



Human Factors van tram-weg kruisingen



INTERGO

International Centre for Safety
Ergonomics & Human Factors

© 2023 Intergo B.V.

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 Intergo. Het ter inzage geven van deze uitgave aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de *Algemene Leverings- en Verkoopvoorwaarden Intergo B.V.*, dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.



Colofon

<i>Titel</i>	Human Factors van tram-weg kruisingen Conceptrapportage
<i>Projectnr</i>	Intergo 4451
<i>Datum</i>	7 september 2023
<i>Auteur(s)</i>	M. Zeilstra en S. van Es
<i>Interne reviewer</i>	R. van der Weide
<i>Opdrachtgever</i>	Provincie Utrecht
<i>Contactpersoon</i>	Ronald de Zutter
<i>Versie</i>	1.0
<i>Status</i>	definitief
<i>Aantal pagina's</i>	46

Versiehistorie

Versie	Datum	Status	Auteur	Opmerking
0.1	03.07.23	Concept	S. van Es	Initiële rapportage
0.2	06.07.23	Concept	M. Zeilstra S. van Es	Conceptrapportage gereed voor interne review
0.3	07.07.23	Concept	S. van Es	Conceptrapportage na interne review
0.4	05.09.23	Definitief	S. van Es	Na review opdracht- gever
1.0	07.09.23	Definitief	S. van Es	Na interne review

Inhoudsopgave

1. Inleiding	8	4. Toepassing van de set van maatregelen	22
1.1 Aanleiding	8	4.1 Europalaan / aansluiting A12	22
1.2 Vraagstelling	8	4.2 Laan van Maarschalkerweerd	24
1.3 Leeswijzer	8	4.3 Symfonielaan	25
2. Aanpak	9	4.4 Richterslaan	26
2.1 Theoretische onderbouwing	9	5. Conclusie	28
2.1.1 7-stappen-model voor signaalwaarneming	9	Bronnen	30
2.1.2 Human factors richtlijnen wegontwerp RWS	10	Bijlage A. Beoordelingsmatrix	31
2.2 Selectie van maatregelen	11	Bijlage B. Voorselectie van set van maatregelen	35
2.3 Beoordelingsmatrix	11	Bijlage C. Visualisaties van de praktijksituaties	40
2.4 Praktijkonderzoek	12		
2.4.1 Observaties	12		
2.4.2 Eyetrackeronderzoek	13		
3. De set van maatregelen	14		
3.1 Beschrijving van de maatregelen	14		
3.1.1 Randvoorwaarden	14		
3.1.2 Set van maatregelen	16		
3.2 Toepassingsfilosofie	19		
3.2.1 Verwachting	19		
3.2.2 Alertheid	20		
3.2.3 Zichtbaarheid en opvallendheid	21		

Samenvatting

Aanleiding

Naar aanleiding van een aantal ongevallen heeft de Provincie Utrecht besloten om onderzoek te doen naar maatregelen die de veiligheid verhogen op kruisingen met tramverkeer.

Voor dit onderzoek heeft de Provincie Utrecht aangegeven vanuit gedragswetenschappen en ergonomie inzicht te willen krijgen in welke maatregelen nodig zijn om het juiste gedrag van weggebruikers bij kruisingen van weg/fietspad/voetpad en de trambaan te bevorderen.

Onderzoeksvragen

De vraagstelling bij het onderzoek is:

- A) Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat weggebruikers (alle soorten verkeer) niet afgeleid zijn?
- B) Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat we (actief) de aandacht trekken van (afgeleide) weggebruikers, zodat ze de tramkruising tijdig opmerken?
- C) Wat kunnen we doen om de attentiewaarde van de tramkruising te verhogen?

Daarbij vraagt de Provincie om bij het definiëren van maatregelen nut en noodzaak nader te onderbouwen, speciaal de te verwachten effectiviteit op het uiteindelijk gedrag van weggebruikers. Hierbij gaat het de Provincie om maatregelen die uniform bij elke kruising tram – overig verkeer kan worden toegepast toepassen, dus niet om maatregelen die specifiek voor een enkele kruising zijn. De gevraagde uniformiteit heeft twee doelen:

- Herkenbaarheid voor de weggebruikers.
- Eenvoudig en éénvoudig uit te voeren en te beheren.

Aanpak

De opgestelde set van maatregelen is het resultaat uit van een selectie uit 90 maatregelen. Voor het selectieproces zijn de volgende criteria gebruikt:

- Een maatregel dient relevant voor het doel te zijn en SMART geformuleerd;
- Een maatregel dient binnen de invloedssfeer van de Provincie Utrecht te vallen.

Op basis van het 7-stappen-model voor signaalwaarneming en de human factors richtlijnen van RWS een beoordelingsmatrix opgesteld. De beoordelingsmatrix geeft een inschaling van de verwachte effectiviteit op de human factors constructen: aandacht, verwachting, zichtbaarheid, opvallendheid, identificatie en interpretatie. Met behulp van de opgestelde beoordelingsmatrix en selectie van maatregelen zijn uiteindelijk zeven maatregelen gekozen, zie Tabel 1.

Tabel 1. Set van maatregelen

Maatregel	
1.	J14-verkeersbord
2.	J14-verkeersbord + knipperend/lichtgevend
3.	Verkeersdrempel met taludmarkering
4.	Afkruisingsvlak trambaan bij tram-wegkruising
5.	J14-verkeersbord op wegdek gemarkeerd
6.	TWI (tramwaarschuwinginstallatie)
7.	TWI + akoestische signalen

Aanvullend heeft praktijkonderzoek plaats gevonden op vier verschillende tram-wegkruisingen in de Provincie Utrecht. Het praktijkonderzoek heeft geholpen bij het toepassen van de set van maatregelen in praktijksituaties. Tijdens het praktijkonderzoek is er beeldmateriaal gemaakt van de kruisingen die naderhand zorgvuldig zijn geanalyseerd. Daarbij is er door middel van eyetracking bij een weggebruiker gekeken naar kijkgedrag bij nadering van en op de tram-wegkruising.

Conclusie

Met de conclusie wordt antwoord gegeven op de gestelde onderzoeksvragen. De antwoorden zijn geformuleerd aan de hand van de filosofie voor een samenhangende toepassing van de gedefinieerde set van maatregelen. De toepassingsfilosofie wordt in de laatste alinea van deze samenvatting en in hoofdstuk 3.2 toegelicht.

A. Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat weggebruikers (alle soorten verkeer) niet afgeleid zijn?

Binnen de invloedssferen van de provincie Utrecht is het voornaamste wat gedaan kan worden het minimaliseren van niet relevante 'aandachttrekkers' in een 'veiligheidszone' rondom de tram-wegkruising. Dit houdt in het verbieden van reclamemateriaal rondom de tram-wegkruising en het zoveel mogelijk voorkomen van elementen zoals bushaltes, uitritten, parkeer- en oversteekplaatsen rondom de tram-wegkruising. De exacte omvang van deze zogenoemde 'veiligheidszones' is contextafhankelijk.

B. Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat we (actief) de aandacht trekken van (afgeleide) weggebruikers, zodat ze de tramkruising tijdig opmerken?

Alertheid verhogende maatregelen, maatregelen die de aandacht van de weggebruiker naar de juiste plek leiden, dienen te worden ingezet. Uit de lijst van mogelijke maatregelen is op basis van verwachte effectiviteit (aan de hand van de beoordelingsmatrix) de TWI (tramwaarschuwingsinstallatie) met zijn visuele, en eventueel ook auditieve prikkels, als meest geschikt hiervoor beoordeeld. Om ervoor te zorgen dat de tram-wegkruising tijdig wordt opgemerkt, is correcte plaatsing van de TWI van belang. Geadviseerd wordt om de TWI in de buurt van de VRI te plaatsen zodat er nog tijd is voor een weggebruiker om te reageren. Plaatsing op grotere afstand van de tram-wegkruising kan ervoor zorgen dat de alertheid van de weggebruiker op de tram-wegkruising alweer is afgenomen als de weggebruiker daadwerkelijk in de buurt van de tram-wegkruising komt.

C. Wat kunnen we doen om de attentiewaarde van de tramkruising te verhogen?

Om de attentiewaarde van de tram-wegkruising te verhogen adviseren we meerdere maatregelen complementair aan elkaar in te zetten. Idealiter krijgen weggebruikers voorafgaand aan de tram-wegkruising een visuele prikkel in de vorm van het J14-verkeersbord. Vervolgens worden vlak voor de tram-wegkruising weggebruikers nogmaals visueel (en mogelijk auditief) geattendeerd op de kruising door de TWI. Als laatste wordt de tram-wegkruising op het wegdek gemarkeerd om visueel nogmaals zichtbaar te maken dat dat het gebied is waar een tram passeert en waar niet stilgestaan mag te worden. Dit wordt gedaan door middel van een geel gemarkeerd wegvlak met contrasterende afkruising.

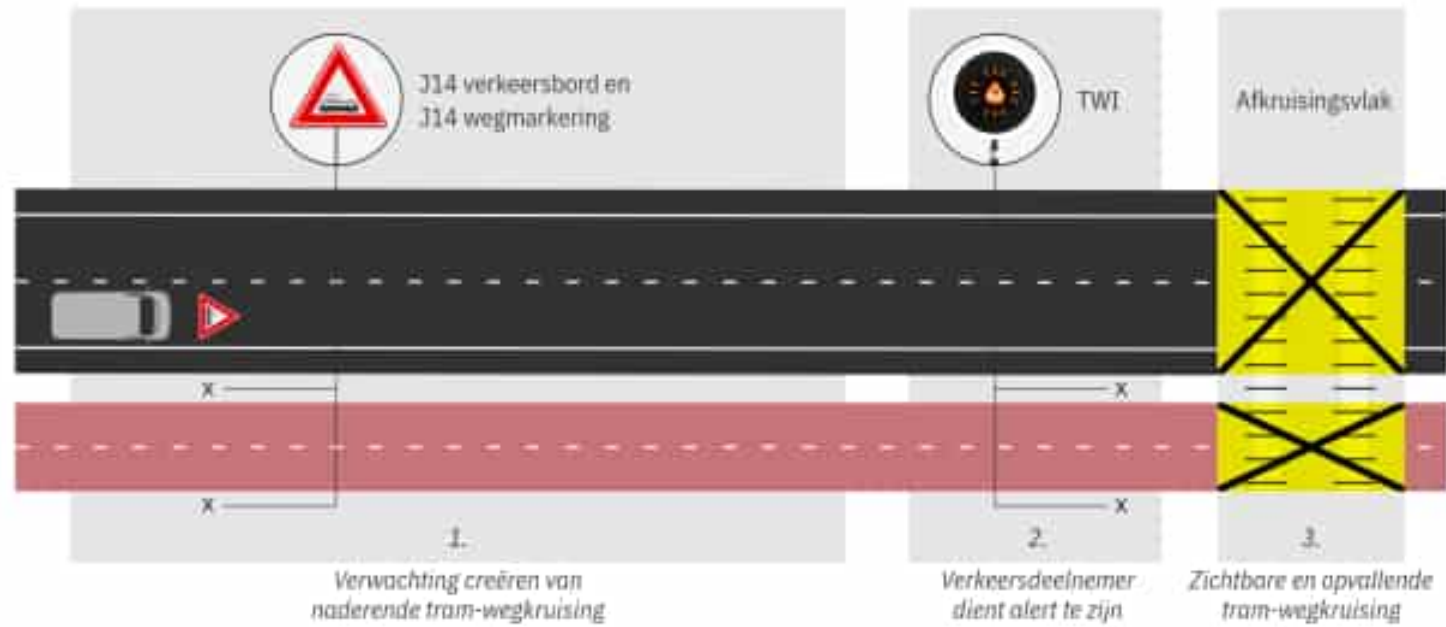
De antwoorden op de onderzoeksvragen moeten als combinatie van set van maatregelen gezien worden, die op een samenhangende manier toegepast worden. Deze toepassingsfilosofie houdt in dat maatregelen de volgende doelen dienen:

- 1) De verwachting van de weggebruiker over nadering van een tram-wegkruising dient tijdig gecreëerd te worden;
- 2) De weggebruiker dient op het juiste moment alert te zijn;
- 3) De tram-wegkruising dient goed zichtbaar en opvallend te zijn voor de weggebruiker.

Het toepassen van de toepassingsfilosofie creëert een uniform wegbeeld dat de verwachtingen van weggebruikers over tram-wegkruisingen ondersteunt.

De exacte toepassing van de set van maatregelen in de praktijk is en blijft contextafhankelijk: het is geen vaststaand concept dat overal op dezelfde manier toegepast kan worden. Factoren zoals verkeersintensiteit, de maximaal toegestane snelheid, het overzicht van de kruising en informatie over achterliggende oorzaken van (bijna-) ongevallen blijven relevant.

Onderstaande figuur (Figuur 1, zie volgende pagina) geeft een visualisatie van hoe de set van maatregelen in combinatie met de toepassingsfilosofie conceptmatig in de praktijk ingezet kan te worden.



Figuur 1. Visualisatie van de toepassingsfilosofie

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van een aantal ongevallen heeft de Provincie Utrecht besloten om onderzoek te doen naar maatregelen die de veiligheid verhogen op de kruisingen met tramverkeer. Verkeerskundig adviesbureau Goudappel Coffeng heeft een afwegingskader opgesteld voor het identificeren van verkeerskundige verbetermaatregelen om de veiligheid op tram-wegkruisingen te verbeteren.

Vervolgens heeft Goudappel Coffeng het afwegingskader in een inventarisatie toegepast voor 24 kruisingen in Nieuwegein en Utrecht. Daaruit kwamen suggesties voor verbetermaatregelen, voor vooral fysieke maatregelen zoals het snoeien van bomen en struiken, aanpassingen in de weg-infrastructuur en het aanpassen van belijning om ervoor te zorgen dat de situatie fysiek verkeerskundig klopt. Dat is voor de provincie een belangrijk punt.

Naast deze "harde" kant is er ook de "zachte" kant. De Provincie Utrecht doet met deze "zachte" kant op het gedrag van weggebruikers in de dagelijkse praktijk en de vraag of een maatregel bijdraagt c.q. zorgt voor het gewenste gedrag of juist niet. Het gaat daarbij om het beantwoorden van de vraag "Waarom reageren en gedragen mensen zich zoals ze zich gedragen. Welke maatregelen zijn er nodig om tot het gewenste gedrag van de weggebruikers te komen?".

1.2 Vraagstelling

De Provincie Utrecht wil vanuit gedragswetenschappen en ergonomie inzicht krijgen in welke maatregelen nodig zijn om het juiste gedrag van weggebruikers bij kruisingen van weg/fietspad/voetpad en de trambaan te bevorderen.

