



scenario 1: verkeersveiligheid



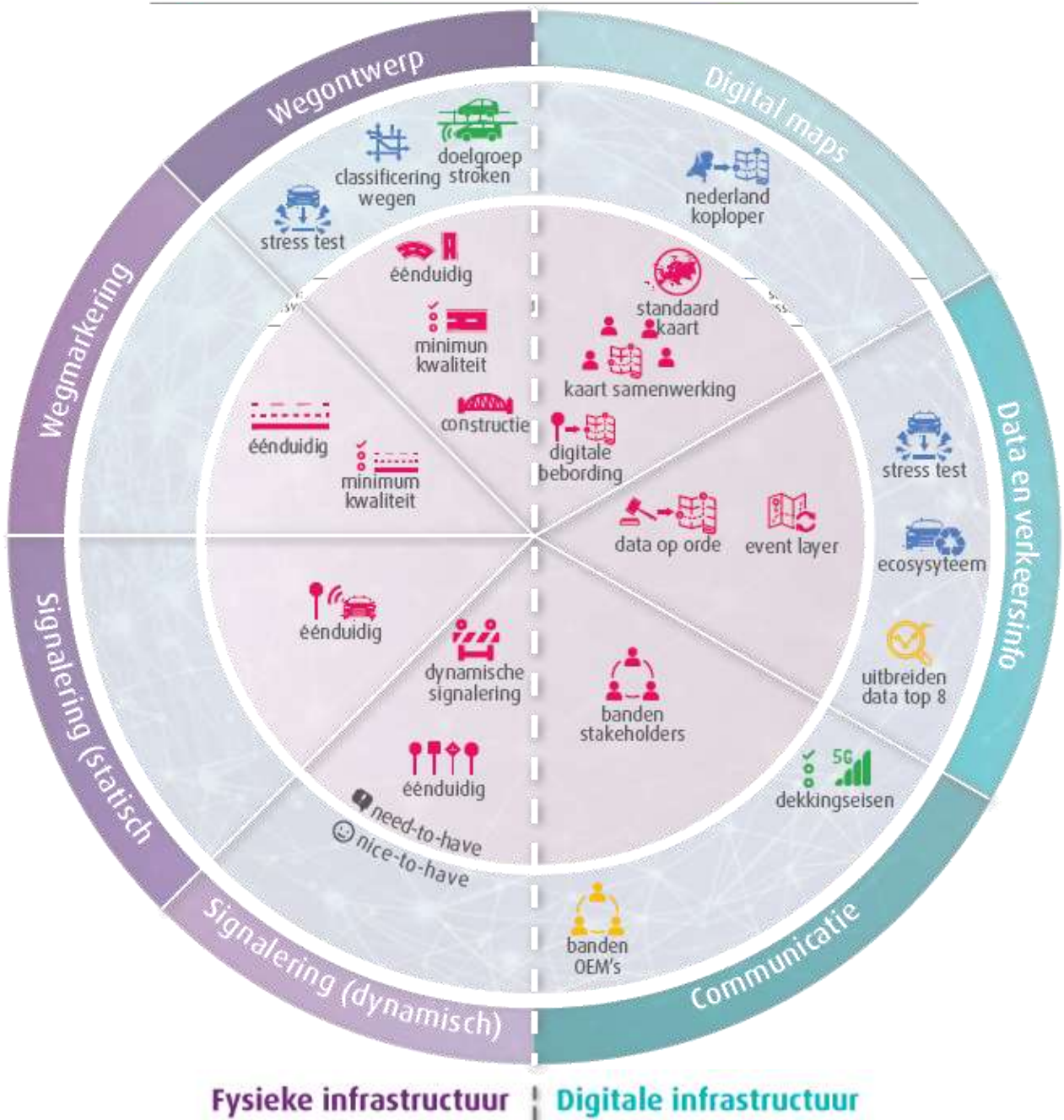
scenario 2: bereikbaarheid



scenario 3: industrie



scenario 4: assetmanagement



Infrastructuur gereedmaken voor automatisch rijden

*Beleidsrapportage
Kortetermijnmaatregelen met
Lange termijn impact*

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Infrastructuur gereedmaken voor automatisch rijden

Beleidsrapportage
Kortetermijnmaatregelen met lange termijn
impact

Datum	2 oktober 2018
Kenmerk	001580.20181002.R1.01
Auteur	Enno Gerdes, Han Zwijnenberg

Documentatiepagina

Oprachtgever(s)	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Titel rapport	Infrastructuur klaarmaken voor automatisch rijden Kortetermijnmaatregelen met lange termijn impact Beleidsrapportage
Kenmerk	001580.20181002.R1.01
Datum publicatie	2 oktober 2018

Inhoud	Pagina
Samenvatting	I
Geen grote investeringen in aanpassingen aan de weginfrastructuur...	II
...maar er moet wel nú actie worden ondernomen...	II
...en daarbij valt wel wat te kiezen....	III
...met verschillen in ambitie, kosten en rendement	IV
'Voorspellingen zijn moeilijk, vooral daar waar ze de toekomst betreffen'	V
1 Inleiding	1
1.1 Automatisch rijden biedt kansen en uitdagingen	1
1.2 Nu de juiste keuzes maken om later van de te profiteren	1
1.3 Leeswijzer: voorliggend beleidsrapport met separaat technisch rapport	2
2 Concepten, scholen en mythes	3
2.1 Niveaus van automatisering	3
2.2 Scholen	4
2.3 Onzekerheden en aannames	6
3 Scenario's voor de korte en middellange termijn	11
3.1 Rol van de overheid	11
3.2 Basisscenario 1: Veiligheid borgen	13
3.3 Kansenscenario 2: Investeren in bereikbaarheid	17
3.4 Kansenscenario 3: Investeren in economie en innovatie	20
3.5 Kansenscenario 4: investeren in wegbeheer	23
4 Beschouwing	26
4.1 Duiding impact en rendement	26
4.2 Wat betekent dit voor de langere termijn?	27
Bijlage	
1 Overzicht voorzieningen	

Samenvatting

Zelfrijdende Voertuigen komen eraan. De technologie heeft in de afgelopen jaren dusdanige stappen vooruit gemaakt, dat er nu geen sprake meer is van toekomstmuziek. Het is nu de realistische verwachting dat over enkele jaren voertuigen geschikt zullen zijn om in vergaande mate zelfrijdend te kunnen zijn.

De belangrijkste drijfveer voor deze vorm van automatisering is het vergroten van de verkeersveiligheid. Automatisering van rijtaken heeft tot gevolg dat de menselijke factor in rijgedrag wordt verkleind en daardoor de kans op foute inschattingen kleiner wordt en reactietijden korter kunnen zijn. Hierdoor worden ook de huidige verschillen in rijgedrag van individuele bestuurders gedempt waardoor verkeersstromen als geheel beter gestroomlijnd kunnen worden. Als deze ontwikkeling ook gecombineerd wordt met elektrisch rijden én met vormen van gedeeld rijden kan dit de druk op de schaarse infrastructuur verlichten en bijdragen aan verduurzaming en de klimaatdoelstellingen. Voorwaar een wenkend perspectief.

De vraag is echter of Zelfrijdende Voertuigen zomaar op de Nederlandse wegen kunnen rijden. Of zijn er aanpassingen nodig, en op welk vlak dan – digitaal, fysiek of in de regelgeving? De inschatting is dat deze ontwikkeling gevolgen heeft voor wegbeheerders overal ter wereld, ook in Nederland, zeker als we vanuit het wenkende perspectief de komst van Zelfrijdende Voertuigen willen faciliteren. Het beantwoorden van deze vraag is tot stand gekomen aan de hand van literatuuronderzoek, workshops en interviews met stakeholders ter bevestiging. In een analyse rapport op technisch niveau uitgewerkt en gerapporteerd, de conclusies en inzichten van ons onderzoek zijn in deze beleidsrapportage samengevat.

Het onderzoek leidt tot inzichten voor de hoofdinfrastructuur van Nederland die op het eerste gezicht wellicht paradoxaal zijn. De fysieke hoofdinfrastructuur in Nederland wordt in diverse benchmarks, dus in vergelijking met andere landen, ingeschat als uitstekend geschikt voor (de komst van) Zelfrijdende Voertuigen – mits wegbeheerders voldoen aan hun eigen eisen en deze transparant maken. Aangezien de markt voor Zelfrijdende Voertuigen een internationale markt betreft, zijn er dan ook geen grote investeringen nodig in aanpassingen aan de weginfrastructuur. De urgentie ligt bij het op orde brengen van de digitale infrastructuur en bij het benutten van mogelijkheden om de transitieperiode te verkorten. Dit vergt nu acties waarvan de resultaten pas later tot stand komen. Daarbij valt er wel wat te kiezen.

Geen grote investeringen in aanpassingen aan de weginfrastructuur...

De scope van dit onderzoek betrof de hoofdinfrastructuur en de komende ca. 5-7 jaar. Hoewel de verwachting is dat de eerste écht Zelfrijdende Voertuigen gedurende deze termijn gepresenteerd gaan worden door producenten, zullen ze binnen deze periode zeker niet beeldbepalend zijn op de Nederlandse wegen. De penetratiegraad zal na daadwerkelijke introductie het eerste decennium beperkt blijven, gezien de langere termijnen waarmee de vloot vernieuwt en de acceptatie door gebruikers. En ook de Zelfrijdende Voertuigen die er dan wel zijn, zullen niet vanaf dag één op alle wegen en onder alle omstandigheden automatisch kunnen rijden. Van de menselijke bestuurder zal worden verwacht dat hij/zijn als terugvaloptie beschikbaar is indien de omstandigheden op de weg het automatisch rijden (nog) niet toelaten.

Kortom, de samenstelling van het verkeer op de Nederlandse wegen zal er over 5-7 jaar niet veel anders uit te zien dan nu het geval. Maar dat betekent niet dat het nu een tijd is van beleidsmatig achteroverleunen en afwachten.

...maar er moet wel nú actie worden ondernomen...

Smart Mobility vraagt om een slimme planning en aanpak. De aanwezigheid van Zelfrijdende Voertuigen op de Nederlandse wegen leidt namelijk tot een lange transitiefase die met nadelen verbonden is. In deze fase zijn er (geleidelijk steeds meer) Zelfrijdende Voertuigen én (steeds minder) traditionele voertuigen op de weg.

Dit gemengde verkeer vereist dat oude systemen in de lucht blijven, terwijl nieuwe systemen in de lucht worden gebracht. Op korte en middellange termijn is dat kostenverhogend. En ook voor veiligheid geldt dat er mogelijk in die transitie sprake zal zijn van systemen die niet feilloos zijn. De gewone weggebruikers krijgen te maken met de komst van automatisch rijdende voertuigen, waardoor informele routines of gedragsregels zoals bijvoorbeeld oogcontact of een beetje ruimte laten, niet meer werken. De gewone weggebruiker moet leren anticiperen op het gedrag van machines, en vice versa. Dit zal in de eerste periode wellicht tot minder (gevoelde) veiligheid leiden en het vraagt om duidelijke informatie aan weggebruikers wat zij op hun route kunnen verwachten.

Het is daarom zinvol om actief de transitiefase te verkorten en de impact van de transitie te verzachten. Dat kan door digitale of fysieke voorzieningen, door regulerende of door fiscale maatregelen. Deze kennen een bepaalde voorbereidingstermijn. De urgentie is dan ook niet dat nú ingegrepen moet worden, maar wel dat nú een programma ontwikkeld moet worden dat op korte termijn in gang gezet kan worden. Het is urgent om gezamenlijk – industrie en overheid – keuzes en afspraken te maken, en om de nodige kennis te ontwikkelen om te kunnen beslissen. Dit leidt, met name in het digitale domein, tot concrete maatregelen, die op middellange termijn doorgevoerd kunnen worden. Het voordeel is dat een belangrijk deel van deze maatregelen tevens de veiligheid verhogen voor traditionele voertuigen en er geen maatregelen worden voorgesteld die slechts voor een beperkte periode van nut zullen zijn.

...en daarbij valt wel wat te kiezen....

Bij het ontwikkelen van een actieprogramma is er sprake van 'must-have' maatregelen, en van 'nice-to-have' maatregelen. Het eerste zijn maatregelen die nodig zijn om de veiligheid op Nederlandse wegen te kunnen borgen. Het tweede zijn maatregelen die zinvol kunnen zijn om specifieke beleidsdoelen (anders dan veiligheid) te bereiken. Om deze te structureren, hebben we een basisscenario en een drietal kansscenario's ontwikkeld. We ordenen de scenario's volgens vier begrippen die (impliciet of expliciet) terugkomen in de missie van het ministerie van IenW: verkeersveiligheid (basisscenario), bereikbaarheid, economie, en assetmanagement.

Per scenario benoemen we de mogelijke voorzieningen, hieronder slechts enkele exemplarisch bedoeld. 'Voorzieningen' kunnen daarbij betrekking hebben op de fysieke of digitale infrastructuur, maar kunnen ook proces-gerelateerd zijn, zoals het invoeren van nieuwe of het aanpassen van bestaande eisen. Deze scenario's sluiten elkaar niet uit, combinaties van voorzieningen zijn mogelijk. De keuze voor het onderbrengen in een van de scenario's is enigszins arbitrair, sommige voorzieningen hadden ook in een ander scenario geplaatst kunnen worden, en de keuze voor een scenario betekent niet automatisch een keuze voor alle voorzieningen binnen dat scenario. Het is dan ook nadrukkelijk niet de bedoeling om met de scenario's 'gesloten' keuzemogelijkheden te presenteren. De kansscenario's geven richtingen aan, en om de voorzieningen in een beleidsmatige context te plaatsen.



Figuur 1: Samenhang scenario's automatisch rijden

In het basisscenario wordt ingezet op het primaire beleidsdoel verkeersveiligheid. De minimale noodzakelijke voorzieningen worden getroffen om de veiligheid te borgen voor

alle weggebruikers. Het gaat dan bijvoorbeeld om maatregelen zoals het borgen van eenduidigheid in wegontwerp, wegmarkering, bebording en signalering, maar ook om het borgen van minimumkwaliteit van de genoemde elementen, om standaardisatie en om het maken van afspraken met derde partijen.

Idee achter het bereikbaarheidsscenario is dat automatische voertuigen, mits goed ingezet, schaarse ruimte op de weg efficiënter benutten. Om deze kans sneller te kunnen benutten, kunnen bijvoorbeeld dekkingseisen voor 5G opgenomen worden in de aanstaande veilingen en kan de overheid met testwetgeving, met fiscale maatregelen of met een wettelijke uitfaseringstermijn de transitie versnellen. Ook is denkbaar dat doelgroepenstroken worden ingericht en dat P&R-voorzieningen worden aangepast.

