden in de signaalgevers' wil Rijkswaterstaat antwoord krijgen op de vraag of matrixsignaalgevers geschikt zijn om de geldende maximumsnelheden continu te tonen. Eén van de onderdelen binnen deze studie is het perceptie-onderzoek. Dit onderdeel is relevant om verschillende redenen.

In de eerste plaats kan de herkenningsafstand van de signaalgevers mogelijk afnemen doordat er in de voorgestelde situatie ook drie cijfers op de borden zullen worden getoond, waar nu alleen beelden met twee cijfers gebruikt worden. Ook het voorgestelde toevoegen van een rode rand rond de getoonde geldende maximumsnelheid kan van invloed zijn op de herkenningsafstand.

Daarnaast kan door het continu tonen van een maximumsnelheid mogelijk de opvallendheid van overgangen op de signaalgevers veranderen. Een overgang is in deze context een verandering van het huidige bord ten opzichte van het vorige bord. Een voorbeeld hiervan is het binnenrijden van een filestaart, waarbij in de huidige situatie eerst niets op de borden getoond wordt, waarna een volgend bord de 70 met flashers weergeeft.

Binnen dit onderzoeksrapport is het perceptieonderzoek beschreven waarin de herkenningsafstanden en opvallendheid van de huidige en beoogde manier van tonen vergeleken zijn.

Het perceptieonderzoek heeft plaatsgevonden in laboratoriumsetting in de optische gang bij TNO Soesterberg. Hierbij is aan proefpersonen in twee verschillende experimenten gevraagd om 1) aan te geven vanaf welke afstand een bord herkend kan worden, en 2) na een overgang aan te geven wanneer de overgang gedetecteerd en herkend wordt. Dit laatste is gebruikt als maat voor opvallendheid van een overgang.

De resultaten zijn als volgt. Een signaalgever van drie cijfers heeft een kortere herkenningsafstand dan een signaalgever met twee cijfers. Het gaat om een afname van gemiddeld 22%. Dit effect is te verklaren door het verschil in de grootte van de cijfers en het *crowding* effect. Er is geen statistisch significant effect gevonden op de herkenningsafstand door het toevoegen van de rode rand.

Daarnaast is gevonden dat de detectieafstand en herkenningsafstand van de signaalgevers voor het binnenrijden van een gebied met wegwerkzaamheden en het binnenrijden van een filestaart bij de voorgestelde manier van tonen korter is dan bij de huidige manier. Voor het binnenrijden van een gebied met een filestaart is de detectieafstand in de voorgestelde situatie gemiddeld 53 m korter en de herkenningsafstand gemiddeld 14 m korter. Voor het binnenrijden van een gebied met wegwerkzaamheden is de detectieafstand in de voorgestelde situatie gemiddeld 97 m korter, en herkenningsafstand gemiddeld 21 m korter. De kortere afstand betekent dat de proefpersonen de wijzigingen in deze scenario's dus later detecteren en herkennen bij de voorgestelde manier van tonen vergeleken met de huidige manier van tonen.

Een overgang tussen twee driecijferige borden met rode rand is minder opvallend dan elke ander type overgang gemeten in dit onderzoek.

Doordat het onderzoek heeft plaatsgevonden in laboratoriumsetting, zijn de resultaten vooral geschikt om relatieve verschillen in herkenningsafstanden van beelden en in de opvallendheid van type overgangen te meten. Dit onderzoek kan worden uitgebreid met een praktijkproef om een vertaalslag te kunnen maken naar absolute detectie- en herkenningsafstanden op de snelweg.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	5
2	Achtergrond	6
2.1	Ontwerp van de stimuli	6
2.2	Herkenningsafstanden	7
2.3	Opvallendheid	8
2.4	Extrapolatie naar andere weersomstandigheden	10
3	Doelstelling	11
3.1	Experiment 1 - Identificatie	11
3.2	Experiment 2 - Opvallendheid	11
4	Meetmethode.....	12
4.1	Proefopstelling	12
4.2	Stimuli	14
4.3	Procedure	14
4.4	Studiepopulatie	18
5	Resultaten	20
5.1	Analysemethode	20
5.2	Resultaat van Experiment 1 - Identificatie	21
5.3	Resultaat van Experiment 2 - Opvallendheid	22
6	Discussie	27
6.1	Experiment 1 - Identificatie	27
6.2	Experiment 2 - Opvallendheid	27
6.3	Laboratoriumexperiment ten opzichte van de praktijk	29
6.4	Openstaande vragen	30
7	Conclusie.....	32
8	Referenties	34
9	Ondertekening	35
	Bijlagen	
	A Terminologie & Afkortingen	
	B Overgangen	
	C Foutanalyse	
	D Stimuli	
	E Proefperson instructie	
	F Resultaten ANOVA en Tukey-tests	

1 Inleiding

Momenteel kan er op de signaalgevers boven de snelweg een aangepaste maximumsnelheid worden weergegeven zonder rode rand in het geval van wegwerkzaamheden of incident management. Daarnaast worden deze signaalgevers gebruikt voor filewaarschuwingen (Automatische Incident Detectie - AID), en kan er via het tonen van pictogrammen additionele informatie worden overgebracht naar de weggebruiker (waaronder bijvoorbeeld rijstrook gesloten, rijstrook open of verdrijving naar andere rijstroken). Vanuit het onderzoek 'Maximumsnelheden in de signaalgevers' wil Rijkswaterstaat (RWS) antwoord krijgen op de vraag of matrixsignaalgevers een geschikt middel zijn om de geldende maximumsnelheden continu te tonen. Binnen dit overkoepelende project is een aantal deelonderzoeken gedefinieerd, die aan derde partijen worden uitbesteed. RWS heeft aan TNO gevraagd een van deze deelonderzoeken, namelijk onderdeel III: "Perceptie-onderzoek", uit te voeren.

Het perceptie-onderzoek is om meerdere redenen van belang. Allereerst omdat bestuurders in de huidige situatie alleen een aangepaste maximumsnelheid te zien krijgen, en het continu tonen van een maximumsnelheid mogelijk de opvallendheid van de signaalgevers verandert. Daarnaast vanwege de overgang naar het weergeven van de maximumsnelheid met een rode rand, waar nu nog geen rode rand wordt gebruikt. Als laatste betekent de voorgestelde manier van tonen dat er van twee getoonde cijfers ('50'/'70'/'90') wordt overgegaan naar getallen die uit drie cijfers bestaan ('100'/'120'/'130'). Bij gelijke grootte van de signaalgevers zullen in dat geval de getoonde cijfers kleiner moeten worden weergegeven om op de signaalgevers te passen, met als gevolg dat de herkenbaarheid kan afnemen. Om deze vragen te kunnen beantwoorden zijn waarnemingsexperimenten uitgevoerd in het laboratorium.

In dit rapport wordt verslag uitgebracht van dit perceptie-onderzoek. De resultaten van dit onderzoeksrapport worden door RWS gecombineerd met die van andere deelonderzoeken, waarmee een advies kan worden uitgebracht over de geschiktheid van matrixsignaalgevers voor het continu tonen van de geldende maximumsnelheden.

2 Achtergrond

2.1 Ontwerp van de stimuli

2.1.1 De signaalgevers en beelden

De beelden voor de experimenten zijn ontworpen naar de specificaties beschreven in [1], waarbij een volledig gestoken signaalgever wordt gekozen met een zwart achtergrond schild. Van de beelden worden bitmap representaties gemaakt met beeldpunten (dus met alleen de kleuren wit, amber, groen en rood, zonder tussenliggende mengkleuren), overeenkomend in afstand en in kleur met de beeldpunten beschreven in [2].

2.1.2 Luminantie en afmetingen van de matrixinformatie

Voor het vertalen van de uitkomsten van het experiment naar de praktijk is het van belang dat de verhoudingen tussen luminantie van gebruikte kleuren zo goed mogelijk hetzelfde zijn als op de echte signaalgevers. Het is in de experimentele opstelling niet mogelijk om de absolute luminanties hetzelfde te maken als van de signaalgevers op de weg door het beperkte luminantiebereik van displays. Ook zijn de afmetingen van de displays in het laboratorium kleiner omdat de detectie- en herkenningsafstanden anders te groot worden om in het laboratorium te kunnen worden gemeten.

De vereiste luminanties van signaalgevers voor de verschillende kleuren staan in [2] en zijn gebaseerd op klasse L3 (hoogste eisen) van de Europese norm EN12966-1 [3]. Bij een verlichtingssterkte van meer dan 10.000 lux op de signaalgever moeten de witte opschriften een luminantie van minstens 12.400 cd/m² kunnen leveren.

De minimum en maximum luminantie-eisen voor een witte kleur als functie van het lichtniveau van de omgeving staan in onderstaande Tabel 1.

Tabel 1 Luminantie-eisen per lichtniveau voor wit volgens de Europese norm EN 12966. Voor de kleuren amber, groen en rood zijn deze luminanties respectievelijk een factor 0,6, 0,3 en 0,25 lager.

Licht-niveau	Verlichtingssterkte op signaalgever (lux)	Percentage (gebaseerd op luminantie)	Luminantie van wit (cd/m ²)	
			Minimum	Maximum
7	>10000	100,0	12400	62000
6	7000	36,3	4500	22500
5	4000	17,7	2200	11000
4	1500	8,9	1100	5500
3	400	4,8	600	3000
2	125	2,7	330	1650
1	40	2,0	250	1250
0	<=4	0,6	75	375

Op een normaal beeldscherm zal de luminantie van lichtniveau 7 bij lange na niet gehaald kunnen worden, hooguit lichtniveau 1 of 0. Wel kunnen de verhoudingen tussen de kleuren redelijk goed worden behouden, ook omdat er een factor 5 speelruimte is tussen de minimum en maximum luminantie zit.

2.1.3 *Ontwerp knipperlichten*

Volgens de specificaties van RWS (Zie ISG.3.2.5-010 in [2]) voor de knipperlichten herhaalt de knippersequentie zich met een frequentie van 0,5 Hz en bestaat deze uit de volgende delen:

- 0,6 s, boven aan, onder uit;
- 0,6 s, boven uit, onder aan;
- 0,8 s, boven en onder uit.

Voor de luminantie (of lichtsterkte) van de knipperlichten zijn geen aparte eisen. De kleur van de knipperlichten moet geel/amber zijn en luminantie van knipperlichten moet overeenkomen met de eisen aan de kleur geel/amber. De knipperlichten hebben een diameter van 12,5 cm [1].

2.2 **Herkenningsafstanden**

TNO heeft in het verleden veel onderzoek gedaan naar de matrixsignaalgevers. Hieronder geven we een kort overzicht van een aantal relevante onderzoeken ([4]–[7]).

In 1988 [4] is er onderzoek gedaan naar de optimale pixelafstand en optimale lichtintensiteit voor de herkenbaarheid van matrixsignaalgevers bij verschillende lichtomstandigheden. Het onderzoek biedt informatie over de invloed van luminantie van de signaalgevers en de omringende hemelluminantie op de herkenbaarheid in een praktijksituatie.

In 2001 zijn herkenningsafstanden voor verschillende typen matrixsignaalgevers gemeten door TNO in het veld [5]. De bevindingen geven inzicht in het verschil tussen typen signaalgevers en de invloed van lettergrootte op de herkenbaarheid. Daarbij geeft dit onderzoek inzicht in de herkenningsafstand van verschillende getoonde beelden op signaalgevers. Ook werden in dit onderzoek borden met en zonder rode rand getest. Hierbij is gebleken dat zonder de toevoeging van de rode rand de herkenningsafstand 29% groter is. Vermeld moet worden dat in [5] getest is met een ander type matrix borden dan in het huidige onderzoek en dat niet alle snelheden getest zijn die voor de huidige keuze van belang zijn. Zo is 130 niet meegenomen, en is alleen een beperkt aantal beelden borden met rode rand getest. Daarnaast is er in [5] geen gebruik gemaakt van signaalgevers in een raai (meerdere signaalgevers naast elkaar, zoals gebruikt op de snelweg), maar gebruik gemaakt van losse signaalgevers.

In studie [6] uit 2001 is onderzoek gedaan naar de specificaties voor een universele signaalgever. Hierin werd ook gebruik gemaakt van een laboratoriumexperiment waarbij proefpersonen gesimuleerde borden met verschillende specificaties benaderden, en aangaven wanneer het bord herkenbaar was. De resultaten zijn vergeleken met de resultaten gevonden in [5], wat inzicht geeft in het verschil tussen testen in laboratoriumomgeving en in de praktijk.

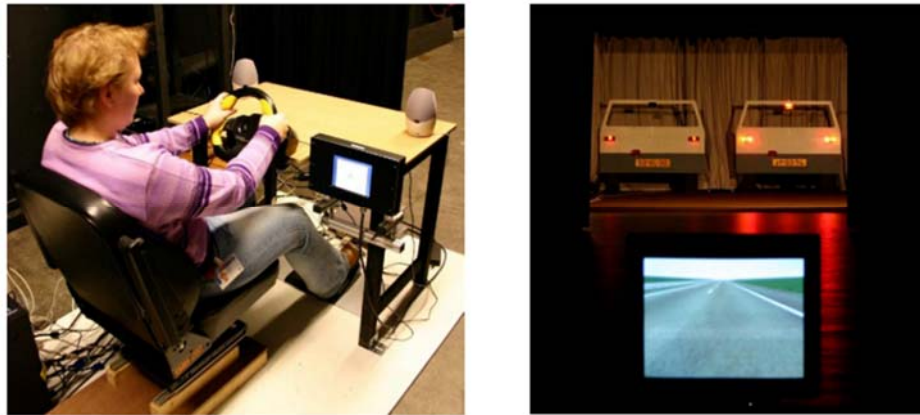
Dit onderzoek is in 2019 uitgebreid met alternatieve typen matrixsignaalgevers [7]. Hierbij is onderzoek gedaan in het laboratorium en in het veld. In deze studie werden de beelden steeds groter getoond, terwijl in [6] de proefpersoon de beelden benaderde. Dit zorgt ervoor dat de verschillende typen beelden op de signaalgevers veel sneller gemeten kunnen worden. De meetmethodes voor herkenningsafstand in het laboratorium kunnen worden gebruikt in het huidige onderzoek. Daarnaast geeft dit onderzoek ook inzicht in de herkenningsafstanden in het laboratorium ten opzichte van die in het veld, aangezien in beide condities gemeten is. Echter: in [7] is een beperkt aantal beelden van het huidige type signaalgever gebruikt, was het aantal proefpersonen beperkt en is niet gemeten met meerdere signaalgevers in een raai.