Het gaat meer specifiek om de volgende zaken:

- A) Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat weggebruikers (alle soorten verkeer) niet afgeleid zijn?
- B) Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat we (actief) de aandacht trekken van (afgeleide) weggebruikers, zodat ze de tramkruising tijdig opmerken?

- C) Wat kunnen we doen om de attentiewaarde van de tramkruising te verhogen?

Bij het definiëren van maatregelen moeten nut en noodzaak nader onderbouwd worden, speciaal de te verwachten effectiviteit op het uiteindelijk gedrag van weggebruikers. Daarbij moet rekening gehouden worden met dat er frequente gebruikers zijn, maar ook mensen die incidenteel van een dergelijke kruising gebruik maken.

Het gaat om maatregelen die de Provincie Utrecht uniform bij elke kruising tram – overig verkeer kan toepassen, dus niet om maatregelen die specifiek voor een enkele kruising zijn. Het gaat om kruisingen die niet afgesloten hoeven te worden met een AHOB. De gevraagde uniformiteit heeft twee doelen:

- Herkenbaarheid voor de weggebruikers.
- Eenvoudig en eenduidig uit te voeren en te beheren.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 omschrijft de aanpak van het onderzoek. Hierin wordt de theoretische onderbouwing, de selectie van de set van maatregelen en het praktijkonderzoek uitgelicht.

Hoofdstuk 3 bevat uitleg over de opgestelde beoordelingsmatrix, de daarop gebaseerde set van maatregelen met opgestelde randvoorwaarden en de toepassingsfilosofie.

Hoofdstuk 4 toont de toepassing van de set van maatregelen in het kader van de toepassingsfilosofie voor vier geselecteerde tram-wegkruisingen in de Provincie Utrecht.

In hoofdstuk 5 zijn de conclusies als antwoorden op de onderzoeksvragen opgenomen.

2. Aanpak

2.1 Theoretische onderbouwing

Om vanuit de gedragswetenschappen en ergonomie een basis aan uniforme maatregelen op te stellen, zijn twee theoretische modellen geraadpleegd en toegepast. Een combinatie van de modellen is gebruikt om een beoordelingsmatrix op te stellen (zie paragraaf 2.3). Deze beoordelingsmatrix wordt gebruikt voor het inschatten van de (verwachte) effectiviteit van de maatregelen.

2.1.1 7-stappen-model voor signaalwaarneming

Het 7-stappen-model is bedoeld om de duidelijkheid en begrijpelijkheid van signalen te beoordelen (ref. 4). Het model is geïnspireerd op het zogenaamde 6D-model voor verkeersaanduidingen van Michon (ref. 7). De 6 D's staan voor de fasen van een waarneming die tot actie leidt:

- Detectie van een bord
- Discriminatie, onderscheiden van teksten en figuren
- Determinatie, teksten lezen en classificeren
- Digestie, begrijpen van de tekst en figuren
- Decisie, nemen van een routebeslissing
- Daadondersteunend, is de route vanaf dat punt uitvoerbaar.

Het 6D-model is voorheen onder andere gebruikt voor een checklist voor bewegwijzering (ref. 1).

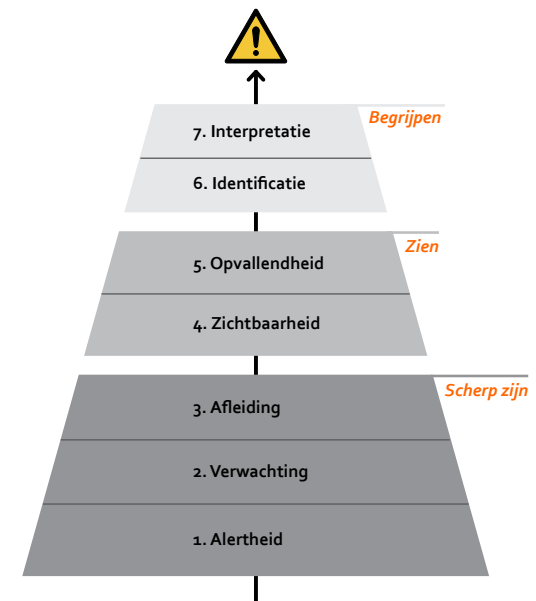
Voor het 7-stappen-model is een aantal fasen van het 6D-model aangepast. Hierbij is gebruik gemaakt van de Human Factors SPAD Hazard Checklist van de RSSB (ref. 12) hedendaags de 'SPAD Risk Ranking Tool'. Concrete factoren die de HF SPAD Hazard Checklist bevat zijn:

- Persoonlijke factoren
- Aandacht- of afleidingsfactoren
- Zichtbaarheid
- Waarneming
- Identificatie
- Signaal lezen

- Interpreteren van het signaal
- Actie en uitvoering

Deze factoren zijn voor het 7-stappen-model op basis van ongevalsanalyses (ILT, OVV, Intergo) anders geordend en benoemd tot 6 stappen. Vervolgens is een stap toegevoegd, namelijk 'Alertheid', tot een totaal van 7 stappen. Alertheid heeft betrekking op de waarnemer zelf, nog voor de waarneming van het signaal start. De historie van toepassing van het 7-stappenmodel laat zien dat het model universeel is voor de waarneming van allerlei (visuele) signalen, en naar behoeven kan worden toegepast in een specifieke situatie.

Het 7-stappen-model voor signaal waarneming, te zien in onderstaande figuur, is onderverdeeld in drie onderdelen. Elk van de onderdelen kent verschillende human factors constructen.



Figuur 2. 7-stappen-model voor signaalwaarneming

eserved

Voor het begrip worden deze human factors constructen onderstaand toegelicht met de bijpassende vraag van de Provincie Utrecht waar voor het onderzoek naar tram-wegkruisingen antwoord op gegeven moet worden. Verdere toelichting hiervan is te vinden in de beoordelingsmatrix (zie Bijlage A. Beoordelingsmatrix).

Op tijd scherp zijn van de weggebruiker:

- 1) Alertheid: *Zorgt de maatregel voor een geactiveerde of alerte toestand van de weggebruiker?*
- 2) Verwachting: *Zorgt de maatregel ervoor dat weggebruikers weten (verwachting) dat er een tram-wegkruising aan komt?*
- 3) Afleiding: *Zorgt de maatregel ervoor dat de weggebruiker niet wordt afgeleid van de verkeerstaak?*

In de beoordelingsmatrix zijn alertheid en afleiding voor dit onderzoek gepaard onder 'aandacht'. Alertheid is de positieve kant op het spectrum en afleiding de negatieve kant van het spectrum.

Correct zien:

- 4) Zichtbaarheid: *Is de maatregel tijdig en ononderbroken zichtbaar in de nadering van de tram-wegkruising?*
- 5) Opvallendheid: *Valt de maatregel op en is het onderscheidbaar t.o.v. achtergrond/omgeving/lichtbronnen/andere signalen?*

Correct begrijpen:

- 6) Identificatie: *Is aan het verkeerssignaal af te lezen dat het signaal voor de desbetreffende verkeersgebruiker is bedoeld?*
- 7) Interpretatie: *Is de boodschap / het doel van maatregel duidelijk voor iedereen? Eenduidig begrip?*

Door middel van het doorlopen van het 7-stappen model voor signaal-waarneming, toegespitst op verkeersmaatregelen, kan per verkeersmaatregel de verwachte effectiviteit beoordeeld worden. De maatregelen zijn elk individueel beoordeeld. Toepassing van de verkeersmaatregelen in de praktijk vereist echter een integrale set van maatregelen die complementair is aan elkaar. Eén enkele

verkeersmaatregel kan op zichzelf staand niet het gewenste effect leveren. Zie paragraaf 3.2. 'Toepassingsfilosofie' voor verdere uitleg.

2.1.2 Human factors richtlijnen wegontwerp RWS

Naast het 7-stappen model voor signaalwaarneming is voor de beoordeling van de effectiviteit van de verkeersmaatregelen gebruik gemaakt van de human factors principes die Rijkswaterstaat gebruikt voor verkeersveiligheid in het wegontwerp. In de human factors richtlijnen van Rijkswaterstaat (ref. 11) wordt aandacht besteed aan:

- Verwachtingspatroon: Is de situatie conform verwachtingen van weggebruikers?
- Waarnemen: Ziet de weggebruiker informatie die van belang is voor de rijtaak?
- Begrijpen: Begrijpt de weggebruiker al deze informatie?
- Kunnen: Kan de weggebruiker het gewenste/noodzakelijke gedrag uitvoeren?
- Willen: Is de weggebruiker gemotiveerd om het gewenste/noodzakelijke gedrag uit te voeren?

De begrippen 'verwachtingspatroon', 'waarnemen' en 'begrijpen' zijn begrippen die overeenkomen met de begrippen van het 7-stappen model voor signaalwaarneming ('scherp zijn', 'zien' en 'begrijpen'). Toevoeging ten opzichte van het 7-stappenmodel zijn de begrippen 'kunnen' en 'willen'. Hierbij gaat het erom dat weggebruikers ook daadwerkelijk in staat zijn om het gewenste of noodzakelijk gedrag uit te voeren en ze gemotiveerd zijn om dit gedrag te vertonen. Het 'niet kunnen' uitvoeren heeft voornamelijk betrekking op fysieke omstandigheden van de verkeerssituatie (bijvoorbeeld in positieve zin een hekwerk dat de weggebruiker blokkeert een specifiek gebied binnen te treden of in negatieve zin te weinig beschikbare ruimte om veilig op te kunnen stellen). Het 'willen' gaat om de motivatie van de weggebruiker om het gewenste of noodzakelijk gedrag uit te voeren. Een voorbeeld hiervan is een kruising waar de verkeersregelinstallatie (VRI) niet goed afgesteld staat. Dit kan voor onnodig lang wachten zorgen, waardoor de motivatie van de weggebruiker om te wachten zoals gewenst, af kan nemen. 'Willen' en motivatie gaat vaak gepaard met het

creëren van een geloofwaardige verkeerssituatie. De constructen 'Kunnen' en 'willen' zijn gebruikt om de randvoorwaarden voor de toepassingsfilosofie op te stellen.

2.2 Selectie van maatregelen

Voor de selectie van mogelijke voor het doel relevant maatregelen is onderzoek gedaan in diverse bronnen. Tezamen hebben de volgende bronnen geleid tot een selectie van +90 mogelijke maatregelen:

- Goudappel (2022). Afwegingskader verkeersveiligheid tramkruisingen. Provincie Utrecht (ref. 3).
- CROW (2021). Herkenbaarheid Tram. Herkenbaarheid van de tram in een stedelijke omgeving (ref. 2).
- Provincie Utrecht (2023). Suggesties voor attentie verhogende maatregelen. (ref. 10).
- Intergo (2015). Stilstaan op overwegen maatregelen (ref. 5).
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015). Landelijk Verbeterprogramma Overwegen – Verslag bijeenkomst Generieke Maatregelen (ref. 9).

Deze lijst met maatregelen is vervolgens gecomprimeerd. Maatregelen werden uit de lijst gehaald als deze niet SMART (Specifiek, Meetbaar, Aanvaardbaar, Realistisch, Tijdsgebonden) geformuleerd waren of wanneer deze niet binnen de invloedssferen van de provincie Utrecht vielen. Resterend was een lijst met 25 maatregelen (zie Bijlage B. Voorselectie van set van maatregelen).

Deze 25 maatregelen zijn vervolgens beoordeeld aan de hand van de opgestelde beoordelingsmatrix, zie 2.3 Beoordelingsmatrix. Daarnaast heeft het praktijkonderzoek bijgedragen aan de onderbouwing en bepalen van de manier van toepassing van de uiteindelijke uniforme set van maatregelen.

¹ De AHOB draagt vanwege alle signalerende kenmerken (knipperende rode lichten, slagbomen, andreas kruizen en een mechanische of elektronische bel) bij aan het verhogen

Het eindresultaat van de selectie van maatregelen heeft geleid tot vijf verschillende maatregelen. Bij twee van de vijf maatregelen is uitbreiding mogelijk, wat het totaal op zeven verschillende maatregelen brengt. In Tabel 2 staat (in willekeurige volgorde) de set van maatregelen. Deze worden nader toegelicht in hoofdstuk 3. De AHOB-installatie staat in onderstaande tabel lichtgrijs aangegeven, omdat deze in zijn totaliteit met aankondigingsborden en lichten wel past bij het toegepaste theoretisch kader, specifiek met betrekking tot 'kunnen' en 'willen', maar toepassing van overwegbomen niet past bij de vraagstelling van de Provincie Utrecht.

Tabel 2. Set van maatregelen voor tram-wegkruisingen.

Maatregel	
1.	J14-verkeersbord
2.	J14-verkeersbord + knipperend/lichtgevend
3.	Verkeersdrempel met taludmarkering
4.	Afkruisingsvlak trambaan bij tram-wegkruising
5.	J14-verkeersbord op wegdek gemarkeerd
6.	TWI (tramwaarschuwinginstallatie)
7.	TWI + akoestische signalen
	AHOB (Automatische halve overwegbomen) ¹
	AHOB + valhekken

2.3 Beoordelingsmatrix

Om de (verwachte) effectiviteit van de set van maatregelen zo objectief mogelijk te kunnen beoordelen, is een beoordelingsmatrix ontwikkeld. Deze matrix heeft als theoretische basis het 7-stappen model voor signaalwaarneming en de human factors richtlijnen van RWS (zie paragraaf 2.1). Hierop is één aanpassing gedaan.

van de attentiewaarde van een tramkruising. Echter is in overleg met de provincie bepaald dat de AHOB buiten scope is.

Voor het toepassen van de variabelen op een verkeersmaatregel is gekozen om de begrippen 'alertheid' en 'afleiding' onder hetzelfde spectrum in te delen, namelijk 'aandacht'. Op dit spectrum is 'alertheid' de positieve kant van aandacht en 'afleiding' de negatieve kant. In de beoordelingsmatrix zijn op basis van het 7-stappen model 6 human factors constructen opgenomen: 1. Aandacht, 2. Verwachting, 3. Zichtbaarheid, 4. Opvallendheid, 5. Identificatie en 6. Interpretatie.

Als eerste stap in het opzetten van de beoordelingsmatrix zijn de human factors constructen omschreven. De omschrijvingen zijn op basis van de human factors theorie en de vraagstelling van de Provincie Utrecht opgesteld. Correct begrip van deze omschrijvingen is getoetst bij 2 cognitief psychologen en 2 ergonomen (geregistreerd als EurErg) van Intergo.

Vervolgens is een beoordelingsschaal opgesteld waarmee een inschatting gemaakt kan worden van de te verwachten effectiviteit van een maatregel op de toestand of het gedrag van de weggebruiker. Deze beoordelingsschaal is een 5-puntschaal (scores variëren tussen -2, -1, 0, 1 en 2). Positieve scores duiden op een verwacht positief effect, negatieve scores illustreren het verwachte negatieve effect. Iedere score heeft een duidelijke omschrijving. De omschrijvingen bij de getalsmatige scores zijn opgesteld op basis van expert judgement van 2 cognitief psychologen en 3 geregistreerd ergonomen van Intergo.