In het economiescenario staan voorzieningen centraal die erop gericht zijn de koploperspositie, die Nederland nu al inneemt op het gebied van ZRV, te behouden en uit te bouwen. Denkbare voorzieningen zijn bijvoorbeeld het inzetten op een classificering van wegen, het aanbrenge van redundantie in overleg met de automobieliindustrie, of het invoeren van stress tests voor de technologieën en systemen voor zelfrijdende voertuigen.

In het assetmanagementscenario tenslotte wordt de organisatie van het wegbeheer op een andere leest geschoeid. Doel is dan om van de Nederlandse wegbeheerders de meest innovatieve en vooruitstrevende wegbeheerders ter wereld te maken die actief nieuwe ontwikkelingen beïnvloeden. Voorzieningen om dit doel dichterbij te brengen, zijn bijvoorbeeld het opzoeken van samenwerking met voertuigfabrikanten en de digitalisering met volle kracht omarmen door in te zetten op digitaal assetmanagement.

...met verschillen in ambitie, kosten en rendement

Alles overziende geldt voor de vier scenario's het volgende. De voorzieningen in het basisscenario zijn relatief 'goedkoop'. Het gaat voor een groot deel om procesmaatregelen, zoals het borgen van eenduidigheid en minimeisen. Daarbij gaat het wel om soms taaie processen omdat er vaak grote (bijv. politieke of industriële) belangen mee gemoeid kunnen zijn. Vanuit de overheid is dan ook vooral een investering in kennis en deskundigheid nodig.

De voorzieningen in het basisscenario hebben als rendement vooral de afwezigheid van **additionele risico's**. De komst van automatische voertuigen leidt tot risico's zolang er sprake is van gemengd verkeer. Het treffen van de beschreven voorzieningen leidt ertoe dat er geen extra risico's ontstaan als gevolg van infrastructurele gebreken. Maar het leidt er nog niet toe dat de transitie wordt versneld. De voorzieningen in het basisscenario kunnen voor het grootste deel worden meegenomen in de werkprocessen van wegbeheerders. Ze zijn niet disruptief voor wegbeheerders.

In de kansscenario's zijn voorzieningen opgenomen die allemaal op zichzelf staand een positief effect kunnen hebben. Het is mogelijk om meerdere of zelfs alle voorzieningen uit één of meerdere kansscenario's te nemen, maar dat hoeft niet. Er valt immers iets te kiezen. Dat geldt ook voor de prioritering en de fasering van de mogelijke invoering van voorzieningen. Een belangrijke notie is dat het "rendement" in

alle scenario's groter is indien ze op internationaal niveau worden genomen. Dan dalen de kosten, stijgen de effecten, en wordt de transitietijd korter.

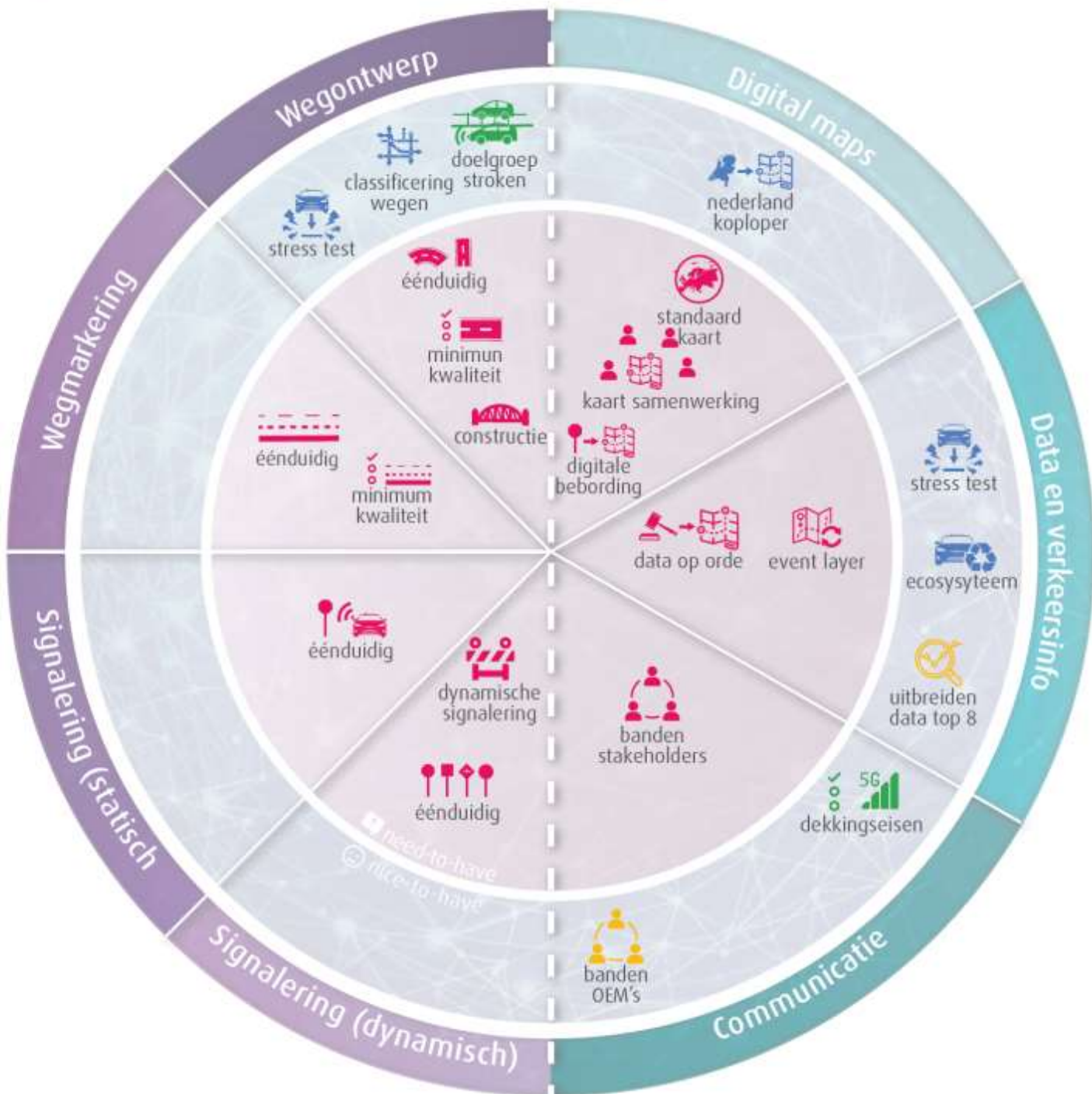
Tenslotte: er dient geen investering te worden genomen waarvan reeds nu te voorzien is dat de desbetreffende assets over enkele jaren weer afgebouwd moeten worden.

'Voorspellingen zijn moeilijk, vooral daar waar ze de toekomst betreffen'

De uitspraak van Yogi Berra dat voorspellingen moeilijk zijn, vooral daar waar die de toekomst betreffen, is een oude wijsheid. Door vernieuwingen te combineren wordt steeds meer, steeds sneller mogelijk. Steeds meer sensoren produceren steeds meer data en de potentie van AI is enorm. Het hogere doel is het reduceren van incidenten, emissies en files, en de reistijdwaardering te verhogen door rijtaken via computers te laten verrichten. De grote vraag is als zo vaak: wordt deze ontwikkeling door de gebruiker omarmd? De komst van mobiele telefonie is tot op heden een doorslaand succes gebleken, ondanks de ernstige negatieve effecten. De CD maakt alweer plaats voor het ouderwetse vinyl maar je muziek haal je tegenwoordig vooral uit de *cloud*. In de zoektocht naar de voorzieningen hebben wij een selectie gemaakt voor die voorzieningen die vanuit meerdere bronnen werden genoemd (literatuur, interviews en workshops). De kans bestaat dat nieuwe inzichten ontstaan waar we nu nog geen weet van hebben. Het is onze overtuiging dat de toekomst het best is te voorspellen door er zelf vorm aan te geven: tijd voor actie, ook om in een vroegtijdig stadium de voordelen van Zelfrijdende Voertuigen te kunnen benutten.

Fysieke infrastructuur

Digitale infrastructuur



scenario 1: verkeersveiligheid



scenario 2: bereikbaarheid



scenario 3: industrie



scenario 4: assetmanagement

1

Inleiding

Nu de juiste keuzes maken om later van te profiteren: dat is de grote uitdaging automatisch rijden waar Nederland voor staat. In dit hoofdstuk beschrijven we kort de aanleiding van dit rapport en de aanpak.

1.1 Automatisch rijden biedt kansen en uitdagingen

Automatisch rijden staat nu nog in de kinderschoenen. Als technologische ontwikkelingen voorspoedig gaan, de technologie betaalbaar is, automobilisten automatische auto's zien zitten en de maatschappelijke effecten positief zijn, is een 'automatisch rijdende toekomst' heel goed mogelijk. De verwachting is dat automatisch rijden kan bijdragen aan het vergoten van de verkeersveiligheid, een schoner wegverkeer en een betere doorstroming. Beleidsmaatregelen kunnen zo'n transitie naar een automatisch rijdende toekomst versnellen. Tegelijkertijd kunnen er 'showstoppers' zijn: ontwikkelingen die een transitie in de weg zitten. Zo is de staat van onze infrastructuur medebepalend voor het succes van automatisch rijden, maar wordt deze over een lange periode technisch afgeschreven. Juist daarom is het zo belangrijk om nu na te denken over de voorzieningen die in de toekomst nodig zijn.

1.2 Nu de juiste keuzes maken om later van de te profiteren

De Rijksoverheid wil de bestaande uitdagingen uit de weg ruimen om de verdere ontwikkeling van automatische voertuigen te versnellen, daarmee de voordelen van automatisch rijden te plukken en Nederland in internationaal opzicht voorop te laten lopen. Het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat (I&W) heeft ons daarom gevraagd om inzicht te verschaffen in wat op de korte termijn al kan en/of gedaan moet worden om zelfrijdende voertuigen (SAE niveaus 1-4) te faciliteren voor A- en N-wegen en wat daarvan de implicaties zijn voor de wegbeheerders en het beleid. Deze studie geeft antwoord op de volgende onderzoeksvraag:

Wat is op korte termijn noodzakelijk en wenselijk om de fysieke en digitale infrastructuur geschikt te maken om de komst van automatisch rijden te faciliteren?

Specifiek is ingegaan op verschillende *use cases* van automatisch rijden: *zelfrijdende auto*, *truck platooning* en *people movers*. Daarnaast is in beeld gebracht welke kennis nog ontbreekt, en eventueel welk onderzoek of wat voor type tests of pilots daarbij zouden kunnen helpen. De 'korte termijn' is in het kader van dit onderzoek gedefinieerd als de komende 5 tot 7 jaar.

1.3 Leeswijzer: voorliggend beleidsrapport met separaat technische analyse rapport

De studie resulteert in twee rapportages. Er is een separate technische analyse waarin gedetailleerd verslag wordt gedaan over de inzichten die in het onderzoek zijn opgedaan en hoe deze zijn verkregen. De hoofdlijn van de aanpak bestond uit een internationaal literatuuronderzoek, interviews met stakeholders en workshops met experts.

Het onderhavige rapport daarentegen is een beleidsrapport: hierin worden de onderzoeksresultaten op een beleidsmatige manier geïdentificeerd, en worden handelingsopties geboden voor het beleid, gericht op specifieke doelstellingen. In tegenstelling tot het technische rapport komt in het onderhavige rapport ook een klein aantal niet-technische voorzieningen aan bod.

In het tweede hoofdstuk gaan we in op de verschillende beelden, concepten en mythes die er zijn op het gebied van automatisch rijden. Dat hoofdstuk vormt een beschouwing op automatisch rijden, om het begrip ervan te vergroten. De inzichten uit het hoofdstuk zijn gebruikt bij het vormen van de scenario's in hoofdstuk drie. In het vierde hoofdstuk gaan we in op het rendement van deze voorzieningen.

2

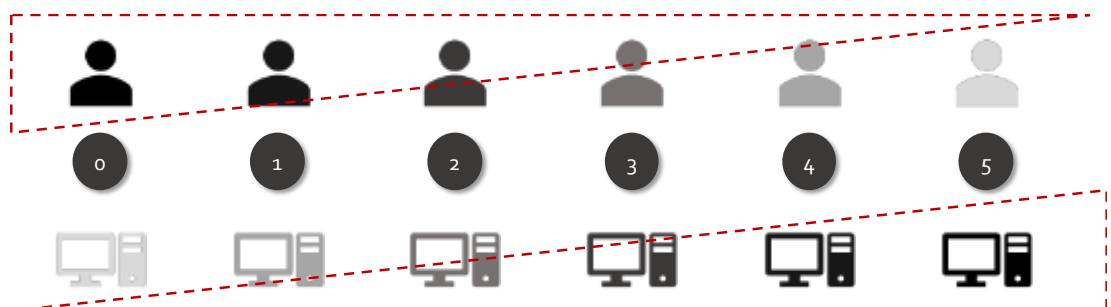
Concepten, scholen en mythes

Er zijn vele beelden van automatisch rijden. In dit hoofdstuk gaan we in op de concepten, verschillende denkbelden ("scholen") en mythes. Dit hoofdstuk vormt een beschouwing op automatisch rijden, om het begrip ervan te vergroten. De inzichten uit dit hoofdstuk zijn gebruikt bij het vormen van de scenario's in hoofdstuk 3.

2.1 Niveaus van automatisering

Het concept van zelfrijdende of automatische voertuigen (Engels: Automated Vehicles, hier verder aangeduid als ZRV) lijkt simpel: het is een auto die automatisch en zonder ingrijpen van een menselijke chauffeur van A naar B rijdt. In de praktijk is het echter ingewikkelder, en zijn er diverse rijtaak-ondersteunende (deel-)functionaliteiten waartussen een onderscheid gemaakt kan worden. Denk aan de exacte locatiebepaling op de rijstrook, de snelheidsbepaling, of de bepaling van de gepaste snelheid in afhankelijkheid van regels, omstandigheden en wegprofiel.

Om de complexiteit te ordenen, heeft de Society of Automotive Engineers (SAE) in 2014 een standaardisatie opgesteld die vervolgens in 2016 en in 2018 is bijgesteld.¹ De maat van automatisering van automatische voertuigen is daarbij uitgedrukt in een zestal SAE-niveaus (0 t/m 5).