Het onderdeel “herkenningsafstand” binnen het huidige onderzoek zal een uitbreiding worden op deze vorige onderzoeken, met name [5]–[7], door additionele stimuli toe te voegen (bijv. ‘130’ met rode rand), en te meten met drie signaalgevers in de raai ten opzichte van één in voorgaande onderzoeken.

2.3 Opvallendheid

In 2004 is door TNO een onderzoek uitgevoerd naar opvallendheid van remlichten door het meten van een verschil in reactietijd [8]. Het onderzoek werd uitgevoerd naar aanleiding van een internationale discussie over het verbeteren van de remlichten door het toevoegen van het Emergency Brake Light Display (EBLD). Het EBLD zou toegevoegd moeten worden aan het huidige remlichtsignaal en zal moeten leiden tot een meer adequate reactie van de weggebruiker wanneer de voorligger hard op de rem trapt.

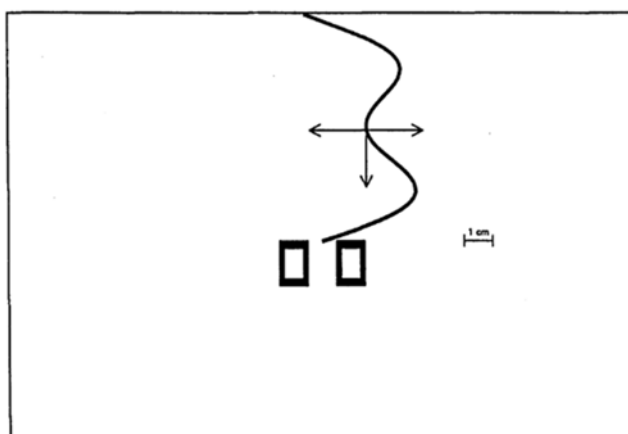
Binnen dit onderzoek werden proefpersonen gevraagd om een rijtaak uit te voeren (gepositioneerd op 5 m voor de proefpersoon). Hierbij moest de proefpersoon een gesimuleerde auto op een rijstrook houden, waarbij onvoorspelbare zijwind nagebootst werd, waardoor de proefpersoon constant moest bijsturen om de auto op de rijstrook te houden. Daarnaast kreeg de proefpersoon een additionele secundaire afleidingstaak. Gedurende deze twee taken moest de proefpersoon in grijpen als een (gesimuleerde) auto voor de proefpersoon een remlicht toonde (Figuur 1). De secundaire taak die in dit project gebruikt werd moest het gebruik van apparatuur in de auto simuleren, en vereiste daardoor een extreme afwijking ten opzichte van de normale kijkrichting voor op de weg (41 graden naar beneden).



Figuur 1 Proefpersoon in de experimentele setup met de afleiding taak (links) en de rijtaak en de remlichten (rechts).

De opzet die in [8] werd toegepast, wordt ook binnen dit onderzoek gedeeltelijk gebruikt voor het meten van de opvallendheid van de maximumsnelheid in matrixsignaalgevers, waarbij de proefpersoon niet wordt gevraagd om in te grijpen als er een remlicht wordt getoond, maar in te grijpen als er een andere snelheid wordt gevraagd. De urgentie van het ingrijpen op een verandering van de maximumsnelheid op de signaalgevers is echter een stuk minder dan het ingrijpen op remlichten. We zijn vooral geïnteresseerd in de opvallendheid van verandering in de tijd onder een min of meer constante kijkhoek (d.w.z. de proefpersoon kijkt op de weg en is met het verkeer bezig), gezien de lagere noodzaak van direct ingrijpen met minimale reactietijd zelfs onder de omstandigheid dat de proefpersoon met apparatuur in de auto bezig is. Hierdoor is voor dit onderzoek vooral de stuurtaak interessant, en in mindere mate de afleidende taak.

Een passend alternatief voor de stuurtaak kan worden gevonden in [9]. Dit onderzoek richtte zich op verblinding door autokoplampen. Het was bij dit experiment belangrijk dat de proefpersoon (pp) de blik in dezelfde kijkrichting hield, overeenkomend met kijken naar de weg. Om dit te bewerkstelligen is hiervoor een tracking taak ontworpen. Bij deze tracking taak beweegt de slinger langzaam naar beneden en de proefpersoon moet met een stuurwiel de onderkant van de slinger tussen de blokjes houden (zie Figuur 2). Alhoewel het doel van de tracking taak in [9] anders is dan in de huidige studie, en zich niet richt op opvallendheid maar op het discomfort dat ontstaat door autokoplampen, is het ontwerp van de tracking taak ook voor het huidige onderzoek nuttig als manier om proefpersonen op een constante en voorspelbare manier een focus te geven naast het opletten op de borden.



Figuur 2 VDU scherm met een tracking taak. De proefpersoon wordt gevraagd om de bewegende lijn tussen de blokken te houden.

2.4 Extrapolatie naar andere weersomstandigheden

In [10] is onderzoek gedaan naar de leesbaarheid van Dynamische Scheepvaart Informatie Panelen. De resultaten van dit onderzoek bieden niet direct inzicht in de leesbaarheid van signaalgevers boven de weg, maar het onderzoek heeft wel gekeken naar de invloeden van 1) dag/nacht, 2) onbewolkt/bewolkt en 3) verminderd zicht als gevolg van mist of smog. De bevindingen kunnen worden meegenomen om iets te kunnen zeggen over leesbaarheid van borden bij verschillende omstandigheden na een mogelijke praktijkproef.

3 Doelstelling

Binnen dit onderzoek is de volgende hoofdonderzoeksvraag geformuleerd:
Wat is de herkenbaarheid en opvallendheid van de maximumsnelheden op signaalgevers bij de voorgestelde manier van tonen?

De onderzoeksvraag wordt beantwoord middels twee type experimenten.

3.1 Experiment 1 - Identificatie

Bij experiment 1 gaat het over het bepalen van de pure herkenningsafstand van beelden op signaalgevers zonder secundaire taak en zonder overgangen. De herkenningsafstand wordt uitgedrukt in het aantal meter waarop correcte herkenning plaatsvindt.

Toetsvraag: Wijkt de herkenningsafstand voor stimuli in de voorgestelde situatie af van die in de huidige situatie?

3.2 Experiment 2 - Opvallendheid

Bij experiment 2 gaat het over de opvallendheid van de beelden op signaalgevers na een overgang. Hierbij gaat het om het bepalen van de detectieafstand en de herkenningsafstand na een overgang.

Toetsvraag: Wijkt de opvallendheid, uitgedrukt in de detectieafstand en herkenningsafstand na een overgang, in de voorgestelde situatie af ten opzichte van die in de huidige situatie?

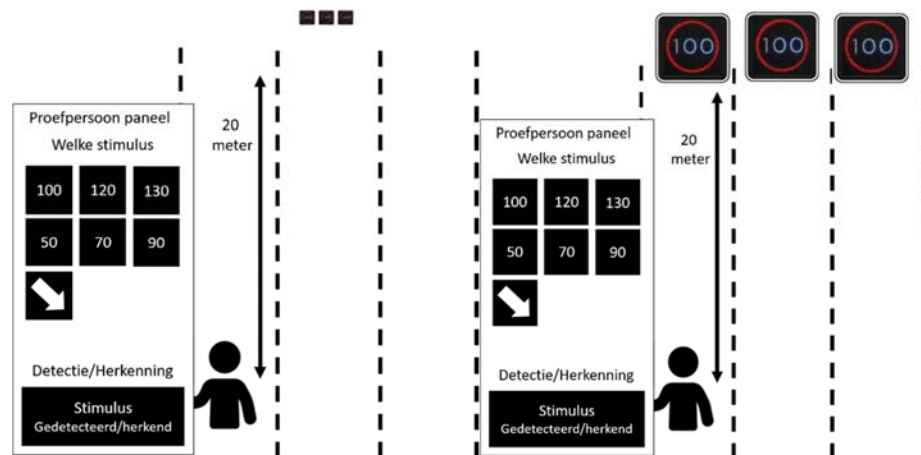
4 Meetmethode

De experimenten zijn uitgevoerd in de optische gang van TNO in Soesterberg. Dit laboratorium, dat een goed te controleren lichtniveau heeft, is in het verleden veelvuldig gebruikt voor vergelijkbare onderzoeken.

Voorafgaand aan het bekijken van de signaalgever-beelden is bij elke proefpersoon de gezichtsscherpte (visus) gemeten met een standaard Landolt-C 6-m visuskaart van TNO.

Van de signaalgevers zijn door TNO bitmaps gemaakt, grafische representaties van de signaalbeelden zoals deze worden getoond op de weg. Dit maakte het mogelijk om alle signaalgevers efficiënt te testen onder gelijke (laboratorium-)omstandigheden, via presentatie op een computerbeeldscherm. Helaas is er ook een keerzijde: het is niet mogelijk om de in de buitenwereld optredende lichtniveaus te reproduceren. Dit geldt zowel voor die van de lichtgevende elementen in de signaalgever als die van de omgeving (vooral de hemel). Daarmee is het laboratoriumexperiment wel geschikt om de signaalgevers onderling te vergelijken (de relatieve verhouding tussen luminanties van de lichtgevende elementen op de signaalgever kunnen namelijk wel in stand worden gehouden), maar niet om geldige uitspraken te doen over bijvoorbeeld de absolute herkenningsafstand in de praktijk.

4.1 Proefopstelling



Figuur 3 Links: start van het tonen van de stimulus op minimale grootte (onherkenbaar voor de proefpersoon). Rechts: moment waarop herkenning optreedt door de proefpersoon. Nadering wordt gesimuleerd waarbij afstand van de proefpersoon tot het scherm vast staat, en de grootte van de stimuli toeneemt.

Als testmateriaal werden drie gesimuleerde (bitmap representaties van) signaalgevers naast elkaar weergegeven op een beeldscherm (de raai). Deze zijn continu over de tijd in grootte geschaald. Dit houdt in dat de getoonde bitmap-representaties van de drie borden (de stimulus) op minimale grootte begon (zie Figuur 3, links), en in de tijd steeds groter werd weergegeven (Figuur 3, rechts).

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van gesimuleerde representaties van de standaard gestoken signaalgever van Swarco Futurit, ook gebruikt in [7].

De proefpersoon kreeg een toetsenbord met daarop een knop voor het aangeven van het moment van detectie of herkenning. Daarnaast had het toetsenbord knoppen overeenkomend met de mogelijke snelheden of iconen voor het aangeven van de herkende stimulus. De uitleg over hoe het paneel gebruikt diende te worden door de proefpersoon staat beschreven in hoofdstuk *Procedure* en verschilt tussen de twee experimenten.

De proefpersoon zat op een vaste afstand van 20 m van het scherm. De detectieafstand en herkenningsafstand van een signaalgever op de weg kan daarmee worden berekend door de afstand van de waarnemer tot het scherm te vermenigvuldigen met de verhouding tussen de groottes van de werkelijke en de gesimuleerde signaalgever.

4.1.1 Luminantie van de experimenteeromgeving

De beelden van de stimuli werden getoond op een Samsung beeldscherm (UE65MU6100) van 144x82 cm met een resolutie van 3840x2160 pixels (4K). De verhoudingen tussen luminanties van de lichtgevende elementen op de signaalgever zijn daarbij zo goed mogelijk gelijkgesteld aan die op de fysieke signaalgevers. De luminanties op het beeldscherm en de relatieve luminanties zijn te vinden in onderstaande Tabel 2. Het betreft hier de gemiddelde luminantie. De gemiddelde luminantie (cd/m^2) is de lichtsterkte (cd) van het lichtpunt gedeeld door het oppervlakte (m^2) waarover het licht van het lichtpunt wordt uitgespreid. Dit is dus de luminantie die op grotere afstand wordt waargenomen.

Tabel 2 RGB-waarden en de absolute en relatieve gemiddelde luminanties van de gebruikte kleuren op het beeldscherm in het experiment.

Kleur	R	G	B	Gemiddelde luminantie op beeldscherm (cd/m^2)	Relatieve luminantie op beeldscherm ¹
Wit	255	255	255	91,8	1,00
Amber	255	191	0	42,4	0,46
Rood	225	0	0	13,7	0,15
Zwart	0	0	0	0,7	0,01

Omdat het experiment binnen plaatsvond, is de omgevingsluminantie noodzakelijkerwijs lager dan de gemiddelde weg bij daglicht. De lokale omgevingsluminantie (rondom het matrixbord) was $8,64 \text{ cd/m}^2$, evenals de wijdere omgeving. Deze omgevingsluminantie komt (ongeveer) overeen met de schemering. Er is een belicht gordijn achter het beeldscherm gehangen om de omgeving achter het scherm een vergelijkbare luminantie te geven als de lokale omgevingsluminantie rondom het matrixbord. Het op het oog opvallend licht bedroeg 12 lux.