Als laatste hebben 2 cognitief psychologen en 1 geregistreerd ergonoom onafhankelijk van elkaar de set van 25 maatregelen beoordeeld met behulp van de omschrijvingen in de beoordelingsmatrix. Verschillen in beoordeling van een maatregel (verschillen kwamen weinig voor) zijn in groepsdiscussie besproken en is consensus bereikt over de toe te kennen beoordeling. Op deze wijze is de eenduidige en betrouwbare toepassing van de beoordelingsmatrix zo goed mogelijk gewaarborgd.

Belangrijk voor de toepassing van de beoordelingsmatrix:

- De scores van de beoordelingsmatrix zijn de 'verwachte' effectiviteitsscores op de verschillende variabelen. Hoe de maatregelen in de praktijk worden toegepast is belangrijk voor de daadwerkelijke effectiviteit. De verwachte

scores zoals aangegeven in de set van maatregelen zijn specifiek gerelateerd aan de uitvoering en het doel van de maatregel zoals omschreven in Tabel 3.

- De toepassing van de beoordelingsmatrix is specifiek gericht op maatregelen die in verkeerssituaties van een tram-wegkruising kunnen worden toegepast en dient daardoor niet gebruikt te worden in een andere omgeving.
- De gebruikte beoordelingsmatrix is bijgevoegd in Bijlage A. Beoordelingsmatrix.

2.4 Praktijkonderzoek

In het praktijkonderzoek zijn vier tram-wegkruisingen, geselecteerd door de provincie Utrecht, nader onderzocht:

- Europalaan/aansluiting A12 (Utrecht)
- Laan van Maarschalkerweerd (Utrecht)
- Symfonielaan (Nieuwegein)
- Richterslaan (Nieuwegein)

Alle rijrichtingen op de kruising die te maken hebben met de tram-wegkruising zijn onderzocht.

Het praktijkonderzoek bestond uit observaties van de kruisingen evenals het gebruik van een eyetracker. Het praktijkonderzoek heeft bijgedragen aan bij het formuleren van een samenhangende filosofie voor toepassing van de set van maatregelen in de praktijk.

2.4.1 Observaties

Om een helder en up-to-date beeld te krijgen van de praktijksituaties zijn alle kruisingen geobserveerd. Tijdens de observaties zijn alle rijrichtingen die te maken hebben met de tram-wegkruising bereiden in een auto. Gedurende de ritten zijn video-opnames gemaakt met behulp van een aan de vooruit gemonteerde GoPro camera (zie Figuur 3). Het complete beeldmateriaal is naderhand geanalyseerd om de huidige toepassing van maatregelen op de kruisingen te bestuderen, het voldoen aan de gestelde randvoorwaarden van de set van maatregelen (zie paragraaf 3.1.1) en heeft daarbij geholpen om bijzonderheden in de onderzochte praktijksituaties in kaart te brengen.

2.4.2 Eyetrackeronderzoek

Naast het beeldmateriaal is er gebruik gemaakt van een eyetracker, de Pupil Labs Pupil Invisible Tracker (Pupil Labs GmbH, Berlin, Germany). Deze eyetracker heeft de vorm van een reguliere bril met daarin ingebouwde technologie om het perspectief van de drager te filmen en daarbij te identificeren waar de drager naar kijkt en op welke punten de drager zich fixeert.

De eyetracker is gedragen door één proefpersoon (N = 1). Deze heeft zonder voorkennis over het doel van het onderzoek en zonder instructie over rij- of kijkgedrag geparticipeerd in het eyetrackeronderzoek. Er is in alle rijrichtingen van de kruisingen gereden. Gezien het feit dat één enkele deelnemer de eyetracker heeft gedragen, is de verkregen data indicatief gebruikt. De verkregen data gaf een indicatie van het kijkgedrag van de bestuurder, de aandachtsbronnen voor de bestuurder tijdens de rijtaak en is gebruikt bij het toepassen van de set van maatregelen op praktijksituaties. De eyetracker data is niet gebruikt voor de selectie van maatregelen. Zie Figuur 4 voor een voorbeeldopname met de eyetracker.



Figuur 3. Observaties met eyetracker en camera. Links: Deelnemer met eyetracker op. Rechts: De aan de vooruit gemonteerde GoPro Camera.



Figuur 4. De camerabeelden en data van de eyetracker. De rode cirkel geeft aan waar de deelnemer op dat moment naar kijkt. De blauwe cirkeltjes zijn voorgaande punten van fixatie van de deelnemer.

3. De set van maatregelen

De set van maatregelen, met daarin zeven verschillende maatregelen, is resultaat van het proces zoals omschreven in hoofdstuk 2. De set van maatregelen wordt toegelicht inclusief randvoorwaarden voor toepassing van de set van maatregelen.

Als laatste wordt de filosofie toegelicht waarmee de uniforme set van maatregelen samenhangend en complementair aan elkaar moet worden toegepast. Het toepassen van de juiste maatregelen is contextafhankelijk.

3.1 Beschrijving van de maatregelen

De set van maatregelen bestaat uit zeven diverse maatregelen. Elke maatregel heeft een duidelijke omschrijving en beschrijving van het doel van de maatregel, gerelateerd aan het 7-stappenmodel en de human factors principes voor weginrichting (zie paragraaf 2.1). In de context van deze bijhorende uitvoerings- en doelomschrijving zijn de maatregelen beoordeeld op te verwachte effectiviteit (zie 2.3 voor de methode). Voor variaties op de maatregelen, met een andere omschrijving en/of ander doel, moeten vanzelfsprekend de gegeven beoordelingen heroverwogen worden. Voor de toepassing van de maatregelen in praktijksituaties moet voldaan worden aan de randvoorwaarden, zoals beschreven in onderstaande paragraaf.

3.1.1 Randvoorwaarden

Toepassing van de maatregelen is afhankelijk van een aantal randvoorwaarden om de beoogde functie en effectiviteit maatregelen ook daadwerkelijk te realiseren. Deze randvoorwaarden hebben betrekking op de omgeving en op de VRI van de kruising.

Omgeving

Zichthinder: Om ervoor te zorgen dat de maatregelen de beoogde functie kunnen vervullen, zijn er factoren in de omgeving waar rekening mee gehouden moet worden. Zo mogen objecten, voorwerpen, groen (bomen, planten, onkruid) de zichtlijnen van de weggebruiker naar de maatregelen niet hinderen², zie Figuur 5 ter illustratie.



Figuur 5. Het ongemaaid gras aan linkerkant verhindert het zicht op de komende tram-wegkruising voor het afbuigende verkeer.

Bij de toepassing van maatregelen dient ook gekeken te worden naar mogelijke zichthinder op de tramkruising zelf, bijvoorbeeld bij plaatsing van een verkeersbord in een bocht kan het zicht op de tram-wegkruising zelf belemmerd worden.

² Het programma 'Verbeteren Veiligheid Tramkruisingen' van de Provincie Utrecht besteedt aandacht aan het vermijden van zichthinder.

Afleiding: Concurrentie tussen verschillende visuele prikkels kan ervoor zorgen dat een persoon aandacht heeft voor een op dat moment ongewenste aandachtsbron. Om ervoor te zorgen dat weggebruikers geen afleiding van de rijtaak ervaren door niet-relevante aandachtsbronnen, mogen deze niet aanwezig zijn in de buurt van de tram-wegkruising. Bij niet-relevante-aandachtsbronnen wordt onder andere gedacht aan alle soorten van reclame. Deze zijn juist bedoeld om aandacht van het publiek te trekken, maar dat is bij nadering van een tram-wegkruising, als veiligheid belangrijk is, ongewenst.

Ook moeten in de buurt van een tram-wegkruising elementen zoals bushaltes, uitritten, parkeerplaatsen en oversteekplaatsen, allen een potentiële aandachtsbron voor de weggebruiker (naast mogelijke reden voor hinder in de zichtlijnen van de weggebruiker), zoveel mogelijk vermeden te worden. Idealiter wordt er rondom een tram-wegkruising een soort veiligheidszone ingesteld. Hierin is het plaatsen van niet-relevante aandachtsbronnen voor de weggebruiker verboden. Dit zorgt ervoor dat de weggebruiker in de nadering van de tram-wegkruising minder of geen afleiding ervaart, waardoor er meer aandacht is voor de rijtaak. De omvang van deze veiligheidszone is contextafhankelijk. Er dient onder andere rekening gehouden te worden met verkeersintensiteit, wegontwerp, zichtbaarheid, voorschriften en richtlijnen en incidentdata.

VRI

De VRI, de verzameling van elementen die één of meerdere verkeersstromen regelen met als doel het verkeer veilig en efficiënt te regelen, dient goed afgesteld te zijn. Dit houdt in dat signalen niet conflicteren met elkaar, er een geloofwaardige situatie gecreëerd wordt en dat zichtbaarheid van het signaal van de VRI optimaal is. De randvoorwaarde is dat hieraan voldaan wordt.

Conflicterende signalen: Tegenstrijdige signalen in de VRI kunnen ertoe leiden dat weggebruikers afgaan op signalen die niet op hen van toepassing zijn. Dit kan vervolgens leiden tot onbewust onveilig gedrag van weggebruikers, door bijvoorbeeld het negeren van het rode licht (het bedoelde signaal) en afgaan op het groene licht van een parallelrijstrook (het voor de weggebruiker op dat moment van toepassing zijnde signaal dat conflicteert met het signaal van de VRI voor de eigen rijstrook). Specifiek zijn voor de VRI op een tram-wegkruising op

het gebied van conflicterende signalen de volgende randvoorwaarden van toepassing:

- De VRI dient gekoppeld te zijn aan de TWI. Dit betekent dat bij een trampoline op een tram-wegkruising de TWI zijn werking doet en dat tegelijkertijd de rijstroken met de kruising met de tram een rood licht krijgen van de VRI. Figuur 6 illustreert de TWI zoals deze in de provincie Utrecht wordt toegepast.



Figuur 6. De TWI zoals toegepast in de Provincie Utrecht. De TWI kenmerkt zich door een zwart-wit gemarkeerde paal met daarop een oranje waarschuwingslicht. Het licht heeft een driehoek met uitroepetekens en daaronder de tekst 'tram'.

- De VRI dient dusdanig afgesteld te zijn dat voorkomen wordt dat parallelle rijstroken, parallel aan de rijstrook die kruist met de tram-wegkruising, groen licht krijgen. Dit voorkomt dat weggebruikers onbewust handelen naar het verkeerde signaal en daarmee door rood rijden op de eigen rijweg. Mogelijkerwijs is dit strijdig met het creëren van een geloofwaardige situatie (volgende alinea) voor het rechtdoorgaand verkeer. Afweging tussen de mogelijkheden is maatwerk en dient per kruising bepaald te worden.

Geloofwaardige situatie: Met het creëren van een geloofwaardige situatie blijven weggebruikers gemotiveerd om het gewenste gedrag uit te voeren. In situaties waarin weggebruikers (onnodig) lang moeten wachten demotiveert dit, en leidt dit mogelijk tot uitvoering van juist ongewenst gedrag. Deze vorm van motivatie van de weggebruikers is gerelateerd aan de human factors principes die Rijkswaterstaat gebruikt voor verkeersveiligheid in het wegontwerp, onder 'willen'. Concreet wordt met het creëren van een geloofwaardige situatie van de VRI bedoeld:

- Correcte afstemming van ontruimingstijden en inmeldmomenten van de VRI. Hiermee dient voorkomen te worden dat weggebruikers lang wachten of dat weggebruikers wachten terwijl er geen sprake is van zichtbaar conflicterend verkeer. Daarnaast dient voorkomen te worden dat verkeer 'gevangen' raakt. Dit kan het geval zijn op grotere kruisingen of rotondes waarin meerdere verkeerslichten achter elkaar volgen. Gevangen verkeer kan bijdragen aan onveilige manoeuvres van weggebruikers, zoals het blokkeren van doorgangen (of tram-wegkruisingen) of het uitvoeren van onverwachte manoeuvres.

Zichtbaarheid: De VRIs, met name de verkeerslichten, dienen goed zichtbaar te zijn voor de weggebruiker. Hiervoor dient de plaatsing van de verkeerslichten zodanig te zijn dat het verkeerslicht zichtbaar is voor alle weggebruikers voor wie dit signaal relevant is. Daarnaast moet rekening gehouden worden met het effect van zonlicht op de verkeerslichten; zonnekappen of een bepaalde kwaliteit van de lichtbron zijn vereisten voor goede zichtbaarheid. De gestelde randvoorwaardes van het vermijden van zichthinder zijn ook van toepassing op verkeerslichten.

3.1.2 Set van maatregelen

Tabel 3 toont de aanbevolen set van maatregelen. De eerste kolom geeft de categorie waarin de maatregel valt. In de tweede kolom staat de maatregel waarbij een '+' aangeeft dat het een toevoeging is op een in de tabel bovenstaande maatregel. Kolom drie en vier geven een omschrijving van de uitvoering en het doel van de maatregel. Kolom 5 tot en met 10 geven voor de diverse human factors constructen de beoordeling van de maatregelen zoals tot stand gekomen met gebruik van de eerdergenoemde beoordelingsmatrix (zie paragraaf 2.3). Een '+' is hier gebruikt om aan te geven aan welk human factors construct de toevoeging op een maatregel gerelateerd is.