Figuur 2.1: SAE-niveaus

¹ https://www.sae.org/standards/content/j3016_201609/

In geval van niveau 0 zijn er geen geautomatiseerde rijtaken of rijtaakondersteunende systemen in het voertuig beschikbaar. Bij niveaus 1-2 moet de bestuurder ten alle tijden nog rijtaken uitvoeren en bij niveau 3-4 kan het voertuig op delen van de reis alle rijtaken van de bestuurder overnemen. Pas bij niveau 5 is er sprake van volledig geautomatiseerd rijden onder alle omstandigheden. Een auto met maximaal niveau 4 is nog niet in staat om in alle voorkomende verkeerssituaties en onder alle omstandigheden de controle over het voertuig te waarborgen, zeker in de meer stedelijke wegennetten is dit laatste de uitdaging. Overigens is er nog discussie onder experts of niveau 3 überhaupt gerealiseerd zal worden. Heikel punt is de tijdige overgang van de controle (en daarmee de verantwoordelijkheid, ook in juridische zin) naar de bestuurder. Eén interpretatie van niveau 3 is dat er **op enig moment auto's zijn die onder bepaalde omstandigheden** volledig automatisch rijden – met name op het hoofdwegennet –, terwijl in andere situaties de mens de controle heeft. **Zo'n auto fungeert dan** bijvoorbeeld op het hoofdwegennet als een niveau 4 auto, en op het onderliggende wegennet als een niveau 2 auto.

Hoe hoger het SAE-niveau van een voertuig, des te beter het voertuig op ontwikkelingen om zich heen kan anticiperen, en des te meer communicatie nodig is om dit mogelijk te maken. Communicatie is daarom een essentieel onderdeel van het mogelijk maken van automatisch rijden. Dit geldt op alle drie de rijtaakniveaus (strategisch, tactisch & operationeel) die onderscheiden kunnen worden.

In de praktijk betekent dit bij de transitie door de SAE-niveaus heen dat bijvoorbeeld steeds meer standaarden nodig zijn en de digitale infrastructuur steeds robuuster, sneller en groter qua capaciteit moet zijn. Nog te onderzoeken is of communicatie niet alleen naar het voertuig nodig is, maar ook naar 'bestuurders' toe. Wellicht wil deze wel weten waarom een ZRV op een bepaalde manier handelt. Dit kan bijdragen aan de perceptie van veiligheid en aan de acceptatie van en inzicht in (technische) oplossingsrichtingen.

Op dit moment beschikt een beperkt **aantal auto's die in Nederland verkocht worden** over rijtaakondersteunende systemen die als automatisering niveau 2 aangeduid kunnen worden. Er zijn nog geen goedgekeurde geautomatiseerde auto's (niveaus 3, 4 en 5) verkrijgbaar.

Volledig automatische **auto's met niveau 5** vallen buiten de scope van dit onderzoek², omdat de focus op de komende 5-7 jaar ligt

2.2 Scholen

Hoewel de automatiseringsniveaus van de SAE veel houvast bieden bij de duiding van toekomstige ontwikkelingen, is het belangrijk om te beseffen dat veel ontwikkelingen nog onzeker zijn. Niet alleen omdat we nog niet weten wat er in de toekomst allemaal mogelijk zal zijn, maar ook omdat verschillende partijen met uiteenlopende belangen

² Onder experts is er op dit moment nog sprake van enige discussie of level 5 auto's er überhaupt ooit zullen komen. Denkbaar is dat de ontwikkeling van zelfrijdend vervoer stopt op een niveau waarbij de mens als 'terugvaloptie' altijd gevraagd kan worden om de controle over te nemen.

verschillende oplossingen aan het ontwikkelen zijn. Er zijn op een aantal vragen twee of meer 'scholen' te onderscheiden. Het is niet duidelijk of er in de toekomst sprake is van één dominante technologie (dus: één van de scholen 'wint'), van een hybride systeem, of van meerdere technologieën parallel op onze fysieke infrastructuur.

Een referentiemodel hiervoor is de ontwikkeling van de videocassette in de jaren 70. Er waren drie scholen (Betamax, Video 2000 en VHS), gedreven door drie bedrijven (Sony, Philips en JVC), waarvan er niet één was aan te wijzen als objectief beter voor alle denkbare toepassingen. Dit speelt ook voor de ontwikkeling van ZRV; hieronder gaan we kort in op een aantal scholen die in dit kader van belang zijn.

2.2.1 Communicatietechnologie: 5G of WiFi-P?

Betrouwbare en snelle, vertragsvrije communicatie voor de overdracht van grote hoeveelheden gegevens van en naar het voertuig is cruciaal. Hiermee zijn grote belangen gemoeid. Deze belangen vinden hun oorsprong in de businessmodellen voor de ZRV: wie krijgt het voor het zeggen in de dienstenketen, wie beheert de gegenereerde data, wie moet waarin investeren, wie draagt de risico's en wie draagt de last van de gevolgen in geval van incidenten?

De twee belangrijkste media voor gegevensoverdracht zijn enerzijds de opeenvolgende generaties GSM (3G, 4G, LTE en het nog uit te rollen 5G), en anderzijds WiFi-P, ook wel IEEE 802.11-p standaard genoemd. Deze verschillen technologisch, maar ook wat betreft het eigendom van de netwerken (5G - netwerk: telecom-operators, frequenties verkregen via veilingen; WiFi-P - ad-hoc netwerk: wegbeheerders of derde partijen), en wat betreft de achterliggende verdienmodellen. Bij 5G is er mogelijk een 'breed' verdienmodel, omdat het netwerk landelijk wordt uitgerold en voor een breed palet aan diensten beschikbaar is. Bij WiFi-P is er daarentegen een 'smal' verdienmodel, omdat het netwerk specifiek gericht is op communicatie met voertuigen en qua locatie beperkt is tot het wegennet.

2.2.2 Intelligente auto's of intelligente infrastructuur?

De komst van ZRV betekent zonder twijfel dat het mobiliteitssysteem 'intelligenter' wordt. Onduidelijk is echter op dit moment nog welk onderdeel van het systeem op welke manier 'intelligenter' wordt. Grofweg zijn er twee scholen. De ene school gaat uit van intelligente voertuigen. Daarbij bepalen automatische voertuigen zelfstandig hun positie en gebruiken ze de geldende regels en de waarneming van de omgeving om acties te bepalen. In de meest vergaande situatie hebben ze hiervoor niet meer fysieke factoren nodig dan een stuk asfalt. Hierbij wordt aangetekend dat het asfalt en de onderliggende kunstwerken wellicht moeten voldoen aan strengere eisen m.b.t. draagkracht en sterkte om de pelotons ook echt te kunnen dragen.

De andere school gaat uit van intelligente infrastructuur. Hierbij worden alle relevante factoren actief, digitaal gecommuniceerd naar het ZRV. Het ZRV ontvangt bijvoorbeeld van de wegwak signalen over de maximumsnelheid en 'leest' de wegwak om zijn locatie te bepalen. Over het algemeen kunnen we stellen dat automobielproducenten ('Original Equipment Manufacturer', afgekort OEM) een ontwikkeling in richting van intelligente voertuigen prefereren, terwijl wegbeheerders een voorkeur kunnen hebben

voor intelligente infrastructuur. In de transitiefase zal er zeer waarschijnlijk sprake zijn van een hybride model.

2.2.3 Connected driving of cooperative driving?

Vrachtwagens die in een *truck platoon* over de weg rijden, zijn digitaal met elkaar verbonden. Het is echter vooralsnog niet duidelijk of in toekomst alle automatische voertuigen ook onderling gaan communiceren. Dit wordt vaak aangeduid als *cooperative driving*. Bijvoorbeeld: een ZRV die op de snelweg remt, geeft hierover in realtime een signaal af. Dit signaal wordt opgepikt door de automatische voertuigen in de omgeving, die - nog steeds in *real time* - hierop anticiperen en/of reageren. *Truck platooning* is een concrete toepassing van dit principe.

Een andere school is echter dat automatische voertuigen niet rechtstreeks onderling gaan communiceren, maar via een backend van de OEM met daarin waarnemingen van andere (eigen) voertuigen. Deze backend wordt wederom gevoed o.a. door waarnemingen van deze voertuigen. Daarbij wordt ook nog met de wegwijk gecommuniceerd, maar visuele en digitale waarnemingen zijn voldoende, zonder dat andere voertuigen informatie over hun gedrag hoeven te verspreiden.

2.3 Onzekerheden en aannames

De maatschappelijke discussie over de komst van automatische voertuigen wordt vaak bepaald door een aantal aannames en misverstanden. Dat is niet verrassend: de ontwik-



Figuur 2.2: Illustratie toename gebruik smartphones (2005 vs. 2013)

keling van de technologie gebeurt met een snelheid die nauwelijks te volgen is. Denk aan de snelheid waarmee smartphones doorgebroken zijn: voor 2007 waren er nauwelijks smartphones, en wisten we ook niet dat we er eentje nodig hadden. Geen tien jaar later had iedereen er (minimaal) eentje. Bekende illustratie hiervan zijn de foto's die in 2005 c.q. 2013 zijn gemaakt bij de inauguratie van respectievelijk Paus Benedictus XVI en Paus Franciscus.³ Deze ontwikkeling wordt impliciet vertaald naar automatische voertuigen: waren ze enkele jaren geleden nog onderwerp van science fiction films, nu rijden ze daadwerkelijk over een

aantal wegen. Dan is het logisch om te verwachten dat de wereld opnieuw in rap tempo zal veranderen.

³ Een wat minder tot de verbeelding sprekende, maar toch indrukwekkende statistiek houdt het CBS sinds 2012 bij: het aantal van de bevolking (ouder dan 12 jaar) dat smartphones gebruikt om te internetten. Ter herinnering: voor 2007 was dit aantal zeer laag, simpelweg omdat er niet veel smartphones voor de massamarkt waren. In 2012, het eerste jaar van de CBS-statistiek, maakte 56,5% van de bevolking gebruik van smartphones om te internetten. Tot 2017 was dit aandeel gestegen naar 89%.

Er zijn echter redenen om sceptisch te zijn over de directe vertaling van smartphone ontwikkelingen naar ZRV. Hieronder benoemen we een viertal aannames die regelmatig terugkomen in discussies. We maken daarbij telkens gebruik van het voorbeeld van de smartphones, om te verduidelijken waarom het bij ZRV net iets anders zou kunnen lopen.

2.3.1 Aanname 1: Over tien jaar iedereen in een ZRV!

Voor de ontwikkeling van computerchips heeft een van de pioniers van het veld ooit de wet van Moore bedacht: kort gezegd verdubbelt de snelheid van chips, en dus van computers, ongeveer elke anderhalf jaar, terwijl omvang en prijs per rekenstap dalen. Computers, en alles waar een computer in zit, worden dus steeds sneller, en kunnen steeds meer functionaliteiten aan. Daardoor wordt het gebruik ervan steeds aantrekkelijker, ook gedreven door steeds snellere datacommunicatie en de opkomst van sensoren. Een veel voorkomend misverstand is dat niet alleen de functionaliteiten exponentieel verbeteren, maar ook het gebruik: de marktpenetratie. Nieuwe technologieën, zoals smartphones, verdringen daarom in snel tempo de 'oude' technologie, zoals 'gewone' mobieltjes.

Bij mobieltjes geldt: om de twee jaar ben je toe aan een nieuwe. Het oude wordt trager, of het geheugen raakt vol. Een nieuwe kost wel 800 euro, maar dat is niet onbereikbaar voor de massamarkt. Vooral, en dat is het verdienmodel van de aanbieder, indien de kosten maandelijks worden verdisconteerd in de abonnementsprijs. Daarmee is de marktpenetratie snel volgend aan de technologische ontwikkeling.

Bij auto's geldt dit niet. We gebruiken onze auto veel langer dan onze mobieltjes, en als we al voor een nieuwe gaan, dan mag het best een tweedehandse zijn. Dat is niet verrassend: koop je een nieuwe auto dan ben je meteen enkele tienduizenden euro's verder. En als je niet least (circa 10% van de auto's in Nederland zijn geleased), dan moet je het contant betalen of een krediet opnemen, een abonnementsmodel is er (nog) niet.⁴ Uit het aantal nieuw verkochte auto's ten opzichte van het totale wagenpark volgt dat het circa 20 jaar duurt voordat de gehele vloot is vernieuwd. Door leasing-, abonnements- en MaaS-modellen – of door veranderingen in de wet- en regelgeving- kan het uiteraard sneller gaan. Ook is het denkbaar dat door software-updates en/of aftermarket systemen vernieuwing plaatsvindt binnen een deel van het wagenpark. Maar alles overziende is het niet te verwachten dat de penetratiegraad van automatische voertuigen even snel stijgt als die van smartphones in de afgelopen tien jaar.

2.3.2 Aanname 2: We kiezen straks tussen een iCar en een Google Car!

De publieke discussie over automatische voertuigen wordt op dit moment gedomineerd door bedrijven zoals Google, Apple, Uber, Lyft en Tesla. Deze bedrijven hebben één ding gemeen: ze zijn (potentiële) nieuwe toetreders op de automobiemarkt - ze herdefiniëren de automobiemarkt tot mobiliteitsmarkt. De traditionele fabrikanten lijken achter te lopen op de ontwikkeling. Ook hier ligt een parallel met de opkomst met de smartphone. De markt voor mobieltjes werd in eerste instantie gedomineerd door partijen, zoals

⁴ De eerste trends in die richting zijn wel zichtbaar: private lease wordt heel snel populair, met een vast maandbedrag voor all-in (behalve brandstof). Sommige automobielproducenten experimenteren met 'toegang tot modellen' waarbij je kan kiezen uit nieuwste technologieën, of voor verschillende doeleinden door het jaar heen (vakantie/koffer versus convertible).

Nokia, Ericsson, Motorola en Siemens. Deze bedrijven hebben zich laten verrassen door de opkomst van de smartphone met nieuwe aanbieders van hard- en software, en ze hebben inmiddels nauwelijks nog marktaandeel. De vraag die hieruit volgt, is dus: nemen we straks afscheid van de traditionele producenten? En de vervolgvraag voor beleidsmakers: wie zijn de partijen met wie we zaken moeten doen?