¹ Experiment TV = 4k Samsung TV-scherm

4.2 Stimuli

Het testmateriaal bestond uit de volgende stimuli. De visuele representatie kan worden gevonden in Bijlage D.

Groep 1 (Drie cijfers, met rode rand):

- 1 100 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai);
- 2 120 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai);
- 3 130 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai).

Groep 2 (Twee cijfers, met rode rand)

- 1 50 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai);
- 2 70 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai);
- 3 90 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai).

Groep 3 (Twee cijfers, zonder rode rand)

- 1 50 zonder rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai);
- 2 70 zonder rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai);
- 3 90 zonder rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai).

Groep 4 (Filewaarschuwing)

70 zonder rode rand met flashers (3 keer naast elkaar in de raai.)

Groep 5 (Rijstrook afgesloten)

- 1 Verdrijfpijl met flashers, gecombineerd met 90 zonder rode rand zonder flashers op de twee naastgelegen borden in de raai;
- 2 Verdrijfpijl met flashers, gecombineerd met 90 met rode rand zonder flashers op de twee naastgelegen borden in de raai.

Groep 6 (Niets)

Er wordt niets getoond (3 keer naast elkaar in de raai).

4.3 Procedure

4.3.1 Experiment 1 - Identificatie

In het eerste experiment zijn stimuli 1-9 elk 6 keer gepresenteerd, dus in totaal waren er 54 stimuli per proefpersoon. De volgorde van de borden is niet geheel random, maar er is gebruik gemaakt van blokken die geschud zijn. De set van borden is per proefpersoon apart eenmaal gerandomiseerd en die sequentie werd toegevoegd aan de volledige sequentie van stimuli. Vervolgens is de set opnieuw gerandomiseerd en ook die sequentie werd toegevoegd. Dit is zesmaal gedaan. Op deze manier zijn de verschillende borden gegarandeerd verspreid over het gehele experiment.

De proefpersoon werd gevraagd:

- Te drukken op de spatiebalk (herkenning knop) zodra hij het bord zeker heeft herkend. Op dit moment verdween de stimulus van het beeldscherm;
- Vervolgens de overeenkomende snelheid te selecteren op het toetsenbord.

De grootte die de stimulus had op het moment dat de proefpersoon op de spatiebalk drukte, is bepalend voor de herkenningsafstand, en dit meetpunt wordt alleen meegenomen in de analyse wanneer hij/zij het correcte antwoord gaf.

De drie borden in de raai die als stimulus getoond werden, waren bij experiment 1 alle drie steeds hetzelfde. Foutieve antwoorden zijn niet meegenomen in de analyse van herkenningsafstand, gezien dit indiceert dat de proefpersoon de stimulus op die afstand nog niet goed heeft herkend. Wel is een analyse van de foutieve antwoorden als bijlage toegevoegd.

De proefpersoon had gedurende dit experiment geen additionele taak. Hij/zij kon zich dus geheel concentreren op de borden die er werden getoond. Voor aanvang van de meting kreeg de proefpersoon eerst een oefensessie.

4.3.2 Experiment 2 - Opvallendheid

In het tweede experiment zijn de stimuli in een vooraf gekozen volgorde getoond. Hierbij werd één stimulus meerdere malen achter elkaar getoond, waarna een andere stimulus uit een andere groep getoond werd (overgang). Een voorbeeld van zo'n patroon is te vinden in Tabel 3.

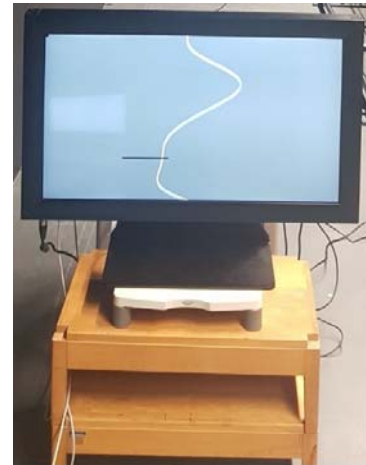
Tabel 3 Voorbeeld patroon (beoogde situatie – inrijden gebied met wegwerkzaamheden).

Stimulusnr. binnen de sequentie (#)	Stimulus type	Actie
1	1 (100 met rode rand, 3x in de raai)	-
2	1 (100 met rode rand, 3x in de raai)	-
3	1 (100 met rode rand, 3x in de raai)	-
4	1 (100 met rode rand, 3x in de raai)	-
5	1 (100 met rode rand, 3x in de raai)	-
6	9 (90 met rode rand zonder flashers, 3x in de raai)	Gewenste actie proefpersoon

De proefpersoon werd gevraagd:

- Te drukken op de knop “detectie” als hij/zij zag dat er een stimulus werd weergegeven die anders was dan de vorige stimulus;
 - Vervolgens te drukken op de knop “herkenning” zodra hij het bord zeker heeft herkend. Op dat moment verdween de stimulus van het beeldscherm;
 - Vervolgens de overeenkomende snelheid te selecteren op het toetsenbord.
- In enkele gevallen werd een reeks stimuli zonder overgang aangeboden. In dat geval moest de proefpersoon geen knop indrukken.

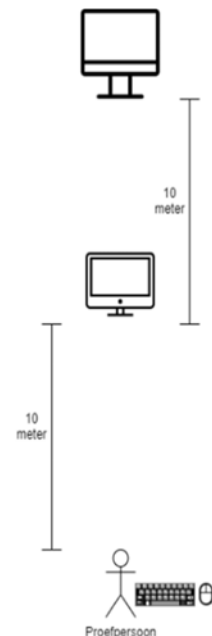
De proefpersoon kreeg als neventaak een stuurtaak waarbij de proefpersoon een bewegende lijn moest volgen met een aanwijzer, zie Figuur 4 (een disturbance rejection task, zie [9]). Doordat vrijwel continu aandacht en ook fixatie vereist was op de additionele taak, kon de proefpersoon steeds alleen kort naar de stimuli kijken. Deze tracking taak werd weergegeven op een ander scherm, dat op 10 m van de proefpersoon gepositioneerd was (zie Figuur). De twee schermen stonden achter elkaar, waarbij het scherm met matrixborden ongeveer 3 graden boven het scherm met de tracking taak gepositioneerd was (zie Figuur 6). Dit is te vergelijken met de hoek die de kijkrichting van een bestuurder heeft met de matrixborden, als deze bestuurder enkele tientallen meters voor zich op de weg kijkt.



Figuur 4 Tracking taak, simpele variant.

De additionele taak werd in twee moeilijkheidsgraden aangeboden, een simpele secundaire taak en een zware secundaire taak. Dit is gedaan zodat er kon worden getoetst hoeveel invloed de zwaarte van de secundaire taak heeft op de verschillen in opvallendheid. De zwaarte van de secundaire taak is aangepast met de breedte van de aanwijzer die op de bewegende lijn moest worden gehouden. De proefpersoon kreeg visuele feedback of de lijn goed gevolgd werd doordat de kleur van de aanwijzer veranderde als deze van de bewegende lijn af was.

Binnen het onderzoek zijn overgangen gemeten die iemand binnen bepaalde scenario's op de weg zou kunnen tegenkomen (bijv. een gebied inrijden met wegwerkzaamheden). Om de duur van het experiment voor de proefpersonen niet onnodig lang te maken, moest per scenario een selectie van overgangen gemaakt worden. De volgende overgangen zijn daarbij gekozen omdat hierbij een directe handeling van een bestuurder van belang is. Daarnaast zijn dit de overgangen waarbij er een groot verschil zit tussen de gebruikte beelden in de voorgestelde en de huidige manier van tonen. De volledige scenario's zijn te vinden in Bijlage B – Overgangen.



Figuur 5 Schematische weergave van de proefopstelling (bovenaanzicht).

De overgangen die getoetst zijn:

1. Een filestaart inrijden
 - a. Belangrijkste overgang in de huidige situatie: patroon met overgang van niets naar 70 zonder rode rand met flashers. (Niets $\rightarrow$ 70F);
 - b. Belangrijkste overgang in de beoogde situatie: patroon met overgang van 100 met rode rand naar 70 zonder rode rand met flashers. (100R $\rightarrow$ 70F).
2. Een gebied inrijden met wegwerkzaamheden:
 - a. Belangrijkste overgang in de huidige situatie: patroon met overgang van niets naar 90 zonder rode rand en zonder flashers (Niets $\rightarrow$ 90);
 - b. Belangrijkste overgang in de beoogde situatie: patroon met overgang van 100 naar 90, beide met rode rand) (100R $\rightarrow$ 90R).
3. (Mogelijk opvolgend aan 2) Het afsluiten van een rijstrook:
 - a. Belangrijkste overgang in de huidige situatie: patroon met overgang van 90 zonder rode rand zonder flashers, naar verdrijfpijl met flashers. In deze overgang wordt maar één bord in de raai veranderd (zie Bijlage B). (90 $\rightarrow$ PijlF);
 - b. Belangrijkste overgang in de beoogde situatie: patroon met overgang van 90 met rode rand zonder flashers, naar verdrijfpijl met flashers. In deze overgang wordt maar één bord in de raai veranderd (zie Bijlage B). (90R $\rightarrow$ PijlRF).
4. Verandering van maximumsnelheid door tijdstip:
 - a. Huidige situatie: Dit wordt niet gedaan in de huidige situatie;
 - b. Beoogde situatie: patroon met overgang van 100 met rode rand naar 130 met rode rand (100R $\rightarrow$ 130R)

Naast de bovenstaande overgangen zijn ook twee situaties toegevoegd waarin er geen overgang plaatsvindt: 1) een reeks stimuli met alleen lege borden, 2) een reeks stimuli met alleen borden met 90 zonder rode rand. De reeksen zijn toegevoegd om te kunnen controleren of de proefpersoon de proef aandachtig bleef uitvoeren. Ook hield het de proefpersoon alert omdat niet altijd een verandering hoeft op te treden. De reden dat specifiek voor 90 is gekozen voor een loze reeks is omdat de overgang startende met 90 altijd leidt tot een verdrijfpijl. Door de loze reeks toe te voegen moet de proefpersoon de borden blijven identificeren.

Elk patroon met een overgang is 6 keer gepresenteerd. Net als bij experiment 1 gaat het hier om gerandomiseerde blokken en werd dezelfde reeks stimuli gegarandeerd door het gehele experiment heen verspreid. Het aantal keer dat de stimulus getoond werd, voordat een overgang optrad, is ook random. Hiermee is voorkomen dat er een leereffect optrad. De proefpersoon kan anders doorkrijgen dat na elke n-de keer gewisseld werd. Het aantal borden dat onveranderd getoond werd, varieerde van 1 tot en met 5.



Figuur 6 De proefopstelling. Op het eerste scherm (10 m) wordt een tracking taak weergegeven, op het tweede scherm (20 m) worden de borden getoond.

De taak werd eerst geoefend, voordat deze voor de meting werd uitgevoerd.

4.4 Studiepopulatie

De groep proefpersonen is samengesteld op basis van de onderstaande criteria.

1. Inclusiecriteria:

- Rijbewijs en meer dan 5000 km gereden in 2019, zodat de proefpersoon basiskennis heeft van (auto)verkeer en verkeerstekens;
- Visus van 1.0 of hoger (al dan niet gecorrigeerd middels bril/contactlenzen);
- Leeftijd tussen de 25 en 50, zodat effecten van leeftijd op de waarneming (bijv. staar) geen invloed hebben op de resultaten.

2. Exclusiecriteria:

- Visuele afwijkingen (zoals kleurenblindheid of staar).

3. Steekproefgrootte verantwoording:

- Herkenningsafstand: In het onderzoek in 2001 [5] zijn 6 proefpersonen gebruikt, in het onderzoek in 2019 [7] zijn 10 proefpersonen gebruikt, waarmee een gevalideerde uitspraak kon worden gedaan over de herkenningsafstand;
- Opvallendheid: In het onderzoek in 2004 [8] zijn 21 proefpersonen gebruikt, waarmee een gevalideerde uitspraak kon worden gedaan over de reactietijd na het tonen van remlichten. We verwachten dat dit een representatieve maat is voor het aantal proefpersonen dat we nodig hebben in dit onderzoek;
- Aangezien beide onderdelen onderzocht werden met dezelfde groep proefpersonen, is gestreefd naar een aantal van 21;
- Door toedoen van COVID-19 was het uiteindelijk niet mogelijk om 21 proefpersonen langs te laten komen, en is er met 17 proefpersonen gemeten. Gezien de duidelijk statistisch significante verschillen (zie resultaten), was het niet nodig om het aantal proefpersonen nog op te hogen.

- **Opmerking:** De resultaten van één van de proefpersonen zijn naderhand volledig verwijderd, gezien deze proefpersoon consistent alle instanties van het bord “130” (in experiment 1 en in experiment 2) als “120” herkende. Uiteindelijk zijn dus de resultaten van 16 proefpersonen gebruikt in de analyse.

5 Resultaten

5.1 Analysemethode

De gemeten groottes van de borden in het experiment worden allereerst omgezet naar afstand in de praktijk door de kijkafstand van de proefpersoon tot het scherm te vermenigvuldigen met de verhouding tussen de borden in werkelijkheid en het getoonde bord.

$$\frac{\text{Afstand werkelijkheid}}{\text{Afstand proefpersoon}} = \frac{\text{Bordgrootte werkelijkheid}}{\text{Bordgrootte experiment}}$$

Hierbij is de afstand van de proefpersoon 20 m, de werkelijke bordgrootte is 2,2 m (inclusief achtergrondschild) en de bordgrootte in het experiment hangt af van de respons van de proefpersoon.