Tabel 3. Set van maatregelen

	Maatregel / Toevoeging	Omschrijving	Doel	Scores beoordelingsmatrix (Human factors model)					
				Aandacht	Verwachting	Zichtbaarheid	Opvallendheid	Identificatie	Interpretatie
Bebordering	J14-verkeersbord	Driehoekig (rood-wit) verkeersbord met afbeelding van tram. Betekenis: Let op u nadert een tram(kruising). Het J14 bord dient op gepaste afstand te staan van de tram-wegkruising. De gepaste afstand is te bepalen aan de hand van: snelheidslimieten, wegtype, zichtbaarheid en de verkeerssituatie.	Verkeersdeelnemers tijdig waarschuwen van een nabije tram(kruising), waardoor verkeersdeelnemers in staat zijn om het rijgedrag tijdig aan te passen.	1	2	1	1	1	2
	+ Knipperend / Matrixbord	Een visuele toevoeging op de uitvoering van het J14 verkeersbord.	Het verhogen van de attentiewaarde van het J14-verkeersbord.				+		
Infrastructuur	Verkeersdrempel met taludmarkering	Plaatselijke verhoging/hobbel in het wegdek, bedoelt om auto's en fietsers tot een gewenste snelheid aan te zetten. Uitvoering is afhankelijk van de gewenste snelheid. Op de verkeersdrempel is taludmarkering aangebracht die zichtbaarheid en opvallendheid van de drempel verhoogt.	Verkeersdeelnemers aanzetten om een gewenste snelheid te rijden.	1	2	2	1	2	2
Markering	Afkruisingsvlak trambaan bij tram-wegkruising	Markering op het wegdek in het profiel van vrije ruimte (PVR) van de tram op een tram-wegkruising. De huidige conventie is een witte vierkant omlijnen met wit kruis erin. Een alternatieve kleurstelling is een geel vlak met zwart kruis aangebracht met speciale coating zodat het profiel van het wegdek bedekt is.	Verkeersdeelnemers waarschuwen in welk gebied de tram passeert. Voorkomen dat verkeersdeelnemers zich bevinden in het PVR van de tram tijdens een trampoline.	1	1	1	1	2	1
	J14-verkeersbord op wegdek gemarkeerd	Driehoekig (rood-wit) verkeersbord met afbeelding van een tram, met betekenis: let op u nadert een tram(kruising). Aangebracht op het wegdek.	Verkeersdeelnemers waarschuwen van een nabije tram(kruising).	1	2	1	1	2	2

	Maatregel / Toevoeging	Omschrijving	Doel	Scores beoordelingsmatrix (Human factors model)					
				Aandacht	Verwachting	Zichtbaarheid	Opvallendheid	Identificatie	Interpretatie
Signalering	TWI (tramwaarschuwingsinstallatie)	<p>Tramwaarschuwingsinstallatie, bestaande uit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Een zwart-wit gemarkeerde paal met daarop een oranje/geel waarschuwingslicht. Het licht heeft een driehoek met uitroepteken erin en eronder de tekst 'tram'. • sensoren: die aangeven wanneer de TWI in/uitschakelt. <p>De TWI kent een standalone versie en een versie waarin deze gekoppeld is met de VRI.</p>	Verkeersdeelnemers waarschuwen voor een trampassage bij een tram-weg overgang.	2	2	2	2	1	2
	+ Akoestische signalen	Vaak een elektronische bel. Deze geeft met een luid rinkelend geluid aan dat er een trampassage (gaaf) plaatsvind(en). Afhankelijk van de locatie kan er gekozen worden om dit na een bepaald tijdstip s'avonds/s'nachts uit te schakelen, in verband met geluidsoverlast.	Verkeersdeelnemers op akoestische wijze waarschuwen voor een trampassage bij een tram-weg overgang.	+	+				+

3.2 Toepassingsfilosofie

De toepassing van de set van maatregelen bij tram-wegkruisingen dient zoveel mogelijk uniform te gebeuren. Door middel van uniforme toepassing in de Provincie wordt een duidelijk en overzichtelijk verkeersbeeld gecreëerd dat de verwachtingen van weggebruikers over de tram-wegkruising ondersteunt dan wel corrigeert. Passend in deze filosofie bereiken verkeersmaatregelen op zichzelfstaand niet de gewenste effectiviteit. Het bereiken van het gewenste effect zit in de kracht van de complementaire werking van de maatregelen. Om effectief te zijn dienen de maatregelen de volgende doelen:

- 1) De verwachting van een naderende tram-wegkruising dient gecreëerd te worden;
- 2) De weggebruiker dient op het juiste moment alert te zijn;
- 3) De tram-wegkruising dient goed zichtbaar en opvallend te zijn voor de weggebruiker.

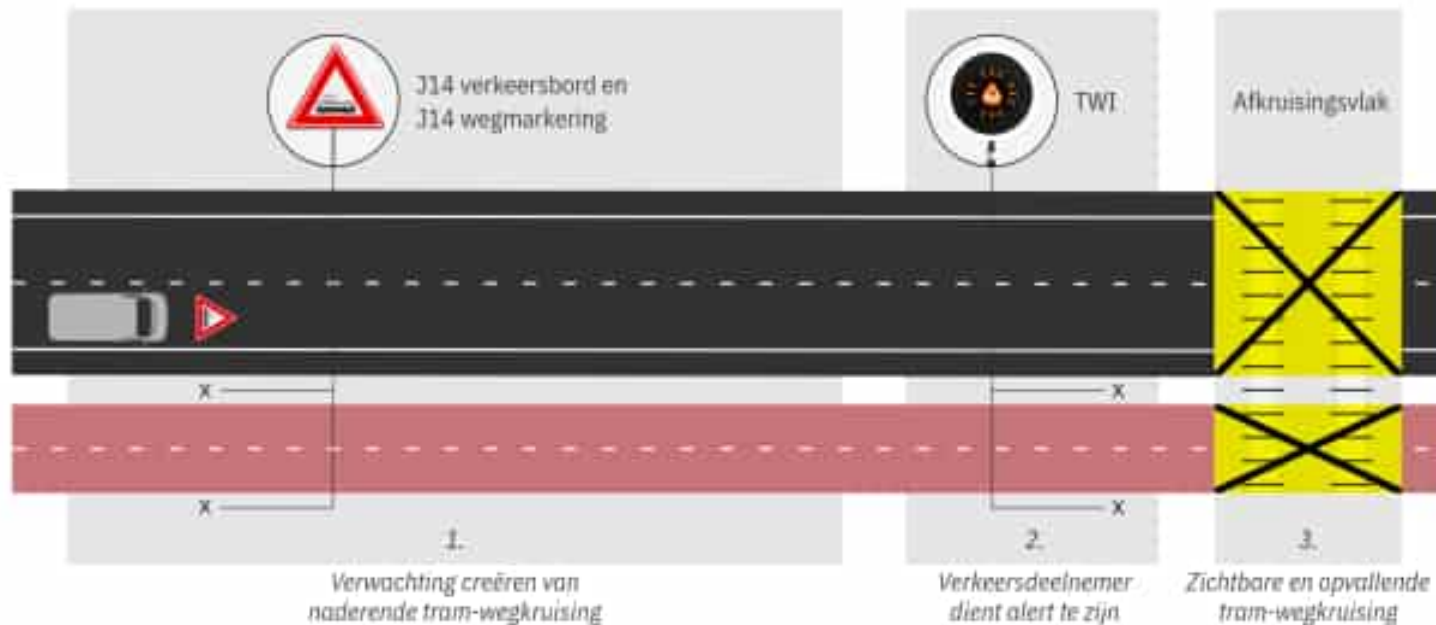
Figuur 7 geeft een illustratie hoe dit in de praktijk vormgegeven kan worden. Paragraaf 3.2.1, 3.2.2 en 3.2.3 geven toelichting.

Met de set van maatregelen zijn er meerdere manieren om hier invulling aan te geven. Factoren zoals verkeersintensiteit, de maximaal toegestane snelheid, het overzicht van de kruising en data over ongevallen zijn hier leidend in.

3.2.1 Verwachting

De eerste maatregel in de reeks dient om de weggebruiker te richten op de context waarin de weggebruiker terecht gaat komen. Hiermee wordt bedoeld het creëren van de verwachting dat de weggebruiker te maken krijgt met (in dit geval) een tram(weg-kruising). Op deze manier kan de weggebruiker zijn rijgedrag alvast aanpassen aan de komende situatie (snelheid minderen).

Relevante maatregelen: J14-verkeersbord, J14-verkeersbord knipperend, J14-verkeersbord op het wegdek gemarkeerd.



Figuur 7. Visualisatie van de toepassingsfilosofie

Het J14-verkeersbord geeft een duidelijk signaal richting weggebruikers dat er een tram(-wegkruising) genaderd wordt. Welke variant van het J14-bord gebruikt wordt is afhankelijk van de context:

- Het normale J14-bord op paal is het uitgangspunt. Daarbij kan er gekozen worden om het bord uit te rusten met knipperende rand of op een matrixbord mocht de situatie daar om vragen, bijvoorbeeld doordat veel ongelukken met schemer of donker gebeuren.
- Mocht plaatsing van het J14-bord op paal niet mogelijk zijn naast de betreffende rijbaan of rijbanen, dan kan gekozen worden voor J14 als wegmarkering.
- Elke rijbaan die te maken krijgt met de tram-wegkruising moet voorzien worden van een J14-variant.

De exacte afstand tussen de tram-wegkruising en het J14-verkeersbord is contextafhankelijk, hier is geen concreet getal aan te koppelen. In ieder geval dient er voldoende afstand tot de kruising te zijn om, gezien de snelheid, te kunnen begrijpen wat bedoeld wordt en de daarbij gewenste actie (snelheid verminderen) in te zetten.

3.2.2 Alertheid

Wanneer de weggebruiker de tram-wegkruising nadert, is het noodzakelijk dat deze een passende alertheid heeft, zodat er gereageerd kan worden op de eerder gecreëerde verwachting over context. Het verhogen van de alertheid kan gedaan worden door prikkels of stimuli in de omgeving te plaatsen die de aandacht trekken van de weggebruiker. Belangrijk is dat deze prikkel de juiste boodschap meegeeft.

Relevante maatregelen: TWI

In het geval van een tram-wegkruising is een TWI passend om de alertheid van de weggebruiker te verhogen. De knippering van de TWI, eventueel aangevuld met een auditief signaal, trekt de aandacht. De gele driehoek met tram erin geeft vervolgens de boodschap dat het om een tram gaat, evenals dat de toon en het ritme van het auditieve signaal gerelateerd kan worden aan een trampassage.

Een TWI, zichtbaar voor alle rijbanen die te maken krijgen met de tram-wegkruising, dient vlak voor de tram-wegkruising geplaatst te worden. Vaak is de logische plaatsing van de TWI nabij de verkeerslichten. Een TWI kan uitgerust worden met auditieve signalen ter bevordering van de attentiewaarde. Echter dient dat in afweging te gaan met de mogelijke overlast die dit voor de omgeving kan zorgen.

De timing waarop weggebruikers alert dienen te zijn, is cruciaal. Gebeurt dit ver van tevoren, dan is de kans aanwezig dat de alertheid reeds is afgenomen in de buurt van de tram-wegkruising. Komt het signaal te laat, dan is het fysiek niet meer mogelijk om te reageren. Idealiter dienen weggebruikers alert te zijn op het moment dat reageren nog goed mogelijk is, maar niet veel eerder dan dit. Dit is verschillend per context en afhankelijk van onder andere de maximumsnelheid en het zicht voor de kruising. Het advies is om de TWI op dezelfde locatie als de verkeerslichten te plaatsen en de richtlijnen voor het plaatsen van verkeerslichten aan te houden. Het advies om de TWI bij de verkeerslichten te plaatsen kan daarnaast mogelijk helpen bij het voorkomen van de meest voorkomende directe oorzaak van aanrijdingen bij tram-wegkruisingen, namelijk roodlichtnegatie (ref. 3). Bij bewuste roodlicht negatie worden weggebruikers vlak voor het negeren van het rode licht herinnerd dat een gevaarlijke situatie zich gaat voordoen, wat potentieel de weggebruiker doet heroverwegen of beter om zich heen doet kijken. Voor onbewuste roodlichtnegatie creëert het knipperend signaal een visuele prikkel waarmee mogelijk het rode verkeerslicht toch wordt opgemerkt.

Aandachtspunt is dat er een balans gezocht moet worden tussen enerzijds het vermijden van een veelheid aan visuele signalen van TWI en VRI samen en anderzijds het borgen van de functie van de TWI om de alertheid van de weggebruiker op een passend moment te verhogen en aandacht van de weggebruiker specifiek op de tram-wegkruising te richten.

Noot 1 Intergo

Naast de TWI kan als zwaardere maatregel de AHOB worden ingezet. De AHOB is uitgerust met meer visuele cues dan de TWI, een andreaskruis en twee knipperende rode lampen in combinatie met slagbomen zijn onderdeel van de installatie. Op het gebied van alertheid van de weggebruiker, zichtbaarheid en opvallendheid van de tram-wegkruising heeft de AHOB de voorkeur boven een TWI. Toepassing van een AHOB valt echter buiten de vraagstelling van de Provincie Utrecht.

Noot 2 Intergo

Een verkeersdrempel kan ook geschaard worden onder de categorie 'alertheid'. Het rijden over een verkeersdrempel geeft een fysiek signaal aan de weggebruiker. Echter is het doel van een verkeersdrempel duidelijker gericht op het verlagen van de snelheid dan op het alert maken op een tram-weg-kruising. Daarom maken verkeersdrempels geen onderdeel uit van de uniforme set van maatregelen, hoewel ze in specifieke situaties wel hun waarde kunnen hebben, zie paragraaf 4.2.

3.2.3 Zichtbaarheid en opvallendheid

Na voorgaande stappen is het noodzaak dat de tram-wegkruising zelf ook goed zichtbaar is voor de weggebruiker. Een passende maatregel is wegmarkering in de vorm van een afkruisingsvlak. Door de tram-wegkruising expliciet te markeren komt er voor de weggebruiker een visuele cue bij. Daarnaast impliceert de markering, afhankelijk van de uitvoering, dat het vlak niet een gebied is waar weggebruikers stil mogen staan.

Relevante maatregelen: Afkruisingsvlak op tram-wegkruising en AHOB.

Een afkruisingsvlak kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. De meest toegepaste vorm in het wegverkeer is een wit rechthoekig omlijning met wit kruis daarin. Een alternatieve vorm hiervan is een geel vlak met daarin een zwart kruis. Deze uitvoering wordt reeds gebruikt in andere omgevingen, zoals bij bruggen (ref. 6) en spoorwegovergangen (ref. 8). De gele markering heeft een hogere attentiewaarde dan de witte markering (ref 13). Dit komt doordat het geel meer opvalt in de omgeving dan de witte markering.

4. Toepassing van de set van maatregelen

De in het praktijkonderzoek onderzochte tram-wegkruisingen zijn ook gebruikt om de gekozen set van maatregelen in combinatie met de toepassingsfilosofie te visualiseren. De toelichting bij de visualisaties heeft betrekking op de unieke eigenschappen van iedere tram-wegkruising en hoe daar mee omgegaan dient te worden.

Zoals eerder aangegeven gaat het om:

- Europalaan/aansluiting A12 (Utrecht)
- Laan van Maarschalkerweerd (Utrecht)
- Symfonielaan (Nieuwegein)
- Richterslaan (Nieuwegein)

Voor ieder van de tram-wegkruisingen en rijrichtingen zijn visualisaties ontworpen, zie hiervoor ook bijlage B.

4.1 Europalaan / aansluiting A12

Voor de rijrichtingen die te maken hebben met de tram-wegkruising bij de kruising van de Europalaan en de A12, zie Figuur 8.

Randvoorwaarden

Voor **rijrichting 2** (Figuur 10) dient eerst aan de randvoorwaarden voldaan te worden door de begroeiing te maaien en het zicht op de tram-wegkruising te verbeteren.