Terwijl het zeker mogelijk is dat nieuwe toetreders straks met eigen automatische voertuigen komen, is er een alternatief ontwikkeltraject dat op dit moment waarschijnlijker is. Hierbij ontstaat een tweedeling tussen hardware- en softwareleveranciers. De software voor automatische voertuigen wordt dan geleverd door bijv. Google, de hardware door een traditionele partij: zo heeft Google in 2018 voor Waymo (ontwikkeldochter automatische voertuigen) ca. 60.000 mini-vans besteld. Er zijn een aantal factoren die voor dit traject spreken. Ten eerste zijn met name Google, Lyft en Uber primair softwareproducenten. Waar ze zelf hardware aanbieden, zijn ze verantwoordelijk voor het ontwerp en de productontwikkeling, maar hebben ze de productie belegd bij derden. Ten tweede ontwikkelen deze bedrijven zich steeds meer van softwareproducenten naar databedrijven. Google en Apple zien de auto mogelijk eerder als een 'drager' van diensten via bijv. Android Auto en Apple Carplay. Een en ander is logisch: de kapitaal-kosten voor software en data zijn veel lager dan voor hardware, en de winstmarge is veel groter. Je kan meer winst maken met een serverpark dan met een autofabriek. En tenslotte: het is een hele kunst om tegen acceptabele kosten iedere minuut een auto van de band te laten rollen. De traditionele partijen zijn hierin gespecialiseerd en hebben decennia kennisvoorsprong en de infrastructuur om in grote aantallen te produceren.

Binnen het ontwikkeltraject zijn uiteraard modellen zoals co-branding mogelijk, maar de voorlopige conclusie is dat het voorbarig zou zijn om in de beleidsontwikkeling geen rekening meer te houden met de traditionele autoproducenten. Ook is het mogelijk dat nieuwe partijen in eerste instantie de technologie en de voertuigen ontwikkelen, en vervolgens worden overgenomen door bestaande marktpartijen. Met name bij *People Movers* is dit een reëel perspectief.

2.3.3 Aanname 3: Als we het kunnen gebruiken, doen we dat ook!

De snelle ontwikkeling van de smartphone is onder andere het gevolg van functionaliteiten waarvan de gebruikers niet wisten dat men ze nodig had, maar waarvan men nu overtuigd is dat men niet meer zonder kan. Gebruikers van smartphones bleken gretig om nieuwe functionaliteiten toe te passen, ook al waren ze nog niet volledig betrouwbaar – denk aan een WiFi-netwerk dat om de zoveel tijd eruit ligt.

Geldt voor zelfrijdende functionaliteiten een zelfde bereidheid? Het KiM heeft onderzoek gedaan naar het gedrag van automobilisten, en concreet naar de mate waarin functionaliteiten toegepast én opgevolgd worden. Het KiM heeft dit gedaan voor dynamische navigatiesystemen⁵. Het resultaat: 90% van de automobilisten beschikt over enige vorm van navigatie, ca. 35% heeft hierbij toegang tot file-informatie (een indicatie van de ontwikkeling van de penetratiegraad), 20-25% raadplegen deze informatie ook daadwerkelijk, en 5-10% volgen de informatie ook op. Hoewel de systemen dus heel laagdrempelig beschikbaar zijn (de kosten zijn niet veel meer dan 100 euro, en als app

⁵ KiM (2017): De rol van reisinformatie in het wegverkeer.

op de smartphone zelfs minder of helemaal niets), volgen slechts 5-10% van de automobilisten de informatie ook op. De vraag is hoe snel de acceptatie van zelfrijdende voertuigen gaat.

2.3.4 Aanname 4: Automatische voertuigen lossen snel veiligheids- en bereikbaarheidsproblemen op!

Er is een breed gedeeld beeld dat op termijn automatische voertuigen leiden tot betere bereikbaarheid, meer veiligheid en lagere kosten in het wegbeheer.

Het toekomstbeeld is dus positief. Maar dat betekent niet dat veiligheid en bereikbaarheid snel verbeteren; sterker nog, er kan sprake zijn van een 'ingroeidip'. De reden hiervoor is de aanwezigheid van gemengd verkeer: de aanwezigheid van automatische én conventionele voertuigen op de Nederlandse wegen in de komende decennia. Deze situatie zorgt voor verhoogde complexiteit met als gevolg onveilige situaties of problemen in de vlotte afwikkeling van het verkeer op bijvoorbeeld conflictpunten in het wegennet. Dit is deels te ondervangen door de verkeersstromen te scheiden. Aparte infrastructuur voor zelfrijdende voertuigen gaat echter ten kostte van capaciteit voor conventionele voertuigen op de bestaande infrastructuur danwel kostbare uitbreiding van de bestaande infrastructuur. En dat is geen reële optie.

Ook hier is het onderscheid tussen automatische voertuigen en mobiele telefonie illustratief: terwijl niemand eraan zou denken om op een zonnige zaterdagmiddag zijn oude Nokia weer uit de kast te halen, zal dat bij oldtimers op de weg altijd wel het geval blijven. En als er al iemand zou zijn die nog wil bellen met zijn Nokia, dan geldt dat er op het telefonienetwerk geen concurrentie om schaarse ruimte is, maar op de snelweg wel. Als 10% van de bevolking met een niet-smartphone wil bellen, wordt hierdoor het gebruik van smartphones door de andere 90% niet aangetast. Maar als 10% van de bevolking met een niet-automatisch voertuig wil rijden, dan heeft dit wel degelijk een impact op de 90% automatische voertuigen op de weg.

2.3.5 Aanname 5: In Nederland komen de eerste automatische voertuigen sneller!

De automobieliindustrie is een wereldwijd opererende industrie, waarbij massaproductie enorm belangrijk is om de kosten per voertuig te drukken. In 2017 zijn er wereldwijd 98,9 miljoen voertuigen geproduceerd.⁶ Deze voertuigen worden voor een brede markt gefabriceerd. Dit geldt ook voor introductie van nieuwe rijtaak-ondersteunende functies. Deze systemen worden ontworpen voor brede toepassingsgebieden, een voertuig voor de Europese markt moet door heel Europa zich kunnen verplaatsen. Onderweg komt dit voertuig in aanraking met verschillende fysieke omstandigheden (weer, weginrichting) maar ook steeds meer met verschillende digitale omstandigheden.

Het ligt niet in de lijn der verwachtingen dat als de situatie in één land optimaal is, voor dit land of voor deze betreffende markt er een voertuig wordt geïntroduceerd. Het is wel zo dat een land dat snel klaar is voor de komst van automatische voertuigen - en wel op de wijze waarop andere landen zich ook aan het voorbereiden zijn - aantrekkelijk is voor producenten om te testen en om producten snel uit te rollen. Dat geldt zeker indien

⁶ <https://www.acea.be/statistics/tag/category/world-production>.

functionaliteiten per software-update beschikbaar zijn, en dus voor landen die nog niet klaar zijn, geblokkeerd kunnen worden.

3

Scenario's voor de korte en middel-lange termijn

Het voorgaande leidt tot zeker twee conclusies: (1) er is nog veel onzeker rondom de komst van automatische voertuigen, en (2) de overheid hoeft in de komende paar jaar geen onomkeerbare beslissingen te nemen. Daarbij staat de overheid voor een aantal basale keuzes. In dit hoofdstuk gaan we in op de rol die de overheid kan vervullen, in verschillende scenario's.

3.1 Rol van de overheid

Ten eerste is de vraag in hoeverre het beleid constructief of restrictief moet zijn. Constructief beleid houdt in dat aanpassingen worden gedaan, bijvoorbeeld aan de fysieke infrastructuur, zodat de Nederlandse wegen op tijd gereed zijn voor de komst van automatische voertuigen. Restrictief beleid houdt in dat automatische voertuigen van (bepaalde) wegen worden geweerd indien deze niet klaar zijn voor automatisch rijden. Aangezien een restrictief beleid slecht past bij het tot nu toe gevoerde en gecommuniceerde beleid van de Rijksoverheid⁷, laten we deze optie hieronder buiten beschouwing.

Ten tweede is er de vraag of de Nederlandse overheid risico's wil nemen door tussen de boven (paragraaf 2.2) beschreven scholen te kiezen. Dit is een risico, omdat uiteindelijk kan blijken dat men de verkeerde school heeft gekozen, of dat een hybride model 'gekozen' wordt. Maar aan elk risico hangt een kans: namelijk de kans dat Nederland als *first mover* een winnende school heeft ondersteund, en hiermee een concurrentievoordeel creëert. En er is uiteraard ook een risico indien niet of te laat wordt gekozen: namelijk het risico dat Nederland niet op tijd klaar is voor automatische voertuigen.

De derde vraag is of er sprake is van investeringsbereidheid om kansen te benutten die ontstaan door de komst van automatische voertuigen. Hier gaan de volgende vier scenario's over. **We schetsen één basisscenario:** voorzieningen die genomen dienen te worden indien Nederland kiest voor constructief beleid. **En we schetsen drie kansenscenario's:** voorzieningen die genomen kunnen worden en waarmee de komst van automatisch rijden benut kan worden om beleidsdoelstellingen te bereiken.

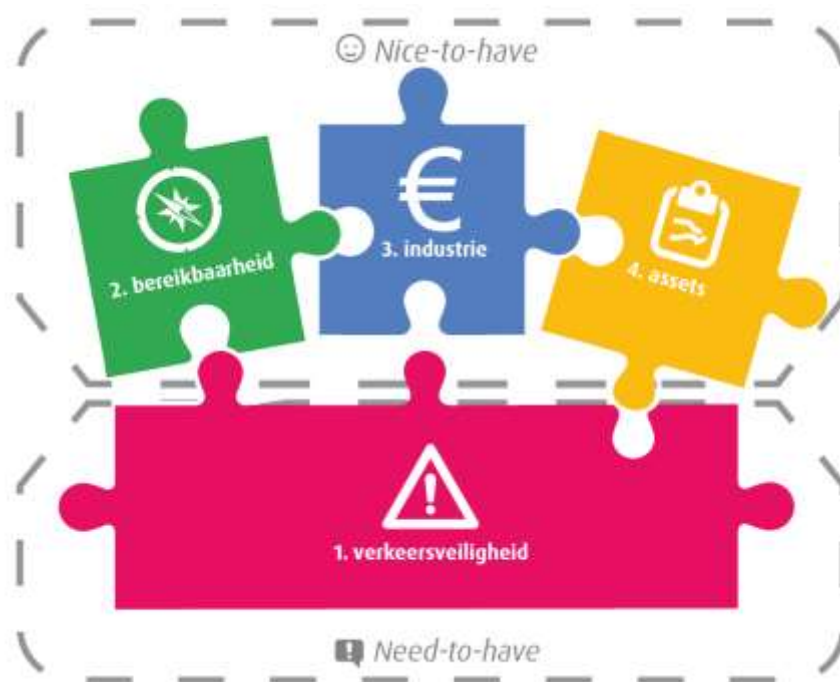
⁷ Een voorbeeld hiervoor is de in november 2017 ingediende Experimenteerwet zelfrijdende auto's.

De mogelijkheid hiervoor bestaat, omdat Nederland op het gebied van automatisch rijden nu al 'wereldklasse' is, aldus onderzoek van KPMG⁸.

De keuze voor de drie kansscenario's is gebaseerd op onze interpretatie van de missie van het ministerie van IenW naar de onderhavige onderzoeksvraag. Die missie luidt:

'Het ministerie van IenW streeft ernaar om weggebruikers zo snel, verkeersveilig, betrouwbaar en duurzaam mogelijk van A naar B te laten reizen. [...] I&W werkt toe naar een modern en goed functionerend verkeerssysteem en ontwikkelt een hoofdwegennet dat bijdraagt aan de economische en ruimtelijke ontwikkeling van Nederland en dat voldoet aan de milieunormen. Daarnaast wordt ingezet op een landelijke afname van het aantal verkeersslachtoffers.'

We ordenen de scenario's volgens vier begrippen die (impliciet of expliciet) terugkomen in deze missie: verkeersveiligheid, bereikbaarheid (snel en betrouwbaar van A naar B), economie (economische en ruimtelijke ontwikkeling van Nederland), en assetmanagement (modern en goed functionerend verkeerssysteem). Per scenario benoemen we een aantal mogelijke voorzieningen. 'Voorzieningen' kunnen daarbij fysieke of digitale ingrepen zijn, maar ook proces gerelateerd, zoals het invoeren van nieuwe of aanpassen van bestaande eisen.



Figuur 3.1 Samenhang scenario's automatisch rijden

⁸ Nederland staat op nummer 1 van de Autonomous Vehicles Readiness Index 2018 (<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/nl/pdf/2018/sector/automotive/autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>).

Het basisscenario is minimaal noodzakelijk (*need-to-have*) om automatisch rijden op een acceptabele manier mogelijk te maken. De andere scenario's zijn *nice-to-have's* die aan dit basisscenario kunnen worden toegevoegd, afhankelijk van de doelstellingen en het ambitieniveau.

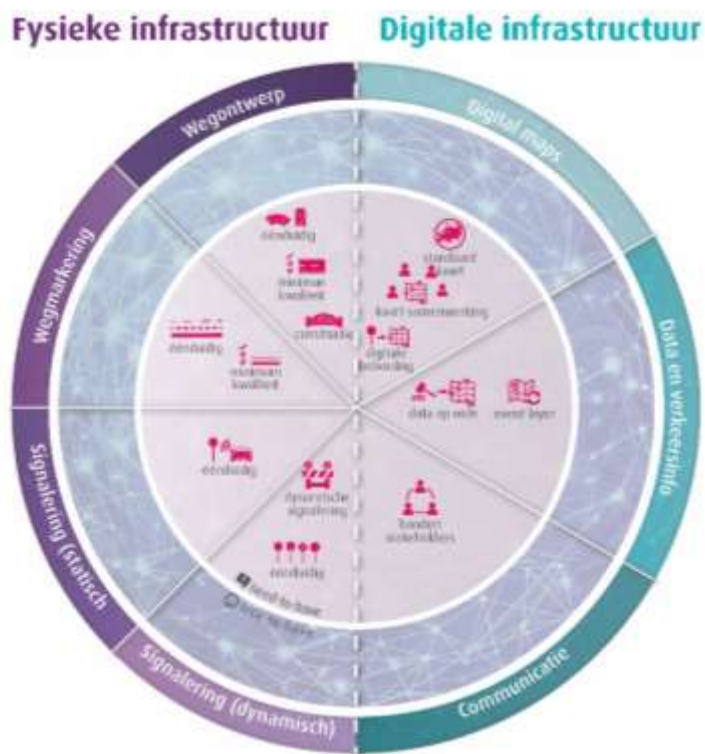
Alle voorzieningen zijn per scenario samengevat in de figuur in de samenvatting.

3.2 Basisscenario 1: Veiligheid borgen

3.2.1 Doel

In het basisscenario wordt niet ingezet op specifieke beleidsdoelen, maar automatische voertuigen worden ook niet geweigerd op Nederlandse wegen. De minimale noodzakelijke voorzieningen worden getroffen om de veiligheid te borgen voor alle weggebruikers, zowel de 'bestuurders' van de automatische voertuigen, maar zeker ook die van de andere weggebruikers. Dit is dus het *need-to-have scenario*: alleen de voorzieningen die echt nodig zijn.