Vervolgens worden de gemeten afstanden genormeerd door te schalen met de visus. Alle gemeten afstanden worden daarmee genormeerd op een gezichtsscherpte van 1. Dat wil dus zeggen dat de genormeerde herkenningsafstand van een proefpersoon met een gezichtsscherpte van 2 dus de helft is van de werkelijk gemeten herkenningsafstand. De reden voor deze normering is dat het de spreiding ten gevolge van bekende proefpersoon verschillen vermindert en dus de meetnauwkeurigheid verhoogt. Daarnaast is normering van belang om de resultaten te kunnen extrapoleren naar de populatie van weggebruikers. Een gezichtsscherpte van 1 komt namelijk overeen met de 85-percentielwaarde van de weggebruikers ouder dan 18 jaar [5], [11].

Er wordt getoetst of de verdeling van de gevonden afstanden normaal verdeeld is.

Omdat er verschillende onafhankelijke variabelen in de experimenten worden gebruikt, worden de gemeten afstanden geanalyseerd met een (repeated-measures) ANOVA. Hierbij wordt de kans (p) berekend dat een gemeten verschil op toeval berust. Als deze kans kleiner is dan 5% ($p < 0,05$) dat wordt het verschil als reëel of statistisch significant beschouwd.

De specifieke variantieanalyses zijn hieronder genoemd. De volledige resultaten van de variantieanalyses kunnen worden gevonden in Bijlage F.

5.1.1 Experiment 1 - Identificatie

Er is een two-way (repeated measures) ANOVA uitgevoerd met afhankelijke variabele herkenningsafstand en als onafhankelijke variabelen het wel of niet hebben van een rode rand en de getoonde snelheid. Deze analyse is uitgevoerd met de resultaten uit groep 2 (3 cijfers met rode rand) en groep 3 (2 cijfers zonder rode rand).

Daarnaast is er een one-way (repeated measures) ANOVA uitgevoerd met afhankelijke variabele herkenningsafstand en als onafhankelijke variabele het aantal getoonde cijfers. Deze analyse is uitgevoerd met de resultaten uit groep 1 (3 cijfers met rode rand) en groep 2 (2 cijfers met rode rand).

5.1.2 Experiment 2- Opvallendheid

Detectieafstand

Er zijn two-way (repeated measures) ANOVA's uitgevoerd met afhankelijke variabele detectieafstand en onafhankelijke variabelen het overgangstype en de moeilijkheidsgraad van de secundaire taak. Hierbij was de toets op een statistisch significant verschil tussen de overgangen in de huidige situatie en de voorgestelde situatie van belang (dus bijvoorbeeld een analyse op een statistisch verschil tussen niets naar 70 met flashers en 100R naar 70 met flashers voor het binnenrijden van een filestaart).

Gezien de overgang van 100R naar 130R geen directe tegenhanger heeft in de huidige situatie (dit wordt momenteel niet gedaan), is er ook een ANOVA uitgevoerd met afhankelijke variabele detectieafstand en onafhankelijke variabelen het overgangstype en de moeilijkheidsgraad van de secundaire taak voor alle overgangen onderling. Waar de ANOVA statistisch significante effecten opleverde, is aanvullend met een post-hoc Tukey-test bepaald welke overgangen significant van elkaar verschilden en hoe groot die verschillen in afstand waren.

Herkenningafstand

De analyse van herkenningafstand is gelijk aan die van detectieafstand, met als enige verschil dat herkenningafstand als afhankelijke variabele is gebruikt in plaats van detectieafstand.

Effect van de moeilijkheidsgraad van de secundaire taak

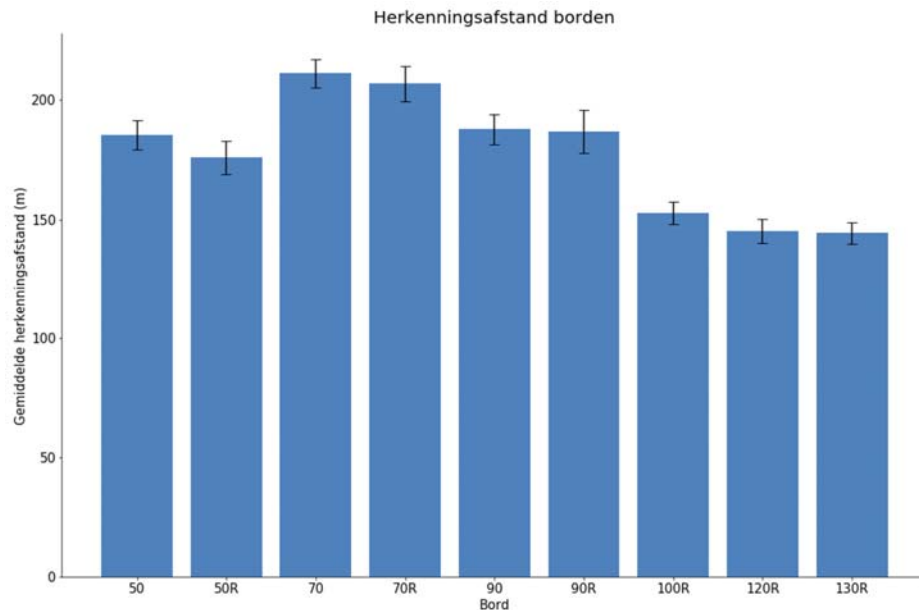
Om het effect van de moeilijkheidsgraad van de trackingtaak te toetsen, is er een (repeated measures) ANOVA gedaan met als afhankelijke variabele de gemiddelde laterale afwijking van de secundaire taak (indicatie voor taakprestatie van de tracking taak), en als onafhankelijke variabelen de moeilijkheidsgraad en het overgangstype.

5.2 Resultaat van Experiment 1 - Identificatie

Voordat enige analyse is uitgevoerd is eerst met histogrammen op het oog gecontroleerd of de resultaten normaal verdeeld waren. Naar inschatting was dit voldoende het geval om de variantieanalyse op de gebruikelijke manier uit te voeren.

Voor het uitvoeren van de onderstaande analyses worden alleen die datapunten gebruikt waarbij de proefpersoon de stimuli correct herkend heeft en dat niet op een grotere afstand heeft gedaan dan één kilometer (geconverteerd naar werkelijke afstand). In Bijlage C zijn de resultaten te vinden van de correct/incorrect gedetecteerde borden. Aangezien alle andere responses rond de 200 tot 300 meter liggen, wordt ervan uitgegaan dat een afstand van meer dan één kilometer een onbedoelde respons van de proefpersoon is geweest. Er zijn dan ook maar een zeer klein aantal van deze responses.

5.2.1 Herkenning van stimuli



Figuur 7 De gemiddelde herkenningsafstand van de borden gecorrigeerd op visus 1. De foutbalken in de plot geven hier de standaardfout aan.

In Figuur 7 is de gemiddelde afstand over de proefpersonen en de 6 herhalingen van ieder bord weergegeven zoals deze gemeten is in experiment 1.

5.2.1.1 Twee cijfers ten opzichte van drie cijfers

Er is een statistisch significant verschil (tussen de herkenningsafstand van borden met twee cijfers en borden met drie cijfers ($F(1, 15) = 115.07$, $p < 0.001$). De tweecijferige borden zijn gemiddeld op een 42 m grotere afstand te herkennen.

5.2.1.2 Rode rand

Er wordt geen statistisch significant verschil gevonden tussen borden met of zonder rode rand op basis van de resultaten van de tweecijferige borden ($F(1,15) = 2.29$, $p = 0.15$). In Figuur 7 lijkt het wellicht alsof de borden met de rode rand slechter presteren dan de randloze borden, maar de verschillen liggen binnen de foutmarge.

5.3 Resultaat van Experiment 2 - Opvallendheid

Ook voor experiment 2 zijn eerst histogrammen geplot om te controleren of de resultaten normaal verdeeld waren voordat enige analyse is uitgevoerd. Naar inschatting was dit ook hier voldoende het geval om de variantieanalyse op de gebruikelijke manier uit te voeren.

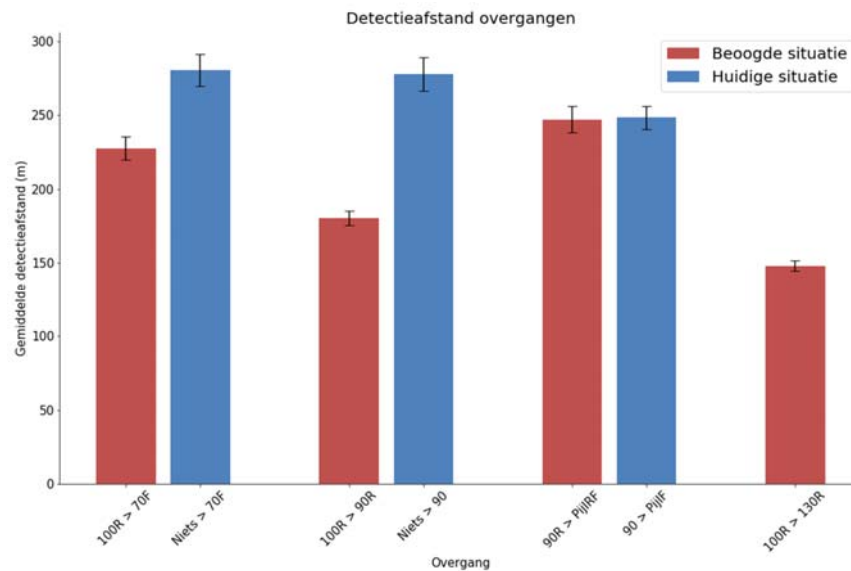
Voor het uitvoeren van de onderstaande analyses werden alleen die datapunten gebruikt waarbij de proefpersoon de stimuli correct gedetecteerd en herkend heeft en dat niet op een grotere afstand heeft gedaan dan één kilometer.

Ook in deze proef wordt er vanuit gegaan dat een respons van meer dan één kilometer een gelukkige gok is, aangezien vrijwel alle responses hier ruim onder liggen. Ter volledigheid zijn in Bijlage C - Foutanalyse de resultaten te vinden van de correct/incorrect/gemiste overgangen te vinden.

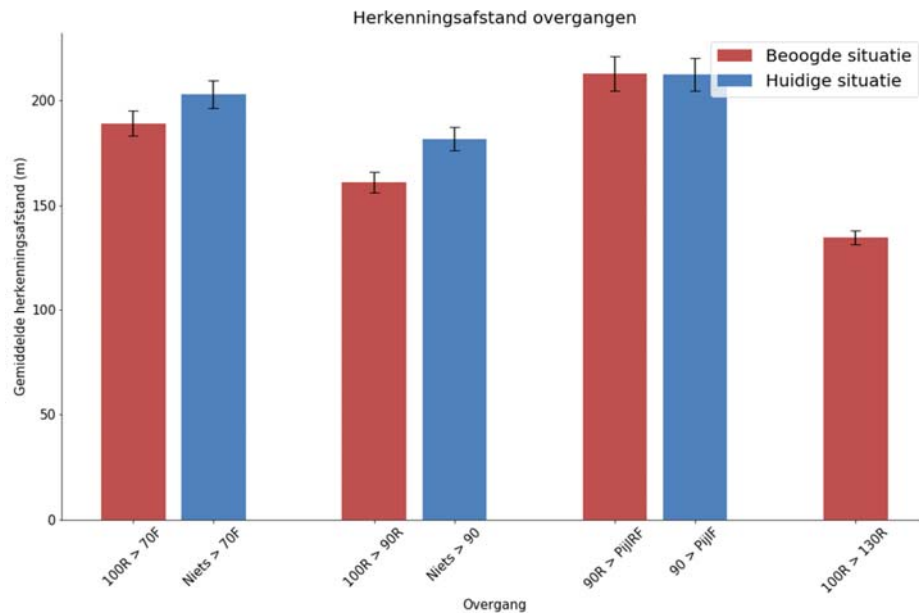
Tijdens dit onderdeel voerde de proefpersoon tegelijkertijd de secundaire taak uit. Het is ook van belang om op te merken dat herkenning in dit experiment wezenlijk anders is dan herkenning in experiment 1, het gaat namelijk om het herkennen van de overgangen.

5.3.1 Overgangen

In Figuur 8 en Figuur 9 zijn respectievelijk de detectieafstand en de herkenningsafstand van de verschillende overgangen te zien. Op basis van deze figuren zullen de overgangen toegelicht worden.



Figuur 8 De gemiddelde afstand waarop proefpersonen de overgang detecteren. Deze is gecorrigeerd voor visus. De foutbalken in de plot geven hier de standaardfout aan.



Figuur 9 De gemiddelde afstand waarop proefpersonen de overgang herkennen. Deze is gecorrigeerd voor visus. De foutbalken in de plot geven hier de standaardfout aan.

5.3.1.1 100R/70F ten opzichte van niets/70F

De overgang naar een bord met “70” met flashers wordt getoond als men een file in rijdt. Het is voor de bestuurder belangrijk om deze overgang snel op te merken aangezien men vaak relatief hard moet remmen voor een plotselinge file. In de huidige situatie staan de borden normaliter uit en zal de overgang zijn van “Niets” naar een bord waar 70 (met flashers) op wordt weergegeven zonder rode rand. In de beoogde situatie zal er vòòr de file al de maximumsnelheid getoond worden (overdag 100 km/u) met een rode rand en zal deze overgaan naar 70 km/u zonder rode rand, maar met flashers.