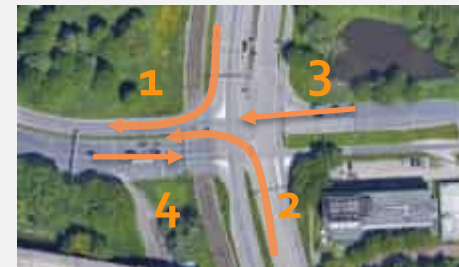
Vervolgens dienen, in lijn met de filosofie, de volgende maatregelen rond de tram-wegkruising geplaatst: J-14 verkeersbord (op paal en als wegmarkering), TWI-installaties en een afkruisingsvlak op de tram-wegkruising

Verwachting creëren

Rijrichting 1 (Figuur 9): Er zijn dubbele rijstroken die afbuigen en de tram-wegkruising passeren. In geval van dubbele rijstroken dienen weggebruikers op beide rijstroken geattendeerd te worden op de naderende tram-wegkruising. Omdat er geen optie is voor J14-verkeersborden op paal voor beiden rijbanen wordt geadviseerd om het J14-bord als wegmarkering toe te passen.

Rijrichting 2: Zie rijrichting 1.

Tram-wegkruising: Europalaan / aansluiting A12



Rijrichtingen:

1. Europalaan -> Oprit A12
2. Europalaan -> Oprit A12
3. Mauritiuslaan -> Oprit A12
4. Afrit A12 -> Europalaan of Mauritiuslaan

Figuur 8. Overzicht rijrichtingen Europalaan



Figuur 9. Richting 1: J14 bord en markering.



Figuur 10. Richting 2: Gras moet gemaaid worden ter bevordering van zicht op tram-wegkruising

Rijrichting 3: J14 enkel als wegmarkering, omdat plaatsing van een J14 op paal niet mogelijk is zonder verwarring te creëren voor andere rijbanen.

Rijrichting 4: In de huidige situatie staat er een J14-verkeersbord aan linkerzijde van de weg. Hoewel dit impliceert dat er een tram-wegkruising aan komt, is door de plaatsing ervan het niet duidelijk dat dit voor alle rijstroken geldt. In het ergste geval kan dit er zelfs voor zorgen dat weggebruikers ervan uit gaan dat het bord enkel voor de linkerrijstrook geldt, hetgeen dat valse verwachtingen creëert voor de overige rijstroken. De gevisualiseerde inrichting (Figuur 11) van dit wegdeel is een illustratie hoe deze situaties aangepakt kunnen worden, zonder een overvloed aan signalering te creëren. Hierop volgend dient het enkele J14-verkeersbord aan linkerzijde, nabij de VRI, verwijderd te worden.

Alert maken

De TWI's dienen in alle richtingen zodanig geplaatst te worden dat duidelijk voor de weggebruiker is tot wie deze gericht is. De gepaste plaatsingsafstand is gelijk aan de verkeerslichten.

Rijrichting 1: De TWI dient uitgerust te worden op de paal aan de zijkant van de weg en op de installatie van de verkeerslichten.

Rijrichting 2: Zie rijrichting 1.

Rijrichting 3: De TWI dient geplaatst te worden op de installatie van de verkeerslichten, boven het wegdeel. Plaatsing op een paal aan de zijkant van de rijbaan is niet mogelijk.

Rijrichting 4: Aangeraden wordt om twee TWI's op de installatie van de verkeerslichten te hangen op zodanige positie dat deze gericht zijn op alle rijstroken. Zie Figuur 12 ter illustratie.

Zichtbaar en opvallende tram-wegkruising

De gehele tram-wegkruising dient gemarkeerd te worden met het afkruisingsvlak.

Zie bijlage B. voor alle visualisaties, in groter formaat, voor tram-wegkruising Europalaan en A12.



Figuur 11. Richting 4: J14 bord ruim van tevoren voor beide rijstroken.



Figuur 12. Richting 4: Uitvoering van de TWI.

4.2 Laan van Maarschalkerweerd

Voor de rijrichtingen die te maken hebben met de tram-wegkruising op de Laan van Maarschalkerweerd, zie Figuur 13

Verwachting creëren

Rijrichting 1: Het J14-verkeersbord dient net na de in-uitrit geplaatst te worden.

Rijrichting 2: Aangeraden wordt om J14 als wegmarkering te plaatsen. Dit heeft de voorkeur omdat een verkeersbord op paal aan rechterzijde mogelijk over het hoofd wordt gezien. De weggebruiker neemt een bocht naar links, daar zal ook de aandacht van de weggebruiker zijn, zie Figuur 14 voor eyetrackerbeelden hiervan. Plaatsing van het bord aan linkerzijde kan het zicht op de tram-wegkruising en VRI verhinderen.

Alert maken

Rijrichting 1: De huidige TWI staat op ongeveer 50 meter voor de tram-wegkruising. In lijn met de toepassingsfilosofie dient deze dicht bij de tram-wegkruising geplaatst te worden. Hiermee wordt voorkomen dat de weggebruiker te vroeg alert is en de staat van alertheid is afgenomen op het cruciale moment, namelijk vlak voor het passeren van de tram-wegkruising (het moment dat een weggebruiker nog kan ingrijpen). Aangeraden wordt om de TWI op de installatie van de verkeerslichten te plaatsen, zowel hoog als laag zodat dit goed zichtbaar is voor iedere weggebruiker, zie Figuur 15.

Rijrichting 2: Huidige TWI dient verplaatst te worden en op de installatie van de verkeerslichten geplaatst te worden. Zie 'rijrichting 1' voor uitleg.

Zichtbaar en opvallende tram-wegkruising

De tram-wegkruising dient uitgerust te worden met vlakmarkering. Daarbij is opgemerkt dat voor iedere richting er zowel een stopstreep als haaiantanden aanwezig is. Beiden zijn een aanwijzing over waar gestopt dient te worden. Doordat deze op verschillende afstand geplaatst zijn krijgt de weggebruiker conflicterende signalen die voor verwarring kunnen zorgen. Geadviseerd wordt, mede omdat het stoppen bij de haaiantanden zeer dicht op de tram-wegkruising gebeurt, om de haaiantanden te verwijderen of bij de stopstreep te plaatsen.

Tram-wegkruising: Laan van Maarschalkerweerd



Rijrichtingen:

1. Laan van Maarschalkerweerd: Noord naar Zuid
2. Laan van Maarschalkerweerd: Zuid naar Noord

Figuur 13. Overzicht rijrichtingen Laan van Maarschalkerweerd.



Figuur 14. Richting 2: Eyetracking laat zien dat de weggebruiker links door de bocht heen kijkt. Er is geen aandacht voor de rechterzijde van de weg.



Figuur 15. Richting 1: Plaatsing van de TWI.

Overig

Als laatste wordt geadviseerd om voor richting 1 een verkeersdrempel te plaatsen, zie Figuur 16. Reden hiervoor is de lange aflopende rechte weg leidend tot de kruising, waardoor een weggebruiker veel snelheid kan maken. Het plaatsen van een verkeersdrempel kan dit beperken, waardoor weggebruikers met een gereguleerde snelheid de tram-wegkruising benaderen. Bij plaatsing van een verkeersdrempel wordt in de huidige situatie een verhoogde kruising ter hoogte van de in-uitrit voor richting 1 geadviseerd. Hier dient rekening gehouden te worden met de voorrangssituatie die ontstaat. Voor de in-uitrit dienen daarom haaiantanden geplaatst te worden. Overwogen kan worden om de in-uitrit geheel te verwijderen als deze weinig/niet gebruikt wordt door (gemotoriseerd) verkeer. Hierbij dient eerst onderzocht te worden of dit voor implicaties zorgt voor toegang tot de nabijgelegen sportcomplexen.

4.3 Symfonielaan

Voor de rijrichtingen die te maken hebben met de tram-wegkruising op de Symfonielaan, zie Figuur 17.

Randvoorwaarden

Voor Symfonielaan **rijrichting 1** dient overbodige bebording weggehaald te worden. Hiermee wordt bedoeld het gebodsbord voor vrachtwagens. Aangeraden wordt om dit op een andere locatie te plaatsen zodat het zicht op de VRI en de tram-wegkruising niet verhinderd wordt, zie Figuur 18. Naast zichthinder is de huidige plaatsing van het verkeersbord zeer onwenselijk omdat de vrachtwagenchauffeur op de kruising niet kan keren: het bord moet juist op een plaats staan waar de chauffeur nog wel mogelijkheid tot correctie heeft.



Figuur 16. Richting 1: Plaatsing van een verkeersdrempel om de snelheid van weggebruikers te reguleren.

Tram-wegkruising: Symfonielaan



Rijrichtingen:

1. Symfonielaan: Noord naar Zuid
- 1.2. Symfonielaan: Noord naar Zuid (komend vanaf Middelhoeve)
2. Symfonielaan: Zuid naar Noord

Figuur 17. Overzicht rijrichtingen Symfonielaan.



Figuur 18. Gebodsbord dat in zichtlijn van weggebruiker staat en mogelijk ongewenst gedrag van vrachtwagenchauffeurs niet vermijdt.

Verwachting creëren

Rijrichting 1: Voor plaatsing van het J14-verkeersbord wordt aangeraden om deze op de aangegeven locatie te zetten. Hierdoor wordt het zicht op de tram-wegkruising niet verhinderd, zie Figuur 19.

Rijrichting 1.2: Met de plaatsing van het J14-verkeersbord bij rijrichting 1 dient er ook een J14-verkeersbord geplaatst te worden aan de linkerzijde van de linkerrijstrook voor deze rijrichting, zie Figuur 20.

Rijrichting 2: Het J14-verkeersbord dient te blijven staan op de huidige locatie.

Alert maken

Rijrichting 1: Plaatsing van de TWI wordt aangeraden om dit op dezelfde manier te doen zoals bij de Laan van Maarschalkerweerd. Dat betekent plaatsing van de TWI op de installatie van de verkeerslichten. Daarbij wordt opgemerkt dat deze installatie dicht op de tram-wegkruising staat, waardoor de kruising weinig vergevingsgezind is. Aangeraden wordt om de gehele installatie voor de verkeerslichten (en stopstreep) verder van de tram-wegkruising te plaatsen, zie Figuur 21.

Rijrichting 2: De TWI dient geplaatst te worden aan de installatie van de verkeerslichten, zowel rechts onder het verkeerlicht als op de hangende installatie.

Zichtbaar en opvallende tram-wegkruising

De vlakmarkering dient geplaatst te worden op zowel het wegdeel voor gemotoriseerd verkeer, als op het wegdeel voor langzaam verkeer.

4.4 Richterslaan

Voor de rijrichtingen die te maken hebben met de tram-wegkruising op de Richterslaan, zie Figuur 22.

Verwachting creëren

Rijrichting 1: Het J14-bord dient aan rechterzijde van de weg geplaatst te worden.

Rijrichting 2: J14 dient als wegmarkering geplaatst te worden. Een J14 bord op paal is niet mogelijk voor deze richting.



Figuur 19. Links: richting 1 J14-bord.

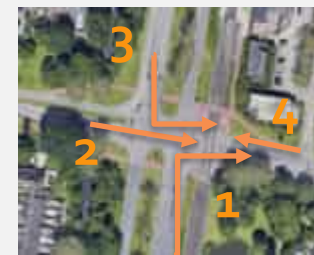


Figuur 20. Richting 1.2 J14-bord



Figuur 21. Richting 1: Herpositionering van de VRI.

Tram-wegkruising: Richterslaan



Figuur 22. Overzicht rijrichtingen Richterslaan

Rijrichtingen:

1. A.C. Verhoefweg -> Richterslaan (rechts afslaand)
2. Barnsteendrift -> Richterslaan (rechtdoor)
3. A.C. Verhoefweg -> Richterslaan (links afslaand)
4. Richterslaan -> overige richtingen

Rijrichting 3: Het J14-bord dient aan linkerkzijde van de weg geplaatst te worden.

Rijrichting 4: Aan beide zijden van de weg dient een J14-bord geplaatst te worden.

Alert maken

Voor de plaatsing van de TWI's wordt geadviseerd om dit op de paal van de verkeerslichten te doen, gelijk aan eerdere praktijksituaties.

Rijrichting 1: De TWI dient onder het rechter verkeerslicht geplaatst te worden

Rijrichting 2: Plaatsing van de TWI is hier minder voor de hand liggend.

Aangeraden wordt om de TWI vlak voor de tram-wegkruising te plaatsen, zie Figuur 23.

Rijrichting 3: Idealiter dient de TWI die geplaatst is voor rijrichting 2 ook zichtbaar te zijn voor deze rijrichting

Rijrichting 4: Beide verkeerslichten dienen een TWI onder geplaatst te krijgen. Op deze manier is duidelijk dat dit signaal voor beide rijrichtingen geldig is, zie Figuur 24.

Voor de tram-fietspad kruising aan de rechterkant van **rijrichting 4** dient nagekeken te worden of de TWI werkt zoals bedacht. Tijdens het praktijkonderzoek leek de TWI niet goed werkzaam te zijn.

Zichtbaar en opvallende tram-wegkruising

De tram-wegkruising dient uitgerust te worden met vlakmarkering, voor zowel het wegdeel van de gemotoriseerde weggebruikers als het wegdeel voor het langzame verkeer.

Verder wordt aangeraden om zo mogelijk de zeer beperkte en onwenselijke opstelruimte voor fietsers die gecreëerd is tussen de rijbaan en de tramovergang bij **rijrichting 1** te verwijderen.



Figuur 23. Richting 2: plaatsing TWI



Figuur 24. Richting 4: Plaatsing TWI's voor beide rijbanen.

5. Conclusie

De Provincie Utrecht heeft naar aanleiding van diverse incidenten op tram-wegkruisingen onderzoek laten doen naar maatregelen om de veiligheid op tram-wegkruisingen te verhogen. Met dit onderzoek is aan de hand van gedragswetenschappen en ergonomie inzicht verkregen in welke maatregelen nodig zijn om het juiste gedrag van mensen bij tram-wegkruisingen te bevorderen.

De gestelde onderzoeksvragen zijn:

- A) Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat weggebruikers (alle soorten verkeer) niet afgeleid zijn?
- B) Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat we (actief) de aandacht trekken van (afgeleide) weggebruikers, zodat ze de tramkruising tijdig opmerken?
- C) Wat kunnen we doen om de attentiewaarde van de tramkruising te verhogen?

Daarbij is het voor de Provincie van belang dat maatregelen uniform kunnen worden toegepast op tram-wegkruisingen. Dit creëert herkenbaarheid voor de weggebruikers en eenvoudig en eenduidig uit te voeren en te beheren mogelijkheden voor de Provincie.

Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat weggebruikers (alle soorten verkeer) niet afgeleid zijn?