Dit basisscenario is het scenario met de laagste kosten. Niet alleen omdat de echt noodzakelijke voorzieningen worden getroffen, maar ook andersom: omdat deze voorzieningen echt noodzakelijk zijn, worden ze ook in de andere scenario's getroffen. Hier staat tegenover dat het ook het scenario met de kleinste effecten is. Men bereikt er minder mee dan met de andere scenario's, maar men bereikt wel iets belangrijks: veiligheid voor alle weggebruikers.



3.2.2 Voorzieningen

Bij dit scenario passen een aantal voorzieningen die grofweg in drie categorieën kunnen worden ingedeeld: eenduidigheid, minimumkwaliteit en van visueel naar digitaal. Ten eerste zijn er voorzieningen die de eenduidigheid van de communicatie met alle weggebruikers betreffen. Belangrijk is uiteraard dat de eisen niet alleen eenduidig zijn, maar ook daadwerkelijk worden nageleefd:

- **Eenduidige eisen aan wegontwerp die ook worden nageleefd:** Zolang automatische voertuigen slechts een fractie van het Nederlandse wagenpark beslaan, dienen alle bestaande eisen en richtlijnen voor het wegontwerp te blijven bestaan. Wel dient het wegontwerp zoveel mogelijk te worden beschouwd vanuit eenduidigheid. Hoe minder verschillende wegontwerpen een zelfrijdend voertuig tegenkomt, hoe eenvoudiger die het wegontwerp als zodanig herkent en hij hier zijn gedrag op kan aanpassen. Hierbij is ook

van belang dat alle verschillende kenmerken met elkaar in overeenstemming zijn, bijvoorbeeld het voorrangsbord met de belijning. Het is van belang dat de eisen ook **daadwerkelijk worden nageleefd** ('Say what you do, and do what you say'). Dit is niet alleen van belang tijdens het ontwerp van, de aanleg van nieuwe wegen, maar ook daarna bij onderhoud.

- **Eenduidige en consistente eisen aan wegmarkering die ook worden nageleefd:** Evenals als voor het wegontwerp geldt ook voor de markering dat alle bestaande markering noodzakelijk blijft. Wel dient ook de wegmarkering zoveel mogelijk te worden beschouwd vanuit eenduidigheid. Wegmarkering dient ten alle tijden eenduidig interpreteerbaar te zijn. Voor het overgrote deel van de A- en N-wegen is dit in Nederland voorzien doordat de eisen hiervoor in CROW-publicaties zijn vastgelegd. De naleving van deze regels is daarom voor de Nederlandse situatie daarom wellicht nog belangrijker. Wegwerkzaamheden kunnen al vooraf worden gemeld via een centraal systeem. Ze worden dan door wegbeheerders ingevoerd, aannemers melden als ze starten en melden de werkzaamheden af als ze klaar zijn. Ook voor spoedreparaties is een procedure. Alleen gecertificeerde partijen (aannemers) kunnen meldingen doen. Hiervoor moet bij aanbesteding van wegwerkzaamheden specifieke eisen worden gesteld; mogelijk ook aan de controle op uitvoering daarvan. Meldingen van wegwerkzaamheden kunnen worden gedeeld met de automobiellindustrie en de kaartenmakers. Wegbeheerders moeten afspraken maken met de automobiellindustrie over het toelaten van automatische voertuigen bij bepaalde wegwerkzaamheden waar consistente en voor sensoriek duidelijk waarneembare voorzieningen zijn getroffen die de veiligheid voor alle weggebruikers garandeert.
- **Eenduidige bebording door naleving officiële richtlijnen en regelmatige controle areaal:** Bebording mag *niet dubbel interpreteerbaar* of *slecht interpreteerbaar* zijn. Regelmatige inspectie van het areaal moet in het reguliere onderhoud worden meegenomen. Aandacht dient te worden besteed aan 'einde'-borden en het gebruik van onderborden, maar ook conflicten met dynamische signalering en aan 'nepborden'. **Tijdens wegwerkzaamheden dient de reguliere bebording te worden afgeplakt** zodat slechts de tijdelijke bebording zichtbaar is voor de voertuigen op de weg. Hoewel dit de officiële richtlijnen zijn, wordt dit niet altijd nageleefd. Verbeteringen op dit vlak helpen niet alleen niveau 1-2 systemen vooruit maar ook hogere SAE-niveaus.
- **Eenduidige signalering die goed door automatische voertuigen waar te nemen is:** (Dynamische) signalering mag voor automatische voertuigen niet dubbel of slecht interpreteerbaar zijn, iets wat nu deels wel het geval is. Dit betekent allereerst dat de sensoren van voertuigen in staat moeten zijn om digitale, dynamische signalering te kunnen waarnemen. Een voorbeeld hiervoor is het via signalering openstellen van spitsstroken. Daarbij moet worden gezorgd dat gehanteerde (led-)verlichting ook voor bestaande visuele sensoriek detecteerbaar is. Hieraan dienen eisen te worden gesteld die de zichtbaarheid garanderen. Bovenal is eenduidigheid met andere signaalgevers op en rond de weg van groot belang. Analoge wegmarkering en bebording dienen overeen te komen met dynamische signalering.

Ten tweede zijn er voorzieningen die de minimumkwaliteit van de aangelegde infrastructuur betreffen:

- **Minimumkwaliteit wegdek vastleggen in eisen en vastleggen in processen en procedures hoe deze nageleefd worden:** Automatische voertuigen zullen voor een

belangrijk deel afhankelijk zijn wat de sensoriek van het voertuig in zijn nabije omgeving waarneemt. Als de kwaliteit van de weg onvoldoende is, trekt het voertuig op basis van zijn bevindingen mogelijk verkeerde conclusies met betrekking tot de situatie waarin het zich bevindt, waardoor in het ergste geval de veiligheid van de inzittenden mogelijk in gevaar komt. Zo moet worden voorkomen dat een voertuig bijv. een lasnaad onterecht als wegmarkering herkent, waardoor het voertuig uit zijn rijstrook komt. Ook moet de weg voldoende 'schoon' zijn van voorwerpen die het beeld van het automatische voertuig kan vertroebelen. Hoewel de wegbeheerders van A- en N-wegen in Nederland een uitgebreid onderhoudsprogramma hanteren, lijkt het verstandig om de minimumeisen waaraan een weg moet voldoen vast te leggen. Daarbij kan worden aangesloten op de beeldbestekken die voor het onderhoud in de openbare ruimte worden opgesteld. Daarnaast zou de sensoriek van automatische voertuigen ook ingezet kunnen worden om afwijkingen in het wegdek te kunnen opmerken en versturen naar de wegbeheerder zodat deze actief onderhoud kan gaan inplannen.

- **Minimumkwaliteit van de wegmarkering vastleggen, in overleg met de industrie, en naleving van deze kwaliteitseisen:** Automatische voertuigen kunnen zich onder meer positioneren op de weg door wegmarkering te detecteren. Wanneer de wegmarkering slecht leesbaar of interpreteerbaar is, kan een automatisch voertuig zijn positie minder of niet goed bepalen. Het garanderen van een minimumkwaliteit van de wegmarkering kan daarom helpen om automatische voertuigen goed op het wegennet te kunnen laten functioneren. Deze kwaliteit moet worden gegarandeerd middels aangescherpte onderhoudsprogramma's. Een belangrijke situatie waar sensoren moeite mee hebben zijn wegwerkzaamheden en tijdelijke belijning. Gele lijnen die over de reguliere belijning getrokken worden geven een automatische voertuigen een lastig interpreteerbaar beeld. Zeker aangezien tijdelijke belijning kwalitatief niet altijd goed is. Bij een groter aantal niveau 2 voertuigen, mogelijk ook met lagere kwaliteit sensoriek, kan dit leiden tot grote problemen. Goede en eenvoudige belijning heeft de voorkeur boven belijning 'over het bestaande lijnenspel heen te plakken'.

Ten derde zijn er voorzieningen die de overgang 'van visueel naar digitaal' betreffen:

- **Uniforme (Europese) standaarden voor kaartdefinities bepalen, met minimaal adequate locatie referentie technieken en het aanleveren van overheidsdata voor assetmanagement:** Er dienen uniforme (Europese) standaarden voor kaartdefinities (minimaal adequate locatie referentie systematiek) te komen die worden gebruikt voor de aanlevering van data door overheden en voor het beheer van eigen assets ten behoeve van beheer en onderhoud van de fysieke infrastructuur.
- **Creëer en ontsluit een digitale versie van huidige bebordingsareaal en houdt deze bij:** Borden naast de weg zijn niet onder alle omstandigheden zichtbaar voor (automatische) voertuigen. Om voertuigen ten allen tijden te kunnen informeren over heersende ge- en verboden is digitalisering van de bebording nodig. Bebording kan worden opgenomen in digitale kaarten (*digital maps*) en/of verkeersborden kunnen worden voorzien van kleine signaalgevers die naast de informatie van het bord ook info geven of het bord nog aanwezig is. Zolang er ook reguliere voertuigen op de weg aanwezig zijn dient de bestaande bebording naast dit digitale aanbod te blijven bestaan. Herhalingsborden die als redundantie voor de reguliere weggebruiker

dienen, zijn voor het zelfrijdende voertuig niet meer nodig, maar blijven voor de menselijke bestuurder voorlopig wenselijk.

- **Ontsluit de gegevens van dynamische signalering ook op digitale wijze en zorg dat dit met ZRV gecommuniceerd kan worden of gelezen kan worden:**
Dynamische signalering kan niet altijd goed door (automatische) voertuigen worden geobserveerd, bijvoorbeeld doordat zich andere voertuigen tussen de voertuigsensor en de signaalgever bevinden. Dit is niet alleen het geval bij verkeersborden, maar vooral ook bij verkeerslichten waarbij voertuigen voor het automatische voertuig het zicht op de signaalgevers kunnen ontnemen. Daaruit volgt een behoefte om deze gegevens óók digitaal beschikbaar te hebben. Deze informatie moet óf in realtime direct vanuit de infrastructuur naar het voertuig worden gecommuniceerd, óf via een centrale gegevens server in *real time* in het voertuig terechtkomen. De snelheid van de communicatie is daarbij van groot belang. Er dient één digitale standaard te komen. De uitdaging is om eenduidigheid te bereiken tussen de digitaal ontsloten informatie en de visueel waarneembare signalering. Een en ander is bijzonder complex bij snel veranderende omstandigheden, zoals bij de aanwezigheid van wegwerkers en bij incident management. Wegwerkers dienen in realtime gedetecteerd te worden om hun veiligheid te borgen. En ook informatie over incidenten dient in realtime gecommuniceerd te worden.
- **Op orde brengen en uitbreiden van data top 8 op basis van (Europese) standaarden:** De data top-8 dienen beschikbaar te zijn voor automatische voertuigen. Hierbij gaat het om gegevens rondom wegwerkzaamheden, maximumsnelheden, de 'rest-duur' van incidenten en brugopeningen. De gegevens zijn nu nog niet volledig beschikbaar. Om een voorbeeld⁹ te noemen: gegevens over wegwerkzaamheden waren (per mei 2016) op 95% van de rijkswegen beschikbaar met een betrouwbaarheid en volledigheid van ca. 85%. Voor automatische voertuigen is een betrouwbare beschikbaarheid van nagenoeg 100% nodig, op meer dan alleen rijkswegen.
- **Het Nederlandse uitgangspunt over hybride communicatie blijven toetsen en de uitrol-strategie van 'connected' afstemmen met (Europese) stakeholders.** De belangrijke gremia in de EU zijn hiervoor CEDR, The Amsterdam Group en het C-ITS deployment-platform.
- **Ondersteun projecten waarin hybride oplossingen getest en geëvalueerd worden op effecten voor verkeersmanagement, verkeersveiligheid en andere maatschappelijke effecten**
- **Kaartenmakers gelegenheid bieden updates te maken bij nieuwe of gewijzigde infrastructuur:** De overheid dient makers van digitale kaarten in de gelegenheid te stellen om voorafgaand aan openstelling van nieuwe of aangepaste infrastructuur hun kaarten bij te werken (toelaten van hun scan-voertuigen) en/of as-build tekeningen digitaal beschikbaar te stellen.
- **(Door)ontwikkeling van de event layer data met specifieke veiligheidsinformatie en afspreken hoe uitwisseling van deze informatie tussen de stakeholders kan plaatsvinden:** De overheid dient in staat te zijn specifieke veiligheidsinformatie te leveren voor het gebruik in kaarten met een hoge nauwkeurigheid (*HD digital maps*). Het gaat om informatie die vanuit de overheid (wegbeheerders maar ook hulpdiensten) beschikbaar wordt gesteld, zoals informatie over personen op de rijbaan, spookrijders, wegwerkers etc. Hierbij gaat het om het vaststellen van

⁹ Rijkswaterstaat, 2016. Bijlage 11: Data top 8 beschrijving kwaliteit publieke data items en road map. <https://beterbenutten.nl/document/download/4873>.

definities en kwaliteitseisen van berichten en data. En de wijze waarop dit uitgewisseld kan worden tussen de betrokken stakeholders.

Tenslotte: de overheid dient nauwe banden te onderhouden met alle stakeholders die betrokken bij zijn de uitrolstrategie voor automatische voertuigen. De belangrijke gremia in de EU zijn hiervoor CEDR, ACEA, CLEPA, The AmsterdamGroup en het C-ITS deployment platform.

3.2.3 Nader onderzoek nodig

Naast het nemen van voorzieningen om de veiligheid te borgen, is ook het verdere opbouwen van kennis nodig. Immers, nog niet alles is nu al bekend rondom de impact van de komst van automatische voertuigen. Deels gaat het hierbij om de vraag welke 'school' wint, of waar uiteindelijk een hybride vorm geïmplementeerd wordt. Maar deels gaat het ook om onderwerpen waarover nu nog feitelijke kennis ontbreekt. Enkele voorbeelden hiervan:

- Zijn aanpassingen aan constructie-eisen noodzakelijk door veranderende belasting?
- Hoe gaan ZRV om met Nederland-specifieke situaties, zoals tapers, doorgetrokken strepen van spitsstroken, turbo-rotondes, en welke veiligheidsrisico's levert dit op?
- Zijn aanpassingen nodig van het wegontwerp voor pechhavens en vluchtstroken als gevolg van pech of incidenten van ZRV?
- Is het aanbrengen van rijrichtingscheiding op N-wegen noodzakelijk of voldoen alternatieve voorzieningen?

In het technische rapport zijn deze en andere *need-to-knows* nader beschreven. Deze geïdentificeerde kennisvragen zijn een momentopname die past bij de huidige stand van de technologie en de visie op doorontwikkeling. Het staat buiten kijf dat nieuwe vragen, en de daarmee samenhangende kennisbehoefte, zich zullen aandienen.