Detectie en herkenning

Voor deze overgang is een statistisch significant verschil gevonden tussen de huidige en de beoogde situatie voor zowel detectie ($F(1, 15) = 40.17, p < 0.001$) als herkenning ($F(1, 15) = 16.23, p = 0.0011$). De overgang wordt in de huidige situatie gemiddeld 52,7 m eerder gedetecteerd dan in de beoogde situatie. Daarnaast wordt de overgang gemiddeld 13,6 m eerder herkend.

5.3.1.2 100R/90R ten opzichte van niets/90

Wanneer men op de snelweg een gebied binnen rijdt waar wegwerkzaamheden plaatsvinden wordt de snelheid verlaagd naar 90 km/u. In de huidige situatie staan de borden normaliter uit en zal de overgang dus zijn van “Niets” naar een bord waar 90 op wordt weergegeven zonder rode rand. In de beoogde situatie zal er vòòr de wegwerkzaamheden al de maximumsnelheid getoond worden (overdag 100 km/u) met een rode rand en zal deze overgaan naar 90 km/u met een rode rand.

Omdat bij wegwerkzaamheden vaak materiaal of machines dicht langs de weg staan en er mensen langs de snelweg lopen, is het voor de veiligheid belangrijk dat de bestuurder deze overgang opmerkt.

Detectie en herkenning

Voor zowel detectie ($F(1, 15) = 76.52, p < 0.001$) als herkenning ($F(1, 15) = 28.37, p < 0.001$) is er een statistisch significant verschil tussen de huidige en de beoogde situatie. De huidige situatie wordt veel eerder gedetecteerd (gemiddeld 97.2 m) en ook eerder herkend (gemiddeld 20.7 m).

5.3.1.3 Pijlen

Wanneer men op de snelweg rijdt kan het voorkomen dat er een rijstrook wordt afgesloten vanwege een ongeval, een automobilist met pech of wegwerkzaamheden. In deze gevallen wordt eerst de maximumsnelheid verminderd (zie overgang 5.3.1.2) en daarna wordt een verdrijfpijl getoond. Het is voor bestuurders uitermate belangrijk om deze verdrijfpijl op te merken aangezien zij in deze situatie een actie moeten uitvoeren die anders is dan een snelheidsverandering. Bestuurders moeten mogelijk van rijstrook wisselen of moeten medeweggebruikers de kans geven om van rijstrook te wisselen. Om ongelukken te voorkomen is het daarom belangrijk dat iedere bestuurder op de hoogte is van de nieuwe situatie.

Detectie en herkenning

Voor zowel detectie ($F(1, 15) < 1$) als herkenning ($F(1, 15) < 1$) wordt geen statistisch significant verschil gevonden tussen de huidige en de beoogde situatie.

5.3.1.4 100R/130R

Eén van de voordelen van de beoogde situatie is dat de maximumsnelheid altijd getoond kan worden op de borden. Dit brengt nieuwe overgangen met zich mee, namelijk overgangen waarbij beide borden drie cijfers en een rode rand hebben. Binnen dit experiment is één overgang binnen de driecijferige borden met rode rand doorgemeten, namelijk de overgang van 100 naar 130 (beide met rode rand).

Detectie en herkenning

Omdat deze overgang momenteel niet wordt weergegeven op de borden is het hier niet mogelijk om de huidige situatie met de beoogde situatie te vergelijken. Wel kunnen we concluderen dat de overgang van "100" met rode rand naar "130" met rode rand slechter wordt gedetecteerd en herkend dan alle andere overgangen. De enige uitzondering hierop is tussen detectie van 100R/130R en 100R/90R, waar geen significant verschil wordt gevonden. Gemiddeld wordt deze overgang 95,5 m later gedetecteerd en 58,5 m later herkend dan de andere gemeten overgangen. Vergeleken met de overgangen van "Niets" naar borden met een snelheid wordt de overgang van 100R naar 130R zelfs 130,9 m later gedetecteerd.

5.3.2 Moeilijkheid van de secundaire taak

Tijdens experiment 2 werd de secundaire taak uitgevoerd waarbij de laterale afwijking van de proefpersoon ten opzichte van de "weg" constant werd gemeten. Het blijkt dat de moeilijkheid van de secundaire taak geen statistisch significant effect heeft gehad op het detecteren ($F(1,15) < 1$) en herkennen ($F(1,15) = 1.09, p = 0.31$) van een overgang. Ook hebben verschillende overgangen geen statistisch significant effect gehad op de prestatie van de secundaire taak ($F(6, 90) = 1.29, p = 0.27$).

Bij de moeilijke trackingtaak wordt van proefpersonen gevraagd de bewegende lijn dichter te volgen met de aanwijzer. Er is een statistisch significant verschil ($F(1,15) = 16.6$, $p = 0.001$) in gemiddelde afwijking van de weg tussen de makkelijke en de moeilijke secundaire taak. Gemiddeld hebben proefpersonen, die de detectie en herkenningstaak goed uitvoeren, 11.8% minder afwijking bij het uitvoeren van de moeilijke secundaire taak dan bij de makkelijke secundaire taak.

6 Discussie

6.1 Experiment 1 - Identificatie

6.1.1 *Drie cijfers ten opzichte van twee cijfers*

Er is een verschil tussen de herkenningsafstand van tweecijferige borden en driecijferige borden. Driecijferige borden zijn (gemiddeld) op een 22% kortere afstand te herkennen (gemiddeld op 195 m voor tweecijferig ten opzichte van 148 m voor driecijferig). Dit effect is grotendeels te verklaren door het feit dat de cijfers in driecijferige borden kleiner zijn dan de tweecijferige borden. Voor een bestuurder die 100 km/u rijdt, komt dit neer op een herkenning van 1,5 seconden later.

Daarnaast zijn de 100, 120 en 130 moeilijk te onderscheiden. Dit wordt ook veroorzaakt doordat de herkenbaarheid van de 0, de 2 en de 3 negatief beïnvloed wordt door de getallen ernaast. Dit wordt het *crowding effect* genoemd [5].

6.1.2 *Effect van de toevoeging van de rode rand op herkenningsafstand*

De toevoeging van de rode rand heeft geen effect. Het toevoegen van een rode rand heeft in onderzoeken in het verleden wel geleid tot een significante afname van de herkenningsafstand [5].

In het onderzoek van Alferdinck [5] is echter een ander type signaalgever gebruikt (type 3.6RR). Om de rode rand op de behuizing te kunnen passen, is de rode rand dichterbij de cijfers geplaatst dan het geval is bij de standaard gestoken signaalgever. Dat heeft tot gevolg dat de rode rand de cijfers nauw omsluit, waardoor meer overstraling en contourinteractie plaatsvindt dan bij de standaard gestoken signaalgever het geval is. Bij het meten van de invloed van de rode rand op de signaalgever met type 3.7.2 in [5] is namelijk geen effect gevonden van de rode rand.

6.2 Experiment 2 - Opvallendheid

6.2.1 *Detectieafstand en herkenningsafstand*

Uit de resultaten is af te leiden dat de opvallendheid van de signaalgevers afneemt bij bepaalde overgangen.

Bij het binnenrijden van een gebied met een filestaart werd de huidige overgang van niets naar 70 (met flashers, zonder rode rand) op de matrixborden in het laboratoriumexperiment 53 m eerder gedetecteerd, en 14 m eerder herkend dan de voorgestelde overgang van 100 (met rode rand) naar 70 (met flashers, zonder rode rand). Bij een snelheid van 100 km/u betekent dit dat de proefpersoon in de huidige situatie 1.9 seconden eerder doorheeft dat er iets aan de hand is, en 0.5 seconden eerder kan herkennen welke snelheid moet worden aangenomen.

Bij het binnenrijden van een gebied met wegwerkzaamheden of een ongeluk werd de huidige overgang van niets naar 90 (zonder rode rand) op de matrixborden in het laboratoriumexperiment 97 m eerder gedetecteerd, en 21 m eerder herkend dan de voorgestelde overgang van 100 naar 90 (beide met rode rand).

Bij een snelheid van 100 km/u betekent dit dat de proefpersoon in de huidige situatie 3.5 seconden eerder doorheeft dat er iets aan de hand is, en 0.7 seconden eerder kan herkennen welke snelheid moet worden aangenomen.

Na het binnenrijden van een gebied met wegwerkzaamheden of een ongeluk, is het mogelijk dat er een rijstrook wordt afgesloten. In de huidige situatie wordt dit weergegeven met een overgang van 90 (zonder rode rand) naar een pijl met flashers, waarbij de twee aangelegene signaalgevers de 90 zonder rode rand blijven tonen (Zie Bijlage D, Stimulus 11). De voorgestelde overgang zou 90 met rode rand zijn naar een pijl met flashers, waarbij de twee aangelegene signaalgevers de 90 met rode rand blijven tonen (Zie Bijlage D, Stimulus 12). In het laboratoriumexperiment is er geen verschil gevonden in deze overgang, het toevoegen van de rode rand bij deze overgang leidde dus niet tot een significant verschil in de detectieafstand of de herkenningsafstand.

Als laatste is de overgang van 100 naar 130, beide met rode rand, getoetst. Deze specifieke overgang kan alleen in het voorgestelde scenario voorkomen, bijvoorbeeld bij een overgang door een aanpassing van de maximumsnelheid om 19:00 uur (waarbij met de huidige verkeersregels de maximumsnelheid verandert). Deze overgang is echter ook een maat voor de opvallendheid van andere overgangen binnen de driecijferige borden met rode rand.² De overgang van 100 naar 130 (beide met rode rand) kan niet direct worden vergeleken met een overgang die in de huidige situatie getoond wordt. Deze overgang heeft echter wel een significant slechtere detectie- en herkenningsafstand dan bijna alle andere gemeten overgangen. De enige uitzondering hierop is het verschil in detectieafstand tussen 100R/90R en 100R/130R. Zo treedt detectie 129 m later op dan bij een overgang van niets naar 90 (Figuur 8) en treedt herkenning 47 m later op dan bij een overgang van niets naar 90 (zie Figuur 9).

6.2.2 *Secundaire taak: tracking taak*

Er is een verschil gevonden in taakprestatie van de trackingtaak tussen de makkelijke en moeilijke taak (uitgedrukt in laterale afstand van het midden van de aanwijzer tot de lijn die gevolgd moet worden). De moeilijkheid van de trackingtaak had echter geen verschil op de taakprestatie wat betreft het detecteren en herkennen van de borden. De proefpersonen hielden dus, ondanks de moeilijker trackingtaak, dezelfde strategie aan voor het waarnemen van veranderingen.

Er is gekozen om geen auditieve feedback te geven als de proefpersoon afweek van de trackingtaak, bijvoorbeeld door het toevoegen van een piepje als de proefpersoon afwijkt. Er was wel visuele feedback en de proefleiding hield in de gaten of de proefpersoon de tracking taak nog serieus uitvoerde. Hier is voor gekozen om de proefpersoon in de gelegenheid te stellen om de aandacht te wisselen tussen de tracking taak en de borden. Additionele feedback op de taakprestatie kan mogelijk een verschil tussen detectieafstand en herkenningsafstand bewerkstelligen voor de makkelijke en moeilijke trackingtaak, omdat de proefpersoon meer aandacht moet besteden aan de trackingtaak en daarmee minder in staat is om een eigen kijkstrategie te aan te houden.

² Bij wegwerkzaamheden of een verkeersongeluk is voorgesteld, dat als de maximumsnelheid 130 bedraagt, er eerst een overgang van 130 naar 110 plaatsvindt (beide met rode rand).

Er wordt dan afgedwongen dat de proefpersoon de aandacht en ook zijn kijkrichting continu bij de trackingtaak houdt. Hierbij zou de proefpersoon geen mogelijkheid hebben om te schakelen naar de borden, en deze alleen puur vanuit de periferie moeten waarnemen.

6.3 Laboratoriumexperiment ten opzichte van de praktijk

6.3.1 *Absolute afstanden*

Dit experiment heeft volledig onder laboratoriumcondities plaatsgevonden. Dit betekent dat vooral de relatieve verschillen tussen signaalgevers en overgangen mogen worden gebruikt bij het beantwoorden van de onderzoeksvraag. In de praktijk kunnen weeromstandigheden optreden waarbij de absolute detectieafstanden en herkenningsafstanden afwijken van de gevonden resultaten onder de min of meer ideale omstandigheden in het laboratorium. Een andere factor die van belang is, is dat de luminanties op de beeldschermen in verhouding kloppen maar in absolute waarde veel lager zijn dan in de praktijk. Dit kan leiden tot lagere absolute herkenningsafstanden in de laboratoriumsetting.

Om een gevoel te krijgen voor de verschillen die mogelijk hierdoor veroorzaakt worden, kunnen de gevonden resultaten in dit onderzoek worden vergeleken met de genormeerde herkenningsafstanden die gevonden zijn in [7] in de praktijk. Binnen [7] is met een beperkt aantal beelden op de signaalgevers (70R en 100R) gemeten. In [7] werd de 70 met rode rand op gemiddeld 225 m (SE = 20 m) herkend, waarbij dit onderzoek 207 m (SE=7 m) gevonden heeft als herkenningsafstand. Daarnaast werd de 100 met rode rand in [7] op 183m (SE=13m) herkend, waar in dit onderzoek 153 m (SE=5 m) gevonden is. In [7] is gemeten onder goede omstandigheden (geen mist, geen tegenlicht van de zon, etc.). De resultaten uit [7] indiceren dat de absolute herkenningsafstanden mogelijk hoger zijn dan degene gevonden in het laboratoriumexperiment.

De resultaten uit [7] zijn bepaald met een klein aantal proefpersonen (n=6), zonder herhalingen. De resultaten hebben daardoor een hoge standaardfout; voor een gevalideerde vergelijking zijn praktijkmetingen met meer proefpersonen, meer type beelden en meer weersomstandigheden nodig.