Het voornaamste dat gedaan kan worden binnen de invloedssferen van de provincie Utrecht, is het minimaliseren van niet-relevante aandachtsbronnen rondom tram-wegkruisingen door het creëren van veiligheidszones. Denk hierbij aan het verbieden van reclamemateriaal rondom tram-wegkruisingen. Daarbij wordt aangeraden om elementen zoals bushaltes, uitritten, parkeerplaatsen en oversteekplaatsen zoveel mogelijk te vermijden rondom tram-wegkruisingen. De omvang van deze veiligheidszones is contextafhankelijk. Er dient onder andere rekening gehouden te worden met verkeersintensiteit, wegontwerp, zichtbaarheid, voorschriften en richtlijnen en incidentdata. In het kader van de toepassingsfilosofie van de set van maatregelen zijn dit randvoorwaardes (3.1.1) waar voldaan aan dient te worden bij tram-wegkruisingen.

Wat kunnen we doen om ervoor te zorgen dat we (actief) de aandacht trekken van (afgeleide) weggebruikers, zodat ze de tramkruising tijdig opmerken?

Ervan uitgaande dat aan de randvoorwaardes is voldaan en er dus weinig tot geen irrelevante aandachtsbronnen rondom een tram-wegkruising zijn, kunnen maatregelen worden ingezet om de aandacht van de weggebruiker naar de juiste plek te leiden. Specifiek wordt hier bedoeld op alertheid-verhogende maatregelen. Dit zijn maatregelen die de weggebruiker prikkelen of stimuleren om de aandacht op het juiste moment op de juiste plaats te hebben. We bevelen voor dit doel toepassing van het J-14-waarschuwingbord en de TWI aan. Het J-14 waarschuwingbord heeft als doel tijdig bij de weggebruiker een verwachting te creëren dat deze een tram-wegkruising nadert. Dit is de eerste cue om aandacht te trekken.

De TWI is de tweede cue die specifiek gericht is op aandacht trekken en alert maken van de weggebruiker. Het knipperende signaal van de TWI trekt visueel de aandacht van een weggebruiker. Als aanvulling daarop kan er gekozen worden om auditieve prikkels toe te voegen (elektronische bel) mocht dit noodzakelijk zijn voor de situatie.

Plaatsing van het J-14 markeringsbord en de TWI moet zodanig zijn dat het voor weggebruiker nog fysiek mogelijk is om te reageren. Echter dient plaatsing niet te ver van tevoren te gebeuren, aangezien dit ervoor kan zorgen dat de alertheid van de weggebruiker alweer is afgenomen in de buurt van de tram-wegkruising. Voor de TWI bevelen we aan om de TWI te plaatsen in de nabijheid van de verkeerslichten en de daarvoor geldende richtlijnen aan te houden. Met de plaatsing van de TWI dient rekening gehouden te worden met de hoeveelheid aan signalen die richting de weggebruiker wordt aangeboden.

Wat kunnen we doen om de attentiewaarde van de tramkruising te verhogen?

Om de attentiewaarde van tram-wegkruisingen te verhogen dient te weggebruiker geïnformeerd te worden over de aanwezigheid van de tram-wegkruising. De weggebruiker dient hierin allereerst geattendeerd te worden op de komende situatie, het creëren van verwachting (het J-14 waarschuwingbord). Ook moet de weggebruiker alert gemaakt worden (de knipperende TWI). Daarbij zorgt de TWI door zijn uitvoering met de tekst TRAM er ook voor dat de

weggebruiker ervan bewust wordt gemaakt dat het om een tram-wegkruising gaat.

Vervolgens dient de tram-wegkruising zelf ook goed zichtbaar te zijn voor de weggebruiker. Hierbij dient voorkomen te worden dat obstakels of groen het zicht op de tram-wegkruising beletten en daarbij is het advies om het weggedeelte van de daadwerkelijk tram-wegkruising te markeren met bij voorkeur een geel vlak met voldoende contrasterend kruis (zwart). Het markeren van het weggedeelte laat aan de weggebruiker zien waar de tram exact passeert en waarschuwt de weggebruiker dat dit een gebied is waar niet stil gestaan mag worden.

De complementaire werking van visuele prikkels richting de weggebruiker voorafgaand aan de tram-wegkruising (J14-waarschuwbord), de visuele (en mogelijk ook auditieve) prikkels vlak voor de tram-wegkruising (de TWI) en de markering van de tram-wegkruising zelf (bij voorkeur geel vlak met zwart kruis) zorgen gezamenlijk voor set van samenhangende maatregelen die de attentiewaarde van een tram-wegkruising verhogen.

Afsluitend wordt geadviseerd om met het toepassen van de set van maatregelen in de praktijk de toepassingsfilosofie te volgen. De maatregelen zijn complementair aan elkaar en moeten in samenhang toegepast worden om het gewenste gedrag van weggebruikers op een tram-wegkruising te bereiken. De toepassingsfilosofie is geen harde wet van Meden en Perzen, maar moet met verstand worden toegepast omdat kruisingen vrijwel nooit exact gelijk aan elkaar zijn. Factoren zoals verkeersintensiteit, maximale toegestane snelheid, overzicht van de kruising en informatie over achterliggende oorzaken van (bijna-) ongevallen blijven relevant in het implementeren van de toepassingsfilosofie.

Bronnen

1. Adams, W., Venemans, P.J. & Mannaerts, A.A.J., (1984). Bewegwijzering binnen gebouwen: een aanzet voor een checklist. Tijdschrift voor Ergonomie, 9, (pp. 387-391).
2. CROW (2021). Herkenbaarheid Tram. Herkenbaarheid van de tram in een stedelijke omgeving.
3. Goudappel (2022). Afwegingskader verkeersveiligheid tramkruisingen. Provincie Utrecht.
4. Intergo (2012). 7 stappen model voor signaal waarneming.
5. Intergo (2015). Stilstaan op overwegen maatregelen.
6. Intergo (2020). Effect van het gele vlak – Gedrag passanten.
7. Intergo (2021). 7-stappen-tool.
8. Intergo (2023). Evaluatie markering overweg Dolderseweg.
9. Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015). Landelijk Verbeterprogramma Overwegen – Verslag bijeenkomst Generieke Maatregelen.
10. Provincie Utrecht (2023). Suggesties voor attentie verhogende maatregelen. E-mail.
11. Rijkswaterstaat (2016). Handreiking: Human Factors voor verkeersveiligheid in het wegontwerp
12. RSSB (2007). Human Factors SPAD Hazard Checklist van de RSSB.
13. TNO (2018). Evaluatie effecten aanpassing markering Baarn, rapport TNO 2018 R10105, <http://resolver.tudelft.nl/uuid:eg1902a6-e329-44a3-b847-2998ac1d3755>

Bijlage A. Beoordelingsmatrix

Drie-eenheid	Definitie	Beoordeling				
		-2	-1	0	1	2
Scherp zijn						
1. Aandacht	<p>Aandacht is het cognitieve proces van gericht waarnemen van één aspect in de omgeving. Onder het construct aandacht zin binnen dit model twee richtingen gedefinieerd. In positieve richting is er alertheid: De verhoogde staat van cognitieve activiteit, sensorische perceptie en reactievermogen. Het is de psychologische toestand waarin iemand klaar is om te reageren op relevante prikkels of gebeurtenissen in de omgeving. In negatieve richting is er afleiding: Een proces waarbij de aandacht wordt verschoven van een doeltaak naar een andere stimulus die als niet-relevant voor de doeltaak wordt beschouwd. Afleiding wordt vaak beschouwd als een gevolg van concurrentie tussen stimuli en aandachtsbronnen.</p> <p>Bijbehorende vraag (alertheid): <i>Zorgt maatregel voor geactiveerde of alerte toestand van de weggebruiker?</i></p> <p>Bijbehorende vragen (afleiding): <i>1. Zorgt maatregel ervoor dat weggebruiker niet wordt afgeleid van de verkeerstaak?</i></p>	<p>De maatregel veroorzaakt een aandachtsbron die dermate afleidend is dat de weggebruiker wordt afgeleid van de verkeerstaak. Het is denkbaar dat dit leidt tot gevaarlijke situaties voor de weggebruiker zelf of andere weggebruikers.</p>	<p>De maatregel vormt een aandachtsbron die niet relevant is voor de verkeerstaak die moet worden uitgevoerd. Dit is echter afhankelijk van de weggebruiker, de uitvoering van de maatregel en de context waarin de maatregel wordt geplaatst.</p>	<p>De maatregel heeft geen positief of negatief effect op aandacht. In geen geval kan het de alertheid van de weggebruiker verhogen, evenals het niet voor afleiding van de weggebruiker kan zorgen.</p>	<p>De maatregel vormt een aandachtsbron die relevant is voor de verkeerstaak die moet worden uitgevoerd. Dit is echter afhankelijk van de weggebruiker, de uitvoering van de maatregel en de context waarin de maatregel wordt geplaatst.</p>	<p>De maatregel veroorzaakt een aandachtsbron die er automatisch voor zorgt dat de aandacht van de weggebruiker uitgaat naar de verkeerstaak. De maatregel is hierin niet afhankelijk van de weggebruiker, context en uitvoering.</p>

		Beoordeling				
Drie-eenheid	Definitie	-2	-1	0	1	2
2. Verwachting	<p>Een cognitieve toestand waarin een persoon een voorspelling of anticipatie heeft over een toekomstige gebeurtenis, uitkomst of situatie op basis van beschikbare informatie, eerdere ervaringen en contextuele cues. Verwachting houdt in dat individuen een mentaal beeld vormen van wat ze verwachten dat er zal gebeuren, en dit beïnvloedt hun percepties, gedrag en cognitieve verwerking. Verwachting stuurt de waarneming en aandacht in een bepaalde kijkrichting en op bepaalde situaties.</p> <p>Bijbehorende vraag: <i>Zorgt maatregel ervoor dat weggebruikers weten (verwachting) dat er een tramkruising aan komt?</i></p>	<p>De maatregel komt niet overeen met het mentaal model van de weggebruiker; andere tram-wegkruisingen of gevaarlijke kruispunten worden op een andere manier aangeduid. Het is onduidelijk waar de aandacht van de weggebruiker heen moet gaan. Het is mogelijk dat deze maatregel de weggebruiker zodanig verwart dat dit leidt tot gevaarlijke situaties voor de weggebruiker zelf of andere weggebruikers.</p>	<p>De maatregel komt niet overeen met het mentaal model van de weggebruiker; de toegepaste maatregel is niet bekend en de betekenis kan door de plaatsing en context van de maatregel verkeerd worden geïnterpreteerd. De maatregel geeft geen duidelijke indicatie van de aanwezigheid van een tramwegkruising of een gevaarlijke situatie. Het is niet aannemelijk dat dit tot gevaarlijke situaties kan leiden.</p>	<p>De maatregel heeft geen positief of negatief effect op de verwachting van een weggebruiker. Voor de weggebruiker geeft deze maatregel geen indicatie van de aanwezigheid van een gevaarlijke situatie of tram-wegkruising.</p>	<p>De maatregel kan enigszins overeenkomen met het mentaal model van de weggebruiker; hoewel de maatregel nog niet heel bekend is, wordt de betekenis voornamelijk door plaatsing en context van de maatregel duidelijk. De maatregel geeft een indicatie van een gevaarlijke situatie.</p>	<p>De maatregel komt overeen met het mentaal model van de weggebruiker; het is duidelijk waar de aandacht van de weggebruiker heen moet gaan. De maatregel geeft een indicatie van een tram-wegkruising.</p>
Zien						
3. Zichtbaarheid	<p>De eigenschap van een object of een fenomeen om fysiek visueel waarneembaar te zijn; signalen zijn tijdig en ononderbroken zichtbaar. Zichtbaarheid hangt af van eigenschappen van het object zelf (textuur, grootte) en externe factoren (afstand tot de waarnemer). Bijbehorende vraag: <i>Is maatregel tijdig en ononderbroken zichtbaar?</i></p>	<p>De eigenschappen van deze maatregel zorgen ervoor dat de maatregel niet, niet tijdig en/of lang ondoorbroken zichtbaar is.</p>	<p>De eigenschappen van deze maatregel zorgen ervoor dat de maatregel mogelijk niet goed zichtbaar is. Dit kan komen doordat de maatregel niet tijdig of onderbroken zichtbaar is voor de weggebruiker.</p>	<p>De eigenschappen van deze maatregel hebben geen positief of negatief effect op de zichtbaarheid van de maatregel.</p>	<p>De eigenschappen van deze maatregel zorgen ervoor dat de maatregel zichtbaar is voor de weggebruiker. De zichtbaarheid is mogelijk situationeel afhankelijk van externe factoren (zoals elementen in de omgeving die de kijklijn kunnen onderbreken).</p>	<p>De eigenschappen van deze maatregel zorgen ervoor dat de maatregel tijdig en ononderbroken zichtbaar is voor de weggebruiker. Externe factoren zoals omgeving hebben geen invloed op de mate van zichtbaarheid van de maatregel.</p>

		Beoordeling				
Drie-eenheid	Definitie	-2	-1	0	1	2
4. Opvallendheid	De eigenschap van een stimulus of object om de aandacht te trekken en zich te onderscheiden van de omringende stimuli. Opvallendheid is de mate waarin een stimulus afwijkt van zijn context en kan verschillende kenmerken omvatten, zoals helderheid, kleur, beweging, grootte en vorm. In vergelijking met de achtergrond of in vergelijking met andere, heldere lichtbronnen is het signaal opvallend. Bijbehorende vraag: <i>Valt maatregel op en is het onderscheidbaar tov achtergrond/lichtbronnen/ andere signalen?</i>	De eigenschappen van de maatregel zijn niet onderscheidend van omgeving. De maatregel 'valt weg' in de omgeving en de context waarin deze staat. De aandacht van de weggebruiker wordt niet getrokken door de eigenschappen van de maatregel.	De eigenschappen van de maatregel zijn slecht onderscheidend van omgeving. Het is aannemelijk dat de maatregel hierdoor 'wegvalt' in de omgeving en niet de aandacht trekt van weggebruiker.	Deze maatregel heeft beperkte onderscheidende eigenschappen. Het is onzeker of de eigenschappen van de maatregel de aandacht trekt van de weggebruiker	De onderscheidende eigenschappen van de maatregel zorgen ervoor dat de maatregel in een normale omgeving de aandacht krijgt van de weggebruiker. Dit is echter afhankelijk van de context waarin de maatregel geplaatst is.	De onderscheidende eigenschappen van de maatregel zorgen ervoor dat de maatregel de aandacht krijgt van de weggebruiker, ongeacht achtergrond, lichtbronnen of andere signalen. Er is rekening gehouden met helderheid, kleur, beweging, grootte en vorm ten opzicht van de omgeving.
Begrijpen						
5. Identificatie	Het begrijpen en herkennen van de specifieke visuele kenmerken van verkeerssignalen, zoals de plaatsing, vorm, kleur, symbolen of pictogrammen, die duidelijk maken dat het signaal bedoeld is voor de verkeersgebruiker. Bijbehorende vraag: <i>is aan het verkeerssignaal af te lezen dat het signaal voor de desbetreffende verkeersgebruiker is bedoeld?</i>	Het signaal van de maatregel geeft geen duidelijkheid voor wie van de weggebruikers het bedoeld is. Deze onduidelijkheid kan zorgen voor misinterpretatie van de signalen. Mogelijk kan dit leiden tot ongewenste of gevaarlijke situaties.	Het signaal van de maatregel geeft geen duidelijkheid voor wie van de weggebruikers het bedoeld is. Deze onduidelijkheid kan zorgen voor misinterpretatie van de signalen. Dit kan niet leiden tot ongewenste of gevaarlijke situaties.	Het signaal van de maatregel geeft geen duidelijkheid voor wie van de weggebruikers het bedoeld is.	Het signaal van de maatregel is gericht op de desbetreffende weggebruiker. Sommige weggebruikers begrijpen dat de maatregel voor hen bedoeld is, anderen niet, dit is afhankelijk van de uitvoering van de maatregel en de context waarin de maatregel wordt geplaatst.	Het signaal van de maatregel is duidelijk gericht op de desbetreffende weggebruiker. Hierbij is het voor de weggebruiker duidelijk dat dit signaal voor hen bedoeld is.