- Het verdient daarom de aanbeveling te investeren in het opbouwen van kennis en kennisinfrastructuur om deze toekomstige vragen ook te kunnen beantwoorden.

3.3 Kansenscenario 2: Investeren in bereikbaarheid

3.3.1 Doel

In dit scenario worden kansen benut die de komst van automatische voertuigen biedt op het gebied van bereikbaarheid. Het idee hierbij is: automatische voertuigen benutten, mits goed ingezet, schaarse ruimte op de weg efficiënter. Ze doen dit onder andere door een hogere bezettingsgraad (in geval van deelauto's), door minder foutgevoeligheid en dus minder ongelukken, door een betere routing, door minder shockwaves, en door kortere volgtijden. Dit gebeurt deels vanzelf. Maar de overheid kan voorzieningen treffen om de bereikbaarheidsbaten te verhogen, of om ze naar voren te halen in de tijd. Deze voorzieningen staan centraal in dit scenario.

Het gaat dan onder andere ook om voorzieningen die de komst en het gebruik van *People Movers* faciliteren. Het scenario kent meer impact op het OWN dan op het HWN. Dit vereist uiteraard veel afstemming tussen Rijk en regio.

Optioneel kunnen in dit scenario de negatieve effecten op bereikbaarheid in de periode met gemengd verkeer mogelijk worden beperkt door deze overgangperiode actief te verkorten. Dit vereist dan wel ingrepen op het wegennet, en aanvullende (bijv. fiscale) maatregelen.

3.3.2 Voorzieningen

Voor dit scenario gelden alle voorzieningen die ook bij het basisscenario van toepassing zijn. Daarnaast kan een bijdrage aan bereikbaarheid geleverd worden door (bijv.) de volgende voorzieningen.

Ten eerste zijn er voorzieningen die de *periode van gemengd verkeer* kunnen verkorten:

- **Bij frequentieveling 5G afstemming plegen met ministerie van EZK ten aanzien van eisen aan dekking langs A- en N-wegen:** Het is nog niet duidelijk of 5G of WiFi-P (of een hybride oplossing) de dominante communicatietechnologie voor automatische voertuigen wordt. Zonder een 'winnaar' te kiezen¹⁰, geldt wel dat de overheid flankerend beleid kan voeren. Zo zijn voor ca. 2019 de veilingen gepland van 5G-licenties. Het is zonder twijfel zo dat op enige termijn een landelijk dekkend 5G-netwerk zal ontstaan. Mogelijk wordt dit de basis voor de communicatie tussen en met automatische voertuigen. De grote uitdaging is het creëren van dekking om de gebruiker een naadloze en voortdurende beschikbaarheid te kunnen bieden. In landen waar de wegen door dunbevolkte gebieden lopen is het garanderen van dekking kostbaar. Dit is gunstiger te realiseren in het dichtbevolkte Nederland. Een beleidsmaatregel vanuit de overheid kan zijn om bij de veiling van 5G-licenties de dekking langs het snelwegennetwerk binnen een bepaalde termijn verplicht te stellen. Dit is geen nieuwe beleidsmaatregel: soortgelijke dekkingseisen zijn er bij alle veilingen van frequenties, maar dan voor een bepaald aandeel van de bevolking, of voor specifieke gebieden zoals grote steden. Een dekkingseis m.b.t. het snelwegennetwerk is dus een andere invulling van een bestaande beleidsmaatregel, en leidt niet tot extra kosten (hooguit tot lagere opbrengsten uit de veiling van frequenties). Indien blijkt dat 5G de dominante communicatietechnologie wordt voor automatische voertuigen, leidt dit ertoe dat automatische voertuigen sneller op alle snelwegen gebruikt kunnen worden, wat de doorstroming op het snelwegennetwerk vergroot.
- **Actieve transitieversnelling door de overheid:** Ook al is de transitie naar automatische voertuigen in belangrijke mate afhankelijk van de technologische en de marktontwikkeling. De overheid kan deze transitie wel versnellen, en daarmee de tijd van gemengd verkeer (met alle bijkomende problemen) verkorten. Ze kan koploper blijven c.q. worden bij de aanpassing van wetgeving en bij de toelatingsprocedures voor niveau 4 auto's. Ze kan testwetgeving inrichten en lokale experimenteerterruimte creëren. Ze kan fiscale beleidsmaatregelen of prikkels introduceren voor de aanschaf van bepaalde systemen of gehele automatische voertuigen. Of ze kan met campagnes bijdragen aan bewustwording, zodat rijtaakondersteunende instrumenten ook echt worden ingezet en opgevolgd.



¹⁰ Wellicht ten overvloede: hier is het bijzonder belangrijk dat de overheid geen 'winnaar' kiest, omdat het om een mogelijke herordering van machtsverhoudingen in de private sector gaat. De keuze voor 5G zou betekenen dat automobielproducenten deels afhankelijk worden van telecomproviders. Het is, in afwezigheid van overtuigende redenen, geen primaire taak van de overheid om hierop in te grijpen.

- **Uitfaseringstermijn niet-automatische voertuigen juridisch vastleggen:** Een verdergaande beleidsmaatregel is het juridisch vastleggen van een uitfaseringstermijn voor niet-automatische voertuigen. Soortgelijke beleidsmaatregelen worden op dit moment bijvoorbeeld overwogen voor dieselauto's of voor gasaansluitingen bij nieuwbouwwoningen. Effect hiervan is dat gebruikers, nadat automatische voertuigen daadwerkelijk beschikbaar zijn, ruim de tijd (bijv.: 20-25 jaar) hebben om zich voor te bereiden op een transitie, maar dat wel duidelijk is dat deze transitie afgedwongen wordt. Zo'n vastlegging zorgt voor meer zekerheid, met name voor producenten van automatische voertuigen. Het risicoprofiel van innovatieve technologieën wordt voordeliger, en het is sneller mogelijk om op een efficiënt schaalniveau te produceren. Zo ontstaat een vliegwieleffect: omdat men moet overstappen, doet men het ook; hoe meer mensen dit doen, des te meer dalen de prijzen; hoe verder de prijzen dalen, des te meer mensen stappen over.

Ten tweede zijn er voorzieningen die ingrijpen op de capaciteitsverdeling op de weg:

- **Doelgroepstroken voor verschillende typen ZRV – People Movers:** Minder vergaand is het inrichten van doelgroepstroken specifiek voor *People Movers* op het OWN. Het gaat dan om trajecten bijvoorbeeld tussen P+R-voorzieningen en binnensteden, tussen parkeerplekken en een terminal van een vliegveld, of tussen twee verder slecht met elkaar verbonden plekken in een stad (denk aan de verbinding tussen twee oevers). Denkbaar is hierbij ook het geschikt maken van bestaande busbanen voor *People Movers*.
- **Doelgroepstroken voor verschillende typen ZRV – op overbelaste wegen:** Een vergaande voorziening is het inrichten van doelgroepstroken op stroomwegen in dicht bevolkte gebieden. Meest laagdrempelig lijkt hierbij het benutten van plus-/spitsstroken aan de linkerzijde van de rijbaan. Op deze rijstrook is niet of nauwelijks interactie nodig met overig verkeer in geval van toe- en afritten. Een doelgroepenstrook aan de rechterzijde lijkt op voorhand een complexere situatie op te leveren en vraagt waarschijnlijk ook om veel hogere investeringen en aanpassingen in de fysieke infrastructuur (bijvoorbeeld het passeren van toe- en afritten). Om een (nogmaals: vergaand) voorbeeld te noemen: het is in theorie mogelijk om op de A13 tussen Den Haag en Rotterdam één rijstrook per richting in te richten als exclusieve rijstrook voor automatische voertuigen op niveau 4. Voor gebruikers van andere auto's resteren de overige rijstroken, of het omrijden via de A4. Deze voorziening leidt op twee manieren tot het gewenste resultaat. Ten eerste stijgen de baten van het bezit of het gebruik van een automatisch voertuig. Men kan sneller reizen op dit traject, naar verwachting met nauwelijks files en een betrouwbare reistijd. Het bezit of gebruik van een automatisch voertuig wordt daardoor aantrekkelijker. Ten tweede stijgt het aantal files op de overige rijstroken, en daalt hier de betrouwbaarheid van de reistijd. Het wordt dus juist minder aantrekkelijk om een niet-automatisch voertuig te bezitten of te gebruiken. Waar het eerste een 'pull-factor' is, is het tweede een 'push-factor'; allebei leiden ertoe dat automobilisten sneller overstappen naar een automatisch voertuig. De vraag is echter of het draagvlak onder het publiek voldoende is om op de korte termijn capaciteit te onttrekken ten gunste van automatische voertuigen terwijl de penetratie van automatische voertuigen beperkt is.
- **Driedimensionaal in kaart brengen van P+R-locaties en organiseren voldoende dekking qua communicatie voor deze locaties:** P+R-locaties worden primair aangelegd aan de buitenkant van grote steden, en in de nabijheid van een afrit van het



HWN. Om de uitwisseling tussen automatische voertuigen en openbaar vervoer zo soepel mogelijk te maken moeten ook P+R locaties goed ingericht zijn op automatische voertuigen. Dit heeft impact op zowel de fysieke als de digitale infra. Bij niveau 3 en 4 is er behoefte aan een in/uitstap platform, waarna het voertuig zichzelf navigeert naar een parkeerplek. Op digitaal niveau betekent dit dat er voldoende dekking van digitale communicatiemiddelen in de parkeervoorziening worden aangebracht in combinatie met een uitbreiding van de parkeervoorziening op de digitale kaarten zodat de voertuigen zich kunnen lokaliseren. Parkeervakken zullen bij SAE niveaus 1 en 2 nog met belijning aangeduid moeten worden, bij hogere mate van automatisering kunnen andere vormen van parkeervakaanduiding worden gebruikt. Door dichter op elkaar te parkeren veranderen echter wel de eisen aan de constructie.

3.4 Kansenscenario 3: Investeren in economie en innovatie

3.4.1 Doel

De overgang van **gewone auto's** naar automatische voertuigen zorgt voor een herordening in het krachtenveld van de automobiellindustrie. Ook al zal het belang van traditionele autoproducenten nog steeds groot blijven, krijgen ook nieuwe niet-traditionele spelers een rol. Voorbeelden zijn verleners van digitale diensten, bedrijven die op data gespecialiseerd zijn, of producenten van chips en sensoren. De opkomst van dit soort partijen zorgt voor werkgelegenheid en positieve spin-offs. Dat kan goed nieuws zijn voor Nederland, een land zonder grote OEM's voor **personenauto's**, maar wel met hightechindustrieën die een specifieke rol krijgen bij de introductie van automatische voertuigen, en een land met uitstekende infrastructurele voorzieningen, sterke traditie met publiek private samenwerking en met toegang tot de complete testketen.

Tegen deze achtergrond bevat dit scenario voorzieningen waarmee voordelen worden gecreëerd voor de Nederlandse economie, bijvoorbeeld door innovatie te stimuleren. Het effect hiervan is niet alleen economisch: een belangrijke rol van Nederlandse bedrijven bij de opkomst van automatische voertuigen kan ook betekenen dat automatische voertuigen juist in Nederland versneld geïntroduceerd worden.

3.4.2 Voorzieningen

Voor dit scenario gelden alle voorzieningen die ook bij het basisscenario van toepassing zijn. Daarnaast kan een bijdrage aan de Nederlandse economie door een aantal voorzieningen te nemen. Belangrijke kanttekening hierbij is dat Nederland reeds nu al zeer goed scoort als het gaat om de *readiness* voor automatische voertuigen; sterker nog: Nederland is de nummer 1 op de 'Autonomous Vehicle Readiness Index' van adviesbureau KPMG. De volgende voorzieningen zijn daarom erop gericht deze koploperspositie te behouden of uit te bouwen.



- **Infrastructure readiness classificering van wegen voor verschillende automatiseringsniveaus:** Voor auto's zijn er op Europees niveau normen voor bijv. CO₂-uitstoot. In het verlengde hiervan is het denkbaar om in te zetten op de gestandaardiseerde classificering van wegen. Dan zou een stroomweg (A- en N-wegennet) bijvoorbeeld geclassificeerd kunnen worden als *ready for SAE level 4*. Voor bestuurders van niet-ZRV's geeft dit ook duidelijkheid voor wat zij kunnen verwachten. Indien Nederland op Europees niveau hierop inzet, heeft dat twee positieve gevolgen: ten eerste wordt Nederland dan herkend als land dat vooruitstrevend is op het gebied van automatisch rijden, en ten tweede is te verwachten dat juist de Nederlandse wegen vrij snel zullen voldoen aan hoge eisen. Allebei leidt ertoe dat het investeringsklimaat Nederland (nog) aantrekkelijker wordt voor bedrijven die bezig zijn met automatische voertuigen.
- **Redundantie in wegmarkering aanbrengen en in overleg met de industrie bepalen hoe die eruit zou moeten zien:** het automatische voertuig heeft behoefte aan informatie via meerdere kanalen, zeker in situaties waarin bijvoorbeeld minder zicht is en de wegmarkering niet meer leesbaar is voor de sensoriek van het voertuig. De verantwoordelijkheid hiervoor ligt in eerste instantie bij de automobieliindustrie om dit op te lossen. Maar, de wegbeheerder kan helpen door bepaalde voorzieningen te treffen die helpen om dit probleem eenvoudiger op te lossen. Hiervoor moet wel eerst in kaart worden gebracht welke voorzieningen dit zijn.
- **Regulering speelt in op deelauto's zonder chauffeur:** Het is nog onduidelijk welk businessmodel voor automatisch rijden dominant wordt: het verkopen en bezitten van automatische voertuigen, of het deelnemen aan bijvoorbeeld een abonnementsprogramma dat recht geeft op een bepaald aantal kilometer per maand. Dat laatste zal met name een businessmodel zijn voor bedrijven die een vloot van automatische voertuigen zonder chauffeur inzetten en via software de capaciteit optimaal verdelen. Dit soort businessmodellen zijn schaalbaar: het aanbod kan in één regio beginnen, en vervolgens vrij snel opgeschaald worden naar meerdere regio's en landen. Het heeft ook, zoals het voorbeeld van Uber laat zien, een groot 'winner-takes-it-all' gehalte. Voor Nederland is het daarom aantrekkelijk om de plek te zijn waar zo'n businessmodel zich ontwikkelt. Hiervoor is het in elk geval nodig dat de marktregulering (bijv. taxisector en WP2000) de nieuwe businessmodellen niet in de weg staat. Dit geldt ook voor andere vormen van automatisch rijden, zoals *truck platooning* of stedelijke distributie.
- **Nederland als koploper op het gebied van digital maps:** Nederland heeft altijd een belangrijke rol gespeeld op dit domein, met bedrijven als TeleAtlas (nu TomTom) en EGT/NavTech (nu Here). Goede digitale kaarten zijn cruciaal voor het kunnen functioneren van het automatische voertuig. Dit gaat niet alleen om de navigatie in termen van routing, maar ook om operatie en positiebepaling. Aan deze 'kaarten' is een diversiteit van data verbonden of te verbinden en ze fungeren daarmee als een informatiedrager voor ruimtelijke eigenschappen van het netwerk. Daarnaast kunnen dynamische eigenschappen worden gekoppeld. Nederland kan voortborduren op de sterke positie, niet door een eigen HD Map te bouwen, maar wel door te faciliteren en samen te werken. Voorbeeld is het aanleveren van data die gekoppeld kan worden aan digitale kaarten. Dit geldt met name bij gegevens waarvan de overheid de eerste partij is die deze informatie kan hebben, bijvoorbeeld omdat deze de wijzigingen hierin creëert.