6.3.2 *Opvallendheid*

De proefpersonen werden in experiment 2 opgedragen een tracking taak uit te voeren op een scherm met bijna dezelfde kijkrichting als het scherm waarop de signaalgevers getoond werden. De hoek tussen het scherm met de tracking taak en het scherm met de borden (~3 graden) is vergelijkbaar met een bestuurder die enkele tientallen meters voor zich op de weg kijkt. Daarnaast wordt de proefpersoon voortdurend bij de les gehouden om de overgangen waar te blijven nemen. Door de opzet van dit experiment zijn de gevonden detectieafstanden en herkenningsafstanden vooral een maat voor een bestuurder die voor zich op de weg kijkt, en actief met de borden bezig is.

Daarbij is de tracking taak vooral bedoeld om de visuele aandacht van de proefpersoon vast te houden, zodat de proefpersoon niet puur op de borden kan kijken, maar afwisselend naar verschillende richtingen moet kijken of de borden vanuit de nabije periferie van het gezichtsveld moet waarnemen, vergelijkbaar als voor je kijken op de weg tijdens het rijden.

Er is daarbij niet getoetst of de tracking taak dezelfde last oplegt als autorijden, of wat de effecten zijn van een afgeleide bestuurder (bijv., een bestuurder die de radio bedient, of een bestuurder die om zich heen kijkt).

In het onderzoek is niet gekeken naar de (effecten op) langdurige attentiewaarde³ van de signaalgevers in de huidige en voorgestelde manier van tonen. Om de langdurige (bijv. 2 uur lang rijden) attentiewaarde grondig te toetsen moeten meerdere proefpersonen gedurende langere tijd rondrijden in een (echte/virtuele) omgeving met en zonder het permanent weergeven van de maximumsnelheid op de signaalgevers. Het is namelijk mogelijk dat bestuurders onder dit soort condities hun kijkgedrag aanpassen.

6.4 Openstaande vragen

- Hoe verhouden deze uitkomsten zich tot de praktijk?

Het grote voordeel van het meten in een laboratorium is dat op een gecontroleerde manier een groot aantal datapunten kan worden verzameld van verschillende signaalgevers en overgangen. Het is echter niet mogelijk om de laboratoriumsetting 100% gelijk te krijgen aan de praktijk. Dit maakt de resultaten vooral geschikt om onderlinge verschillen in afstand te meten tussen verschillende signaalgevers en tussen overgangen, en minder geschikt om absolute afstanden te bepalen.

Onderzoeken van TNO uit het verleden geven een inschatting hoe de herkenningsafstanden in dit onderzoek zich verhouden tot de herkenningsafstanden in de praktijk, maar meer onderzoek is nodig om een gevalideerde uitspraak te kunnen doen over het verschil tussen het laboratorium en de praktijk.

Voor een vertaling van de resultaten over opvallendheid naar de praktijk is een additionele praktijkproef nodig, waarbij proefpersonen in een realistische rij situatie worden geplaatst. Door tijdens het rijden te meten, kunnen we komen tot detectieafstanden en herkenningsafstanden onder een realistische rijtaak en realistisch kijkgedrag van een bestuurder.

- Effect van de kijkhoek?

Er is gekozen om de kijkhoek tussen de tracking taak en de borden vergelijkbaar te maken met die wanneer je voor je op de weg en naar de signaalgevers boven de weg kijkt. Er is mogelijk een effect van deze kijkhoek op de detectieafstand en herkenningsafstand. In een vervolgstudie zou bekeken kunnen worden hoe de prestatie wordt beïnvloed met een grotere kijkhoek (bijvoorbeeld een kijkhoek die vergelijkbaar is met het kijken op de snelheidsmeter, of het bedienen van apparatuur in de auto).

- Effect van de rode rand en het rode kruis?

In de beoogde situatie zullen de maximum snelheden met een rode rand permanent worden getoond op signaalgevers. Hierdoor zal er veel vaker en meer rood licht zichtbaar zijn op de signaalgevers dan in de huidige situatie het geval is. Dit zou de detectie en herkenning van het rode kruis mogelijk kunnen veranderen.

³ De mate, waarin een communicatie-uiting in staat is de aandacht van de geconfronteerde persoon te trekken

Bijvoorbeeld, in de beoogde situatie zullen er op een rijbaan met drie rijstroken waar een maximumsnelheid van 100 km/h geldt, drie borden met een rode rand worden getoond. Als de rechterstrook als spitsstrook afgesloten wordt dan zal daar een rood kruis op de signaalgever verschijnen. Deze overgangen zijn niet onderzocht in de huidige studie maar wellicht kunnen de effecten van het toevoegen van de rode rand op de opvallendheid van het “rood kruis” worden getest in een volgend onderzoek.

7 Conclusie

- Een signaalgever met een snelheidsaanduiding van drie cijfers heeft een kortere herkenningsafstand dan een signaalgever met twee cijfers. Het gaat het om een afname van gemiddeld 22% (gemiddeld 195 m voor tweecijferige borden ten opzichte van 148 m voor driecijferige borden). Dit effect is te verklaren door de afname in de grootte van de cijfers en het optreden van het crowding effect.
- Het toevoegen van de rode rand aan de gebruikte snelheidsaanduidingen heeft geen effect op de herkenningsafstand opgeleverd.
- Voor verschillende scenario's is de opvallendheid (uitgedrukt in detectieafstand en herkenningsafstand na een overgang) van de voorgestelde manier van tonen bepaald en vergeleken met de huidige manier van tonen. De belangrijkste overgangen binnen de scenario's zijn gemeten:
 1. Binnenrijden Filestaart
 - Vergeleken situaties:
 - Huidig: Niets naar 70 (met flashers)
 - Voorgesteld: 100R naar 70 (met flashers)
 - Resultaten:
 - Detectieafstand: gemiddeld 53 m korter in de voorgestelde situatie
 - Herkenningsafstand: gemiddeld 14 m korter in de voorgestelde situatie
 2. Binnenrijden van een gebied met wegwerkzaamheden/ongeluk
 - Vergeleken situaties:
 - Huidig: Niets naar 90
 - Voorgesteld: 100R naar 90R
 - Resultaten:
 - Detectieafstand: gemiddeld 97 m korter in de voorgestelde situatie
 - Herkenningsafstand: gemiddeld 21 m korter in de voorgestelde situatie
 3. Mogelijk opvolgend aan 2): Het afsluiten van een rijstrook
 - Vergeleken situaties:
 - Gemeten huidige situatie: 90 naar pijl (met flasher)
 - Voorgesteld: 90R naar pijl (met flasher)
 - Resultaten:
 - Detectieafstand: Geen verschil
 - Herkenningsafstand: Geen statistisch significant verschil
 4. Snelheidswisseling door tijdstip/Wisseling binnen 3-cijferig
 - Gemeten overgang:
 - Voorgesteld: 100R naar 130R
 - Resultaten:
 - Detectieafstand: slechter dan alle andere overgangen (bijvoorbeeld detectie op 129 m kortere afstand dan van niets naar 90)
 - Herkenningsafstand: slechter dan alle andere overgangen (bijvoorbeeld herkenning op 47 m kortere afstand dan van niets naar 90)
- Uit bovenstaande resultaten is af te leiden dat de opvallendheid van de signaalgevers voor het binnenrijden van een gebied met wegwerkzaamheden en het binnenrijden van een filestaart bij de voorgestelde manier van tonen afneemt ten opzichte van de huidige manier van tonen. Een overgang binnen driecijferige borden met rode rand is minder opvallend dan elke andere overgang die gemeten is.

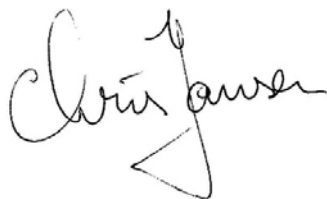
Dit experiment heeft volledig onder laboratoriumcondities plaatsgevonden. Dit betekent dat vooral de relatieve verschillen tussen signaalgevers en overgangen mogen worden gebruikt bij het beantwoorden van de onderzoeksvraag. Effecten van kijkgedrag, cognitieve last van autorijden en weersomstandigheden worden hierdoor niet meegenomen, en kunnen in een vervolgstudie in de praktijk worden meegenomen.

8 Referenties

- [1] Rijkswaterstaat, "Functioneel Eisenpakket Signaalgevers," 2013.
- [2] Rijkswaterstaat, "Wegkantsysteem voor Signaleren en Monitoren," 2013.
- [3] Standard European Brussels: European Committee for Standardisation (CEN), "Road vertical signs - Variable message traffic signs - Part 1: Product standard (European Standard EN 12966-1:2005+A1)," 2009.
- [4] P. Padmos, T. D. J. van den Brink, J. W. A. M. Alferdinck, and E. Folles, "Matrix signs for motorways: System design and optimum photometric features," *Light. Res. Technol.*, vol. 20, no. 2, pp. 55–60, 1988, doi: 10.1177/096032718802000202.
- [5] J. W. A. M. Alferdinck, "Leesbaarheid van vier typen signaalgevers," *TNO-rapport*, no. TM-01-C046, 2001.
- [6] J. W. A. M. Alferdinck, "Specificaties van een universele signaalgever," *TNO-rapport*, no. TM-01-C045, 2001.
- [7] R. A. van Buuren, F. L. Kooi, and A. R. . van der Horst, "Bruikbaarheid van alternatieve matrixsignaalgevers voor de Rijnlandroute," *TNO-rapport*, no. R10331, 2019.
- [8] J. Alferdinck, "Evaluation of Emergency Brake Light Display (EBLD) systems," *TNO-rapport*, no. TM-04-C020, 2004.
- [9] J. W. A. M. Alferdinck, "Discomfort glare from D1 headlamps of different size," *TNO-rapport*, no. IZF 1991 C-21, 1991.
- [10] W. Oldenhof, F. L. Kooi, and A. Toet, "Leesbaarheid Dynamische Scheepvaart Informatie Panelen (DSIP 's)," *TNO-rapport*, no. R10709, 2018.
- [11] J. W. A. M. Alferdinck, "Ontwerpregels voor matrixsignaalgevers," *TNO-rapport*, no. TM-01-C045, 1993.

9 Ondertekening

TNO Soesterberg, januari 2021

A handwritten signature in black ink that reads "Chris Jansen". The signature is written in a cursive style with a large, stylized 'C' and 'J'.

Chris Jansen

A handwritten signature in blue ink that reads "Tycho Brug". The signature is written in a cursive style with a large, stylized 'T' and 'B'.

Tycho Brug (Project Manager)

A Terminologie & Afkortingen

Termen	
Raai	Drie (gesimuleerde) signaalgevers naast elkaar
Gestoken signaalgever	VMS (Variable Message Sign), uitgerust met een vast aantal en in een vast patroon aangebrachte beeldpunten.
Stimulus	Een raai met drie borden, in de tijd steeds groter geschaald (Figuur 3).
Overgang	Vorige stimulus is anders dan huidig stimulus
Patroon	Meerdere stimuli achter elkaar met 1 overgang
Detectieafstand	Afstand waarop de proefpersoon waarneemt dat er iets getoond wordt, of dat hetgeen wat getoond wordt anders is dan het vorige wat getoond wordt na een overgang.
Herkenningsafstand	Afstand waarop de proefpersoon met zekerheid kan zeggen wat de getoonde stimulus is. In het geval van cijfers of tekst is dit gelijk aan de leesbaarheidsafstand. We spreken hier van herkenbaarheid aangezien ook iconen worden meegenomen.
Opvallendheid	Mate waarmee de proefpersoon detecteert (ziet dat er iets anders is), en vervolgens herkent (weet wat de nieuwe stimulus is), dat de huidige stimulus anders is dan de voorgaande getoonde stimulus na een overgang.
Luminantie	Foto-metrische maat voor helderheid, namelijk de lichtsterkte per oppervlakte-eenheid loodrecht op de kijkrichting.
Significant	Statistisch significant, niet aan toeval toe te schrijven en dus betekenisvol. Niet te verwarren met de definitie in de volksmond (e.g., zwaarwegend).