Drie-eenheid	Definitie	Beoordeling				
		-2	-1	0	1	2
6. Interpretatie	<p>Het proces waarbij betekenis wordt toegekend aan informatie, gebeurtenissen, symbolen, of stimuli op basis van de cognitieve en perceptuele processen van een individu. Interpretatie omvat het begrijpen, evalueren en verklaren van informatie om er betekenis aan te geven. Zorg voor een eenduidig begrijpbare maatregel.</p> <p>Bijhorende vraag: <i>Is boodschap / doel van maatregel duidelijk voor iedereen? Eenduidig begrip?</i></p>	<p>De beoogde betekenis en/of het beoogd doel van de maatregel is tegenstrijdig met hoe deze geïnterpreteerd kan worden. Dit leidt tot ongewenst gedrag van de weggebruiker.</p>	<p>De beoogde betekenis en/of het beoogd doel van de maatregel is niet duidelijk voor elke weggebruiker. Er zijn meerdere manieren waarop de verkeersmaatregel geïnterpreteerd kan worden. Mogelijk leidt dit tot ongewenst gedrag van de weggebruiker.</p>	<p>De maatregel heeft geen duidelijke boodschap/doel richting gewenst gedrag richting de weggebruiker.</p>	<p>De beoogde betekenis of het beoogd doel van de maatregel is duidelijk voor een weggebruiker. Dit is echter wel afhankelijk van de situatie, context en/of uitvoering van de maatregel.</p>	<p>De beoogde betekenis en het beoogd doel van de maatregel is duidelijk voor de weggebruiker. Interpretatie van de maatregel is eenduidig en niet afhankelijk van situatie of context (van dat moment).</p>

Bijlage B. Voorselectie van set van maatregelen

De volgende set van maatregelen was een voorselectie op de uiteindelijke set van maatregelen. Ieder van deze maatregelen is gescoord aan de hand van de opgestelde beoordelingsmatrix, zie

Afsluiting									
Maatregel	Toevoeging	Omschrijving	Doel	1. Aandacht	2. Verwachting	3. Zichtbaarheid	4. Opvallendheid	5. Identificatie	6. Interpretatie
AHOB		Automatische halve overwegbomen, uitgerust aan rechterzijde van de weg bestaande uit: - Andreakruis - Slagbomen met knipperende lichten - Twee rode lampen die om-om knipperen - Mechanische/elektronische bel	1. De verkeersdeelnemers waarschuwen voor een tram/treinpassage bij een overweg / tram-wegkruising 2. Toegang tot de overweg / tram-wegkruising blokkeren voor verkeersdeelnemers tijdens een tram/treinpassage.	2	2	2	2	2	2
	Valhekken voor voetgangers / fietsers	Bevestigd aan de slagboom. Deze extra fysieke afscheiding zorgt ervoor dat wanneer de slagbomen gesloten zijn er niet onder de slagboom door gegaan kan worden. Dit wordt met name toegepast op voetganger- en fietsovergangen	Toegang tot de overweg / tram-wegkruising blokkeren voor langzame verkeersdeelnemers (voetgangers/fietsers).						+

Bebording									
Maatregel	Toevoeging	Omschrijving		1. Aandacht	2. Verwachting	3. Zichtbaarheid	4. Opvallendheid	5. Identificatie	6. Interpretatie
Andreakruis		Verkeersbord dat attendeerd op een spoorwegovergang. Het kruis is rood met wit. Eén kruis betekent één spoor, twee kruizen betekenen twee of meer sporen.	Verkeersdeelnemers attenderen op een nabije spoorwegovergang.	0	1	1	1	1	1
J14-verkeersbord		Driehoekig (rood-wit) verkeersbord met afbeelding van tram. Betekenis: Let op u nadert een tram(kruising). Het J14 bord dient op gepaste afstand te staan van de tram-wegkruising. De gepaste afstand is	Verkeersdeelnemers tijdig waarschuwen van een nabije tram(kruising), waardoor verkeersdeelnemers in staat zijn om het rijgedrag tijdig aan te passen.	1	2	1	1	1	2

		te bepalen aan de hand van: snelheidslimieten, wegtype, zichtbaarheid en de verkeerssituatie.							
	Knipperend	Een toevoeging op de uitvoering van het J14 verkeersbord. Nog geen exacte invulling over de uitvoering hiervan.	Het verhogen van de attentiewaarde van het J14-verkeersbord.				+		
Geel bord met waarschuwing: Pas op, Tram!		Waarschuwbord met tekst die waarschuwt voor tram	Verkeersdeelnemers waarschuwen van een nabije tram(kruising)	1	2	1	1	1	2
Stopbord		Verkeersbord: Bestuurder dient te stoppen en voorrang te verlenen aan naderend kruisend verkeer	Verkeersdeelnemers verplicht laten stoppen zodat deze voorrang kunnen verlenen aan kruisend verkeer.	0	0	1	1	1	1
	Stopstreep	De aangebrachte witte lijn op het wegdek waar gestopt dient te worden	Verkeersdeelnemers aanwijzen waar gestopt dient te worden.					+	+
Filebord ('spoorbaan/trambaan vrijlaten')		Waarschuwbord dat aangeeft dat verkeersdeelnemers niet op de spoor- of trambaan stil mogen staan. Vaak gebruikt in situaties waar veel verkeer langs komt en filevorming mogelijk is.	Voorkomen dat verkeersdeelnemers op de spoorbaan/trambaan stil komen te staan.	1	2	1	1	1	2
J 37-Waarschuwbord met onderbord		Waarschuwbord: Algemeen gevaarteken. Gaat gepaard met onderbord waar toelichting van het gevaar wordt aangegeven.	De verkeersdeelnemer attenderen dat er een bepaalde situatie aankomt (zoals gedefinieerd onder het bord) die aandacht vereist en/of gevaarlijk is.	1	1	1	1	1	2

Infrastructuur									
Maatregel	Toevoeging	Omschrijving		1. Aandacht	2. Verwachting	3. Zichtbaarheid	4. Opvallendheid	5. Identificatie	6. Interpretatie
Bajonethekwerken		Hekwerk dat ervoor zorgt dat voetgangers een zig-zag lopen. Hierdoor worden voetgangers met hun aandachtsveld richting een eventueel naderende tram gestuurd. Het hekwerk is rood-wit gemarkeerd.	Langzame verkeersdeelnemers (voetgangers / fietsers) op laten kijken in de richting van mogelijk kruisend verkeer om zo de verkeersdeelnemer bewust te maken dat deze niet moet oversteken.	1	1	2	1	2	-1
Groenstroken		Strook met groen (vaak gras) rond tramrails.	Het onderscheiden van een tramspoor van de overige omgeving om zo de attentiewaarde van het tramspoor te verhogen voor weggebruikers.	0	0	0	0	0	0

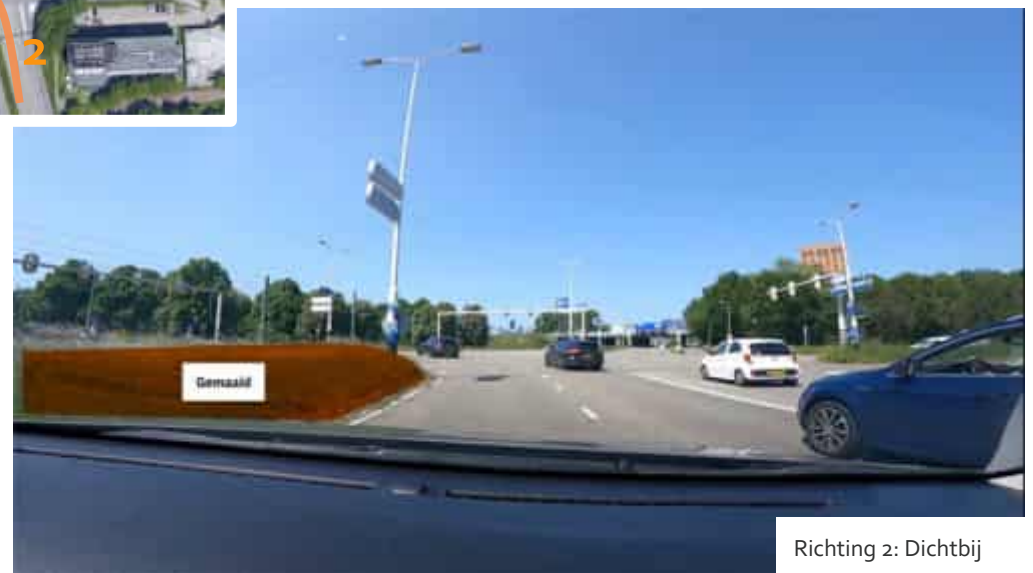
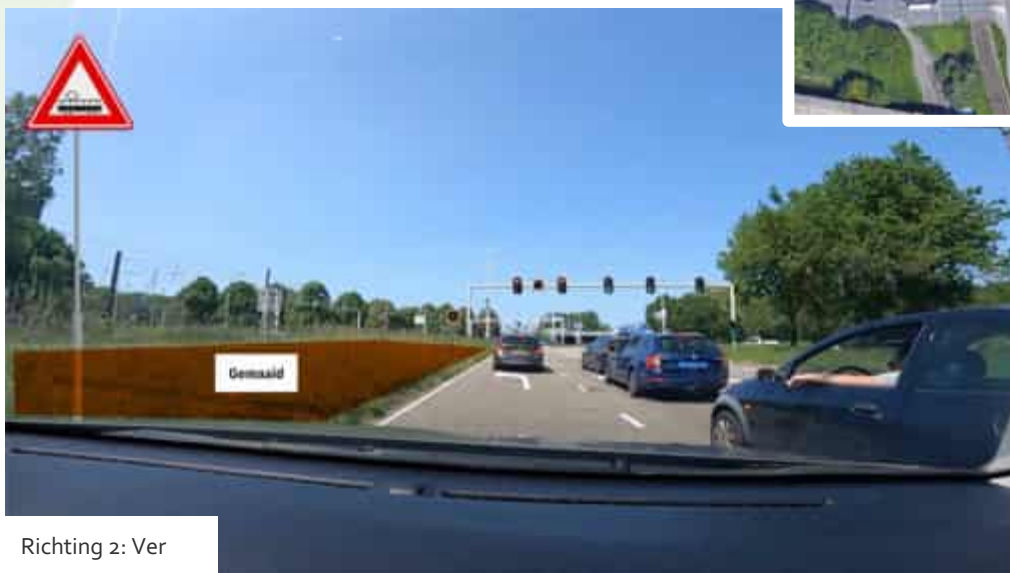
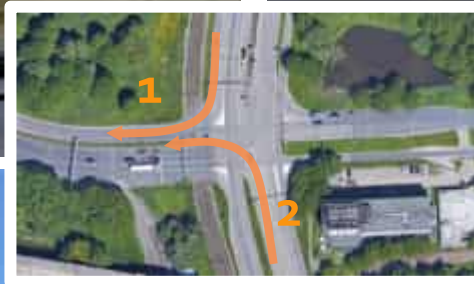
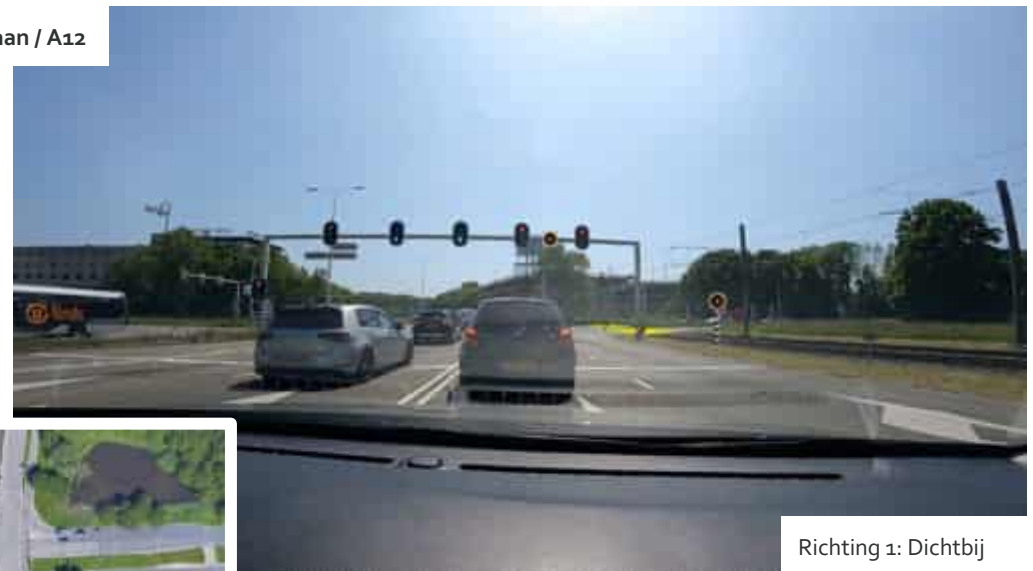
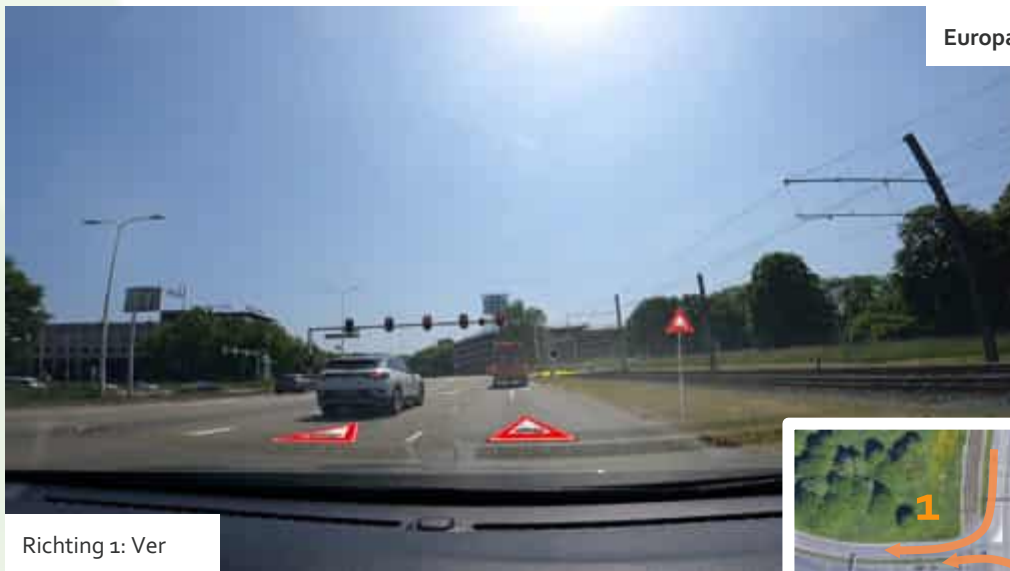
Maatregel	Toevoeging	Omschrijving		1. Aandacht	2. Verwachting	3. Zichtbaarheid	4. Opvallendheid	5. Identificatie	6. Interpretatie
Profielaanpassing		Verhoging van profiel tussen wegdelen. Afhankelijk van hoogte, kan het kruisen van naastgelegen wegdelen onmogelijk maken.	Het fysiek moeilijk of onmogelijk maken dat wegverkeer een tramspoor op rijdt.	1	1	1	1	2	2
Verkeersdrempel met taludmarkering		Plaatselijke verhoging/hobbel in het wegdek, bedoelt om auto's tot een gewenste snelheid aan te zetten. Uitvoering is afhankelijk van de gewenste snelheid. Op de verkeersdrempel is taludmarkering aangebracht die zichtbaarheid en opvallendheid van de drempel verhoogt.	Verkeersdeelnemers aanzetten om een gewenste snelheid te rijden.	1	0	2	1	2	2