- **Stress test voor automatische voertuigen:** De grootschalige introductie van de automatische voertuigen laat nog een tijdje op zich wachten. Dit betekent echter niet dat er in de tussentijd stilgezeten kan worden. De industrie zal veel energie en middelen vrijmaken om de benodigde technologische innovaties in het voertuig mogelijk te maken. De overheid heeft tijd om na te denken over de infrastructuur van de toekomst maar ook tijd om hiermee ervaring op te doen. Uiteindelijk zal de introductie van het automatische voertuig geleidelijk gaan: een *big bang* is geen realistisch scenario. De penetratiegraad van hoger en hoog geautomatiseerde voertuigen zal op den duur steeds groter worden. Een groter aandeel automatische voertuigen op het wegennet vergt capaciteit van de infrastructuur. Fysieke capaciteit (meer of minder), maar ook digitale capaciteit. Theoretische berekeningen kunnen aantonen hoeveel bandbreedte er nodig is voor automatische voertuigen en op welke manier andere digitale behoeften kunnen worden ingevuld. Theorie is echter één, de praktijk is soms weerbarstiger. Experimenten, proeven en grote fieldtests zullen moeten aantonen hoe de praktijk werkt. Nederland, met haar digitale en fysieke infrastructuur is een ideale plek om dit soort 'stress tests' (kritische applicaties die de technische grens van het systeem beproeven) voor het gehele systeem uit te voeren. Onderdeel hiervan is het ondersteunen van projecten waarin hybride oplossingen getest en geëvalueerd worden op effecten voor verkeersmanagement, verkeersveiligheid en andere maatschappelijke effecten.

- **Standaardisatie People Movers:** Een voorziening die de komst van *People Movers* kan versnellen, is de standaardisatie van de technologie die de verschillende fabrikanten nu op de markt brengen, en vervolgens de goedkeuring door de RDW van gestandaardiseerde technologie. Hiermee kan interoperabiliteit van systemen in geheel Nederland geborgd worden, en dalen zowel de onderzoeks- als ook de aanschafkosten voor een regio die gebruik wil maken van *People Movers*. Hierbij hoort ook het investeren in kennisopbouw bij decentrale overheden ten aanzien van de nieuwe vormen van (openbaar) vervoer – met als doel het komen tot convergentie en interoperabiliteit. Wellicht ten overvloede: hierbij gaat het om de standaardisatie van technologie, niet om de standaardisatie van de uitvoering (comfort, grootte van de *People Movers*, etc.).



- **Versterken van het innovatieve automotieve ecosysteem:** De komende decennia wordt er door de automobiellindustrie veel geïnvesteerd in nieuwe technologieën om het voertuig van de toekomst straks ook daadwerkelijk te kunnen maken. Nederland kent een sterke en innovatie hightechindustrie en is als toeleverancier voor de wereldwijde automobiellindustrie al sinds jaar en dag een speler van belang. Het bestaande ecosysteem is sterk maar om competitief te blijven – zeker zonder de aanwezigheid van een grote beeldbepalende speler – blijft het van belang om te investeren in innovatie. Dat kan door het opzetten van nieuwe triple helix onderzoeksprogramma's maar ook door het aantrekken van buitenlandse partijen. Het versterken van het ecosysteem op het gebied van *connected, cooperative & automated driving* zorgt ervoor dat Nederland aantrekkelijk blijft voor bedrijven om hier te investeren en creëert nieuwe werkgelegenheid.

3.5 Kansenscenario 4: investeren in wegbeheer

3.5.1 Doel

Terwijl de kansenscenario's voor bereikbaarheid en economie en innovatie aansluiten bij het populaire beeld dat veelal bestaat omtrent automatische voertuigen, vergt dit scenario wellicht iets meer uitleg. Het is ook een scenario dat niet direct de komst van de automatische voertuigen zelf ondersteunt maar aangeeft dat er ook een kans ligt om de effectiviteit van het wegbeheer te versterken indien proactief op deze ontwikkeling gereageerd wordt.

Zoals in dit onderzoek vastgesteld vergt de komst van automatisch rijden een nauwe aansluiting van verschillende 'werelden': (1) de regelwereld waarin bepaald is door wie op welk deel van welke weg onder welke omstandigheden welke regels te volgen zijn; (2) de fysieke wereld, waarbij die regels door middel van bebording en belijning worden gecommuniceerd; en (3) de digitale wereld, waarbij de regels worden weergegeven in de digitale omgeving die door (een deel van de) automatische voertuigen gevolgd wordt.

Op dit moment sluiten de drie werelden niet foutloos op elkaar aan. Zo weten wegbeheerders op dit moment niet precies hoeveel borden op hun areaal aanwezig zijn. Dat betekent andersom dat er vrijwel zeker borden zijn die onnodig zijn, of die onjuist geplaatst zijn.

Kortom, de organisatie van het wegbeheer kan op een andere leest geschoeid worden. Het idee van dit scenario is: als men sowieso bezig is met een aanpassing, dan kan men ook een stap verder gaan en het wegbeheer moderniseren voor de lange termijn. Doel is dan om van de Nederlandse wegbeheerders de meest innovatieve en vooruitstrevende wegbeheerders ter wereld te maken die actief nieuwe ontwikkelingen beïnvloeden.

Dit past ook bij de geest van de Nederlandse Digitaliseringsstrategie die in juni 2018 is gepubliceerd. In dit scenario wordt de effectiviteit van het wegbeheer verhoogd. Dat betekent niet per se dat er sprake zal zijn van lagere beheerskosten. Het kan ook leiden tot hogere apparaatskosten bij wegbeheerders (met name voor ICT), maar wel tot een betere inzet van middelen. En het leidt ertoe dat Nederlandse wegbeheerders beter in staat zijn gesteld te staan voor de (onzekere) toekomst.

3.5.2 Voorzieningen

Voor dit scenario gelden alle voorzieningen die ook bij het basisscenario van toepassing zijn. Daarnaast kan het assetmanagement van Nederlandse wegbeheerders worden verbeterd door een aantal voorzieningen te treffen.

- **Actieve samenwerking tussen stakeholders organiseren om het samenbrengen van informatie te stimuleren.** De producenten van auto's krijgen met de komst van automatische voertuigen een nieuwe rol. Waar een automobilist nu in de meeste gevallen na de aankoop nooit meer contact heeft met de producent, geldt dat in toekomst niet meer. De producent blijft *in control* van bijvoorbeeld de software van een automatisch voertuig en zorgt voor regelmatige updates. Ook blijft de producent verantwoordelijk voor het op een veilige manier werken van bepaalde functionaliteiten. Dat kan zelfs betekenen dat de producent ingrijpt op de werkwijze van een

voertuig dat op dat moment op de weg rijdt. Hiervoor dienen goede afspraken gemaakt te worden tussen producenten en wegbeheerders. Dat kan bijvoorbeeld door een duidelijk protocol op te stellen in het toelatingsbeleid van de RDW, of het instellen van een rijbewijs voor het voertuig om aan te tonen dat aan de vereisten van verkeersveiligheid wordt voldaan. Maar ook verdergaande oplossingen zijn denkbaar. **Een voorbeeld voor zo'n oplossing is het inrichten van een gezamenlijke centrale of *situation room*.** Hierbij zijn (vertegenwoordigers van) wegbeheerders en producenten 24/7 fysiek aanwezig op een locatie, om gecoördineerde of zelfs gezamenlijke acties te ondernemen indien en zodra dit nodig is.¹¹ Dat leidt er ook toe dat er eenduidigheid ontstaat in de acties die door de verschillende producenten worden genomen. Deze voorziening heeft met name een preventief effect: risico's die door de komst van automatische voertuigen ontstaan, worden hiermee deels gemitigeerd. Overigens is zo'n voorziening op nationaal niveau niet nodig indien sluitende afspraken over werkprocessen zijn gemaakt op Europees niveau.

- **Samenwerking met OEM's zoeken voor een sneller, betere indicatie van de kwaliteit van de weg, te gebruiken voor assetmanagement:** Voor het borgen van de veiligheid van alle weggebruikers moet vooral de wegbeheerder voldoen aan bepaalde (nieuwe) eisen. Dit leidt tot kosten bij de wegbeheerders, en uiteindelijk tot baten van de producenten. De vraag is of hier wederkerige afspraken gemaakt kunnen worden, ofwel: 'voor wat hoort wat'. Een concreet voorbeeld hiervoor is het laten leveren van gegevens door de producenten aan de wegbeheerders. Zo kunnen de sensoren van auto's de leesbaarheid van borden en belijning of de staat van de weg (bijvoorbeeld gaten in de weg) registreren en automatisch beoordelen. Als deze leesbaarheid of staat van de weg achteruitgaat kan een geautomatiseerd bericht aan wegbeheerder worden aangemaakt. Bij een groot aantal automatische voertuigen op de weg heeft de wegbeheerder hierdoor een buitengewoon effectieve en efficiënte manier ter beschikking om de toestand van het areaal te (laten) inspecteren. De redeneerlijn achter deze voorziening is economisch: het huidige autoverkeer leidt tot externe effecten (zoals uitstoot) die maar beperkt geïnternaliseerd worden. Een systemsprong naar automatische voertuigen leidt tot andere externe effecten, waaronder externe baten. Dit leidt tot de onderzoeksvraag: (onder welke omstandigheden) kan de systemsprong worden benut om een deel van de nieuwe externe baten te internaliseren in het systeem?¹²



¹¹ Bijvoorbeeld: indien een ongeluk gebeurt op de A13, kan in zo'n *situation room* een inschatting gemaakt worden over de tijd totdat de weg weer beschikbaar is. Tot die tijd kunnen alle aanwezige OEM's gezamenlijk afspraken maken over de routing van 'hun' voertuigen. In een situatie met 100% ZRV kan zelfs een gezamenlijke actie worden ondernomen om alle voertuigen die direct achter het incident staan, gecoördineerd achteruit tot de volgende afrit te laten rijden. Zo'n actie (of minder vergaande acties) zijn zonder actieve coördinatie niet mogelijk.

¹² Waarschijnlijk leidt de systemsprong naar automatische voertuigen tot minder negatieve externe effecten, bijvoorbeeld omdat de voertuigen elektrisch rijden. Maar ook dan geldt dat er geen reden is om alle positieve baten bij de OEM's te laten vallen, terwijl de overheid verantwoordelijk is voor de nodige investeringen in infrastructuur.



- **Digitalisering assetmanagement:** In deze voorziening wordt het voor de ZRV relevante deel van de infrastructuur onder op een uniforme manier gedigitaliseerd en onder assetmanagement van wegbeheerders gebracht. Er worden bijvoorbeeld chips voor de communicatie en de locatiebepaling aangebracht op elk bord op het areaal. De locatie en de inhoud van de borden worden gekoppeld aan een centrale database. Deze database is de link tussen de regelwereld, het assetmanagement, en de digital map. Er wordt een open interface geboden van de database naar alle beheerders van een digitale map. In de database ontstaan geautomatiseerd foutmeldingen indien een bord op een plek staat waar het volgens de regelwereld niet hoort te staan. Waarnemingen van sensoren van automatische voertuigen ten aanzien van de leesbaarheid van borden of belijning worden eveneens gekoppeld aan de database, zodat geautomatiseerde meldingen ontstaan zodra onderhoud nodig is. Deze
- **Uitbreiden data top-8:** In een uitbreiding van de data top-8 naar andere gegevens liggen kansen om verkeersmanagement en assetmanagement sterk te verbeteren. Het helpt daarmee ook de niet-automatische voertuigen, omdat men veel betere (reis-)informatie en/of sturing kan geven aan gebruikers, en omdat men transportsystemen en assets geoptimaliseerd kan beheren. Data kan daarbij worden gebruikt om onderhoudswerkzaamheden te plannen.
- **Tijdelijke netwerkwijzigingen (bijvoorbeeld in het kader van WIU) met grotere precisie aanleveren, ook voor de wijzigingen met duur van minder dan twee maanden, waar nu geen formele publicatie (plicht) voor gedaan hoeft te worden.**

4

Beschouwing

Dit hoofdstuk schets een beeld van de impact van de voorgestelde voorzieningen, en geeft een voorzet voor concrete vervolgstappen.

4.1 Duiding impact en rendement

In het kader van dit onderzoek hebben we geen analyse uitgevoerd van de (maatschappelijk) kosten en baten, en daarmee het (maatschappelijke) rendement, van de voorzieningen. Wel kunnen we de impact als volgt kwalitatief duiden:

- De voorzieningen in het basisscenario zijn relatief 'goedkoop'. Het gaat voor het overgrote deel om procesmaatregelen, zoals het borgen van eenduidigheid en minimum-eisen. Waar het overige voorzieningen betreft, zijn dit voorzieningen in het digitale (niet-fysieke) domein. Hoewel de kosten daarvoor zeker niet verwaarloosbaar zijn, en de ervaringen met ICT-projecten van de overheid op grote kostenoverschrijdingsrisico's duiden, zijn de kosten voor landelijk dekkende digitale voorzieningen waarschijnlijk toch lager dan de kosten voor enkele kilometers verdiept aangelegde snelweg - de opbrengsten daarbij buiten beschouwing latend.
- De voorzieningen in het basisscenario hebben als rendement vooral de afwezigheid van additionele risico's. De komst van automatische voertuigen leidt tot risico's zolang er sprake is van gemengd verkeer. Het treffen van de beschreven voorzieningen leidt ertoe dat er geen extra risico's ontstaan als gevolg van infrastructurele gebreken. Maar het leidt er nog niet toe dat de transitie wordt versneld.
- De voorzieningen in het basisscenario kunnen voor het grootste deel worden meegenomen in de normale werkprocessen van wegbeheerders. Ze zijn niet disruptief voor wegbeheerders.
- In de kansscenario's zijn voorzieningen opgenomen die allemaal op zichzelf stand een positief effect kunnen hebben. Het is mogelijk om meerdere of zelfs alle voorzieningen uit één of meerdere kansscenario's te nemen, maar dat hoeft niet. Er valt iets te kiezen. Dat geldt ook voor de prioritering en de fasering van de mogelijke invoering van voorzieningen.
- Het rendement in alle scenario's is groter indien ze op internationaal niveau worden genomen. Dan dalen de kosten, stijgen de effecten, en wordt de transitietijd korter.

- De voorzieningen in alle scenario's zijn bijna allemaal 'no regret' voorzieningen in die zin dat ze niet *alleen* nodig zijn voor een bepaalde transitieperiode of dat ze een 'gok' bevatten ten aanzien van technologische ontwikkelingen. Er dient geen investering te worden genomen waarvan reeds nu te voorzien is dat de desbetreffende assets over enkele jaren weer afgebroken dienen te worden.

4.2 Wat betekent dit voor de langere termijn?

Het is een oude wijsheid dat voorspellingen moeilijk zijn, vooral daar waar die de toekomst betreffen. Door vernieuwingen te combineren wordt steeds meer, steeds sneller mogelijk. Steeds meer sensoren produceren steeds meer data en de potentie van AI is enorm. Het hogere doel is het reduceren van incidenten, emissies en files, en het productief maken van rijdtijd door rijtaken door computers te laten verrichten. De grote vraag is als zo vaak: wordt deze ontwikkeling door de gebruiker omarmd? De komst van mobiele telefonie is tot op heden een doorslaand succes gebleken, ondanks de ernstige negatieve effecten. De CD maakt alweer plaats voor het ouderwetse vinyl maar je muziek haal je tegenwoordig vooral uit de *cloud*. In de zoektocht naar de voorzieningen hebben wij een selectie gemaakt voor die voorzieningen die vanuit meerdere bronnen werden genoemd (literatuur, interviews en workshops). De kans bestaat dat nieuwe inzichten ontstaan waar we nu nog geen weet van hebben. Het is onze overtuiging dat de toekomst het best is te voorspellen door er zelf vorm aan te geven: tijd voor actie om in een vroegtijdig stadium de voordelen van ZRV te kunnen benutten.

Bijlage 1

Overzicht voorzieningen

Om sneller inzicht in de voorziening te generen is op basis van expert judgement een inschatting gemaakt per voorziening op een vijftal aspecten. Daarnaast is aangegeven voor welk scenario de voorziening van toepassing is en wat een mogelijk knelpunt is voor de voorziening. Let wel, de criteria zijn maar beperkt geschikt om voorzieningen met elkaar te vergelijken, waarbij de context belangrijke informatie toevoegt om de voorziening te duiden.

De criteria staan hieronder kort toegelicht, inclusief een uitleg hoe de scores geïnterpreteerd moeten worden.

- Mate van **investering** duidt op de mate van investering die vanuit de overheid noodzakelijk is om de voorziening te realiseren. Hierbij is nadrukkelijk alleen gekeken naar de directe investering voor uitvoering van voorziening, eventuele daaruit voortvloeiende kosten zijn in deze afweging niet meegenomen. Deze keuze is gemaakt omdat de voortvloeiende kosten zeer lastig zijn in te schatten en vaak zelf een studie op zich vormen. Voor dit criterium is een 4-puntsschaal gebruikt waarin de niveaus geen (1 ster), tot 1 miljoen euro (2 sterren), tussen 1 en 10 miljoen (3 sterren) en meer dan 10 miljoen euro gehanteerd zijn.
- Mate van **samenwerking** geeft aan in hoeverre de overheid voor deze voorziening met externe partijen moet samenwerken en hoe complex deze samenwerking mogelijk is. Voor dit criterium is een driepuntsschaal gebruikt waarbij 1 ster aangeeft dat de overheid deze voorziening zelf kan realiseren, 2 sterren een eenvoudige samenwerking is (bijvoorbeeld een één-op-één relatie of bestaand netwerk) en 3 sterren een complexe samenwerking behelst met meerdere partijen en verschillende belangen.

- **Complexiteit organisatorisch** geeft inzicht in de complexiteit om de interne processen en procedures vanuit de overheid aan te pakken. Met andere woorden hoeveel domeinen en aspecten vanuit de overheid worden geraakt door de voorziening. Als indeling van processen zijn de 5 kerntaken van de wegbeheerder genomen te weten, wegontwerp, beheer & onderhoud, verkeersmanagement, incidentmanagement en data/verkeersinformatie. Voor één ster raakt de voorziening aan één domein, voor twee sterren aan twee domeinen, drie sterren aan drie of vier domeinen en vier sterren raakt aan vijf domeinen en mogelijk nog andere rollen van de overheid.
- De **schaal** geeft aan waarom de voorziening uitgevoerd wordt gezien vanuit het perspectief van zelfrijdend. Hierbij is een 3-puntsschaal gehanteerd waarbij één ster een specifieke use case binnen de categorie zelfrijdende voertuigen is, twee sterren een voorziening die alleen voor zelfrijdende voertuigen wordt geïmplementeerd en die sterren een voorziening met een breder perspectief is (denk hierbij bijvoorbeeld aan een digitaliseringsambitie).
- De **infrastructurele reikwijdte** biedt inzicht op welk wegtype de voorziening betrekking heeft. Hierbij is onderscheid gemaakt naar alleen stroomwegen (één ster), stroom- en gebiedsontsluitingswegen (twee sterren) en alle wegen (drie sterren). Daarbij geldt dat de korte termijn (5-7 jaar) van het project in ogenschouw is genomen omdat voor een aantal voorzieningen op termijn ook voor meerdere wegtypen van toepassing zijn.
- Wat betreft de scenario's geldt de volgende vertaling van de codes naar scenario's:
 - V1 - Veiligheidsscenario - 'Need-to-have'-voorzieningen.
 - V2 - Veiligheidsscenario - 'Need-to-know'-voorzieningen.
 - B - Bereikbaarheidsscenario - 'Nice-to-have'-voorzieningen.
 - E - Economiescenario - 'Nice-to-have'-voorzieningen.
 - A - Assetscenario - 'Nice-to-have'-voorzieningen.

Fysieke Infrastructuur - overzichtstabel

Need to have	Investerin g	Samenwerkin g	Organisatie	Schaal	Wegtype	Scenario	Knelpunt
<i>Eenduidigheid</i>							
1. Eenduidige eisen aan wegontwerp die ook worden nageleefd	★★★★	★★★	★★★★	★★★	★★★	V1	Naleving
10. Eenduidige en consistente eisen aan wegmarkering die ook worden nageleefd	★★★★	★★★		★★★	★★★	V1	naleving
13. Eenduidige bebording door naleving officiële richtlijnen en regelmatige controle areaal	★★★★	★★★	★★★★	★★★	★★★	V1	frequentere controle
15. Eenduidige signalering die goed door automatische voertuigen waar te nemen is	★★★★	★★★★	★★★★	★★★	★★★	V1	overtuigen actie industrie
<i>Minimumkwaliteit</i>							
2. Minimumkwaliteit wegdek vastleggen in eisen en vastleggen in processen en procedures hoe deze nageleefd worden	★★★★	★★★★	★★★★	★★★	★★★	V1	Naleving
11. Minimumkwaliteit van de wegmarkering vastleggen, in overleg met de industrie, en naleving van deze kwaliteitseisen	★★★★	★★★	★★★★	★★★	★★★	V1	niet technologie neutraal
<i>Van visueel naar digitaal</i>							
14. Creëer en ontsluit een digitale versie van huidige bebordingsareaal en houdt deze bij	★★★★	★★★	★★★★	★★★★	★★★	V1	jaarlijks terugkerende kosten
16. Ontsluit de gegevens van dynamische signalering ook op digitale wijze en zorg dat dit met ZRV gecommuniceerd kan worden of gelezen kan worden	★★★★	★★★	★★★★	★★★	★★★	V1	eenduidigheid
Need to know	Investerin g	Samenwerkin g	Organisatie	Schaal	Wegtype	Scenario	Knelpunt
<i>Nader onderzoek wegontwerp</i>							
3. Zijn aanpassingen aan constructie-eisen noodzakelijk door veranderende belasting?	★★★★	★★★	★★★★	★★★	★★★	V2	Kostenverhouding
4. Hoe gaan ZRV om met Nederland-specifieke situaties, zoals tapers, doorgetrokken strepen van spitsstroken, turbo-rotondes, en welke veiligheidsrisico's levert dit op?	★★★★	★★★★	★★★★	★★★	★★★★	V2	Onzekere uitwerking OEM
5. Zijn aanpassingen nodig van het wegontwerp voor pechhavens en vluchtstroken als gevolg pech of incidenten van ZRV?	★★★★		★★★★	★★★	★★★	V2	Onzekerheid betrouwbaarheid ZRV



Nice to have	Investerin g	Samenwerkin g	Organisatie	Schaal	Wegtype	Scenario	Knelpunt
<i>Wegontwerp & Assetmanagement</i>							
6. Samenwerking met OEM's zoeken voor een snellere, betere indicatie van de kwaliteit van de weg hebben voor assetmanagement (wegdek, belijning, borden, etc.)	★★★★	★★★	★★★★★	★★★	★★★	A	Samenwerking
9. Infrastructure readiness classificering van wegen voor verschillende automatiseringsniveau's	★★★★	★★★	★★★★★	★★★	★★★	E	Europees draagvlak
<i>Redundantie</i>							
12. Redundantie in wegmarkering aanbrengen en in overleg met de industrie bepalen hoe dit er uit zou moeten zien	★★★★	★★★	★★★★★	★★★	★★★	E	kostenverhogend
<i>Nader onderzoek wegontwerp</i>							
7. Kunnen doelgroepenstroken ingezet worden voor verschillende typen ZRV, en wat zijn mogelijke nadelen en noodzakelijke investeringen?	★★★★	★★★	★★★★★	★★★	★★★	B	Politiek / TP+OV
8. Onderzoek in overleg met de industrie of het aanbrengen van rijrichtingscheiding op N-wegen noodzakelijk is of dat alternatieve voorzieningen voldoen.	★★★★	★★★	★★★★★	★★★	★★★	--	Kosten/risico desinvestering



Digitale infrastructuur - overzichtstabel

Need to have's	Investing	Samenwerking	Organisatie	Schaal	Wegtype	Scenario	Knelpunt
<i>Digitale kaarten</i>							
1. Uniforme (Europese) standaarden voor kaartdefinities bepalen, met minimaal adequate locatie referentie technieken en het aanleveren van overheidsdata voorassetmanagement	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★	V1	samenwerking industrie lobby
2. Op orde brengen en uitbreiden van data top 8 op basis van (Europese) standaarden	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★	V1	complex krachtenveld,
3. Kaartenmakers gelegenheid bieden updates te maken bij nieuwe of gewijzigde infrastructuur	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★	V1	n.v.t.
<i>Data en informatievoorziening</i>							
7. (Door)ontwikkeling van de event layer data met specifieke veiligheidsinformatie en afspreken hoe uitwisseling van deze informatie tussen de stakeholders kan plaatsvinden	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★	V1	aansprakelijkheid
9. Actief samenwerking tussen stakeholders organiseren om het samenbrengen van informatie te stimuleren.	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★	A	overeenstemming bereiken
<i>Communicatie</i>							
11. Het Nederlandse uitgangspunt over hybride communicatie blijven toetsen en de uitrol-strategie van 'connected' afstemmen met (Europese) stakeholders.	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★	V1	hybride strategie communicatie



Nice to have's	Investering	Samenwerking	Organisatie	Schaal	Wegtype	Scenario	Knelpunt
<i>Digitale kaarten</i>							
4. Centrale verspreiding van geactualiseerde informatie voor openstelling van infrastructurele wijziging.	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★	E	jaarlijkse kosten
5. Tijdelijke netwerkwijzigingen (bijv. i.h.k.v. WIU) met grotere precisie aanleveren, ook voor de wijzigingen met duur van minder dan 2 maanden, waar nu geen formele publicatie (plicht) voor gedaan hoeft te worden.	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	A	draagvlak bij wegbeheerders
6. Het driedimensionaal in kaart brengen van P+R-locaties in combinatie en uitrusten met lokale bakens om gebruik door automatische voertuigen mogelijk te maken	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	B	draagvlak bij stakeholders SWN
<i>Communicatie</i>							
13. Ondersteun projecten waarin hybride oplossingen getest en geëvalueerd worden op effecten voor verkeersmanagement, verkeersveiligheid en andere maatschappelijke effecten	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★	V2	n.v.t.
14. Organiseer voldoende dekking qua communicatie voor P+R terreinen om automatisch parkeren te faciliteren	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	B	ontbreken incentive P+R beh.

Need to know	Investering	Samenwerking	Organisatie	Schaal	Wegtype	Scenario	Knelpunt
<i>Nader onderzoek data, informatievoorziening, en communicatie</i>							
8. Onderzoek van de behoefte aan, en invulling van een ODD-advies door de overheid	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	V2	Europese harmonisatie
10. De noodzaak tot aanpassingen van huidige Incident Management processen als gevolg van de aanwezigheid automatische voertuigen	★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	V2	onbekende oplossingen
12. Bij de frequentieveiling 5G, afstemming plegen met het ministerie van EZK t.a.v. eisen aan dekking langs A- en N-wegen	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	B	dekking overig wegennet
<i>Nader onderzoek plaatsbepaling</i>							
15. Onderzoek hoe centimeter nauwkeurigheid voor ZRV gerealiseerd kan worden via een Nederlands/Europees systeem voor de correctie van satellietplaatsbepalings-systemen; en onderzoek of de huidige wijze van het aanbieden van correctiesignalen geschikt is voor grootschalige toepassing in zelfrijdende voertuigen.	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	V2	uitblijven concrete oplossingen
16. Het volgen van de ontwikkelingen voor in-door plaatsbepaling voor toepassing in tunnels, en de consequenties voor de eisen aan tunnelveiligheid.	★★★★	★★★	★★★★★	★★★★	★★★★	V2	inperking huidige SP's

Goudappel Coffeng
Snipperlingsdijk 4
7417 BJ Deventer
T +31 (0570) 666 222
F +31 (0570) 666 888
Postbus 161
7400 AD Deventer

www.goudappel.nl
goudappel@goudappel.nl

adviseurs
mobiliteit
**Goudappel
Coffeng**