Afkortingen	
R	Met rode rand
F	Met flashers
AID	Automatische Incident Detectie
RWS	Rijkswaterstaat
TNO	Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek
SE	Standaard Error/Standaard Fout

B Overgangen

Afkortingen

R - Rode rand

F - Flashers

Niets - Lege signaalgever

Pijl - Verdrijfpijl

Kruis - Rood kruis

Exit - Witte Cirkel met streep (Einde alle verboden)

Scenario's (dikgedrukt is de gemeten overgang)

1. Een filestaart inrijden

a. Huidige situatie

	n keer	1 keer	1 keer	n keer	1 keer	n keer
Bord 1	Niets	70F	50F	50	Exit	Niets
Bord 2	Niets	70F	50F	50	Exit	Niets
Bord 3	Niets	70F	50F	50	Exit	Niets

b. Beoogde situatie

	n keer	1 keer	1 keer	n keer	n keer
Bord 1	100R	70F	50F	50	100R
Bord 2	100R	70F	50F	50	100R
Bord 3	100R	70F	50F	50	100R

2. Een gebied inrijden met wegwerkzaamheden:

a. Huidige situatie

	n keer	1 keer	n keer	1 keer	n keer
Bord 1	Niets	90	70	Exit	Niets
Bord 2	Niets	90	70	Exit	Niets
Bord 3	Niets	90	70	Exit	Niets

b. Beoogde situatie

	n keer	1 keer	n keer	n keer
Bord 1	100R	90R	70R	100R
Bord 2	100R	90R	70R	100R
Bord 3	100R	90R	70R	100R

3. Het afsluiten van een rijstrook:

a. Huidige situatie

	n keer	1 keer	1 keer	n keer	1 keer	n keer
Bord 1	Niets	90	90	70	Exit	Niets
Bord 2	Niets	90	90	70	Exit	Niets
Bord 3	Niets	90	PijlF	Kruis	Exit	Niets

b. Beoogde situatie

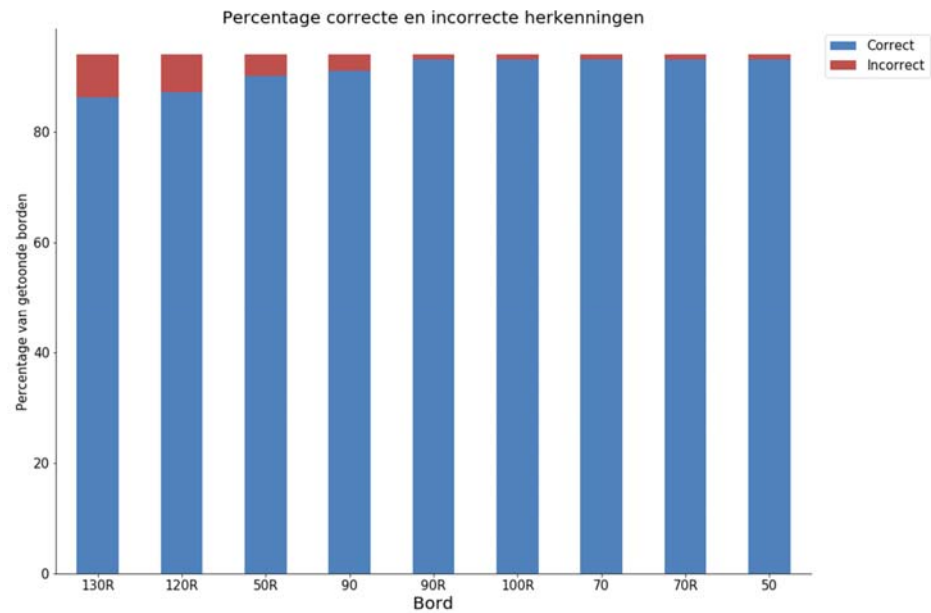
	n keer	1 keer	1 keer	n keer	n keer
Bord 1	100R	90R	90R	70R	100R
Bord 2	100R	90R	90R	70R	100R
Bord 3	100R	90R	PijlF	Kruis	100R

4. Verandering van maximumsnelheid door tijdstip:

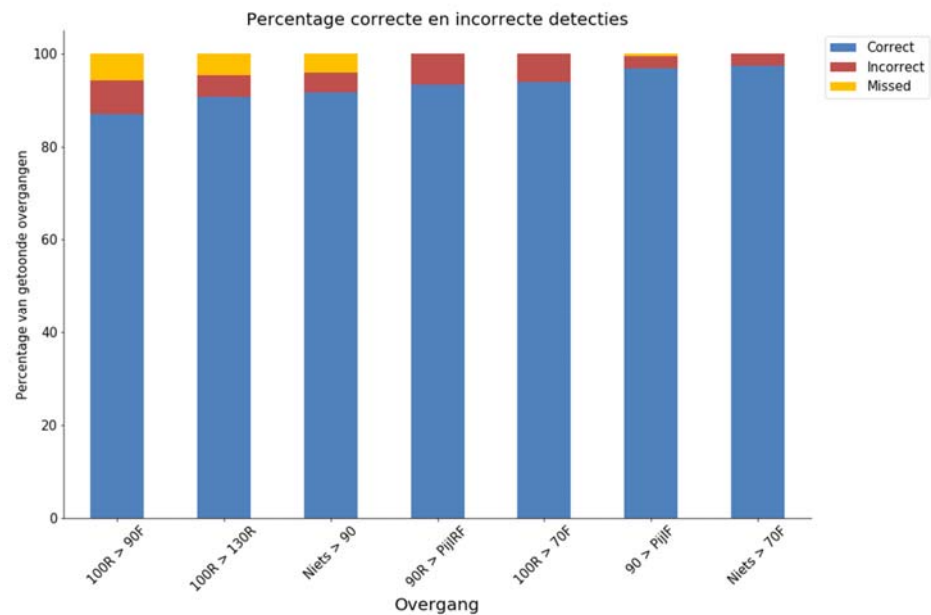
a. Beoogde situatie

	n keer	n keer
Bord 1	100R	130R
Bord 2	100R	130R
Bord 3	100R	130R

C Foutanalyse



Figuur 10 analyse op experiment 1. Percentage correct en incorrect gedetecteerde borden.



Figuur 11 Foutanalyse op experiment 2. Percentage correct, incorrect en gemiste borden borden

D Stimuli

Groep 1 (Drie cijfers, met rode rand):

1. 100 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai)



2. 120 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai)



3. 130 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai)



Groep 2 (Twee cijfers, met rode rand)

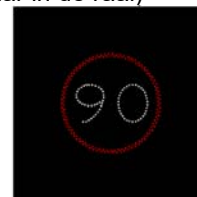
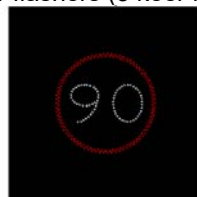
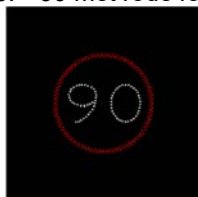
4. 50 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai)



5. 70 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai)



6. 90 met rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai)



Groep 3 (Twee cijfers, zonder rode rand)

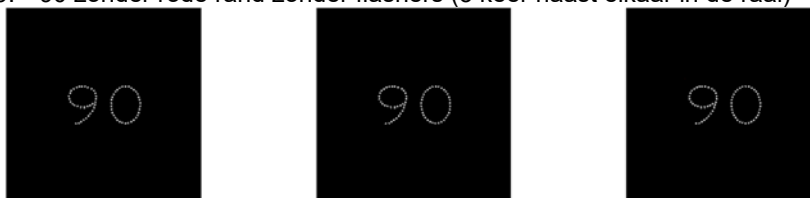
7. 50 zonder rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai)



8. 70 zonder rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai)

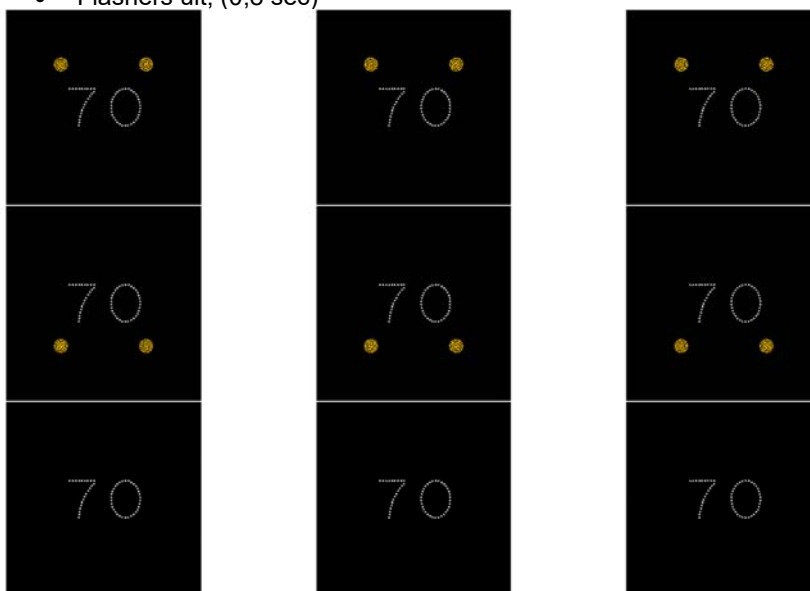


9. 90 zonder rode rand zonder flashers (3 keer naast elkaar in de raai)



Groep 4 (Filewaarschuwing)

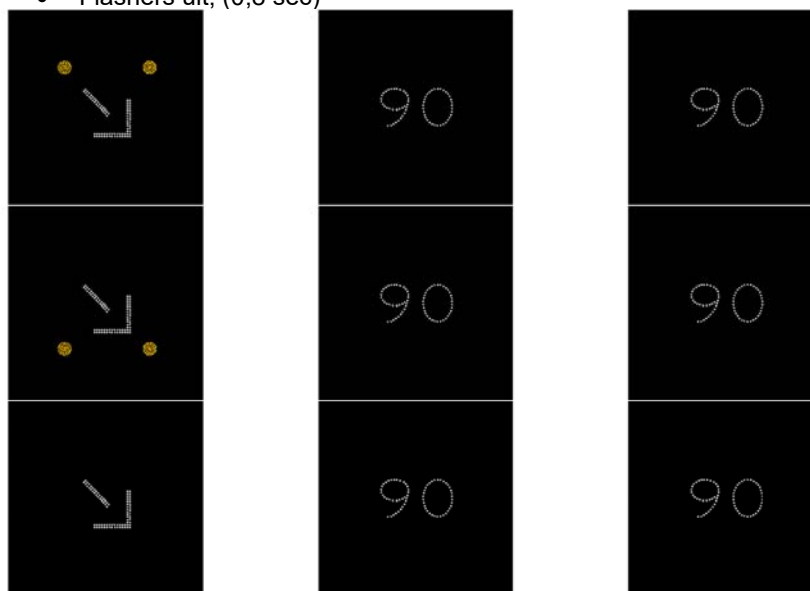
10. 70 zonder rode rand met flashers (3 keer naast elkaar in de raai). De knippersequentie van de flashers wordt hieronder weergegeven (zie 2.1.3)
- Flashers aan boven (0,6 sec)
 - Flashers aan onder (0,6 sec)
 - Flashers uit, (0,8 sec)



Groep 5 (Rijstrook afgesloten)

11. Verdrijfpijl met flashers, gecombineerd met 90 zonder rode rand zonder flashers op de twee naastgelegen borden in de raai.). De knippersequentie van de flashers wordt hieronder weergegeven (zie 2.1.3)

- Flashers aan boven (0,6 sec)
- Flashers aan onder (0,6 sec)
- Flashers uit, (0,8 sec)



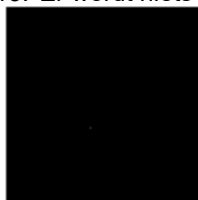
12. Verdrijfpijl met flashers, gecombineerd met 90 met rode rand zonder flashers op de twee naastgelegen borden in de raai.). De knippersequentie van de flashers wordt hieronder weergegeven (zie 2.1.3)

- Flashers aan boven (0,6 sec)
- Flashers aan onder (0,6 sec)
- Flashers uit, (0,8 sec)



Groep 6 (NIETS)

13. Er wordt niets getoond (3 keer naast elkaar in de raai)



E Proefperson instructie

Experiment 1 - Identificatie

Tijdens dit experiment maken we gebruik van twee schermen. Op het verre scherm worden straks verkeersborden getoond. Voor proef 1 is het scherm dat dichterbij staat nog niet van belang. Zorg er wel voor dat de bovenkant van het scherm dat dichterbij staat ongeveer op de onderkant zit van het scherm dat verder weg zit in uw gezichtsveld.

- Houd tijdens het uitvoeren van de proef uw hand op de spatiebalk.
- In proef 1 drukt u op de spatiebalk zodra u zeker weet welke snelheid er op het verre scherm getoond wordt.
- Zodra u op de spatiebalk gedrukt heeft, verdwijnt het bord direct.
- Na het drukken van de spatiebalk drukt u op uw toetsenbord op het cijfer overeenkomend met de snelheid.

We zullen dit eerst even oefenen.

Experiment 2 - Opvallendheid

- Proef twee bevat meer onderdelen dan proef één. Let op!
- Houd voor proef twee uw ene hand op de spatiebalk en de tweede hand op de muis!
- U gaat straks trajecten op de snelweg rijden, waarbij u op een bepaald moment de snelheid van uw auto moet aanpassen.
- Op het scherm dat dichterbij staat zal een volgtaak getoond worden.
 - Ten eerste gaat het erom dat u de volgtaak goed uitvoert. Houd uw auto op de weg!
 - Voor de volgtaak ziet een witte lijn op het eerste scherm. Deze lijn gaat in de proef bewegen, van boven naar beneden.
 - Met de muis kunt u de horizontale streep (de auto) besturen, dit doet u door de muis naar links en rechts te bewegen.
 - Het is aan u de taak om de horizontale streep ten alle tijden zo goed mogelijk op de witte lijn te houden.
 - Mocht u er even van afwijken, maak u geen zorgen en ga verder met de proef. Beweeg de horizontale lijn dan wel weer snel terug.
- Daarnaast gaat het erom dat u de veranderingen op de borden ziet. Mogelijk moet u uw snelheid aanpassen omdat er iets gebeurd is!
 - U ziet eerst op het scherm een informatie bord hoe hard u rijdt! Om uzelf ervan te verzekeren dat u dit ziet en onthoudt, spreek deze snelheid hardop uit. Bijvoorbeeld: "Ik rijd nu 100"
 - Het eerste bord dat u in de reeks ziet is altijd hetzelfde als uw huidige snelheid, hier hoeft u nog niks te doen, behalve dan de volgtaak uitvoeren.
 - Het tweede, derde, vierde, etc., bord kunnen hetzelfde zijn als het eerste bord. Als dit het geval is, hoeft u nog steeds alleen de volgtaak uit te voeren.
 - Op een bepaald moment zult u zien dat het huidige bord anders is dan de vorige borden! U moet nu uw snelheid dus aanpassen
 - Zodra u ziet dat de borden anders zijn drukt u de eerste keer op de spatiebalk. Dit kunt u al doen VOORDAT u het bord kan lezen! We weten daarmee dat u de verandering gezien hebt.

- Zodra u het veranderde bord kan lezen drukt u nog een keer op de spatiebalk.
- Zodra u de tweede keer heeft gedrukt, verdwijnt het bord. U geeft nu, net als in de eerste taak, aan op het toetsenbord welk bord u heeft gezien!
- Let dus op: Na elke verandering drukt u dus twee keer op de spatiebalk: De eerste keer als u het opvalt dat het bord anders is dan het vorige, de tweede keer als u met zekerheid kan zeggen wat het nieuwe bord is!
- Deze twee moment kunnen zeer dicht bij elkaar zitten, of zelfs identiek zijn. Als dit het geval is, drukt u twee keer snel achter elkaar op spatie.
- Sommige reeksen hebben geen overgang. Het kan dus zijn dat u in bepaalde reeksen niet hoeft in te grijpen!

We zullen dit eerst even oefenen!

F Resultaten ANOVA en Tukey-tests

F.1 Experiment 1 - Identificatie

Met behulp van een two-way-RM-anova met als afhankelijke variabele de herkenningsafstand en als onafhankelijke variabele de snelheid en het hebben van een rode rand bekijken we het effect van de rode rand. Deze analyse wordt gedaan met de resultaten uit groep 2 en groep 3.

Er wordt hierbij een statistisch significant verschil gevonden als effect van de getoonde snelheid $F(2, 30) = 45.77$, $p < 0.001$.

Er wordt geen statistisch verschil gevonden tussen het wel of niet hebben van een rode rand $F(1, 15) = 2.29$, $p = 0.15$.

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
speed	45.774564	2.0	30.0	7.68e-10
rode_rand	2.285907	1.0	15.0	1.51e-01
speed:rode_rand	1.271077	2.0	30.0	2.95e-01

Met behulp van een one-way-RM-anova met als afhankelijke variabele de herkenningsafstand en als onafhankelijke variabele het aantal cijfers wordt het effect bekeken van het toevoegen van een cijfer op de borden. Deze analyse wordt gedaan met de resultaten uit groep 1 en groep 2.

Er wordt hierbij een statistisch significant verschil gevonden als effect van de getoonde snelheid $F(1, 15) = 115.07$, $p < 0.001$.

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
aantal_cijfers	115.07	1.0	15.0	1.97e-08

F.2 Experiment 2 – Opvallendheid - Detectie

Met behulp van een two-way-RM-anova met als afhankelijke variabele de detectieafstand en als onafhankelijke variabele het overgangstype en de moeilijkheidsgraad bekijken we de effecten van de overgangen. Deze analyse wordt gedaan met de verschillende type overgangen in de huidige en de voorgestelde manier van tonen binnen de beschreven scenario's.

Filestaart (100R/70F ten opzichte van niets/70F):

Er wordt hierbij een statistisch significant verschil gevonden als effect van de overgangstypes $F(1, 15) = 40.17$, $p < 0.001$.

Er wordt geen statistisch verschil gevonden tussen de moeilijkheidsgraden $F(1,15) < 1$

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
condition	40.17	1.0	15.0	0.000013
Difficulty	0.017	1.0	15.0	0.90
condition:Difficulty	4.80	1.0	15.0	0.045

Gebied met wegwerkzaamheden (100R/90R ten opzichte van niets/90)

Er wordt hierbij een statistisch significant verschil gevonden als effect van de overgangstypes $F(1, 15) = 76.52$, $p < 0.001$.

Er wordt geen statistisch verschil gevonden tussen de moeilijkheidsgraden $F(1,15) < 1$.

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
condition	76.52	1.0	15.0	2.82e-07
Difficulty	0.15	1.0	15.0	7.07e-01
condition:Difficulty	0.23	1.0	15.0	6.40e-01

Afsluiten van een rijstrook (Pijlen):

Er wordt hierbij geen statistisch significant verschil gevonden als effect van de overgangstypes $F(1, 15) < 1$

Er wordt geen statistisch verschil gevonden tussen de moeilijkheidsgraden $F(1,15) < 1$.

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
condition	0.096	1.0	15.0	0.76
Difficulty	0.010	1.0	15.0	0.92

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
condition:Difficulty	4.26	1.0	15.0	0.057

Overgang binnen driecijferige borden (100R/130R):

Gezien deze overgang niet direct te vergelijken is met de huidige situatie, wordt eerste met behulp van een two-way-RM-anova met als afhankelijke variabele de detectie-afstand en als onafhankelijke variabele het overgangstype en de moeilijkheidsgraad bekeken of er effecten zijn van alle de overgangen onderling.

Er wordt hierbij een statistisch significant verschil gevonden als effect van de overgangstypes $F(6, 90) = 78.44$, $p < 0.001$

Er wordt geen statistisch verschil gevonden tussen de moeilijkheidsgraden $F(1,15) < 1$.

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
condition	78.44	6.0	90.0	1.37e-33
Difficulty	7 ^E -6	1.0	15.0	9.98e-01
condition:Difficulty	1.87	6.0	90.0	9.54e-02

Gezien er een statistisch significant verschil is tussen de overgangstypes, doen we een TUKEY HSD test om de onderlinge verschillen te vergelijken:

Multiple Comparison of Means - Tukey HSD, FWER=0.05						
group1	group2	meandiff	p-adj	lower	upper	reject
('100r', '130r')	('100r', '70f')	79.5262	0.001	44.6219	114.4305	True
('100r', '130r')	('100r', '90r')	32.248	0.091	-2.6563	67.1524	False
('100r', '130r')	('90', 'pijlf')	100.209	0.001	65.3047	135.1133	True
('100r', '130r')	('90r', 'pijlrrf')	99.0874	0.001	64.1831	133.9917	True
('100r', '130r')	('niets', '70f')	132.2669	0.001	97.3626	167.1712	True
('100r', '130r')	('niets', '90')	129.4491	0.001	94.5448	164.3534	True
('100r', '70f')	('100r', '90r')	-47.2781	0.0015	-82.1825	-12.3738	True
('100r', '70f')	('90', 'pijlf')	20.6828	0.5637	-14.2215	55.5871	False
('100r', '70f')	('90r', 'pijlrrf')	19.5612	0.6194	-15.3431	54.4655	False
('100r', '70f')	('niets', '70f')	52.7407	0.001	17.8364	87.645	True
('100r', '70f')	('niets', '90')	49.9229	0.001	15.0186	84.8272	True
('100r', '90r')	('90', 'pijlf')	67.961	0.001	33.0567	102.8653	True
('100r', '90r')	('90r', 'pijlrrf')	66.8394	0.001	31.9351	101.7437	True
('100r', '90r')	('niets', '70f')	100.0189	0.001	65.1146	134.9232	True
('100r', '90r')	('niets', '90')	97.2011	0.001	62.2968	132.1054	True
('90', 'pijlf')	('90r', 'pijlrrf')	-1.1216	0.9	-36.0259	33.7827	False
('90', 'pijlf')	('niets', '70f')	32.0579	0.0948	-2.8464	66.9622	False
('90', 'pijlf')	('niets', '90')	29.2401	0.167	-5.6642	64.1444	False
('90r', 'pijlrrf')	('niets', '70f')	33.1795	0.0746	-1.7248	68.0838	False
('90r', 'pijlrrf')	('niets', '90')	30.3617	0.1342	-4.5426	65.266	False
('niets', '70f')	('niets', '90')	-2.8178	0.9	-37.7221	32.0865	False

F.3 Experiment 2 – Opvallendheid - Identificatie

Met behulp van een two-way-RM-anova met als afhankelijke variabele de herkenningsafstand en als onafhankelijke variabele het overgangstype en de moeilijkheidsgraad bekijken we de effecten van de overgangen. Deze analyse wordt gedaan met de verschillende type overgangen in de huidige en de voorgestelde manier van tonen binnen de beschreven scenario's.

Filestaart (100R/70F ten opzichte van niets/70F):

Er wordt hierbij een statistisch significant verschil gevonden als effect van de overgangstypes $F(1, 15) = 16.23$, $p = 0.0011$.

Er wordt geen statistisch verschil gevonden tussen de moeilijkheidsgraden $F(1,15) < 1$.

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
condition	16.23	1.0	15.0	0.0011
Difficulty	0.00052	1.0	15.0	0.98
condition:Difficulty	7.32	1.0	15.0	0.016

Gebied met wegwerkzaamheden (100R/90R ten opzichte van niets/90)

Er wordt hierbij een statistisch significant verschil gevonden als effect van de overgangstypes $F(1, 15) = 28.37$, $p < 0.001$.

Er wordt geen statistisch verschil gevonden tussen de moeilijkheidsgraden $F(1,15) = 1.2$, $p = 0.29$.

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
condition	28.37	1.0	15.0	0.000085
Difficulty	1.20	1.0	15.0	0.29
condition:Difficulty	1.41	1.0	15.0	0.25

Afsluiten van een rijstrook (Pijlen):

Er wordt hierbij geen statistisch significant verschil gevonden als effect van de overgangstypes $F(1, 15) < 1$

Er wordt geen statistisch verschil gevonden tussen de moeilijkheidsgraden $F(1,15) < 1$.

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
condition	0.028	1.0	15.0	0.87
Difficulty	0.92	1.0	15.0	0.35
condition:Difficulty	1.68	1.0	15.0	0.21

Overgang binnen driecijferige borden (100R/130R):

Gezien deze overgang niet direct te vergelijken is met de huidige situatie, wordt eerste met behulp van een two-way-RM-anova met als afhankelijke variabele de herkenningsafstand en als onafhankelijke variabele het overgangstype en de moeilijkheidsgraad bekeken of er effecten zijn van alle de overgangen onderling.

Er wordt hierbij een statistisch significant verschil gevonden als effect van de overgangstypes $F(6, 90) = 62.58$, $p < 0.001$

Er wordt geen statistisch verschil gevonden tussen de moeilijkheidsgraden $F(1,15) = 1.09$, $p = 0.31$.

	F Value	Num DF	Den DF	Pr > F
condition	62.58	6.0	90.0	5.44 ^e -30
Difficulty	1.09	1.0	15.0	3.14 ^e -01
condition:Difficulty	1.71	6.0	90.0	1.27 ^e -01

Gezien er een statistisch significant verschil is tussen de overgangstypes, doen we een TUKEY HSD test om de onderlinge verschillen te vergelijken:

Multiple Comparison of Means – Tukey HSD, FWER=0.05						
group1	group2	meandiff	p-adj	lower	upper	reject
('100r', '130r')	('100r', '70f')	54.3311	0.001	28.2553	80.4069	True
('100r', '130r')	('100r', '90r')	26.2435	0.0474	0.1677	52.3192	True
('100r', '130r')	('90', 'pijlf')	77.4732	0.001	51.3974	103.549	True
('100r', '130r')	('90r', 'pijlrrf')	77.935	0.001	51.8593	104.0108	True
('100r', '130r')	('niets', '70f')	67.9613	0.001	41.8855	94.0371	True
('100r', '130r')	('niets', '90')	46.943	0.001	20.8672	73.0188	True
('100r', '70f')	('100r', '90r')	-28.0877	0.0256	-54.1634	-2.0119	True
('100r', '70f')	('90', 'pijlf')	23.1421	0.1192	-2.9337	49.2179	False
('100r', '70f')	('90r', 'pijlrrf')	23.6039	0.1047	-2.4719	49.6797	False
('100r', '70f')	('niets', '70f')	13.6302	0.6849	-12.4456	39.7059	False
('100r', '70f')	('niets', '90')	-7.3881	0.9	-33.4639	18.6876	False
('100r', '90r')	('90', 'pijlf')	51.2297	0.001	25.154	77.3055	True

('100r', '90r')	('90r', 'pijlrrf')	51.6916	0.001	25.6158	77.7674	True
('100r', '90r')	('niets', '70f')	41.7178	0.001	15.642	67.7936	True
('100r', '90r')	('niets', '90')	20.6995	0.2198	-5.3763	46.7753	False
('90', 'pijlf')	('90r', 'pijlrrf')	0.4618	0.9	-25.614	26.5376	False
('90', 'pijlf')	('niets', '70f')	-9.5119	0.9	-35.5877	16.5639	False
('90', 'pijlf')	('niets', '90')	-30.5302	0.0105	-56.606	-4.4545	True
('90r', 'pijlrrf')	('niets', '70f')	-9.9738	0.9	-36.0496	16.102	False
('90r', 'pijlrrf')	('niets', '90')	-30.9921	0.0088	-57.0679	-4.9163	True
('niets', '70f')	('niets', '90')	-21.0183	0.204	-47.0941	5.0575	False

F.4 Experiment 2 – Opvallendheid – Secundaire taak

Om het effect van de secundaire taak te kwantificeren is er ook een two-way (repeated measures) anova uitgevoerd met de absolute laterale afwijking van de secundaire trackingtaak als afhankelijke- en met de moeilijkheidsgraad en het overgang type als onafhankelijke variabelen.

Er wordt hierbij geen statistisch significant verschil gevonden als effect van de overgangstypes $F(6, 90) = 1.29$, $p = 0.27$

Er wordt wel statistisch verschil gevonden tussen de moeilijkheidsgraden $F(1,15) = 16.6$, $p = 0.001$.

	F VALUE	NUM DF	DEN DF	PR > F
CONDITION	1.29	6.0	90.0	0.27
DIFFICULTY	16.60	1.0	15.0	0.0010
CONDITION:DIFFICULTY	1.00	6.0	90.0	0.43