Markering									
Maatregel	Toevoeging	Omschrijving		1. Aandacht	2. Verwachting	3. Zichtbaarheid	4. Opvallendheid	5. Identificatie	6. Interpretatie
Afkruisingsvlak trambaan bij tram-wegkruising		Markering op het wegdek in het profiel van vrije ruimte (PVR) van de tram op een tram-wegkruising. De huidige conventie is een witte vierkant omlijnning met wit kruis erin. Een alternatieve kleurstelling is een geel vlak met zwart kruis aangebracht met speciale coating zodat het profiel van het wegdek bedekt is.	Verkeersdeelnemers waarschuwen in welk gebied de tram passeert. Voorkomen dat verkeersdeelnemers zich bevinden in het PVR van de tram tijdens een trampassage.	1	1	1	1	2	1
Haaientanden		Voorrangsdriehoeken aangebracht op het wegdek. Weggebruikers die staan bij haaiantanden dienen kruisend verkeer voorrang te verlenen.	Verkeersdeelnemers attenderen dat ze voorrang dienen te verlenen aan kruisend verkeer.	1	1	1	0	2	2
Tekst op wegdek		Tekst die tramkruising aanduidt, bijvoorbeeld: Pas op, tram! Tekst wordt aangebracht op wegdek. Exacte uitvoering nader overeen te komen.	Verkeersdeelnemers waarschuwen van een nabije tram(kruising)	1	2	1	1	2	1
J14-verkeersbord op wegdek gemarkeerd		Driehoeking (rood-wit) verkeersbord met afbeelding van een tram, met betekenis: let op u nadert een tram(kruising). Aangebracht op het wegdek.	Verkeersdeelnemers waarschuwen van een nabije tram(kruising)	1	2	1	1	2	2

Maatregel	Toevoeging	Omschrijving		1. Aandacht	2. Verwachting	3. Zichtbaarheid	4. Opvallendheid	5. Identificatie	6. Interpretatie
Signalering									
TWI (tramwaarschuwingstallatie)		Tramwaarschuwinginstallatie, bestaande uit: - Een zwart-wit gemarkeerde paal met daarop een oranje/geel waarschuwingslicht. Het licht heeft een driehoek met uitroepteken erin en eronder de tekst 'tram'. - sensoren: die aangeven wanneer de TWI in/uitschakelt. De TWI kent een standalone versie en een versie waarin deze gekoppeld is met de VRI.	Verkeersdeelnemers waarschuwen voor een trampoline bij een tram-weg overgang.	2	2	2	2	1	2
	Akoestische signalen	Vaak een elektronische bel. Deze geeft met een luid rinkelend geluid aan dat er een trampoline (gaat) plaatsvind(en). Afhankelijk van de locatie kan er gekozen worden om dit na een bepaald tijdstip s'avonds/s'nachts uit te schakelen, in verband met geluidsoverlast.	Verkeersdeelnemers op akoestische wijze waarschuwen voor een trampoline bij een tram-weg overgang.	+	+				+
Lanelights rondom tram-wegkruising (knipperend)		Verlichting in het wegdek rondom te tram-wegkruising. Deze verlichting markeert de grenzen van de tram-wegkruising. Exacte uitvoering nader overeen te komen.	Verkeersdeelnemers attenderen op een tram-wegkruising.	1	1	1	1	2	1
Matrixbord met waarschuwingstekst voor naderende tram-wegkruising		Opgelichte waarschuwingstekst op een matrixbord. Het matrixbord hangt boven de weg en heeft een waarschuwende tekst erop, bijvoorbeeld: "U nadert een tramkruising".	Verkeersdeelnemers waarschuwen voor een naderende tram-wegkruising	1	1	1	1	2	2
LED lijn met status over de weg (rood / groen)		LED verlichting op het wegdek die doorrijden/stoppen aangeeft d.m.v. rood/groen licht. Deze dient gelinkt te zijn aan de VRI en geeft hetzelfde signaal als het verkeerslicht.	Verkeersdeelnemers laten stoppen (bij roodlicht), om te voorkomen dat kruisend verkeer met elkaar in aanraking komt.	1	1	1	1	2	1
Lichtgevende vloer/wegdek als tram eraan komt		Verlichting in wegdek die een signaal geeft richting verkeersdeelnemers wanneer tram de tram-wegkruising gaat passeren.	Verkeersdeelnemers waarschuwen voor een naderende trampoline op een tram-wegkruising.	1	1	1	1	1	1

		Exacte uitvoering nader overeen te komen.							
Rammelstrook		Een strook ribbels op het wegdek die een duidelijk voelbaar effect (tactiele feedback) geven als autoverkeer / fietsverkeer deze passeert.	Aandacht trekken van verkeersdeelnemers voor een naderende situatie.	1	1	1	1	1	0

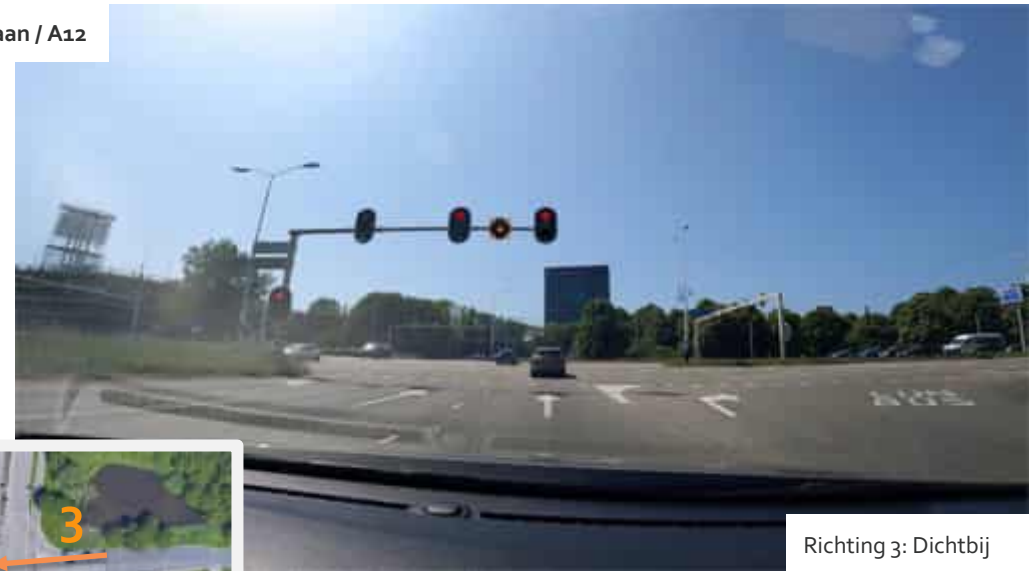
Bijlage C. Visualisaties van de praktijksituaties



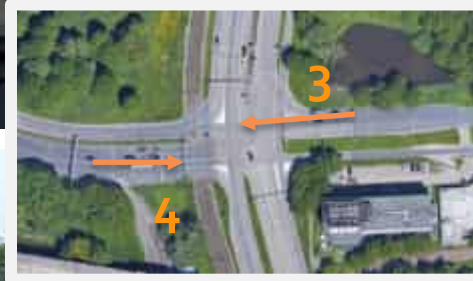
Europalaan / A12



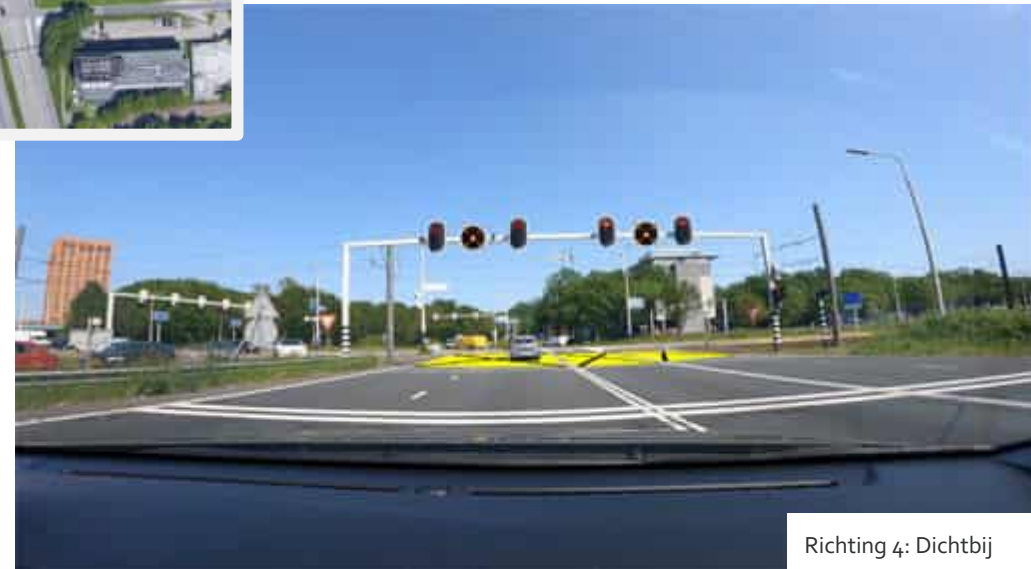
Richting 3: Ver



Richting 3: Dichtbij



Richting 4: Ver



Richting 4: Dichtbij

Laan van Maarschalkerweerd



Richting 1: Ver



Richting 1: Dichtbij



Richting 2: Ver



Richting 2: Dichtbij

Symfonielaan



Richting 1: Ver



Richting 1: Dichtbij



Richting 1.2: Ver

Symfonielaan



Richting 2: Ver



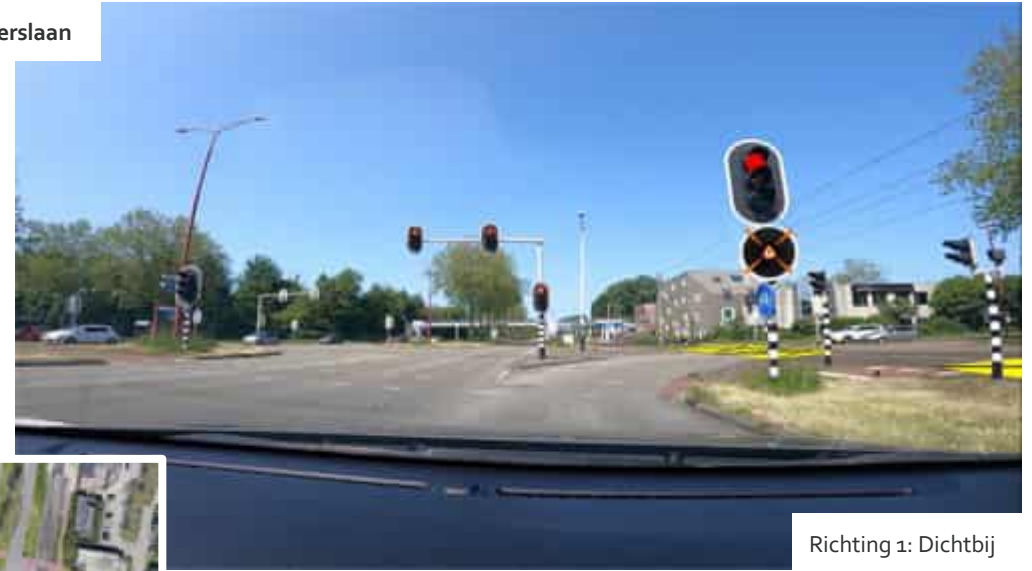
Richting 2: Dichtbij



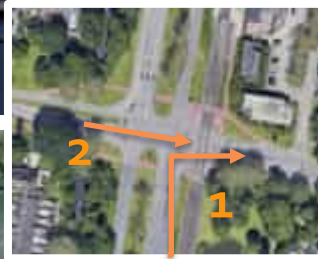
Richterslaan



Richting 1: Ver



Richting 1: Dichtbij

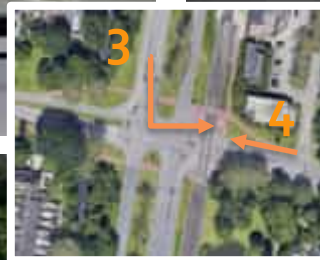


Richting 2: Ver



Richting 2: Dichtbij

Richterslaan





INTERGO

International Centre for Safety
Ergonomics & Human Factors

Snouckaertlaan 42,
3811 MB Amersfoort
Nederland

intergo.nl
info@intergo.nl
+31 (0) 850 600 245

IBAN: NL33 INGB 0006 2571 87
BIC: INGBNL2A
KvK Utrecht: 30.175.547
Btw-nummer: NL8103.27.478.B01

Part of:

