Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid | KiM

Paden naar een zelfrijdende toekomst

Vijf transitiestappen in beeld

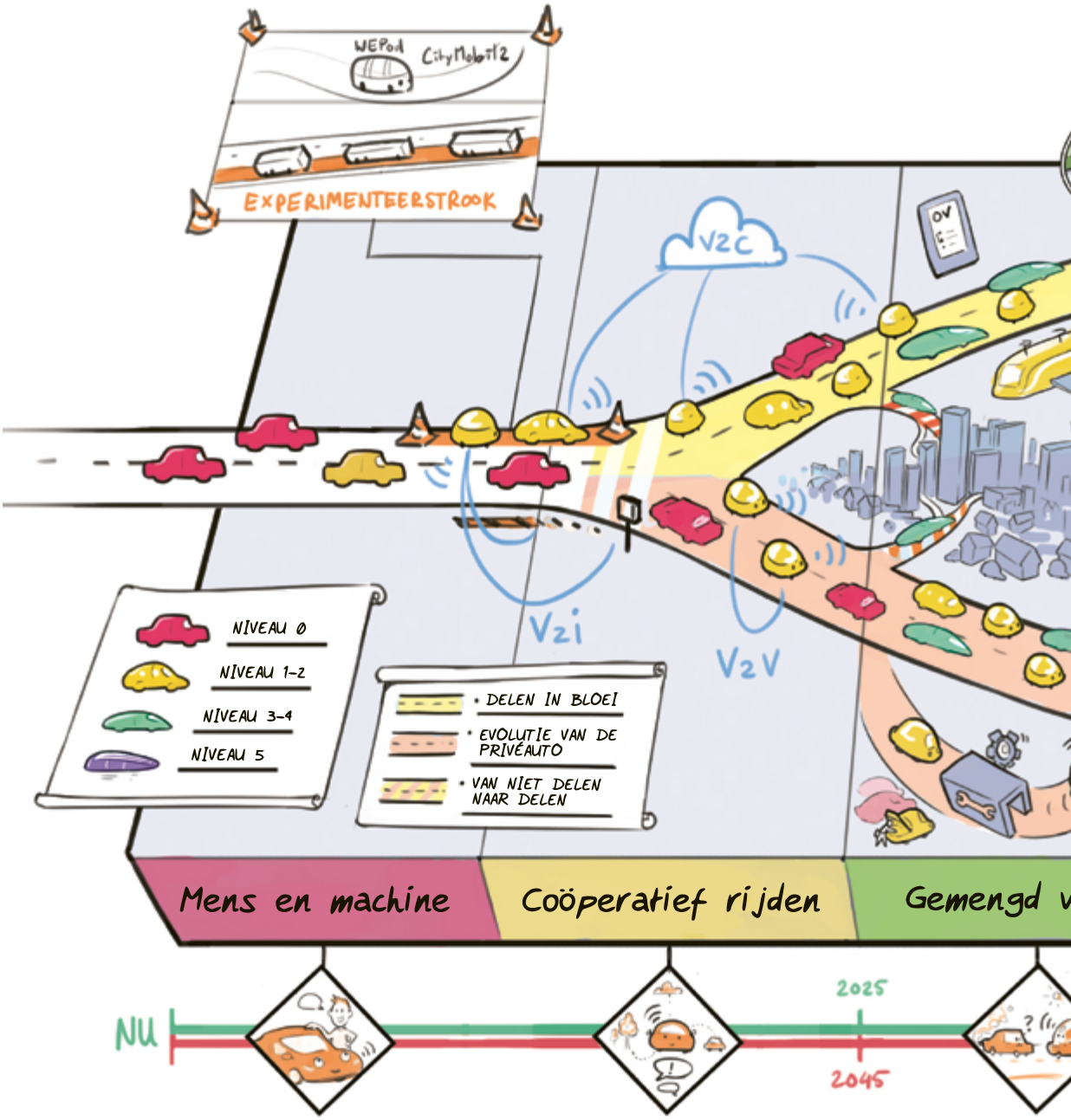
Mens en machine

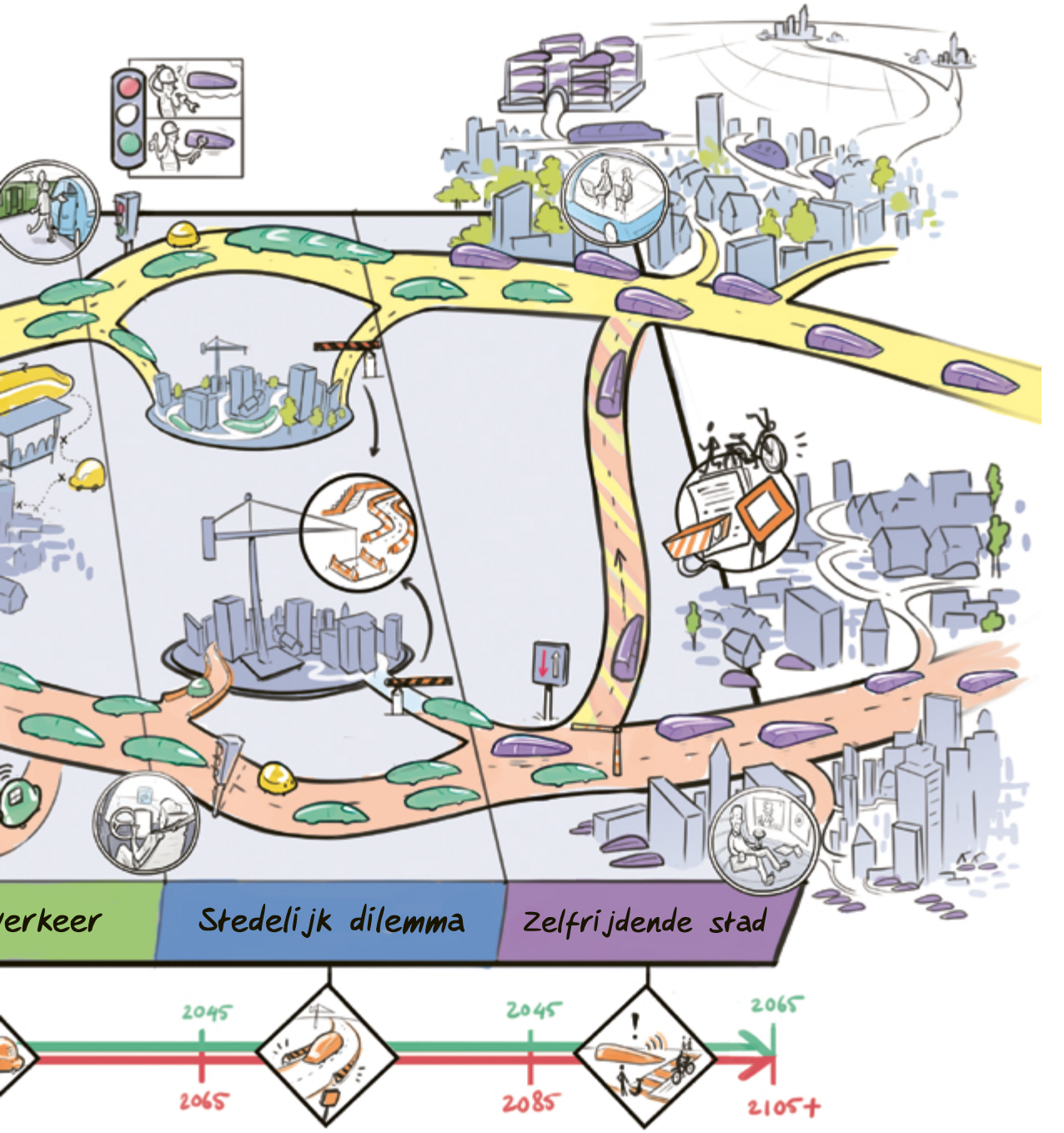
Coöperatief rijden

Gemengd verkeer

Stedelijk dilemma

Zelfrijdende stad


WEPod
CityMobil2
EXPERIMENTEERSTROOK
V2C
OV
V2i
V2V
NIVEAU 0
NIVEAU 1-2
NIVEAU 3-4
NIVEAU 5
• DELEN IN BLOEI
• EVOLUTIE VAN DE PRIVÉAUTO
• VAN NIET DELEN NAAR DELEN
Mens en machine
Coöperatief rijden
Gemengd v
NU
2025
2045


erkeer
Stedelijk dilemma
Zelfrijdende stad
2045
2065
2045
2085
2065
2105+

Inhoud

Samenvatting 3

1 Inleiding 5

2 Transitiepaden naar een toekomst met zelfrijdende voertuigen 9

3 Mens en machine: wel of niet het beste van beide werelden? 23

4 Coöperatief rijden: heilige graal of brug te ver? 31

5 Gemengd verkeer op de snelweg: zelfoplossend vermogen of showstopper? 41

6 Stedelijk dilemma: niets doen of ontvlechten van verkeersstromen? 51

7 Zelfrijdende stad: harmonische interactie of betwiste ruimte? 59

8 Conclusies en aangrijpingspunten voor overheden 67

Literatuur 72

Samenvatting

Een toekomst waarin zelfrijdende auto's het verkeersbeeld bepalen: hoe ziet dat eruit en wanneer kunnen we dat – ofwel alleen op de snelweg, ofwel overal – verwachten? Deze vragen zijn omgeven door veel onzekerheden. Als technologische ontwikkelingen voorspoedig gaan, de technologie betaalbaar is, automobilisten zelfrijdende auto's zien zitten en de maatschappelijke effecten positief zijn, is een 'zelfrijdende toekomst' heel goed mogelijk. Beleidsmaatregelen kunnen zo'n transitie naar een zelfrijdende toekomst bovendien versnellen. Tegelijkertijd kunnen er 'showstoppers' zijn: ontwikkelingen die een transitie in de weg zitten.

Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) heeft twee transitiepaden naar een verkeer- en vervoersysteem met zelfrijdende voertuigen ontwikkeld: 'Evolutie van de privéauto' en 'Delen in bloei'. 'Evolutie van de privéauto' beschrijft een transitie, waarbij de meeste mensen nog graag een eigen voertuig bezitten. De technologische mogelijkheden van zelfrijdende voertuigen nemen stapsgewijs toe en komen geleidelijk op de markt. In het transitiepad 'Delen in bloei' wordt voertuigdelen vanzelfsprekend. De snelheid waarmee in beide paden de transitie plaatsvindt is één van de grote onzekerheden. Dat zal afhangen van technologische ontwikkelingen, maar ook van de vraag hoe snel zelfrijdende voertuigen daadwerkelijk op de markt komen en of ze aanslaan bij het publiek.

Op beide transitiepaden zijn er vijf stappen waarin een samenspel van ontwikkelingen de transitie sterk kan beïnvloeden:

1. de interactie tussen mens en machine;
2. coöperatief of autonoom rijden;
3. gemengd verkeer op de snelweg;
4. wel/niet scheiden van verkeersstromen in steden;
5. de 'zelfrijdende stad'.

Voor elk van deze transitiestappen zijn concrete aangrijpingspunten voor beleid in kaart gebracht. Die zijn vervolgens onderverdeeld in vier categorieën: reguleren en coördineren; faciliteren, realiseren en experimenteren; onderzoeken en monitoren/evalueren. Een overzicht van deze aangrijpingspunten is te vinden in de tabel op de achterflap.

1
Inleiding

Een straatbeeld met zelfrijdende auto's – is dat verre toekomstmuziek of zijn we daar dichtbij? Bijna dagelijks verschijnen mediaberichten die het laatste lijken te ondersteunen. Tegelijkertijd zijn er veel onzekerheden en vragen, bijvoorbeeld over veiligheid. In combinatie met andere ontwikkelingen bepaalt de uitwerking van die onzekerheden uiteindelijk of – en in welke vorm – de zelfrijdende auto er komt en wat dit betekent voor het toekomstige verkeer- en vervoersysteem.

Doorslaggevend hierbij is wat consumenten willen en doen, hoe zelfrijdend fabrikanten de auto kunnen en willen maken, en in hoeverre de overheid ontwikkelingen faciliteert en reguleert. Het ene staat hierbij niet los van het andere. Ook is er een tijdafhankelijkheid: keuzes en voorkeuren in het hier en nu bepalen het pad naar de toekomst. Of, zoals Gandhi het ooit verwoordde: '*The future depends on what you do today*'.

Het belang van transitiepaden

Hoe de toekomst met zelfrijdende voertuigen eruitziet, is onzeker. Voor het pad ernaartoe geldt daarom hetzelfde. Omgaan met onzekerheden is de meerwaarde van nadenken over transitiepaden. Transitiepaden verbinden het heden met de toekomst en maken inzichtelijk hoe een bepaalde ontwikkeling kan verlopen en waar dit van afhankelijk is. Het nadenken hierover inspireert en helpt analisten en beleidsmakers om maatschappelijke gevolgen van zelfrijdende voertuigen in kaart te brengen. Dit maakt het mogelijk om op korte en middellange termijn (beleids)keuzes te maken die ongewenste maatschappelijke effecten kunnen tegengaan of afzwakken en die gewenste ontwikkelingen juist een duwtje in de rug kunnen geven. Daarnaast kunnen transitiepaden belangrijke ontwikkelingen en 'sign posts' zichtbaar maken. Sign posts zijn grootheden die laten zien welke kant een ontwikkeling waarschijnlijk op gaat, zoals de voorkeur van consumenten om voertuigen te delen, en welke ontwikkelingen dus belangrijk zijn om te monitoren voor beleid.

Toekomstscenario's als basis voor transitiepaden

In deze studie presenteert het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) twee transitiepaden naar een toekomstig verkeer- en vervoersysteem met zelfrijdende voertuigen:

- Pad 1: 'Evolutie van de privéauto'
- Pad 2: 'Delen in bloei'

Als basis voor deze transitiepaden hebben we de vier toekomstscenario's uit het KiM-rapport *Chauffeur aan het stuur?* (KiM, 2015a) gebruikt (*zie pagina 7*). In een eerste fase zijn meerdere transitiepaden tot in detail uitgewerkt. Vervolgens zijn ze via verschillende toetsingssessies tot de essentie teruggebracht.

De twee paden beschrijven samen de belangrijkste ontwikkelingen en onzekerheden rondom een transitie naar een toekomst met zelfrijdende voertuigen. Daarmee brengen ze ook de belangrijkste aanknopingspunten voor beleid in beeld.

Vijf belangrijke stappen in de transitie

Op het pad tussen heden en toekomst identificeren we vijf belangrijke stappen waarbij de transitie door een samenspel van ontwikkelingen sterk kan worden beïnvloed. Die stappen kunnen helpen om de transitie soepel te laten verlopen, maar deze kan ook flinke vertraging oplopen of een onverwachte wending nemen. De vijf transitiestappen zijn, in volgorde van heden naar toekomst:

1. de interactie tussen mens en machine;
2. coöperatief of autonoom rijden;
3. gemengd verkeer op de snelweg;
4. wel/niet scheiden van verkeersstromen in steden;
5. de 'zelfrijdende stad'.

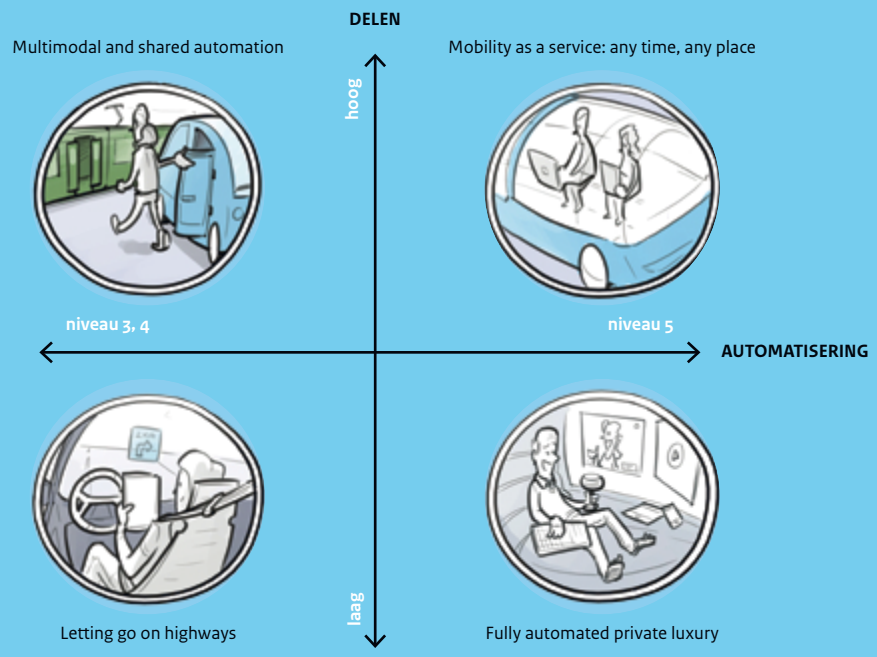
In deze studie werken we elk van deze stappen op een luchtige manier uit in twee tegengestelde 'transitiewerelden'. Deze werelden maken duidelijk hoe een kluwen van samenhangende gebeurtenissen, gedragingen en voorkeuren tot verschillende, extreme maar realistische uitkomsten kan leiden. Ontrafeling hiervan resulteert in aangrijpingspunten voor beleid.

Chauffeur aan het stuur?

Zelfrijdende auto's kunnen onze maatschappij ingrijpend veranderen. Of dat gebeurt, hangt af van hoeveel de auto daadwerkelijk zelf kan, maar ook van wat de consument wil. Worden auto's een tweede luxe huiskamer of blijft een bestuurder noodzakelijk? Ook de deeleconomie is van invloed: als veel mensen zelfrijdende voertuigen en ritten gaan delen, verandert dit het verkeer- en vervoersysteem radicaal.

In het KiM-rapport *Chauffeur aan het stuur* (KiM, 2015a) zijn vier scenario's voor een toekomstig verkeer- en vervoersysteem met zelfrijdende auto's beschreven. Deze scenario's verschillen van elkaar op het vlak van techniek en acceptatie (hoe 'automatisch' wordt de zelfrijdende auto?) en in de mate waarin consumenten willen delen (van autobezit en van ritten). De figuur hieronder laat deze scenario's en de verschillen zien.

De beelden maken duidelijk dat volledig automatisch rijden niet vanzelfsprekend is. In twee van de scenario's wordt dat stadium helemaal niet bereikt. Hierin houden mensen in de stad hun handen aan het stuur. Alleen op de snelweg kan de auto de rijtaken helemaal zelf overnemen. Daarnaast laat het rapport zien dat de mate waarin mensen voertuigen maar ook ritten gaan delen, veel verschil maakt voor hoe de samenleving eruit gaat zien. Als de auto overal zelfstandig kan rijden en mensen blijven hechten aan privébezit, dan staan de straten vol met zelfrijdende auto's van verschillende merken. Als de technologie zo ver doorzet is het ook denkbaar dat mensen voor iedere rit een auto laten voorrijden. Deze deelauto's zijn in het bezit van grote bedrijven, die hun voertuigen parkeren aan de rand van de stad. Dat verandert het straatbeeld aanzienlijk.



Niveau van automatisering

Wat bedoelen we precies met zelfrijdende of automatische voertuigen? De *Society of Automotive Engineers* onderscheidt zes niveaus, lopend van 'no automation' (niveau 0) tot 'full automation' (niveau 5) (SAE, 2016). Bij full automation rijdt de auto volautomatisch op alle wegen en in elke situatie. De bestuurder is een passagier geworden en hoeft in geen enkele situatie zelf de controle over te nemen (dat is zelfs niet mogelijk).

De tussenliggende niveaus kenmerken zich door een toenemende automatisering. In niveau 1 en 2 houdt de bestuurder zelf de omgeving in de gaten, terwijl de techniek dit vanaf niveau 3 (conditional automation) overneemt. Als de bestuurder in bepaalde omgevingen, zoals op de snelweg of in een parkeergarage, helemaal niet meer als 'back-up' nodig is, dan wordt gesproken over niveau 4 (high automation).

Niveau	Aanduiding	Voorbeeld	Rol bestuurder
Menselijke bestuurder monitort de rijomgeving			
0	No automation	Lane Departure Warning	Bestuurder voert alle taken zelf uit. Mogelijk wel bestuurderondersteunende systemen.
1	Driver assistance	Adaptive Cruise Control	Auto kan sommige rijtaken zelf uitvoeren (bijvoorbeeld afstand houden). Bestuurder houdt daarbij toezicht en voert andere rijtaken zelf uit.
2	Partial automation	Parking Assistance	Auto kan zelf navigeren (bijvoorbeeld op de snelweg). Bestuurder houdt continu toezicht.
Het automatische systeem monitort de rijomgeving			
3	Conditional automation	Highway Chauffeur	Bestuurder kan in bepaalde situaties (bijvoorbeeld op de snelweg) andere dingen doen (lezen, skypen), maar moet kunnen ingrijpen/overnemen als het systeem daarom vraagt ('fallback-ready user').
4	High automation	Highway Chauffeur, Parking Garage Pilot	Bestuurder kan in bepaalde situaties (bijvoorbeeld op de snelweg) andere dingen doen, zelfs slapen.
5	Full automation	Robot Taxi	Geen bestuurder nodig.

Deeleconomie

Een auto staat een groot deel van de dag ongebruikt stil. Er is sprake van inefficiënt gebruik en van een grote overcapaciteit. Dat geldt overigens niet alleen voor auto's, maar ook voor veel andere private goederen, zoals gereedschap, een caravan of een partytent. Deze ongebruikte capaciteit ligt ten grondslag aan de deeleconomie, waarin online platformen worden ontwikkeld die het delen, vaak tegen een financiële vergoeding, mogelijk maken.

Het delen van auto's is in opkomst. Wereldwijd waren er in 2014 zo'n 5 miljoen autodelers en meer dan 100.000 deelauto's. Dit is nog marginaal, maar gegeven de groei in het aantal gebruikers en in het aantal providers van deelauto's, kan het belang toenemen. Daarbij zijn twee vormen van delen te onderscheiden: het delen van een auto en het delen van autoritten (met meerdere mensen tegelijk in een auto zitten).

2
Transitiepaden naar een toekomst met zelfrijdende voertuigen

In dit hoofdstuk presenteren we twee transitiepaden naar een toekomstig verkeer- en vervoersysteem met zelfrijdende voertuigen. Het pad 'Evolutie van de privéauto' beschrijft een geleidelijke transitie, waarbij de meeste mensen nog graag een eigen voertuig bezitten. Ze delen het voertuig alleen binnen het eigen huishouden. In het transitiepad 'Delen in bloei' wordt voertuigdelen – zowel het bezit als het gebruik – volledig vanzelfsprekend.

Leeswijzer transitiepaden

Op het uitklapvel voorin dit boekje worden twee transitiepaden geschetst:

- Pad 1: 'Evolutie van de privéauto'
- Pad 2: 'Delen in bloei'

De basis voor deze transitiepaden zijn de vier toekomstscenario's uit het KiM-rapport *Chauffeur aan het stuur?* (KiM, 2015a):

- *Letting go on highways;*
- *Fully automated private luxury;*
- *Multimodal and shared automation;*
- *Mobility as a service: any time, any place.*

Beide transitiepaden beginnen in het heden (links) en eindigen in de toekomst (rechts). Op korte termijn zien de ontwikkelingen binnen beide transitiepaden er hetzelfde uit. Op het pad tussen heden en toekomst identificeren we vijf belangrijke stappen waarbij een samenspel van ontwikkelingen de transitie sterk (zowel positief als negatief) kan beïnvloeden. In afzonderlijke hoofdstukken gaan we dieper in op deze transitiestappen: Mens en machine (hoofdstuk 3); Coöperatief rijden (hoofdstuk 4); Gemengd verkeer op de snelweg (hoofdstuk 5); Stedelijk dilemma (hoofdstuk 6); Zelfrijdende stad (hoofdstuk 7).

Gaande van de ene naar het andere stap nemen de technologische mogelijkheden van zelfrijdende voertuigen toe (van niveau 0 tot niveau 5). Een nieuw zelfrijdend voertuig komt pas in de verkeersstroom terecht nadat het op de markt is gebracht. Dit zorgt ervoor dat, afgezien van het begin van de transitie (niveau 0) en het eind (niveau 5), er altijd fases zijn waarbij voertuigen met een verschillend automatiseringsniveau tegelijkertijd in dezelfde verkeersstroom aanwezig zijn.

Snelle versus langzame transitie

Eén van de grootste onzekerheden is de snelheid waarmee de transitie plaatsvindt. Die snelheid hangt af van technologische ontwikkelingen, maar ook van de vraag in hoeverre zelfrijdende voertuigen aanslaan bij het publiek en hoe snel ze de verkopen gaan domineren ('marktpenetratie'). De penetratie kan sneller gaan als de aanschafkosten snel dalen en als oudere voertuigen makkelijk en goedkoop kunnen worden aangepast, bijvoorbeeld met verbeterde software.

Om recht te doen aan deze onzekerheden, onderscheiden we een snelle en een langzame transitie. In het snelle pad zijn in 2025 niveau 3-4 voertuigen met enige regelmaat op de weg te zien, nadat enkele jaren eerder dergelijke voertuigen op de markt zijn gekomen. Daarna duurt het ongeveer twee decennia voordat de grote meerderheid van de voertuigen automatisch op de snelweg rijdt (de toekomstscenario's *Letting go on highways* of *Multimodal and shared automation*). Op dat moment zijn ook niveau 5-voertuigen op de markt gekomen. Als die ook goed werken in het totale verkeerssysteem in de stad, dan zet de ontwikkeling door en komen we na nog eens twintig jaar aan in de wereld van *Fully automated private luxury* of *Mobility as a service: any time, any place*. We zitten dan in het jaar 2065.

In de langzamere transitie gaat vooral de technische ontwikkeling en niet zozeer de penetratie in de verkeersstroom minder snel. Voertuigen van niveau 3-4 zijn daar pas twintig jaar later met enige regelmaat te zien (2045). Ook niveau 5 wordt pas later mogelijk (2085), waardoor niveau 3-4 langere tijd de maatstaf is. Pas na het jaar 2100 zitten we in de wereld van *Fully automated private luxury* of *Mobility as a service: any time, any place*.

Niveau 3 en 4 automatisering noemen we in deze studie steeds in één adem, omdat het bij beide niveaus mogelijk is om in bepaalde situaties, zoals op snelwegen, volledig automatisch te rijden. De auto rijdt zelf en monitort de omgeving automatisch; de bestuurder kan de 'snelwegreistijd' besteden aan andere dingen zoals lezen, skypen en gamen. Enig verschil is dat bij niveau 3 de bestuurder in incidentele gevallen de rijtaak over zou moeten kunnen nemen, als het voertuig daarom vraagt ('*fallback-ready user*'; SAE, 2016). Bij niveau 4 lost de techniek (op de snelweg) alles zelf op. Er is discussie of niveau 3 in de praktijk veilig kan werken, omdat het enige tijd (meerdere seconden) duurt voordat een bestuurder die met andere dingen bezig is (bijv. lezen; '*out the loop*') weer de handen aan het stuur heeft en de situatie op de weg goed kan inschatten ('*in the loop*').

Pad 1: Evolutie van de privéauto

Het eerste transitiepad, 'Evolutie van de privéauto', beschrijft een geleidelijke transitie naar een zelfrijdende toekomst, waarbij de meeste mensen nog graag een eigen voertuig bezitten. In deze paragraaf beschrijven we de drie fasen binnen dit pad: 'niveau 1-2, coöperatief rijden, experimenteren en opschalen', 'van niveau 3-4 als technische mogelijkheid naar *Letting go on highways*' en 'van *Letting go on highways* naar *Fully automated private luxury*'.

Niveau 1-2, coöperatief rijden, experimenteren en opschalen

Tussen nu en 2025/2045 (afhankelijk van een snelle of langzame transitie) zien we vijf ontwikkelingen die deels los van elkaar staan, elkaar deels opvolgen en deels overlappen:

1. de penetratie van systemen die de bestuurder ondersteunen;
2. de penetratie van connected/coöperatieve technologie;
3. experimenteren met automatiseringsniveaus die pas op langere termijn tot bloei kunnen komen;
4. van experimenteren naar opschalen;
5. coöperatief rijden op grote schaal mogelijk maken.

1. De penetratie van systemen die de bestuurder ondersteunen

Deze ontwikkeling houdt in dat steeds meer voertuigen zijn uitgerust met slimme systemen in en rond het voertuig die de automobilist helpen om makkelijker, veiliger en duurzamer van A naar B te rijden. Het kan gaan om systemen die de bestuurder 'ontzorgen' ('driver support systems'), zoals navigatiesystemen en vermoeidheidsherkenning, maar ook om systemen die het voertuig helpen ('vehicle support systems'), zoals snelheidscontrole en 'lane departure warning' (Kyriadis *et al.*, 2015). Naarmate de slimme technologie zich verder ontwikkelt, wordt in toenemende mate gebruikgemaakt van 'connected' technologie, bijvoorbeeld via wifi(-p) of mobiele netwerken.

Stap 1: Penetratie van slimme informerende, adviserende en waarschuwende systemen (niveau 0)

In eerste instantie worden informerende en adviserende systemen steeds meer gemeengoed. Ze helpen om de reis te vergemakkelijken en te versnellen. Een bekend voorbeeld zijn navigatiesystemen. Andere ontzorgende systemen zijn verkeersbordherkenning, Night View Assist, de dodehoek-informatieassistent en intelligente snelheidsadvisering (zie ook Timmer & Kool, 2014). Deze systemen richten zich vooral op het verbeteren van de verkeersveiligheid. Omdat de mens zelf nog steeds alle rijtaken uitvoert, vallen ze onder niveau 0 van automatisering ('geen automatisering').

Stand van zaken: Penetratie navigatiesystemen

Op dit moment hebben negen van de tien Nederlandse automobilisten een navigatiesysteem binnen hun huishouden. Ruim 40 procent van de navigatiesystemen is 'connected' en geeft file-informatie (KiM, 2015b). Ze zijn ofwel ingebouwd in het voertuig of zijn 'nomadisch' (bijvoorbeeld TomTom). Ook gebruiken steeds meer mensen navigatie-apps voor de smartphone of tablet.

Stap 2: Penetratie van slimme systemen die bepaalde rijtaken overnemen (niveau 1-2)

Als volgende stap worden steeds meer voertuigen uitgerust met systemen die onder bepaalde omstandigheden rijtaken kunnen overnemen. Voorbeelden zijn Adaptive Cruise Control (ACC), Lane Keeping Assist, Intelligent Speed Adaptation (ISA) en noodremsystemen. Deze systemen beogen vooral de verkeersveiligheid te verbeteren en kunnen daarnaast een positief effect hebben op het milieu (dit geldt met name voor ACC en ISA). Het gaat nog niet om coöperatieve ACC (C-ACC).

Stand van zaken:
Verkoop slimme systemen

Minder dan vijf jaar geleden had nog geen 5 procent van de nieuw geregistreerde auto's in de EU slimme bestuurderondersteunende systemen ('adaptieve koplampen' zijn met 13 procent een uitzondering). Dit percentage zou kunnen toenemen als de Euro NCAP-veiligheidstest dergelijke systemen gaat meenemen in de veiligheidsrating van voertuigen (Kyriadis *et al.*, 2015). In 2012 had ruim 4 procent van de nieuw geregistreerde voertuigen in Nederland ACC. Dat is meer dan het gemiddelde in de EU28 (3,1 procent), maar minder dan in koploper Duitsland (bijna 7 procent) (Kyriadis *et al.*, 2015).

Stand van zaken:
Coöperatieve technologie

Op dit moment zijn er eigenlijk nog geen auto's op de markt die met elkaar of met de weg communiceren. Initiatieven in deze richting bestaan wel. Zo hebben de 28 EU-landen in 2016 de zogenoemde *Declaration of Amsterdam* ondertekend, waarin ze met elkaar afspreken welke stappen nodig zijn om zelfrijdende technologie in de EU tot ontwikkeling te laten komen. Coöperatief rijden speelt hierin een belangrijke rol. Talking Traffic is een ander Nederlands initiatief. Dit collectief van dienstverlenende marktpartijen probeert coöperatieve ITS-initiatieven te implementeren voor een vlotte doorstroming op de weg (ITS: intelligente transportsystemen).

2. De penetratie van connected/coöperatieve technologie

Coöperatieve, of connected, technologie laat voertuigen onderling communiceren (vehicle-to-vehicle), met infrastructuur langs de weg (vehicle-to-infrastructure) of met de cloud (vehicle-to-cloud). Hierdoor kunnen voertuigen dichter achter elkaar rijden. Ze weten immers van elkaar wat ze gaan doen. Naar verwachting zorgt dat ook voor minder verkeersincidenten. Dit alles kan ertoe leiden dat reistijden korter worden (minder files) en dat de verkeersveiligheid en de luchtkwaliteit verbeteren. Belangrijke aandachts- en discussiepunten bij coöperatief rijden zijn privacyoverwegingen, het eigenaarschap van data en de beveiliging daarvan.

3. Experimenteren met automatiseringsniveaus

Er vinden in deze kortetermijnfase ook experimenten plaats met zelfrijdende technologie, die pas op de langere termijn op de markt komt. Doel is om te leren van deze pilots met het oog op toekomstige marktintroductie.

Stand van zaken:
Experimenten

Experimenten zijn er in vele soorten en maten. Ze kunnen betrekking hebben op personenauto's, automatisering van het ov en het goederenvervoer over de weg. Concrete voorbeelden van experimenten binnen en buiten Nederland zijn:

- **Personenauto:** In 2017 gaat de Drive Me-pilot van start met honderd zelfrijdende Volvo's in Göteborg. Het gaat in dit experiment om niveau 3-voertuigen ('conditionele automatisering'). Op geselecteerde routes geven de bestuurders de rijtaken volledig uit handen.

- **Ov:** Een bekend voorbeeld in Nederland is het WEpod-experiment in Gelderland, waarbij een zelfrijdende pod (niveau 3-4; 'conditionele/ hoge automatisering') in 2016 op de Universiteitscampus Wageningen heeft gereden. Op Europees niveau is er 'CityMobil2'.
- **Vrachtwagen:** In 2016 vond de 'European Truck Platooning Challenge' plaats, waarbij verschillende fabrikanten met automatisch achter elkaar rijdende 'treintjes' van vrachtwagens naar Rotterdam reden. Er waren chauffeurs in de vrachtwagens aanwezig.

4. Van experimenteren naar opschalen
De experimenten onder punt 3 zijn kleinschalig. In deze fase vindt een geleidelijke opschaling van de experimenten plaats. Dit is een belangrijke tussenstap naar grootschalige marktintroductie. Onder gecontroleerde condities, bijvoorbeeld op gereserveerde trajecten en rijstroken, wordt bekeken hoe een groot aantal zelfrijdende voertuigen zich gedraagt in een verkeersstroom met ander, niet-automatisch verkeer.

In deze fase worden ook automatische systemen in het openbaar vervoer geleidelijk opgeschaald. Denk aan het inzetten van automatische busjes ('*pods*') in het '*last mile*'-vervoer en het automatiseren van trams en metro's op vrijliggende trajecten. Hierbij gaat het in feite om een systeem op niveau 4, dat door eigen infrastructuur makkelijker te automatiseren is dan bij de auto.

5. Coöperatief rijden op grote schaal mogelijk maken
In deze fase wordt geïnvesteerd in de benodigde hardware en software om uitwisseling van informatie met de omgeving mogelijk te maken. Dit gebeurt mogelijkerwijs gefaseerd, beginnend op snelwegen en later op alle andere belangrijke wegen buiten de bebouwde kom. Voertuigen worden uitgerust met systemen die het mogelijk maken dat de voertuigen op snelwegen en op belangrijke verkeersaders buiten de bebouwde kom onderling feilloos en in dezelfde taal met elkaar kunnen praten ('*vehicle-to-vehicle*') en informatie kunnen uitwisselen met systemen buiten het voertuig, bijvoorbeeld over files en incidenten. De communicatie kan plaatsvinden via fysieke infrastructuur (portalen en kastjes), langs de kant van de weg ('*vehicle-to-infrastructure*') of via de cloud ('*vehicle-to-cloud*'). Cloudsystemen zouden op den duur wegkantsystemen helemaal kunnen vervangen.

Om het schrikbeeld van massale ongelukken te voorkomen, is het essentieel dat data en systemen veilig zijn en goed zijn beschermd tegen verstoringen en cyberaanvallen. Daarnaast is het belangrijk dat er goede terugvalopties zijn ('*redundancy*'), zoals dubbel uitgevoerde (back-up)systemen waardoor voertuigen bij een verstoring kunnen doorrijden, en maatregelen waardoor voertuigen veilig tot stilstand kunnen komen.

Hierbij is het van belang dat er te allen tijde voldoende dataruimte beschikbaar is. Als mobiele netwerkcapaciteit ook voor andere doeleinden wordt gebruikt (bijvoorbeeld mobiel internet), dan moeten hierover goede afspraken worden gemaakt. Tot slot moet er ook aandacht zijn voor de ontwikkeling en standaardisatie van software.

Van niveau 3-4 als technische mogelijkheid naar 'Letting go on highways'

In de periode tussen 2025/2045 en 2045/2065 (afhankelijk van een snelle of langzame transitie) zien we binnen het pad 'Evolutie van de privéauto' twee opeenvolgende fasen:

1. Gemengd verkeer: manueel en automatisch door elkaar buiten de bebouwde kom.
2. *Letting go on highways*.

1. Gemengd verkeer: manueel en niveau 3-4 door elkaar buiten de bebouwde kom

In deze fase van de transitie neemt het aantal personenauto's met geavanceerde coöperatieve systemen (niveau 1 en 2; C-ACC, autopilot) na een aanvankelijk trage start snel toe. Ook auto's in de kleine middenklasse worden ermee uitgerust.

Bij vrachtwagens gaat de penetratie sneller en zijn '*platoons*' – in konvooi autonoom rijdende trucks – op snelwegen inmiddels gemeengoed. Dit komt mede door de korte afschrijvingsperiode van vrachtwagens en de kostenvoordelen van de brandstofefficiency. Ook openbaarvervoerbedrijven hebben al geïnvesteerd om hun vloot coöperatief te maken.

Het aantal wegen waarop automatisch rijden mogelijk is, wordt in deze fase stapsgewijs uitgebreid: eerst alleen snelwegen (minimaal 2x2 rijstroken) en daarna ook andere wegen buiten de bebouwde kom (vooral 2x1 rijstroken). De digitale infrastructuur (wegkant- en/of cloudsystemen) wordt eveneens gefaseerd uitgerold. Dat de prioriteit bij snelwegen ligt, heeft te maken met veiligheidsoverwegingen: snelwegen hebben, anders dan doorgaande wegen buiten de bebouwde kom, fysiek gescheiden rijbanen.

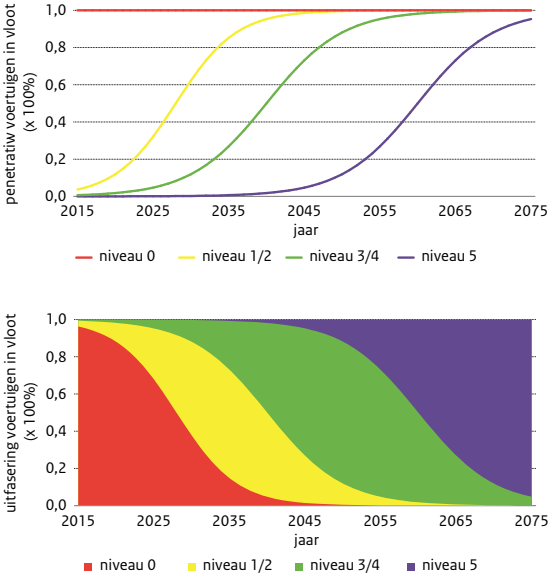
Vrachtwagens 'platoonen' alleen op snelwegen. Op andere wegen buiten de bebouwde kom is platoon-vorming lastig door invoegende niet-automatische auto's en bussen.

Stand van zaken: Effecten automatische coöperatieve voertuigen (niveau 1-2)

Effecten van automatische voertuigen op doorstroming en verkeersveiligheid zijn in deze fase merkbaar. Bij een marktpenetratie van ongeveer 10 procent kan de filevertraging op snelwegen al met 15 procent afnemen (Fagnant & Kockelman, 2015). De afname zou groter kunnen zijn als oudere, minder geavanceerde voertuigen sneller uit het wagenpark verdwijnen. Deze zijn echter van goede kwaliteit en gaan lang mee.
In deze fase zijn daarom ook allerlei bedrijfjes ontstaan die 'dommere' auto's 'updaten'. Naar verwachting duurt het echter nog wel enige tijd voordat ze zijn uitgefaseerd.

Verschillende automerken beginnen in deze fase niveau 3-4-systemen in hun premiummodellen aan te bieden. Dit betekent dat bestuurders buiten de bebouwde kom niet meer zelf hoeven te rijden; de techniek neemt alles over. Bestuurders kunnen hun 'snelwegreistijd' nu besteden aan andere dingen zoals lezen, skypen en gamen. De voertuigen gebruiken de al aanwezige coöperatieve technologie voor *vehicle-to-infrastructure* (V2I) en *vehicle-to-cloud* (V2C). De verwachting is dat deze voertuigtechnologie voor niveau 3-4 langzamerhand goedkoper wordt. Hiermee zal de verkoop van nieuwe voertuigen met niveau 1-2-technologie geleidelijk teruglopen.

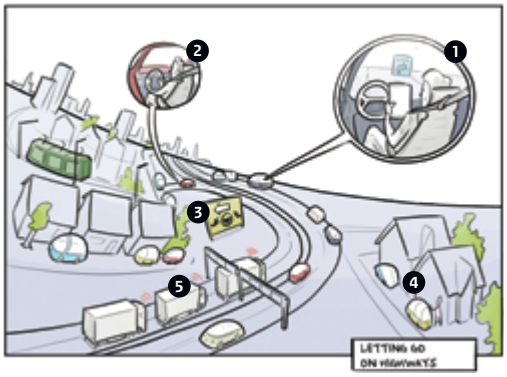
Een belangrijk kenmerk van deze transitiefase is dat voertuigen met verschillende niveaus van automatisering zich zullen mengen. Deze fase kan een substantiële periode, misschien wel enkele decennia, duren.



Figuur *'Gemengd verkeer'; illustratieve (hypothetische) weergave van de technische haalbaarheid van automatiseringsniveaus en penetratieduur in de verkeersstroom*

2. 'Letting go on highways'

Nu steeds meer automatische voertuigen (niveau 3-4) op de weg zijn gekomen en minder geavanceerde voertuigen langzaam zijn uitgefaseerd, zijn we in het toekomstscenario *Letting go on highways* terechtgekomen. Op de rijks- en provinciale wegen is, gefaciliteerd door de overheid, een relatief hoge mate van automatisering bereikt. Een significante minderheid van automobilisten houdt het stuur echter liever in eigen hand. In steden rijden bestuurders zelf. Hier vinden we ook het vertrouwde openbaar vervoer. Tram en metro vervullen nog altijd een belangrijke functie. Daarin zijn geen bestuurders meer nodig, vanwege vrije banen. Bussen zijn nog in beperkte mate aanwezig. Daarnaast rijden in sommige steden op beperkte schaal automatische pods op vaste trajecten in het *'last mile'*-vervoer van en naar stations. Het toekomstbeeld *Letting go on highways* is uitvoerig beschreven in de publicatie *'Chauffeur aan het stuur?* (KiM, 2015a). De belangrijkste karakteristieken zijn:



Algemeen beeld

- 'Handen los' op snelweg (niveau 3-4) voor velen **(1)**
- 'Stuur in handen' in stad; wel ondersteunende systemen (niveau 1) **(2)**
- 'Transitiezone' nodig van snelweg naar stad **(3)**
- Automatisch inparkeren in parkeergarages
- Auto's staan voor de deur **(4)**
- Platoons op snelweg; rustende chauffeur **(5)**

Maatschappelijke gevolgen

- Doorstroming: neemt mogelijk licht af door toename autogebruik
- Verkeersveiligheid: neemt vooral buiten de bebouwde kom toe (onder auto-inzittenden)
- Milieu en leefbaarheid: mogelijk klein negatief effect door toename van autogebruik
- Effectief tijdgebruik: op snelwegen/buiten de bebouwde kom; mogelijk langere (woon-werk) afstanden

Van 'Letting go on highways' naar 'Fully automated private luxury'

Als de ontwikkeling zich voortzet, zien we binnen dit transitiepad op de langere termijn (van 2045/2065 tot 2065/2100+) twee stadia, die elkaar deels opvolgen en deels overlappen:

1. De overbrugging tussen niveau 3-4 en 5.
2. *Fully automated private luxury*.

1. De overbrugging tussen niveau 3-4 en 5

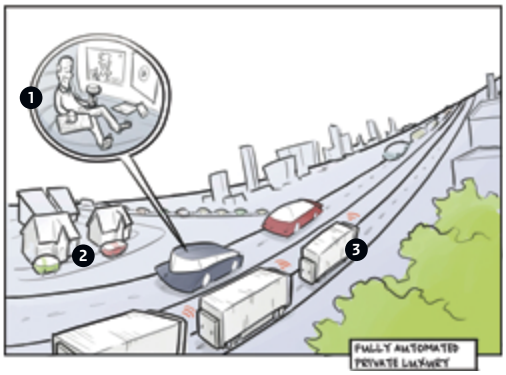
Of de stap van niveau 3-4 naar niveau 5 gemaakt kan worden, is onduidelijk, met name door onzekerheid over de ontwikkeling van de techniek. De sprong van niveau 3-4, waarin auto's (vooral) op snelwegen

veilig automatisch rijden, naar niveau 5, waar ze overal en altijd volautomatisch rijden, is groot. Als niveau 5 al bereikt wordt, dan kan het volgens Shladover (2016) wel tot 2075 duren voordat het zover is. In de tussenliggende decennia zal niveau 4 de norm zijn.

Overheden kunnen in de tussenliggende periode twee dingen doen:
- nietsdoen en afwachten tot niveau 5 vanzelf op de markt komt;
- de (weg)infrastructuur waarop niveau 3-4 functioneert uitbreiden, bijvoorbeeld naar bepaalde routes binnen steden.

Overheden zullen vooral voor de tweede optie kiezen als ze weten dat niveau 5 nog lang op zich laat wachten. Door de infrastructuur op bepaalde routes binnen steden geschikt te maken voor automatisch rijden, kunnen ze ook daar het positieve effect van niveau 4 op de doorstroming en tijdbesteding van automobilisten benutten. Dit gebeurt zo nodig met een fysieke scheiding tussen auto- en fietsverkeer en het vermijden van kruisingen. Voor de overgang binnen steden van automatisch naar niet-automatisch rijden wordt bijvoorbeeld een transitiezone ingesteld, waarin bestuurders tijdig een signaal krijgen dat ze de besturing weer moeten overnemen.

2. Niveau 5 en 'Fully automated private luxury'
Niveau 5-voertuigen zijn in deze fase op de markt gekomen. Eerst alleen voor *early adopters*, voor wie de hoge aanvangskosten geen probleem zijn. Daarna is het aantal volautomatische voertuigen (niveau 5) sterk toegenomen en zijn minder geavanceerde voertuigen langzaam uitgefaseerd. We zijn in de wereld van *Fully automated private luxury* beland. De zelfrijdende auto is voorzien van allerlei snufjes en volledig toegesneden op de wensen van de eigenaar. Ook dit toekomstbeeld is uitvoerig beschreven in de publicatie *Chauffeur aan het stuur?* (KiM, 2015a). De belangrijkste karakteristieken zijn:



Algemeen beeld
- 'Fully connected' cocon, zonder stuur **(1)**
- Delen alleen binnen huishouden
- Traditioneel ov grotendeels verdwenen
- Uber-achtig systeem voor mensen zonder auto
- Auto's staan voor de deur **(2)**
- Mensen kopen hun auto's bij autodealers
- Platoons op snelweg; geen cabine/chauffeur **(3)**

Maatschappelijke gevolgen
- Doorstroming: neemt mogelijk af door toename autogebruik
- Verkeersveiligheid: neemt overal toe (onder auto-inzittenden)
- Milieu en leefbaarheid: mogelijk negatief effect door toename autogebruik
- Sociale inclusie: neemt toe voor mensen met een handicap, kinderen en ouderen
- Effectief tijdverbruik: overal; mogelijk langere (woon-werk) afstanden

Pad 2: Delen in bloei

In het tweede transitiepad – 'Delen in bloei' – wordt voertuigdelen heel vanzelfsprekend. Zowel het bezit als het gebruik wordt dan gedeeld. Ook dit pad bestaat uit drie fasen, die in deze paragraaf onder de loep worden genomen.

Niveau 1-2, coöperatief rijden, experimenteren en opschalen

Op korte termijn zien de ontwikkelingen binnen het transitiepad 'Delen in bloei' er hetzelfde uit als bij het transitiepad 'Evolutie van de privéauto'.

Stand van zaken:
Huidige situatie met 'delen'

Autodelen neemt toe, maar het aantal autodelers en deelauto's is momenteel nog marginaal. Ongeveer 1 procent van de Nederlanders van 18 jaar en ouder maakt gebruik van één of meer vormen van autodelen. Autodelers zijn vaak jong en alleenstaand of hebben een gezin met kleine kinderen. Ze zijn vaak hoog opgeleid, autoloos en wonen in de stad. Het gebruik is niet evenredig over Nederland verdeeld. Het concentreert zich nu vooral onder de bewoners van stedelijke gebieden zoals Amsterdam en Utrecht (KiM, 2015c). Omdat niet duidelijk is hoe de technologie zich zal ontwikkelen is het nu nog erg onzeker of het delen van autobezit en autoritten (met meer personen in een auto zitten) een grote vlucht gaat nemen.

Van niveau 3-4 als technische mogelijkheid naar 'Multimodal and shared automation'

Binnen dit transitiepad komt de deeleconomie vroeg tot bloei (al voordat niveau 3-4 automatisering van auto's technisch mogelijk is). Het delen van spullen en diensten wordt de gewoonste zaak van de wereld. Dit geldt ook voor delen van autobezit en autoritten. Delen levert geld op en maakt de samenleving leefbaarder en duurzamer.

De technologische ontwikkeling en mogelijkheden van automatisch rijden zijn hetzelfde als die in transitiepad 'Evolutie van de privéauto'. Het verschil tussen beide paden is dat in het 'voertuigdelen-pad' meer wordt ingezet op automatisch openbaar vervoer en deelsystemen.

Er vinden in dit pad op deze termijn vier verschillende ontwikkelingen plaats:
1. opschalen van automatische ov-systemen;
2. inzet van automatische pods in de 'last mile';
3. inzet van automatische deelauto's buiten de stad;
4. doorgroei naar *Multimodal and shared automation.*

1. Opschalen van automatische ov-systemen
Overheden en vervoerders zetten in op grootschalige automatisering van ov-systemen. Dit heeft als doel om de leefbaarheid van steden te verbeteren. De informatie- en communicatietechnologie maakt hoge frequenties van openbaar vervoer mogelijk. Een digitale realtime-reisassistent ondersteunt ov-reizigers in hun deur-tot-deur-reis. Er rijden steeds meer bestuurderloze trams en metro's op aparte trajecten. Dit bespaart kosten. Daarnaast is de ticketafhandeling en -controle verder geautomatiseerd. Monitoring van het systeem vindt plaats vanuit een verkeerscentrale. Indien noodzakelijk kan deze ook de besturing van trams en metro's overnemen.

2. Inzet van automatische pods in de 'last mile'
(Decentrale) overheden en vervoerders grijpen de technologische vooruitgang aan om het *'last mile'*-vervoer verder te automatiseren:
- In steeds meer *steden* rijden automatische bestuurderloze pod-/bussystemen (niveau 3-4), aanvankelijk met relatief lage snelheden. Dit gebeurt op vaste trajecten tussen centrale ov-knooppunten, zoals stations, en belangrijke bestemmingen, zoals binnensteden en universiteitscampussen.
- Ook in sommige *perifere gebieden* rijden dergelijke voertuigen. Dit gebeurt op een beperkt aantal eenvoudig te automatiseren routes waar het traditionele, bemande openbaar vervoer onder

druk staat of al is verdwenen. Zodoende wordt de leefbaarheid en bereikbaarheid van voorzieningen gewaarborgd.

3. Inzet van automatische deelauto's buiten de stad

Nog steeds beschikt een aanzienlijk aantal mensen over een (lease)auto. Tegelijkertijd zet de opmars van de deelauto door: in bijna elke straat staan er meerdere. Er zijn verschillende aanbieders ('vlootbeheerders') en platforms (zoals bijvoorbeeld Uber en Lyft) die onderling op prijs en kwaliteit concurreren. Sommige mensen delen hun auto particulier. De deelvoertuigen worden gebruikt voor zowel korte- als langeafstandsritten.

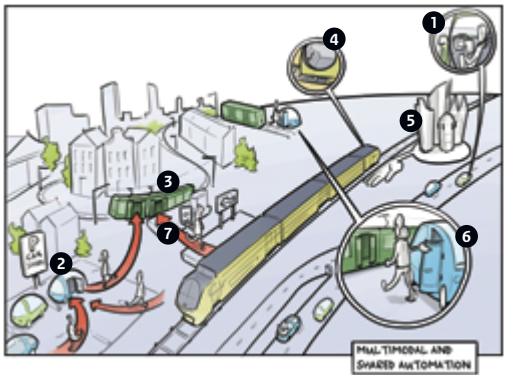
Daarnaast wordt de deelauto steeds meer onderdeel van een geïntegreerd multimodaal vervoersysteem. Gebruikers kunnen een deelauto oppikken of achterlaten op P&R-terreinen bij belangrijke ov-knooppunten. De auto zoekt automatisch naar een voor deelauto's bestemde parkeerplek. De ontwikkeling wordt gefaciliteerd door de opkomst van volledige geïntegreerde betaalsystemen.

Volautomatisch deur-tot-deur-vervoer is in dit stadium nog niet mogelijk, omdat deelauto's alleen op wegen buiten de bebouwde kom automatisch mogen rijden (niveau 3-4). Binnen de stad moet de bestuurder zelf het stuur in handen nemen. Ritten worden vooral gedeeld met gezins- en familieleden en vrienden, niet met vreemden.

De snelheid waarmee automatische voertuigen in het wagenpark penetreren, is in dit transitiepad hoger dan in het 'Evolutie van de privéauto'-pad. Omdat de deelauto's intensief worden gebruikt, kunnen ze sneller worden afgeschreven. Dit zou ook de innovatie van zelfrijdende voertuigen kunnen versnellen. Voor vlootbeheerders is efficiency een reden om in te zetten op automatische voertuigen: vanwege beter rijgedrag lopen de voertuigen minder schade op en zijn de onderhoudskosten lager.

4. 'Multimodal and shared automation'

Het delen van auto's is gemeengoed geworden. Steeds minder mensen bezitten nog een auto. Voor volautomatisch rijden (binnen steden) is de technologie nog niet ver genoeg ontwikkeld en het draagvlak te gering. Bijna alle steden hebben veel geïnvesteerd in het automatiseren van het openbaar vervoer. We zijn terechtgekomen in de wereld van *Multimodal and shared automation*. Dit toekomstbeeld is uitvoerig beschreven in de publicatie *Chauffeur aan het stuur?* (KiM, 2015a). De belangrijkste karakteristieken zijn:



Algemeen beeld

- 'Handen los' op snelweg (niveau 3-4) voor velen **(1)**
- Hoge mate van delen (autobezit en ritten) **(2)**
- Ov is populair vanwege voorkeur voor delen **(3)**
- Treinen/trams/metro's zonder bestuurder en hoge frequenties. Automatische pods op een aantal vaste trajecten **(4)**
- Overheid stimuleert grootschalig ov in stad **(5)**
- Efficiënte multimodale ritten en overstappen **(6)**
- Digitale reisassistent ondersteunt rit **(7)**

Maatschappelijke gevolgen

- Doorstroming: verbetert mogelijk licht door toename delen
- Verkeersveiligheid: neemt vooral buiten de bebouwde kom toe (onder auto-inzittenden)
- Milieu en leefbaarheid: wellicht klein positief effect door meer autodelen en ov-gebruik
- Effectief tijdgebruik: op snelwegen/buiten de bebouwde kom en in het ov; mogelijk langere (woon-werk) afstanden

Van 'Multimodal and shared automation' naar 'Mobility as a service: any time, any place'

Als op het 'voertuigdelen-pad' de ontwikkeling naar niveau 5 zich voortzet, zien we op de lange termijn drie stadia, die elkaar deels opvolgen en deels overlappen:

1. overbrugging tussen niveau 4 en 5.
2. niveau 5 (full automation): automatisch rijden binnen en buiten de stad.
3. doorgroei naar *Mobility as a service: any time any place*.

1. De overbrugging tussen niveau 4 en 5

Hier spelen dezelfde twee opties als bij 'Evolutie van de privéauto': als het lang duurt voordat niveau 5 mogelijk is, staan overheden voor de keuze om (voorlopig) niets te doen of om mogelijkheden van niveau 3-4, de zelfrijdende 'snelwegauto', uit te breiden naar andere wegen.

2. Niveau 5: automatisch rijden binnen en buiten de stad

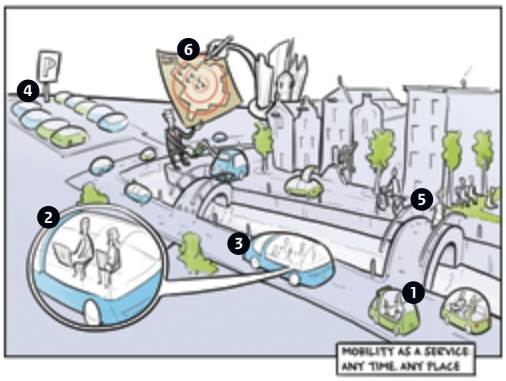
In deze fase zijn er volop volautomatische voertuigen op de markt. Aanbieders van deelauto's schaffen deze voertuigen aan en faseren hun minder geavanceerde (niveau 3-4) voertuigen geleidelijk uit. De penetratie van niveau 5-voertuigen in het wagenpark gaat sneller dan in het andere transitiepad. Dit komt doordat deelauto's relatief intensief worden gebruikt en daardoor snel worden afgeschreven.

Deelbedrijven zetten in op verschillende concepten. Sommige richten zich op luxe deelauto's waar je voornamelijk alleen in zit, terwijl andere goedkope en gemakkelijke diensten van A naar B aanbieden, waarbij niet alleen voertuigen maar ook de ritten worden gedeeld.

Het meer traditionele openbaar vervoer komt onder druk te staan vanwege het grote gemak en comfort van de volautomatische auto en de mogelijkheid om kleinschalig geautomatiseerd deur-tot-deur-vervoer te regelen. Steeds meer buslijndiensten verdwijnen, maar ook geautomatiseerde tramlijnen hebben het moeilijk. Alleen op 'dikke stromen' floreren lijndiensten als metro's en (hogesnelheids)treinen nog wel.

3. Mobility as a service: any time, any place

De technologie heeft zich tot niveau 5 ontwikkeld en de meeste voertuigen rijden volautomatisch. Mensen zijn in hoge mate bereid hun vervoermiddel te delen. Mobiliteit is een dienst en zelfrijdende auto's zijn altijd en overal beschikbaar. Ook dit toekomstbeeld – *Mobility as a service: any time, any place* – is uitvoerig beschreven in de publicatie *Chauffeur aan het stuur?* (KiM, 2015a). De belangrijkste karakteristieken zijn:



Algemeen beeld

- Deur-tot-deur reizen via automatische taxibots **(1)**
- De deeleconomie floreert (bezit en ritten) **(2)**
- Traditioneel ov grotendeels verdwenen **(3)**
- Voertuigen parkeren zelf buiten de stad **(4)**
- Fietsen en lopen populair **(5)**
- Prijs/km binnen stad neemt toe **(6)**

Maatschappelijke gevolgen

- Doorstroming: verbetert mogelijk licht vooral door toename delen
- Verkeersveiligheid: neemt overal toe (onder auto-inzittenden)
- Milieu en leefbaarheid: mogelijk positief effect door hoge mate van delen
- Sociale inclusie: neemt toe voor mensen met een handicap, kinderen en ouderen
- Effectief tijdverbruik: overal; mogelijk langere (woon-werk) afstanden

Van het ene naar het andere pad: van niet delen naar delen

In het 'Evolutie van de privéauto'-pad slaat het delen van auto's en ritjes op de korte en middellange termijn niet aan. Dit komt doordat de meeste mensen waarde hechten aan gemakkelijk en comfortabel deur-tot-deur-vervoer. Deelauto's moet men eerst reserveren en staan niet zoals de eigen auto vaak voor de deur. Ook het delen van ritten wordt als onpraktisch ervaren. Een chauffeur is altijd nodig, omdat de auto's alleen op snelwegen maar niet in de stad automatisch kunnen rijden. Veel mensen geven daardoor de voorkeur aan een 'privéauto', die of zelf in bezit is of wordt geleased. Delen staat synoniem aan ov-gebruik.

Als niveau 5 mogelijk wordt, kan het 'Evolutie van de privéauto'-pad zich doorontwikkelen in de richting van *Fully automated private luxury*. De eenrichtingsverbindingsweg in de 'Zelfrijdende stad'-fase illustreert deze mogelijke overgang. Omdat niveau 5 ook goedkoop gedeeld deur-tot-deur-vervoer mogelijk maakt, kan een (gedeeltelijke) verschuiving naar het transitiepad 'Delen in bloei' optreden. Terwijl grote traditionele autofabrikanten zich richten op de ontwikkeling van allerlei soorten geautomatiseerde personenauto's en elkaar vooral beconcurreren op luxe, kunnen nieuwkomers in de markt zich toeleggen op de ontwikkeling en uitbating van sobere, 'functionele', volledig automatische pods die goedkoop gedeeld deur-tot-deur-vervoer mogelijk maken.

Dit systeem kan aanslaan, bijvoorbeeld eerst onder jongeren en mensen met een krappe beurs. Daarna komen er steeds meer verschillende soorten automatische pods op de markt, waaronder varianten met kleine aparte privécompartimenten. Hiermee speelt de markt in op consumenten die veel waarde hechten aan privacy. Hierdoor ontstaat een (gedeeltelijke) verschuiving naar een wereld van *Mobility as a service: any time, any place*.

Vijf stappen geïdentificeerd

Of de transitie naar zelfrijdende voertuigen in de toekomst zal plaatsvinden, hangt af van onzekere ontwikkelingen. Belangrijk is wat burgers willen en doen, hoe zelfrijdend fabrikanten de auto kunnen en willen maken, en in hoeverre de overheid ontwikkelingen faciliteert en reguleert. Het ene staat niet los van het andere. Willen burgers wel in zelfrijdende auto's zitten? Hoe zit dat met het bezit, gebruik en delen van informatie en data? In welke mate willen mensen auto's delen? Zijn autofabrikanten in staat om auto's te ontwikkelen waarbij mens en technologie elkaar optimaal ondersteunen? Of nog een stap verder: is het mogelijk om volledig automatische voertuigen te maken die overal en altijd veilig automatisch kunnen rijden?

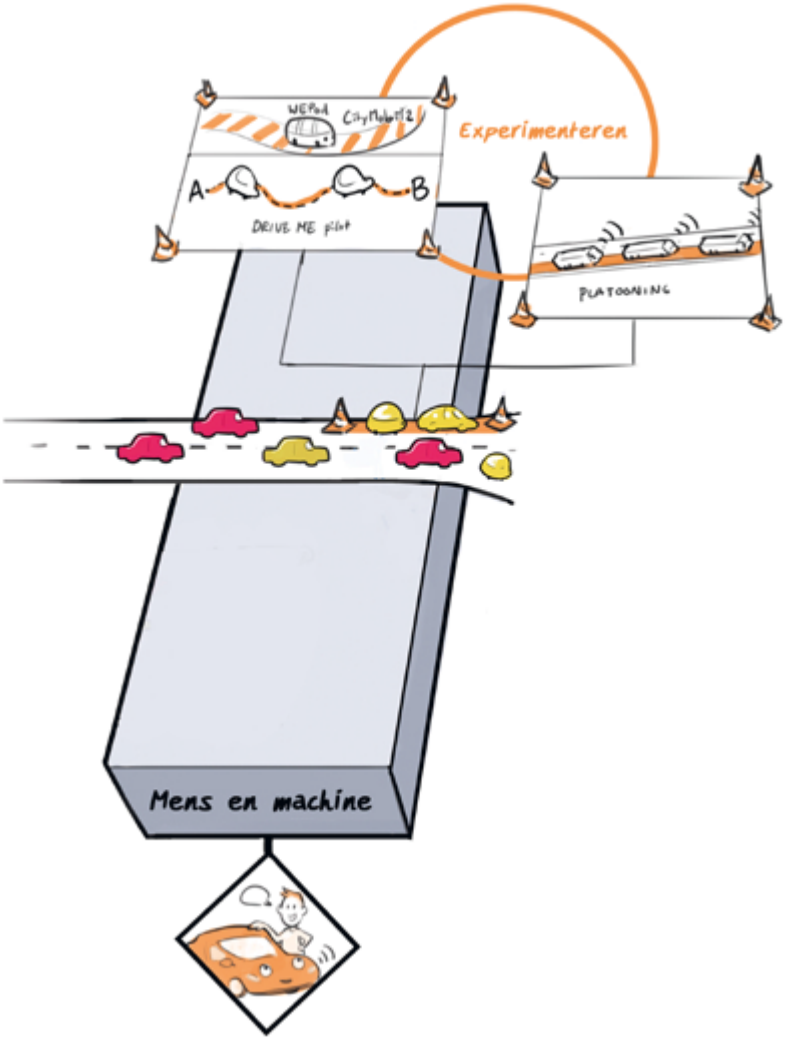
Op het pad tussen heden en toekomst identificeren we vijf belangrijke stappen waarbij de transitie door een samenspel van ontwikkelingen sterk kan worden beïnvloed. Deze stappen zijn, in volgorde van heden naar toekomst:

1. Mens en machine: wel of niet het beste van beide werelden?
2. Coöperatief rijden: heilige graal of brug te ver?
3. Gemengd verkeer op de snelweg: zelfoplossend vermogen of showstopper?
4. Stedelijk dilemma: niets doen of ontvlechten van verkeersstromen?
5. Zelfrijdende stad: harmonische interactie of betwiste ruimte?

Voor elk van deze transitiestappen brengen we aangrijpingspunten voor beleid in beeld. Die zijn vervolgens onderverdeeld in vier categorieën:

- reguleren en coördineren;
- faciliteren, realiseren en experimenteren;
- onderzoeken;
- monitoren en evalueren.

Een volledig overzicht van beleidsaangrijpingspunten gedurende de transitie is te vinden in de tabel op de achterflap.


Experimenteren
WEPod
CityMobil2
A
B
DRIVE ME pilot
PLATOONING
Mens en machine

3
Mens en machine: wel of niet het beste van beide werelden?

Wanneer het over automatische of zelfrijdende auto's gaat, zien we vaak beelden van futuristische auto's, zoals de autopod van Google of de Mercedes F 015, waarin de mens niets meer zelf hoeft te doen en lekker kan relaxen of werken. Deze technologie is er nog niet. Voordat we zover zijn, is een overgangsperiode waarschijnlijk waarbij voertuigen met geavanceerde bestuurderondersteunende systemen rijtaken op vooral snelwegen kunnen overnemen. De bestuurder moet daarbij nog steeds actief opletten. In deze transitiefase speelt de *interactie tussen mens en voertuig* een cruciale rol. In dit hoofdstuk beschrijven we twee situaties: één waarbij voertuig en mens elkaar aanvullen en versterken, en één waarbij mens en machine slecht samengaan.

Digitaal Handelsblad (DHB), 14 april 2022

De machine kan nu niet zonder mens

Van onze redactie

Gisteren presenteerde het nieuwe Duitse *Volksstrom* de Amigo Volta, vorige week bracht *General Car Industries* uit China de nieuwe Avanti op de markt. Beide auto's zijn uitgerust met de allernieuwste adaptieve cruise control, aangevuld met een systeem dat het automatisch wisselen van rijstrook mogelijk maakt. Ook al zijn deze systemen staaltjes van technisch vernuft, ze zijn ver verwijderd van een volledig zelfrijdende auto. In de jaren 2010-2020 waren de verwachtingen nog hooggespannen. Er werd gedroomd van een auto zonder stuur en pedalen waarin de inzittenden werkelijk niets meer hoefden te doen. Inmiddels zijn de optimisten ruw uit hun zelfrijdende-auto-droom gewekt. We kijken terug en vooruit met professor Marieke Broekhuizen, verbonden aan het Automotive-instituut in Delft en expert op het gebied van semi-zelfrijdende auto's.

Geloofde u indertijd in een volledig zelfrijdende auto?

"Ik moet eerlijk bekennen dat ik zo rond 2016, 2017 ook dacht dat de volledig zelfrijdende auto er snel zou komen. Niet alleen ik, iedereen was optimistisch. De technologie ging met sprongen vooruit en de eerste testresultaten waren ronduit positief. Maar na een paar jaar stond iedereen weer met beide benen op de grond. Het ontwikkelen van 'auto's die alles kunnen' bleek gewoon een stuk ingewikkelder dan gedacht. Machines maken meestal minder fouten dan mensen, maar het verkeer is de bekende uitzondering op de regel. Mensen zijn gewoon vreselijk goed in autorijden. Als je het uitdrukt in voertuiguren, zie je dat er maar eens in de paar honderd jaar sprake is van een dodelijk ongeval. Mensen weten in het verkeer veel beter met complexe en onverwachte situaties om te gaan dan technologie. De machine kan niet zonder mens."

Hebben verkeersongelukken ook bijgedragen aan de beeldvorming over de zelfrijdende auto?

"Oh, beslist. Afgelopen jaren kwamen de beperkingen van de systemen duidelijk aan het licht. Er deden zich in de testfase allerlei onveilige situaties

voor. Er zijn zelfs doden gevallen. Logisch dat consumenten kopschuw werden. Het vertrouwen was weg. Ze wilden het stuur niet meer uit handen geven."

Waar staan we nu?

"We weten dat de technologie de mens kan ondersteunen. Maar dat is nog niet hetzelfde als alle taken overnemen. Mens en techniek moeten elkaar de eerstkomende jaren aanvullen. Twee zien meer dan één. Mensen zijn goed in coördineren en improviseren en techniek is goed in registreren en reageren. Je moet het beste van beide werelden combineren. Mens en machine werken op dit moment uitstekend samen. Ook de scheiding die is aangebracht tussen snelweg en binnenstad is verstandig gebleken. Op de snelweg werkt de *highway pilot* prima. Je voorganger wordt automatisch gevolgd, de juiste afstand wordt aangehouden en je auto wisselt vanzelf van rijstrook. Dat is prachtig, houden zo, maar de mens blijft nodig. Ik merk het zelf ook wanneer ik in de auto zit: je moet je omgeving actief blijven monitoren. Dat geldt helemaal wanneer je in de stad rijdt. Je moet het heft in handen houden, ook al zijn die nieuwe noodstopsystemen en detectiesystemen voor fietsers en voetgangers een welkome aanvulling."

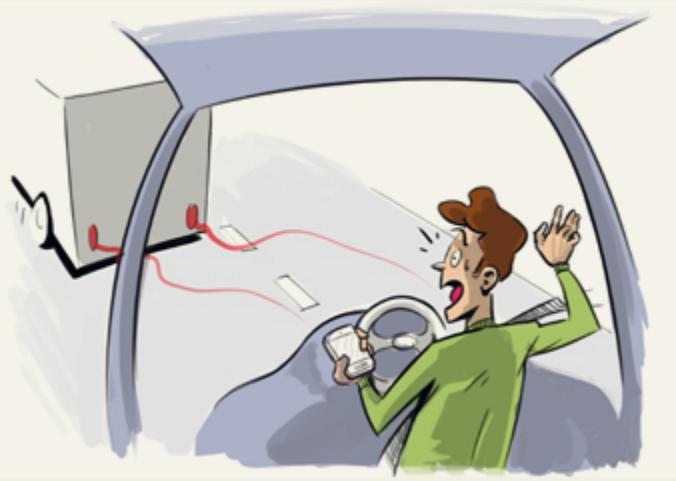
Komt die volledig zelfrijdende auto er ooit?

"Het is zeker niet onmogelijk, vooral op de snelweg, maar dat gaat echt nog wel een paar jaar duren. De autoindustrie kijkt eerst nog de kat uit de boom. De technologie moet verder worden ontwikkeld en met de huidige ondersteunende systemen valt genoeg te verdienen. Ik weet dat er wordt gewerkt aan systemen waarmee de auto buiten de stad zelfstandig kan rijden. Ik denk ook dat het op termijn mogelijk is, en dat de consument er dan ook wat in kan zien. Als je met een dergelijke zelfrijdende auto op een veilige manier andere dingen kunt gaan doen, zoals een boek lezen, een dutje doen of werken, dan zou zo'n auto in de toekomst best kunnen aanslaan."

En als het ministerie van Infrastructuur en Milieu nu eens ingrijpt? Een volledig zelfrijdende auto zorgt toch voor meer veiligheid en doorstroming?

"Nee, de overheid zie ik op korte termijn niet zo hard lopen. De huidige systemen hebben de beleidsdoelen al een stuk dichterbij gebracht. Het is in de stad en op de snelweg echt veiliger geworden. Kijk de laatste statistieken er maar op na. Ook de doorstroming is verbeterd. We kunnen op de snelweg nu dichter op elkaar rijden dan ooit, wat ook nog eens een positief effect heeft op het milieu. Het gaat langzaam, in de ogen van de minister misschien iets te langzaam, maar de verwachting is dat er de komende jaren nog de nodige winst wordt geboekt op het gebied van veiligheid, doorstroming en milieu. De combinatie mens en machine: het is voor het beleid op dit moment het beste van beide werelden. Ik zie daar pas verandering in komen als beleid zich meer gaat richten op andere voordelen van de zelfrijdende auto, zoals effectief gebruik van reistijd."

Digitaal Handelsblad (DHB), 14 september 2020



Mens en machine zijn een slecht duo

Van onze redactie

Na de crash vorige week op de A2, waarbij twee auto's met *highway pilot* een kettingbotsing veroorzaakten, zijn er vragen gerezen over de toelaatbaarheid van de *highway pilot*-auto's op onze snelwegen. Het was namelijk niet de eerste keer dat dit gebeurde. Lange tijd werd beweerd dat deze auto's volkomen veilig waren, maar is dat standpunt op basis van deze ongelukken nog langer vol te houden? We spraken hierover met Hans de Maagd, professor in de Toegepaste Menskunde en hoofd van de vakgroep Mens & Machines van de Rijksuniversiteit Groningen.

Wat houdt de highway pilot-functie precies in?

"De *highway pilot*-functie is een nieuwe gadget in sommige auto's in het luxesegment. In Nederland rijden er momenteel enkele tienduizenden van deze auto's rond. Het aantrekkelijke van de *highway pilot* is dat hij op de snelweg alle stuurbewegingen van je overneemt. Eén van de merken adverteert bijvoorbeeld met de slogan 'Take a break, take a car'. Je vertelt de auto bij invoegen op de snelweg naar welke snelwegafslag je wilt en de rest gaat vanzelf: schakelen, snelheid handhaven, van baan wisselen. Het enige wat je nog hoeft te doen, zeggen de fabrikanten, is je ogen op de weg richten en opletten. Als er iets onverwachts gebeurt, moet je namelijk meteen de stuurtaken kunnen overnemen. Bijvoorbeeld als het plotseling druk wordt in de spits, of als er een ongeluk is gebeurd."

Dat klinkt mooi, een auto die zelf stuurt. Waarom ging het mis?

"Mijn vakgroep volgt de ontwikkelingen uiteraard op de voet. En zoals we in het verleden vaker zagen, blijkt de mens weer de zwakke schakel. Het klinkt zo simpel: aandacht bij de weg houden. Maar heel veel mensen houden dat niet lang vol en zoeken

één of andere prikkel. Dat was ook vorige week duidelijk het geval. De twee betrokken automobilisten waren met andere dingen bezig. Ik geloof dat de één een USB-stick aan het verwisselen was en de ander voerde een telefoongesprek. Dat is ook heel begrijpelijk. Het zit in de menselijke natuur om altijd iets te willen doen. Heel tragisch alleen dat hierdoor nu dus ook doden en gewonden zijn gevallen."

U heeft ook praktijkproeven gedaan met de highway pilot. Wat kwam daaruit?

Ja klopt, vorig jaar heeft een aantal studenten van de faculteit een aantal dagen lang een simulatie gedaan met de *highway pilot*. Ze zaten in een testopstelling die realistische wegsituaties nabootste en ze moesten dus steeds blijven kijken en opletten, en soms het stuur overnemen. Net als in het echt. Meetapparatuur op hun hoofd registreerde al hun oogbewegingen. Wat bleek? Toen de nieuwigheid eraf was, en dat was al binnen enkele minuten, sloeg bij de meesten de verveling toe. Hun blikken dwaalden alle kanten op, sommigen vielen zelfs in slaap, of ze gingen toch even op hun telefoon kijken of een appje sturen. De studenten meldden later terug dat ze zich extreem hadden verveeld. Verplicht de handen aan het stuur houden en naar de weg kijken, vonden ze een zwaardere beproeving dan zelf rijden.

Zo gaat het in de praktijk natuurlijk ook. De verleiding zal vaak onweerstaanbaar zijn om toch even een mailtje te versturen, make-up op te doen, je te scheren. Waar heb je anders die *highway pilot*-functie voor? De automobilisten die vorige week het ongeluk hebben veroorzaakt, zijn echt niet per se roekeloos. Mijn stelling is dat de *highway pilot* is ontwikkeld vanuit een veel te optimistisch mensbeeld. Fundamentele kennis over menselijk gedrag is te weinig meegenomen in het ontwerp. Nietsdoen en toch alert zijn, het is bewezen dat dat een onmogelijke combinatie is."

Bent u voor een verbod op de *highway pilot*?

Daar laat ik me als onafhankelijke wetenschapper niet over uit. Ik weet wel dat de overheid bezig is een campagne voor te bereiden om nog eens de voordelen van de *highway pilot* uit de doeken te doen en automobilisten erop te wijzen dat ze goed moeten opletten. Ze verwachten er natuurlijk veel van in Den Haag. Er zouden minder files komen, minder ongelukken, er zijn subsidies gegeven om de auto's zo aantrekkelijk mogelijk te maken. Nederland is koploper in de wereld met deze auto's... Echter, ik zou ze zo'n campagne op dit moment ernstig afraden. Je ziet nu al de discussie in de media opkomen. Op de website GeenNiveau.nl worden automobilisten met *highway pilot* uitgemaakt voor 'gevaar op de weg'. Afgelopen week nam het tweedehandsaanbod van *highway pilot*-auto's snel toe. Mensen willen ervan af. Het zal moeilijk zijn het negatieve tij te keren.

Maar het belangrijkste bezwaar dat ik heb: een publiekscampagne neemt niet het fundamentele bezwaar weg dat mens en machine geen goed duo zijn. Ik denk dat het beter is om het verlies te nemen. Dat geldt ook voor de fabrikanten. Richt je voor nu alleen nog op de simpelere systemen zoals automatisch inparkeren. Dat is nou iets waar we vanuit de Toegepaste Menskunde van zeggen: een prima idee!"

Conclusie en aangrijpingspunten voor beleid

Drijvende krachten
Op het transitiepad naar een toekomstig vervoersysteem met volledig zelfrijdende voertuigen, is een tussenfase waarschijnlijk waarbij de techniek bepaalde rijtaken overneemt maar waarbij de mens actief moet blijven opletten. Hoe deze fase verloopt, kan grote invloed hebben op hoe de toekomst eruit gaat zien.

Wie	Wat
Burger	Vertrouwen in veiligheid niveau 1-2
Industrie	Winstgevendheid niveau 1-2-systemen
	Technologische mogelijkheden
Overheid	Beleefde positieve effecten van coöperatieve voertuigen op doorstroming, veiligheid en milieu (buiten stad)

Tabel *Samenvatting van belangrijke drijvende krachten vanuit consument, industrie en overheid*

Als de samenwerking tussen mens en machine niet goed verloopt, bijvoorbeeld omdat de aandacht van bestuurders bij het monitoren van de rijtaak verslapt, dan kunnen onveilige situaties ontstaan. Dat kan het draagvlak voor zelfrijdende technologie en de verkoop en winstgevendheid van deze technologie ondermijnen. Als ervaringen juist positief zijn, zet de ontwikkeling naar meer geavanceerde en meer zelfstandig rijdende automatische voertuigen, na een aantal succesvolle 'mens-machine'-jaren, hoogstwaarschijnlijk door. Het is ook mogelijk dat, als mens en machine goed samengaan en iedereen tevreden is, de verdere ontwikkeling naar meer geavanceerde zelfrijdende voertuigen enige vertraging oploopt.

Aangrijpingspunten voor beleid
Met het oog op aangrijpingspunten voor beleid maken we onderscheid naar: reguleren en coördineren, faciliteren en realiseren, onderzoek doen en monitoren en evalueren. Een volledig overzicht van beleidsaangrijpingspunten gedurende de transitie staat in de tabel op de achterflap.

Reguleren, coördineren en onderzoek doen
Simulatorexperimenten en praktijkpilots kunnen in deze fase zicht geven op de vraag of, en zo ja hoe mens en machine elkaar optimaal kunnen ondersteunen. Dit wordt wel de human-machine interface genoemd. Deze inzichten kunnen aanleiding geven tot aanpassing van de criteria voor rijvaardigheidstrainingen en rijbewijzen. Zo zou tijdens rijlessen meer aandacht nodig kunnen zijn voor de interactie tussen mens en techniek. Ook kunnen de deels automatische systemen, die van directe invloed zijn op verkeersveiligheid, vragen om grondige periodieke keuringen.

Faciliteren en realiseren
Op het gebied van faciliteren en realiseren kan gedacht worden aan het op orde brengen van de wegbelijning en bebording (zie ook Morsink *et al.*, 2016). Om automatisch binnen rijstroken te navigeren en om op een veilige manier te kunnen inhalen, baseren systemen, zoals *lane keeping*, zich op deze belijning. Het is belangrijk dat de belijning goed zichtbaar is, ook bij mist en regen. Daarnaast is uniformiteit van belang. Dit speelt vooral op het onderliggend wegennet, waar niet op alle wegen een kantlijn of een scheidingsstreep aanwezig is.

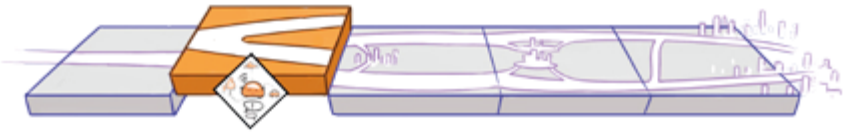
De toekomst is onzeker. Om hier goed op in te kunnen spelen, zou een meer adaptieve planning kunnen helpen. Daarbij kunnen enerzijds beslissingen worden uitgesteld tot er meer zekerheid is, anderzijds kunnen er *no regret*-keuzes worden gemaakt: issues die de overheid op korte termijn zou kunnen oppakken zonder er spijt van te krijgen (zie hoofdstuk 8). Daarnaast kunnen flexibele contracten en concessies een mogelijkheid bieden om met onzekerheden om te gaan en om in de toekomst op innovaties te kunnen inspelen.

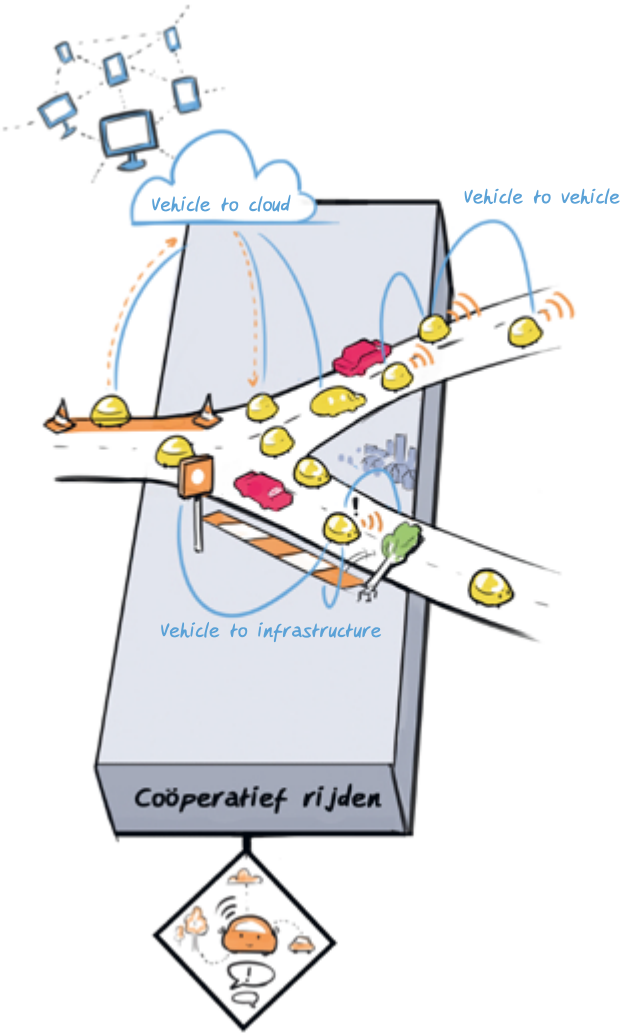
Monitoren en evalueren
Monitoring en evaluatie kunnen belangrijke aanvullende inzichten opleveren in de verkoop en de marktpenetratie van automatische systemen. Ook kan het zicht geven op wat de burgers er van vinden en wat effecten zijn op verkeersveiligheid, doorstroming en milieu. Dit past in het beeld van adaptief beleid, dat zich richt op het omgaan met onzekerheden, en voorkomt verrassingen.

Verdere transitie naar hogere niveaus van automatisering
Pilots (niveau 3-4-automatisering en coöperatief rijden) kunnen een transitie naar een hoger niveau van automatisering dichterbij brengen. Het gaat daarbij niet alleen om het faciliteren van technologische ontwikkeling, maar ook om deze transitie zo goed en veilig mogelijk te laten verlopen. Dit vergt aanpassingen aan het Verdrag van Wenen, opdat bestuurders het stuur mogen loslaten. Tegelijkertijd zijn afspraken nodig rondom aansprakelijkheid en verzekerbaarheid bij incidenten.

Naast experimenteren kan in deze fase een discussie over beleidsdoelen ontstaan. Wanneer mens en machine elkaars kwaliteiten versterken, kan dit al gunstige effecten hebben op verkeersveiligheid, doorstroming (vooral coöperatief) en op uitstoot (door veilig dichter op elkaar rijden). Maar wat is dan de meerwaarde voor overheden om doorontwikkeling naar volledig zelfrijdende voertuigen te faciliteren of zelfs stimuleren? Dit zou tot een heroverweging kunnen leiden, waarbij effectief tijdgebruik (omdat de bestuurder niet meer hoeft op te letten) en sociale inclusie (ouderen, kinderen, minder validen) door automatisch deur-tot-deur-vervoer tot (beleids)doelen van zelfrijdende voertuigen worden verheven.

	Mens en machine
REGULEREN & COÖRDINEREN	Aanpassen Verdrag van Wenen Toelating voertuigen niveau 1-2 Aansprakelijkheid en verzekerbaarheid Vereisten rijbewijs Human-machine interface
FACILITEREN & REALISEREN & EXPERIMENTEREN	Wegbelijning en bebording op orde Adaptieve planning en contracten (innovaties) Pilots coöperatief en niveau 3-4
ONDERZOEK &	Human-machine interface Criteria rijbewijs Veiligheid coöperatieve systemen Attitudes consument coöperatief rijden Benodigde digitale infrastructuur (V2I, V2C)
MONITOREN & EVALUEREN	Ontwikkeling delen: naar ‘Delen in bloei’? Verkoop en penetratie niveau 1-2-systemen Houding en acceptatie burger (niveau 1-2) Maatschappelijke effecten niveau 1-2 buiten stad Effecten pilots (niveau 3-4)




Vehicle to cloud
Vehicle to vehicle
Vehicle to infrastructure
Coöperatief rijden

4
Coöperatief rijden: heilige graal of brug te ver?

Coöperatief rijden betekent dat zelfrijdende auto's met elkaar en met infrastructuur communiceren. Hierdoor weten voertuigen in een mum van tijd van elkaar wat ze gaan doen (versnellen, remmen, van rijstrook wisselen), maar ook wat er ergens anders op de weg gebeurt. Hierdoor kunnen voertuigen dichter op elkaar rijden en verloopt de verkeersafwikkeling gelijkmatiger. Dit kan zorgen voor minder files en een hogere verkeersveiligheid. *Betrouwbare communicatie en uitwisseling van data* is daarbij een belangrijke voorwaarde. Anders kunnen onveilige situaties ontstaan, zoals bij een systeemhack. Daarnaast kunnen privacyoverwegingen rondom data een rol spelen. In dit hoofdstuk beschrijven we twee situaties: één waarbij coöperatief rijden gunstige maatschappelijke effecten heeft ('heilige graal'), en één waarbij veilig coöperatief rijden een brug te ver is.

De Nieuwe Digitale Telegraaf (NDT), 17 januari 2032

Auto's die alles zien en alles horen

Door Rien Harms

In 2031 zijn de files opnieuw met 8 procent afgenomen. Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) concludeert dit in het vanmorgen verschenen rapport *Coöperatief (door)rijden*. Het instituut laat zien dat de al langer dalende lijn zich ook vorig jaar heeft voortgezet. De oorzaak ligt in de toename van het coöperatief rijden. Sinds zelfrijdende auto's steeds beter met elkaar communiceren, nemen de files gestaag af. De auto's rijden dicht op elkaar en de verkeersafwikkeling verloopt gelijkmatig. Bovendien kan er snel worden gereageerd op ongelukken en andere verstoringen. Waarom is deze ontwikkeling zo snel gegaan? En wat biedt de toekomst?

Auto's die elkaar begrijpen

Fatima el Amrani, directeur van het KiM, legt uit: "Voertuigen delen tegenwoordig feilloos informatie over wat er op de rijksweg gebeurt. Dat is echt een revolutionaire ontwikkeling geweest. Auto's en vrachtauto's praten niet alleen met elkaar, ze begrijpen elkaar ook. Het is onderdeel van een al langer lopende ontwikkeling. Wanneer we vroeger informatie wilden overbrengen, dan belden we elkaar. Dat was een contact van een-op-een. Daarna maakten we gebruik van WhatsApp en konden we in een veel bredere kring informatie delen. Een hele verbetering, maar nog steeds contact tussen mensen. Daarna konden ook dingen met elkaar praten, de doorbraak van 'the internet of things'. Logisch dat ook auto's gingen communiceren. Ze weten nu precies wat het andere verkeer doet en houden daar, echt razendsnel, rekening mee. Het betekent in de praktijk dat auto's dicht op elkaar kunnen rijden en er veel minder ongelukken gebeuren. Geen wonder dat we de files jaar na jaar zien afnemen."

Een slagvaardig Europa

Het coöperatief rijden heeft veel aan Europa te danken. Al snel werd duidelijk dat communicerende auto's posi-

tieve gevolgen zouden hebben voor de congestie, de verkeersveiligheid en het milieu. De lidstaten van de Europese Unie waren het over weinig dingen eens, maar dit was een kans die niemand wilde laten lopen. In een mum van tijd werden afspraken gemaakt die werden vastgelegd in de *Declaration of Amsterdam*. Jan Kees van Gelder, als beleidsambtenaar in Brussel nauw betrokken bij de totstandkoming van het verdrag, kijkt tevreden terug. "De lidstaten zaten verrassend snel op één lijn. In nauw overleg met de industrie konden we op Europees niveau al na anderhalf jaar afspraken maken over systeemstandaarden. Het privacy-aspect lag iets gevoeliger. Want wie was nu eigenlijk de eigenaar van al die data en wie had toegang tot al die gegevens? Maar ook dat hebben we, met strikte regelgeving, naar ieders tevredenheid weten op te lossen."

On speaking terms

Na het tekenen van het Amsterdamse verdrag gingen de ontwikkelingen snel. Alle lidstaten droegen in samenwerking met de industrie zorg voor de benodigde wegkant- en ICT-systemen. Ronald van Swieten, directeur van *Cooperative Technology*, vertegenwoordigde de Nederlandse ICT-ontwikkelaars tijdens de onderhandelingen in Brussel en Amsterdam. Ook hij heeft positieve herinneringen. "We kunnen ons allemaal nog wel de eerste experimenten met coöperatieve vrachtwagens voor de geest halen. In het begin vond iedereen het een gek gezicht, die vrachttreintjes door Europa. Eerst op aparte rijstroken en later tussen het gewone verkeer. Maar het ging verrassend goed en toen volgde al snel de geleidelijke opschaling. Mijn bureau heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan het doorontwikkelen en beveiligen van de systemen. Het bleef natuurlijk niet bij vrachtwagens. De meeste automobilisten zagen de voordelen in van het coöperatief rijden. In een mum van tijd waren de meeste nieuwe auto's *on speaking terms*. Ik ben er trots op dat wij als klein Nederlands bedrijf die ontwikkeling hebben weten te faciliteren. De technologie heeft zich betrouwbaar getoond en cyberhacks zijn uitgebleven."

De techniek staat niet stil

Minder files, minder ongelukken en een schoner milieu: coöperatief rijden is een verhaal met een happy end. Of is het verhaal nog niet uit? Fatima el Amrani (KiM) denkt van niet. "Er zal nog een hoofdstuk aan worden toegevoegd. Nog niet alle auto's zijn uitgerust met de coöperatieve technologie, maar dat gaat zeker gebeuren. Ook de techniek staat niet stil. Naarmate de systemen beter worden, kunnen de auto's niet alleen op de rijkswegen met elkaar praten, maar ook in de binnensteden. Juist de drukke steden zijn gebaat bij auto's die alles zien en alles horen. Het is een kwestie van tijd."

Business Nieuws Digitaal, 3 maart 2029

Coöperatief rijden voorlopig van de baan

Ook autofabrikant Xyzo haakt af na hack van vorige week

3 maart 2029. Van onze verslaggever Jack Werveling.

De hack die vorige week dinsdag zorgde voor grote verkeerschaos in de regio Den Haag, lijkt het einde in te luiden van het coöperatief rijden. Vandaag kondigde de Japanse autofabrikant Xyzo aan uit het consortium te stappen dat coöperatief rijden in Nederland promoot. Bestuursvoorzitter Ger Manco zei in een persconferentie dat hij al eerder twijfels had bij de levensvatbaarheid van coöperatief rijden. De hack was de druppel die de emmer deed overlopen. Manco: "We kunnen de veiligheid van het coöperatief rijden niet garanderen. Wij maken onze excuses aan alle gebruikers." Consumentenorganisatie Copo kaartte al in 2023 aan dat de systemen kunnen worden gehackt. Dit werd door Manco destijds afgedaan als 'grote onzin'.

Ontmanteling

Eerder deze week trok het Zuid-Koreaanse bedrijf KiMCO zich al terug. De ontmanteling van het consortium lijkt hiermee een feit. Ook het ministerie van Infrastructuur en Milieu beraadt zich op stopzetting van de subsidieregeling voor coöperatief rijden. "Met pijn in het hart", zei een woordvoerder van het ministerie. "De voordelen die coöperatief rijden heeft voor de afname van files, zijn daarmee namelijk ook van de baan."

Hackerscollectief Privacy for all

De goed voorbereide hack van vorige week is het werk van hackersgroep *Privacy for all*. Met de hack kregen de computerfanaten de voertuigen volledig in hun macht. Tientallen auto's met een coöperatiefrijdensysteem aan boord remden om klokslag vijf uur af en zetten zichzelf dwars op de snelweg stil, zonder dat de bestuurder hier invloed op had. Als door een wonder deden zich geen persoonlijke ongevallen voor, maar er was wel veel blikschade. Sleepdiensten zijn de hele avond en nacht bezig geweest om de gehackte voertuigen weg te slepen. Het crisiscentrum van Rijkswaterstaat draaide overuren om het verkeer in de Randstad weer op gang te krijgen. Gisteren werd bekend dat de hackers ook alle dataopslag op de centrale computer in Rijswijk hebben gewist.

Politie en justitie zijn naarstig op zoek naar de identiteit van de daders. Via internet heeft de groep laten weten dat het doel is om mensen wakker te schudden. “Onze actie lijkt misschien gevaarlijk, maar we hebben expres gewacht tot het verkeer toch al langzaam reed door de files. Dat de overheid precies weet waar je op elk moment bent, dat is pas riskant.”

Niet de eerste tegenslag

De hack is niet de eerste tegenslag waar het coöperatief rijden in Nederland mee te kampen heeft. Al snel nadat in maart 2023 de eerste coöperatief rijdende auto’s de weg op gingen, kwamen serieuze technische problemen aan het licht. Zo functioneerden de sensoren niet altijd goed bij regen en mist. Hierdoor vonden meerdere kop-staartbotsingen plaats. Deze ‘kinderziekten’ werden later grotendeels opgelost, maar veel automobilisten waren niet meer enthousiast te krijgen voor het nieuwe systeem. Ondanks een riante subsidieregeling nam het aantal voertuigen met een coöperatiefrijdensysteem aan boord maar heel langzaam toe. Ook sommige verzekeringsmaatschappijen namen het zekere voor het onzekere, en sloten coöperatieve voertuigen uit van hun autoverzekering. De nationale privacywaakhond startte nog onlangs een onderzoek naar mogelijke privacyproblemen van het delen van informatie met andere auto’s en met externe cloud-systemen.

Gebrek aan Europese coördinatie

Een ander hardnekkig probleem was het gebrek aan coördinatie tussen systemen van verschillende autofabrikanten. De EU heeft jarenlang tevergeefs geprobeerd om één Europese standaard voor coöperatiefrijdensystemen te ontwikkelen. De pogingen strandden echter steeds op wantrouwen. De meeste autofabrikanten weigerden technische gegevens uit te wisselen met concurrenten. Voertuigen van verschillende automerken communiceerden daardoor niet goed met elkaar. De oprichting van het consortium was een eerste stap in de richting van meer onderlinge afstemming tussen fabrikanten.

Mogelijk meer files

Een woordvoerder van het ministerie zegt te verwachten dat de fabrikanten zich voorlopig weer alleen op de autonoom rijdende systemen zullen richten. Dit betekent mogelijk slecht nieuws voor de doorstroming op de snelwegen. “De autonome systemen zijn weliswaar prettig in gebruik voor de individuele automobilist, maar hebben als nadeel dat ze grote afstand houden tot andere voertuigen. Ze communiceren niet met andere voertuigen. Daardoor moeten ze zelf de omgeving in kaart brengen met sensoren, laser- en radarsystemen. Ze hebben daardoor zelfs een grotere reactietijd dan een zelf sturende automobilist.” Vooral in drukke verkeerssituaties houden autonome auto’s een grote afstand. De woordvoerder: “Als er straks nog meer autonome systemen op de weg komen, kunnen de files wel eens verergeren.”

Conclusie en aangrijpingspunten voor beleid

Drijvende krachten

Coöperatief rijden, waarbij voertuigen zowel met elkaar als met infrastructuur communiceren, is de tegenhanger van volledig autonoom rijden, waarbij voertuigen niet of nauwelijks met elkaar praten. Het hangt niet vast aan een bepaald niveau van automatisering. Niveau 1-5-voertuigen zouden in principe zowel coöperatief als autonoom kunnen zijn. Een belangrijk onderscheid is dat coöperatief rijden een belangrijke voorwaarde lijkt om op een veilige manier dichter op elkaar te kunnen rijden en zo maatschappelijke voordelen als een betere verkeersdoorstroming en milieuefficiëntie te bereiken. Door onderlinge communicatie weten voertuigen immers in een mum van tijd wat voertuigen verderop in de verkeersstroom doen en kunnen daarop anticiperen.

Een mogelijke keerzijde van coöperatief rijden is dat door onderlinge communicatie en het uitwisselen van data gevaren op de loer kunnen liggen zoals cyberhacks, die het verkeersysteem kunnen ontregelen. Ook zijn er vragen over data-eigenaarschap en privacy: wie bezit de data, wie heeft toegang tot data en hoe transparant is dit? Als burgers weinig vertrouwen hebben in de veiligheid van het systeem, kan dit het draagvlak voor coöperatief rijden ondermijnen, wat weer slecht is voor de verkoop en winstgevendheid van dergelijke technologie. Minder coöperatieve technologie kan vervolgens resulteren in minder gunstige effecten op doorstroming, milieu en mogelijk verkeersveiligheid. Uitdagingen liggen daarom op het veilig en robuust maken van coöperatieve technologie. Daarnaast is (internationale) coördinatie en standaardisatie een belangrijke vereiste om te waarborgen dat voertuigen van verschillende merken en types met elkaar kunnen communiceren, ook buiten de eigen landsgrenzen.

Wie	Wat
Consument	Vertrouwen in bescherming tegen cyberhacks
	Vertrouwen in bescherming privacy
Industrie	Winstgevendheid coöperatieve systemen
	Veiligheid en robuustheid coöperatieve techniek
	Mogelijkheden internationale standaardisatie en coördinatie
Overheid	Beleefde positieve effecten van coöperatieve voertuigen op doorstroming, veiligheid en milieu

Tabel *Samenvatting van belangrijke drijvende krachten vanuit consument, industrie en overheid*

Aangrijpingspunten voor beleid

Met het oog op aangrijpingspunten voor beleid maken we onderscheid naar: reguleren en coördineren, faciliteren en realiseren, onderzoek doen en monitoren en evalueren. Een volledig overzicht van beleidsaangrijpingspunten gedurende de transitie staat in de tabel op de achterflap.

Reguleren en coördineren

Bij de verdere ontwikkeling van coöperatief rijden spelen overheden een belangrijke rol. Zo zouden overheden zelfs een principiële keuze kunnen maken voor coöperatief rijden en eisen kunnen stellen aan de industrie voor wat betreft standaardisatie. Zo heeft de Verenigde Staten reeds de intentie geuit om nieuwe voertuigen over een paar jaar te verplichten om onderling te kunnen communiceren (*vehicle-to-vehicle*; NHTSA, 2016). Daarnaast is het van belang om goed na te denken over de vraagstukken rond privacy en rond het eigenaarschap, het gebruik en de opslag van data.

Faciliteren, realiseren en onderzoek doen

Naast regulering en coördinatie staan overheden in deze fase voor de keuze in welke digitale infrastructuur moet worden geïnvesteerd. Gaat het daarbij om fysieke wegkantsystemen of zijn mobiele netwerken op korte termijn zo ver ontwikkeld dat informatie gemakkelijk en snel via de cloud kan

worden uitgewisseld? Ook komt hier regelgeving om de hoek kijken, om ervoor te zorgen dat overal en altijd voldoende netwerkcapaciteit aanwezig is om coöperatief rijden zo veilig mogelijk te maken.

Rondom veiligheid van coöperatieve systemen bestaan nog veel onzekerheden. In hoeverre kunnen cyberhacks en de schadelijke gevolgen daarvan worden voorkomen? Welke systemen zijn nodig om coöperatief rijden mogelijk te maken? Moeten er back-upsystemen komen voor het geval een systeem uitvalt (*'redundancy'*)? Het grondig testen van systeemveiligheid, ook in de praktijk, kan de onzekerheid doen afnemen. Daarnaast is het belangrijk om via onderzoek goed inzicht te krijgen in het draagvlak onder de bevolking en mogelijke veranderingen daarin.

Monitoren en evalueren
Monitoring en evaluatie kunnen belangrijke aanvullende inzichten opleveren, zoals in de snelheid van de verkoop en marktpenetratie van coöperatieve systemen en de maatschappelijke effecten daarvan. Daarnaast kunnen de houding en acceptatie van coöperatief rijden, inclusief veranderingen daarin, worden gemonitord.

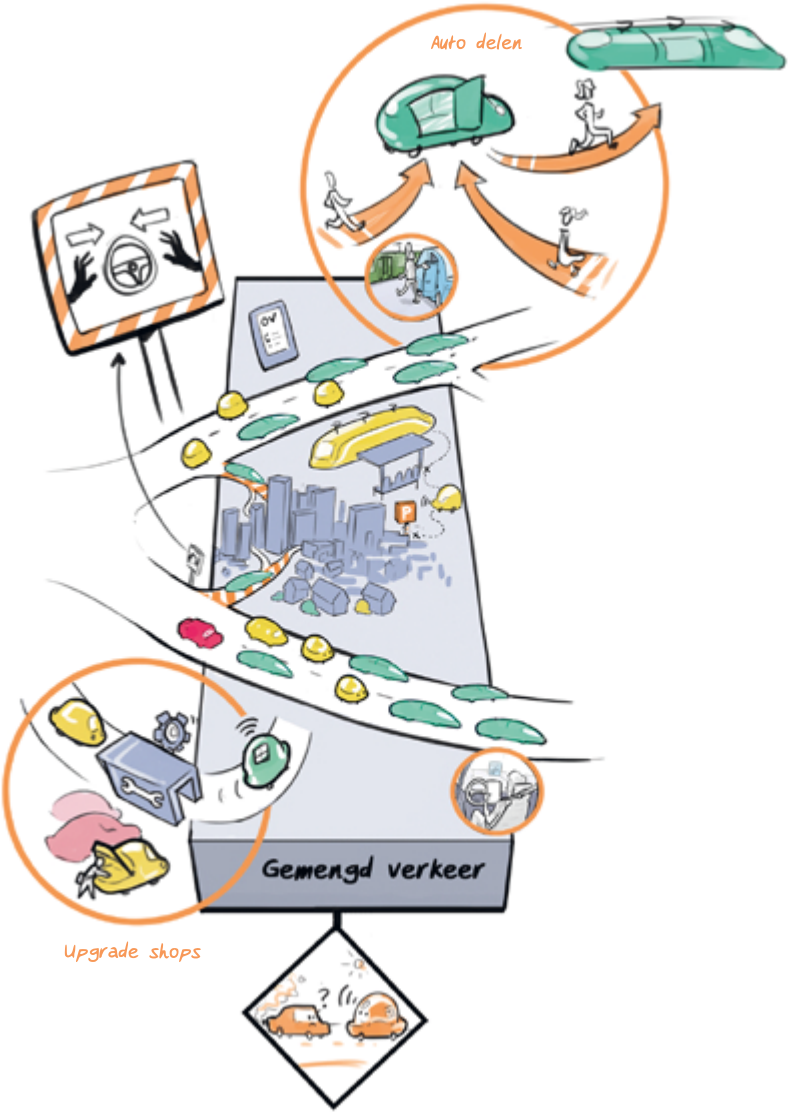
Verdere transitie naar hogere niveaus van automatisering
Een aantal beleidsaangrijpingspunten heeft betrekking op het in goede banen leiden van een toekomst met niveau 3-4-voertuigen. Deze punten hebben niet specifiek betrekking op coöperatief rijden, maar zijn wel van belang om in een vroege fase van de transitie in ogenschouw te nemen. Deels kunnen deze punten ook al spelen bij de fase 'Mens en machine' (hoofdstuk 3), temeer omdat die deels zal overlappen met de 'Coöperatief rijden'-fase.

Mogelijke succesvolle pilots met niveau 3-4-voertuigen worden in deze fase verder opgeschaald. Daarbij speelt het testen van de veiligheid in gemengd verkeer een belangrijke rol. Onderzoek kan verdere inzichten geven in wat veilige en acceptabele volgafstanden zijn in een transitiefase waarin zowel automatische als traditionele voertuigen in dezelfde verkeersstroom rijden. Onderzoek kan bijvoorbeeld ook duidelijk maken in hoeverre de

	Coöperatief rijden
REGULEREN & COÖRDINEREN	Data & privacy Toelating coöperatieve voertuigen Internationale coördinatie coöperatief rijden
FACILITEREN & REALISEREN & EXPERIMENTEREN	Investeren in V2I, V2C Opschalen pilots niveau 3-4 op snelweg Testen veiligheid in gemengd verkeer
ONDERZOEK &	Ethische issues zelfrijdende voertuigen Veilige volgafstanden gemengd verkeer Benodigde breedte rijstroken Niveau 3-4: comfort en wagenziekte
MONITOREN & EVALUEREN	Verkoop en penetratie niveau 1-2 (coöperatieve) systemen Houding en acceptatie burger (coöperatief rijden) Snelheid ontwikkeling niveau 3-4-technologie Effecten pilots opschaling (niveau 3-4)

rijstrookbreedte, door meer precieze automatische besturing, kan worden aangepast. Verder kan in deze fase een gedegen maatschappelijk debat worden gevoerd over ethische issues rondom zelfrijdende voertuigen, zoals keuzes die een voertuig moet maken als een ongeluk niet te voorkomen is.

Monitoring en evaluatie kunnen zich richten op praktijkpilots maar ook op het bijhouden van de snelheid van technologische ontwikkeling. Hoe snel komen niveau 3-4 voertuigen op de markt? En hoe ontwikkelen GPS-, sensor-, camera-, radar- en lasertechnieken zich? Doorbraken in deze ontwikkelingen zouden het bijvoorbeeld mogelijk kunnen maken om dicht op elkaar te rijden zonder coöperatieve technologie. Daarnaast kunnen zich ook op coöperatief vlak doorbraken voordoen (bijvoorbeeld '*zwermtechnologie*'), waardoor voertuigen nog sneller en efficiënter op elkaar en op verkeerssituaties kunnen reageren.


Auto delen
Gemengd verkeer
Upgrade shops

5 Gemengd verkeer op de snelweg: zelfoplossend vermogen of showstopper?

Tijdens de transitie naar een toekomst met zelfrijdende voertuigen komen – afhankelijk van de technologische vooruitgang en de mate van acceptatie – steeds geavanceerdere automatische voertuigen op de weg. Tegelijkertijd verdwijnen oudere voertuigen langzaam uit het straatbeeld. Dit betekent dat gedurende een periode van misschien wel enkele decennia 'dommere' en slimmere voertuigen allemaal tegelijkertijd op dezelfde weg rijden. Deze fase, waarbij de *interactie tussen voertuigen centraal* staat, is cruciaal. In dit hoofdstuk werken we twee situaties uit. In de ene situatie, 'zelfoplossend vermogen', rijden meer en minder zelfrijdende auto's probleemloos door elkaar. In de andere situatie, 'showstopper', verloopt deze transitie problematischer.

Automatisch rijden: automobilisten zeer tevreden

5

VRAGEN

—

... over automatisch rijden

Den Haag, 26 mei 2033
Door onze redacteur Nienke van Gelder

Automobilisten zijn over de hele linie zeer tevreden over automatisch rijden op de snelweg. Dit bleek deze week uit een enquête van TNS-NIPO in opdracht van brancheorganisatie BOVAG-RAI. Het is aardig snel gegaan sinds 2015. Wat zijn de voordelen van automatisch rijden, en rijden we straks allemaal in een automatisch voertuig?

HOE HEEFT AUTOMATISCH RIJDEN ZICH ONTWIKKELD?

De eerste modellen voor personenauto's waren de Tesla Model A en de Mercedes S-klasse uit 2015. Deze auto's hielden automatisch afstand van het overige verkeer. Het niveau van automatisering is 1 en 2 (*zie kader*). Dat werd op dat moment al heel vooruitstrevend gevonden. Door de hoge aanschafprijs waren de auto's vooral populair bij mensen die graag vooroplopen en een hoog inkomen hebben. Tesla en Mercedes gebruikten de ervaringen van de eerste gebruikers om snel met verbeterde modellen op de markt te komen. Personenauto's die volledig zelfstandig op de snelweg kunnen rijden (automatiseringsniveaus 3 en 4), werden voor het eerst leverbaar in de eerste helft van de jaren '20. In de stad hebben deze auto's nog wel menselijke besturing nodig.

Niveau	Aanduiding	Voorbeeld
Menselijke bestuurder monitort de rijomgeving		
0	Geen automatisering.	Lane departure warning
1	Bestuurderondersteuning, maar bestuurder houdt zelf de omgeving in de gaten.	Adaptive cruise control, lane keeping assistant
2	Gedeeltelijke automatisering.	Parkeerassistent, autopiloot
Het automatische systeem monitort de rijomgeving		
3	Conditionele automatisering	Automatische snelwegchauffeur
4	Hoge automatisering. In bepaalde omgeving (parkeergarage, snelweg) geen bestuurder meer nodig.	Automatische snelwegchauffeur, parkeergarage-piloot, bestuurderloze pod
5	Volledige automatisering. Geen bestuurder nodig.	Robottaxi

HOEVEEL AUTOMATISCHE VOERTUIGEN ZIJN ER?

Bijna één op de vijf personenauto's heeft niveau 3 of 4, maar het merendeel van de personenauto's wordt nog gewoon 'traditioneel' bestuurd. Ombouwen van bestaande modellen naar een auto met een hoger niveau van automatisering is in principe mogelijk, maar komt in de praktijk vrijwel niet voor. Er moeten software, sensoren en lasers worden ingebouwd en dat is een kostbare zaak. Automatische voertuigen zijn daarom bijna altijd nieuw. Ook rijden er inmiddels in sommige steden en perifere gebieden zogenoemde bestuurderloze pods op vaste trajecten. Deze vervangen deels het traditionele bemande openbaar vervoer maar vullen het op sommige plekken ook aan.

In het vrachtverkeer is automatisch rijden al heel gewoon. Eind vorig jaar had 60 procent van de vrachtwagens automatiseringsniveau 3 of 4. Automatisch rijden heeft als voordeel dat vrachtwagenchauffeurs werktijd achter het stuur kunnen afwisselen met rusten wanneer de vrachtwagen zichzelf bestuurt. Hierdoor verdient de techniek zich in de vrachtsector snel terug. Vooral grote distributiebedrijven stappen snel over.

AL DIE VEILIGHEIDSNIVEAUS DOOR ELKAAR OP DE SNELWEG, IS DAT NIET ONVEILIG?

Vooraf waarschuwden experts dat menging van voertuigen met verschillende veiligheidsniveaus tot onveilige situaties zou leiden. Die angst blijkt tot nu toe ongegrond. Zelfrijdende auto's van alle niveaus functioneren op de snelweg veilig en betrouwbaar. Uit de enquête van BOVAG-RAI blijkt dat automobilisten positief staan tegenover automatisch rijden. Bestuurders van een traditionele auto ervaren het rijgedrag van zelfrijdende auto's zelfs als veiliger en beschaafder dan van zelfstuurders. Ruim 70 procent van de ondervraagden acht de kans groot dat hun volgende auto een zelfrijdende auto is (mits betaalbaar).

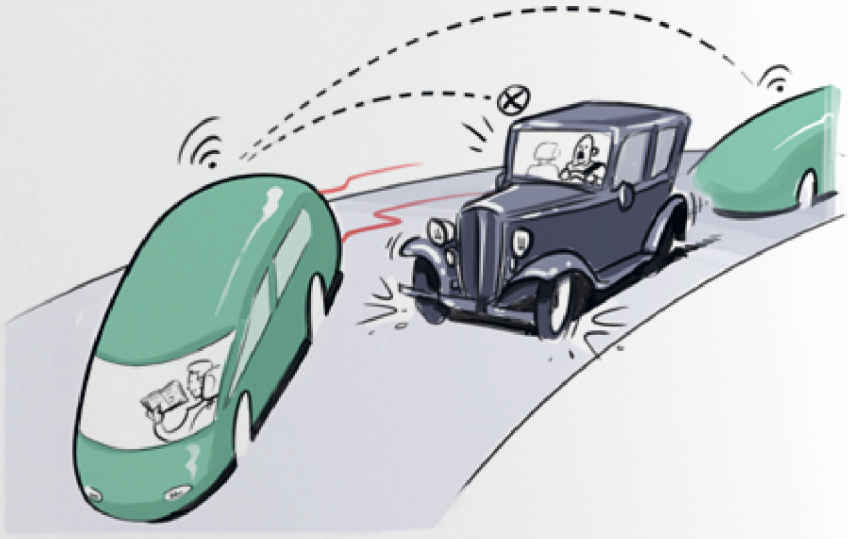
WAT ZIJN DE MAATSCHAPPELIJKE VOORDELEN VAN AUTOMATISCH RIJDEN?

Automatisch rijden heeft een gunstig effect op de verkeersdoorstroming op de snelweg, zo blijkt uit de filemonitor 2032. Ook zijn er positieve effecten op het milieu. Afremmen en optrekken leidt tot hoge emissies en automatische voertuigen doen dat in vergelijking met traditionele auto's veel minder. De effecten op de verkeersveiligheid lijken ook positief. Er hebben zich tot nu toe weinig ongevallen met zelfrijdende auto's voorgedaan. Of het effect significant is, is echter nog moeilijk te zeggen. Het aantal verkeersincidenten op snelwegen is sowieso al gering.

WAT ZIJN DE TOEKOMSTVERWACHTINGEN?

Zelfrijdende auto's worden steeds goedkoper in aanschaf. Hoe hoger de verkoopaantallen, hoe groter de schaalvoordelen van serieproductie. De verwachting is dat over tien jaar automatische voertuigen zeker de helft van het autopark zullen uitmaken. De doorstroming op de snelwegen zal hierdoor nog verder verbeteren. Verkeerskundigen achten de kans verder groot dat automatisch rijden zal leiden tot een hogere automobiliteit. Automobilisten zullen met een automatische auto naar verwachting vaker en verder reizen dan met een traditionele auto. Voor mensen met een baan wordt het bijvoorbeeld aantrekkelijk om op grotere afstand van het werk te gaan wonen.

De robotauto krakend tot stilstand. Hoe kan dat?



Den Haag, 26 mei 2033
Door onze redacteur Ahmed de Boer

5
VRAGEN
—
... over de teloorgang van de zelfrijdende auto

Automobilisten zijn ontevreden over het volautomatisch rijden op de snelweg. Dit bleek deze week uit een enquête van TNS-NIPO in opdracht van brancheorganisatie BOVAG-RAI. Het leek zo goed te gaan met de zelfrijdende auto. De robotauto zou ons meer verkeersveiligheid bieden, meer auto's op de weg per strekkende kilometer en efficiënt gebruik van onze kostbare tijd. Het is anders gelopen. De robotauto die zo vlot uit de startblokken ging, is piepend en krakend tot stilstand gekomen. De consument keert zich af, de overheid is kopschuw en de auto-industrie kijkt de kat uit de boom. Hoe is dat zo gekomen?

WAT WERD ER VAN DE ZELFRIJDENDE AUTO VERWACHT?

Vooral in de periode 2015-2020 waren de verwachtingen hooggespannen. Nieuwe technologie zou het autorijden veraangenamen. Menselijke fouten behoorden tot het verleden omdat de techniek het rijden overnam. De verkeersveiligheid zou sterk verbeteren en ook de doorstroming zou erop vooruitgaan. De zelfrijdende auto's en vrachtauto's konden immers dichter op elkaar rijden – er paste gewoonweg meer verkeer op de weg. Tot slot ging iedereen ervan uit dat werkgevers het prachtig zouden vinden. Veel werknemers zouden immers van en naar het werk nuttige dingen in de auto kunnen doen. Niet alleen een handsfree telefoontje plegen, nee, voortaan konden ze in hun rijdende lease-kantoortje ook berekeningen maken, adviezen schrijven en presentaties in elkaar draaien.

HOEVEEL VOLAUTOMATISCHE VOERTUIGEN ZIJN ER?

Vrijwel iedere auto heeft inmiddels één om meer 'rijktaakondersteunende' systemen, zoals adaptieve cruise control. Het aantal voertuigen dat volautomatisch op snelwegen rijdt, is echter nog zeer beperkt. Volgens BOVAG-RAI bestond vorig jaar slechts 3 procent van het autopark uit robotauto's. Bij vrachtauto's ligt het percentage hoger, maar is de groei er al jaren uit. Uit de TNS-NIPO-enquête blijkt dat slechts 6 procent van de mensen die een 'gewone' auto bezit, overweegt om in de komende vijf jaar een zelfrijdende auto te kopen.

WAAROM ZIET DE CONSUMENT HET NIET ZITTEN?

Het debat over de zelfrijdende auto is jarenlang gedomineerd door technologie-freaks. Een kleine kring van liefhebbers was geobsedeerd door alle technologische mogelijkheden. De vraag of de gemiddelde consument ook zo geïnteresseerd was in de robotauto, werd amper gesteld. Toen de eerste volledig zelfrijdende 'snelwegauto's' op de markt kwamen, denk aan de Google Fata Morgana en de Apple Tabula Rasa, bleek dat de consument het handmatig rijden veel leuker vond. Hij is verknocht aan zijn versnellingspook en wil de controle over zijn machine niet kwijt. Daar kwam nog bij dat er kort na de introductie allerlei gevaarlijke situaties ontstonden, vooral bij het invoegen en ritsen van het verkeer. En, ook al ging het goed, menigeen voelde zijn hartslag oplopen als een robotauto pal voor een andere (standaard) auto invoegde. En dan waren er nog de kosten. De eerste automatische voertuigen waren alleen weggelegd voor de bemiddelde happy few en dat leidde tot scheve ogen. Er wordt nog steeds schamper gesproken over 'poen pods'.

WAAROM GREEP DE OVERHEID NIET IN?

De overheid, vooral het kabinet-Janssen II, was aanvankelijk positief en stimuleerde en faciliteerde de ontwikkeling van het automatisch rijden. Na heftige en negatieve discussies in de (sociale) media werd de overheid voorzichtiger. Met name de oppositiepartij Vooruit in Nederland vond dat de consument niets moest worden opgedrongen. Nadat er vorig jaar ook nog een referendum over de wenselijkheid van de zelfrijdende auto werd voorbereid, is de regering helemaal kopschuw geworden. De regelgeving rond de robotauto wordt voorlopig niet meer verruimd. Ook het ontvlechten van het verkeer, zoals aparte rijstroken voor zelfrijdende vrachtauto's, komt niet van de grond om de simpele reden dat het te kostbaar wordt gevonden.

WAAROM LIET DE AUTO-INDUSTRIE HET AFWETEN?

De auto-industrie volgde uiteraard nauwlettend hoe de eerste automatische voertuigen werden ontvangen. Al snel werd duidelijk dat de consument niet stond te juichen en dat werkgevers geen zin hadden om te investeren in een peperdure robot-van-de-zaak, ook omdat van werken in de auto niets terechtkwam. De verkoopcijfers vielen dan ook tegen. En er was nog een reden waarom de vaart eruit ging. Er kwam nog heel wat kijken bij een goed functionerende robotauto. Het viel niet mee om een veilig systeem te ontwikkelen dat ook nog eens goed aansloot bij de psyche van de mens. De auto-industrie probeert de zelfrijdende auto's nu 'menselijker' te maken door grotere volgafstanden aan te houden en ze minder snel te laten remmen en versnellen. Dit ondervangt echter niet de diepgevoelde behoefte aan controle over het voertuig. Bovendien gaan de grotere volgafstanden ten koste van de doorstroming, en daar is de overheid weer niet blij mee.

Conclusie en aangrijpingspunten voor beleid

Drijvende krachten

Als de technologische ontwikkeling niveau 3-4 mogelijk maakt, komt er een fase in de transitie waarin deze voertuigen zich gaan mengen met niet-geautomatiseerde voertuigen. De mate waarin dit gebeurt, is sterk afhankelijk van hoe veilig en robuust de industrie zelfrijdende voertuigen weet te maken. Hierbij gaat het enerzijds om de veiligheid van het voertuig zelf, onder alle weersomstandigheden. Anderzijds speelt ook een goede, voorspelbare interactie met andere voertuigen een rol. Bestuurders van niet-automatische voertuigen moeten niet schrikken of zich oncomfortabel voelen door het rij- en invoeggedrag van zelfrijdende voertuigen. Plotseling dichtbij invoegen kan tot onveilige situaties leiden, waardoor het vertrouwen in zelfrijdende voertuigen kan afnemen. Dit kan de verkoop en winstgevendheid van zelfrijdende technologie negatief beïnvloeden, wat vervolgens ook een barrière kan zijn voor verdere verbetering en doorontwikkeling van zelfrijdende technologie.

Ruime volgafstanden kunnen een manier zijn om het vertrouwen in zelfrijdende technologie onder bestuurders van traditionele voertuigen te laten toenemen. Tegelijkertijd kan dit ten koste gaan van de positieve effecten op doorstroming die zelfrijdende (coöperatieve) voertuigen zouden kunnen hebben. Dit zou zelfs kunnen leiden tot een tijdelijk verslechterde doorstroming, waardoor het draagvlak onder burgers en bij overheden onder druk kan komen te staan.

Naast vertrouwen in veiligheid kunnen ook beleving van gebruiksgemak en de *funfactor* belangrijke drijvende krachten zijn. Als gemak en meerwaarde niet duidelijk zijn of als mensen vanwege rijplezier veel waarde blijven hechten aan zelf sturen en schakelen, dan kan marktpenetratie op den duur stokken. Zonder additioneel beleid dat het manueel rijden ontmoedigt, kan dan gedurende lange tijd een situatie met gemengd verkeer ontstaan, mogelijk met minder gunstige maatschappelijke effecten (vooral qua doorstroming) dan nu vaak wordt verwacht.

Wie	Wat
Consument	Vertrouwen in veiligheid niveau 3-4 in gemengd verkeer
	Beleving gebruiksgemak en *funfactor* niveau 3-4
Industrie	Winstgevendheid niveau 3-4-systemen
	Veiligheid en robuustheid techniek in gemengd verkeer
Overheid	Beleefde positieve effecten op doorstroming, veiligheid, milieu en effectief tijdgebruik (vooral buiten de bebouwde kom)

Tabel *Samenvatting van belangrijke drijvende krachten vanuit consument, industrie en overheid*

Aangrijpingspunten voor beleid

Met het oog op aangrijpingspunten voor beleid maken we onderscheid naar: reguleren en coördineren, faciliteren en realiseren, onderzoek doen en monitoren en evalueren. Een volledig overzicht van beleidsaangrijpingspunten gedurende de transitie staat in de tabel op de achterflap.

Reguleren en coördineren

In de conclusie van hoofdstuk 4 is het belang aangegeven van het uitvoerig testen en opschalen van pilots met niveau 3-4-voertuigen. De voornaamste insteek hierbij is om te onderzoeken en testen of en hoe deze voertuigen zich veilig kunnen mengen in een verkeersstroom met traditionele voertuigen. Daarnaast zijn de pilots erop gericht om uit te vinden wat comfortabele volgafstanden zijn en om de benodigde rijstrookbreedte te bepalen. Deze breedte zou op den duur kunnen afnemen als de techniek de voertuigen ‘preciezer’ weet te sturen dan de mens. Maar zelfs als dit het geval is, kunnen rijstrookbreedtes niet worden aangepast voordat alle traditionele voertuigen van de weg zijn verdwenen. Dit zou wel enkele decennia kunnen

duren, zelfs als de grote meerderheid voorstander is van zelfrijdende voertuigen.

Als testervaringen positief zijn, komen in deze fase niveau 3-4-voertuigen op de markt, die automatisch op snelwegen kunnen rijden. Voordat dit gebeurt, moet een aantal zaken worden geregeld. Dit geldt bijvoorbeeld voor ethische issues rondom zelfrijdende voertuigen, zoals keuzes die een voertuig zou moeten maken als een ongeluk niet te voorkomen is. Ook over toelating van voertuigen moeten afspraken worden gemaakt. Hierbij speelt internationale coördinatie een belangrijke rol; zo wordt voorkomen dat voertuigen opeens niet meer veilig automatisch kunnen rijden als ze een landsgrens passeren.

In het verlengde daarvan moet ook worden nagedacht over hoe uniform zelfrijdende voertuigen qua gedrag moeten zijn. Moeten er minimaal (en mogelijk ook maximaal) toelaatbare volgafstanden komen? En hoe wordt omgegaan met invoegen en uitvoegen op snelwegen? Mag dit in het begin van de transitie al automatisch gebeuren? En wie heeft dan voorrang, de automatische auto op de niet-automatische of omgekeerd? Of geldt dat uitvoegers voorrang krijgen op invoegende voertuigen? Of gaat dit allemaal probleemloos? Een andere afweging is de ruimte die de industrie zou moeten krijgen om hun voertuigen een eigen karakter te geven. In de huidige situatie hebben automerken hun eigen imago. Sommige auto's hebben een sportief karakter terwijl andere voertuigen zich meer richten op comfort. Het is de vraag in hoeverre dergelijke karaktereigenschappen vertaald kunnen worden naar zelfrijdende voertuigen. Accelereren sommige zelfrijdende voertuigen sneller dan anderen? Zijn er verschillen qua invoeggedrag? En zijn dergelijke verschillen wenselijk vanuit het perspectief van verkeersveiligheid, doorstroming en milieu? Dit zijn allemaal discussiepunten die aan het begin van deze fase beslecht zouden moeten zijn.

Faciliteren en realiseren

Als testervaringen in gemengd verkeer minder positief zijn, bijvoorbeeld vanuit verkeersveiligheidsoogpunt, dan moet in deze fase de afweging worden gemaakt tussen het aan banden leggen van zelfrijdende technologie of het op de koop toenemen van (beperkte) veiligheidsissues, net als in de huidige situatie (met menselijke bestuurders). Veel hangt daarbij af van hoe (on)veilig de techniek is en wat maatschappelijk acceptabel wordt gevonden. Hierbij kan worden overwogen om zelfrijdende voertuigen alleen toe te staan op daarvoor gereserveerde rijstroken. Dit verhoogt de veiligheid, maar kan zonder extra investeringen in infrastructuur ten koste gaan van de capaciteit en doorstroming op bestaande wegen.

Deze afweging tussen wel of niet investeren in aparte 'zelfrijdende rijstroken' is bij vrachtwagens misschien nog wel pregnanter. Als er iets mis gaat, zijn de gevolgen vanwege het grotere gewicht en de langere remweg groter. Vervoersbedrijven zien het in treintjes – 'platoons' – kunnen rijden als grote winst van zelfrijdende technologie. De vraag is of en hoe deze platoons zich veilig in gemengd verkeer kunnen begeven. De uitdaging ligt onder andere bij het in- en uitvoegen van personenauto's en vrachtwagens. Maar ook de plaats waar platoonvorming plaatsvindt speelt hierbij een rol. Hoe gebeurt dit in druk verkeer met veel in- en uitvoegers en rijstrookwisselingen? Als platoons al worden gevormd voordat vrachtwagens de snelweg op rijden, is vervolgens de vraag hoe deze treintjes veilig kunnen invoegen in een gemengde verkeersstroom.

Door de fysieke scheiding van verkeersrichtingen vormen snelwegen een gecontroleerde omgeving om voertuigen met niveau 3-4 eerst toe te laten. Daarna zou bij positieve effecten een verdere uitrol kunnen plaatsvinden naar belangrijke ringwegen en andere doorgaande (80 en 100 kilometer) twee- en driestrookswegen. De vraag is wel of vrachtwagenplatoons goed werken op dergelijke tweestrookswegen, helemaal als er verschillen in

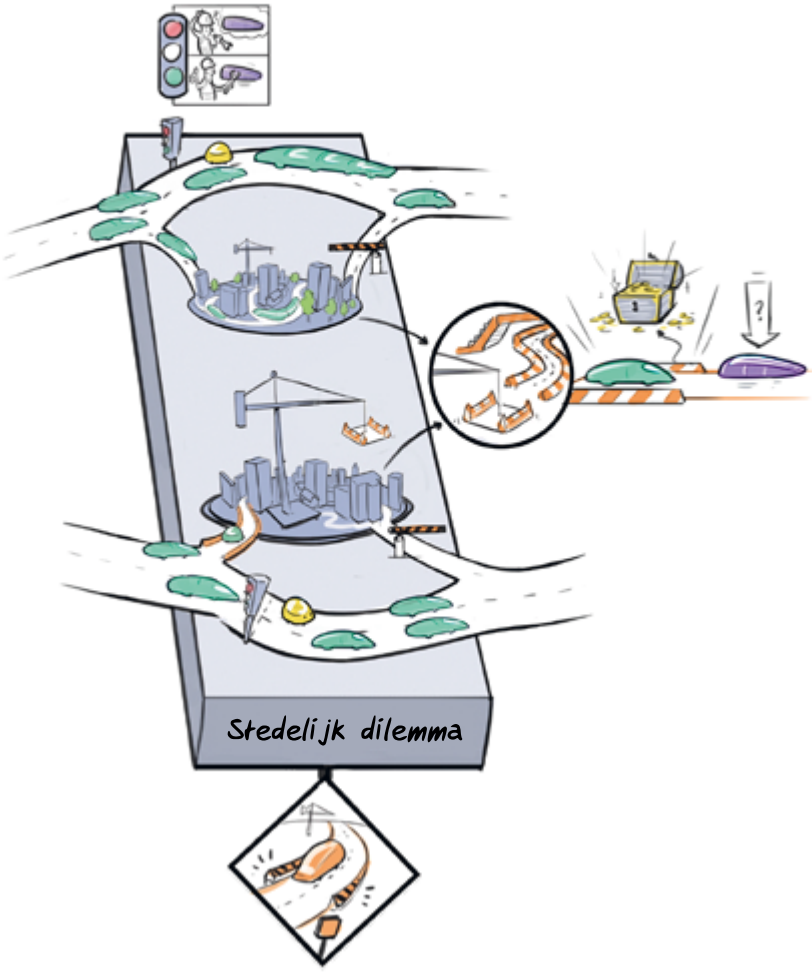
	Gemengd verkeer
REGULEREN & COÖRDINEREN	Ethische issues zelfrijdende voertuigen Toelating voertuigen van niveau 3-4 Internationale coördinatie niveau 3-4 Minimale volgafstanden Regelgeving in-/uitvoegen
FACILITEREN & REALISEREN & EXPERIMENTEREN	Wel/niet niveau 3-4 op aparte rijstroken Wel/niet breedte rijstrook aanpassen Pilots niveau 5 stad
ONDERZOEK	Wens consument om binnen stad automatisch te rijden Benodigde ingrepen en kosten niveau 4 in stad Wanneer niveau 5?
MONITOREN & EVALUEREN	Verkoop en penetratie niveau 3-4-systemen Houding en acceptatie burger (niveau 3-4) Maatschappelijke effecten niveau 3-4 in de praktijk Snelheid ontwikkeling niveau 5-technologie Effecten pilots (niveau 5)

snelheidslimieten zijn tussen personenauto's en vrachtwagens.

Monitoren en evalueren
Net als in andere transitiefases spelen monitoring en evaluatie in deze fase een belangrijke rol. Het gaat hierbij om het monitoren van de verkoop en penetratie van zelfrijdende voertuigen en om de houding van burgers. Daarnaast is het belangrijk om de effecten op doorstroming, veiligheid, milieu en slijtage van infrastructuur (bijvoorbeeld door platoons) grondig te meten en te evalueren.

Verdere transitie naar hogere niveaus van automatisering
Als ervaringen met niveau 3-4-voertuigen buiten de bebouwde kom positief zijn en niveau 5-voertuigen nog lang op zich laten wachten, kunnen overheden voor de keuze komen te staan om bepaalde stedelijke routes geschikt te maken voor automatisch rijden. In deze fase kan onderzoek worden gedaan naar de waarde die burgers hieraan hechten en naar de benodigde infrastructurele aanpassingen en bij-behorende kosten. Bij aanpassingen kan worden gedacht aan duidelijke fysieke scheidingen tussen auto- en fietsverkeer en aan het vermijden van kruisingen.

Om onnodige investeringen te voorkomen, is het belangrijk om de snelheid van de ontwikkeling naar niveau 5 te onderzoeken en aandachtig te monitoren. Daarnaast kunnen in deze fase, als de techniek zover is, de eerste pilots met niveau 5-voertuigen in de stad plaatsvinden.


Stedelijk dilemma

6
Stedelijk dilemma: niets doen of ontvlechten van verkeersstromen?

De *interactie tussen auto en infrastructuur* staat in dit hoofdstuk centraal. Het startpunt is dat het merendeel van de voertuigen op de weg van niveau 3-4 is. Deze voertuigen rijden automatisch op snelwegen. Niveau 5-voertuigen zijn er nog niet en het is zeer onzeker of deze volledig zelfrijdende technologie er komt, en zo ja wanneer. Experts verschillen hierover van mening. In deze onzekere context kan een stedelijk dilemma ontstaan. Moet er worden geïnvesteerd in dure (infrastructurele) maatregelen om niveau 3-4-voertuigen automatisch te kunnen laten rijden op bepaalde stedelijke routes, of moet er worden gewacht op niveau 5? In dit hoofdstuk werken we twee situaties uit. In de ene situatie, 'ontvlechten van verkeersstromen', wordt in een referendum gepleit voor investeren. In de andere situatie wordt gewezen op de voordelen van 'niets doen'.

OP 15 JANUARI 2045 KUNT U NAAR DE DIGITALE STEMBUS.
DE VRAAG VAN HET STADSREFERENDUM IN BURGERDAM LUIDT:
BENT U ERVOOR OF ERTEGEN DAT DE GEMEENTE INVESTEERT
IN HET SCHEIDEN VAN VERKEERSSTROMEN?
STEM VOOR
Het platform Mobiel-Burgerdam.nl adviseert u om VOOR te stemmen! Het platform is een samenwerkingsverband van politieke partijen, bedrijfsleven, milieugroepen en autoliefhebbers.

Buiten de stad ervaart elke automobilist dagelijks de voordelen van het automatisch rijden. Op de snelweg kom je tot rust en je kunt je tijd in de auto nuttig besteden. Totdat we de stad in rijden! Dan maken rust en gemak plaats voor drukte, oponthoud en gevaarlijke situaties. Daar kunnen we met elkaar een eind aan maken door autorijden, fietsen en lopen van elkaar te scheiden! Vier argumenten waarom u **VOOR** moet stemmen!

1. Verbeterde verkeersveiligheid
Dankzij de nieuwe technologie is het op de snelweg veel veiliger op geworden. Het aantal doden en gewonden is sinds 2020 met 60 procent gedaald. Dat kunnen we ook in de stad bereiken door op de belangrijkste wegen auto's, fietsers en wandelaars te scheiden. Wanneer iedereen zijn eigen weg en eigen pad heeft, zal dit de verkeersveiligheid aanmerkelijk verbeteren.

2. Betere doorstroming en een beter milieu
De files zijn op de snelwegen bijna geheel verdwenen. Een groot verschil met twintig jaar geleden. Toen stond het verkeer nog regelmatig vast. Nu zoeven we, met losse handen, soepel van A naar B. Het scheelt reistijd en het is aantoonbaar beter voor het milieu. Twee aspecten die we natuurlijk ook in Burgerdam willen realiseren. Nu staan we nog eindeloos voor stoplichten te wachten. Straks bewegen auto, fiets en benenwagen zich vloeiend door de stad.

3. Een impuls voor de lokale werkgelegenheid
Natuurlijk kost het scheiden van wegen geld. Het platform Mobiel Burgerdam vindt het echter een uitstekende besteding van gemeenschapsgeld. De kosten gaan ook hier voor de baten uit. Veiligheid, doorstroming en milieu mogen wat kosten! Mensenlevens zijn immers niet in geld uit te drukken. Bovendien zullen de investeringen een impuls betekenen voor de lokale economie. Naar verwachting komen er in de komende vijf jaar miljoenen euro's beschikbaar.

4. De volledig zelfrijdende auto is er niet en komt er niet
Sommige critici wijzen erop dat de investeringen onnodig zijn. De komst van de volledig zelfrijdende auto zou immers een kwestie van tijd zijn. Dit argument kan naar het rijk der fabelen worden verwezen. De zelfrijdende auto die met alles en iedereen rekening houdt, is er niet en zal er waarschijnlijk ook nooit komen. De techniek is ver ontwikkeld, maar de situatie in de stad is gewoon heel veel complexer dan op de snelweg. De enige oplossing is het scheiden van het verkeer.

WEES GEEN DWARSLIGGER: STEM VOOR!

OP 15 JANUARI 2045 KUNT U NAAR DE DIGITALE STEMBUS.
DE VRAAG VAN HET STADSREFERENDUM IN BURGERDAM LUIDT:
BENT U ERVOOR OF ERTEGEN DAT DE GEMEENTE INVESTEERT
IN HET SCHEIDEN VAN VERKEERSSTROMEN?
STEM TEGEN
Stopinvesteren.nl adviseert u om TEGEN te stemmen. Gooi geen geld weg voor gescheiden verkeer!

Lekker wandelen en fietsen door de stad zonder hindernissen, geen verspilling, meer geld naar groen en leefbaarheid, lekker zelf autorijden. Als groep van bezorgde burgers van Burgerdam geven we u vier argumenten waarom u op 15 januari **TEGEN** moet stemmen!

1. Investeren in gescheiden verkeersstromen is geld weggooien
Het scheiden van verkeersstromen in onze mooie gemeente is niet alleen duur, het is ook nog eens overbodig. Experts verwachten dat binnen een paar jaar het volautomatisch rijden (niveau 5) gemeengoed wordt. Bij dat niveau van automatisering is het scheiden van verkeer niet meer nodig. Investeren in gescheiden verkeer is dan voor niets geweest of kan ons zelfs een achterstand bezorgen ten opzichte van steden die het verkeer niet hebben gescheiden ('de wet van de remmende voorsprong').

2. Scheiden is lijden
Scheiden van infrastructuur zorgt voor onwenselijke barrières in Burgerdam. Fietsers en voetgangers moeten ver omfietsen en omlopen om wegen waar volautomatisch gereden wordt over te steken.

3. Besteed het geld liever aan een leefbare en groene stad!
Elke cent die de gemeente investeert in gescheiden verkeer, kan niet aan andere nuttige zaken besteed worden, zoals aan zelfrijdend openbaar vervoer en aan het leefbaarder en groener maken van de stad. De inwoners van de binnenstad wachten al heel lang op het opknappen van het stadspark.

4. Zelf rijden is leuker
Veel automobilisten zitten op dit moment niet eens te wachten op automatisch rijden in de stad. Landelijk onderzoek wijst dit uit. Automatisch rijden is nu al mogelijk op snelwegen en op veel doorgaande wegen buiten de bebouwde kom, en dat voldoet prima. De tijdwinst bij volautomatisch rijden in de stad is minimaal: de auto moet veel meer optrekken en afremmen dan op snelwegen en dat is niet echt comfortabel. Passagiers worden vaak zelfs misselijk als ze dan gaan lezen/werken.

GOOI GEEN GELD WEG: STEM TEGEN!

Conclusie en aangrijpingspunten voor beleid

Drijvende krachten
Onduidelijkheid rondom de vraag of, en zo ja wanneer niveau 5 mogelijk wordt, is een cruciale drijvende kracht in dit hoofdstuk. Als deze voertuigen er snel komen, dan heeft het minder nut om te investeren in het scheiden van verkeersstromen. Als het lang duurt, zou investeren in infrastructuur een reële optie kunnen zijn. Een belangrijke motivatie vanuit de (decentrale) overheid zou daarbij kunnen zijn dat positievere effecten op doorstroming, veiligheid en milieu ook in sommige delen van steden optreden. Maar deze effecten zijn waarschijnlijk kleiner dan buiten de stad. Door het scheiden van verkeersstromen in de stad verbetert de veiligheid waarschijnlijk ook al zonder dat er automatisch wordt gereden.

Een andere reden om te investeren, zou een effectiever gebruik van reistijd kunnen zijn. Veel hangt daarbij af van wat 'de maatschappij' belangrijk vindt en welke afwegingen daarbij woorden gemaakt. Automatisch rijden (op sommige routes in de stad) kan het gebruiksgemak vergroten. Aan de andere kant zou het benodigde geld om dit te bereiken ook aan andere zaken kunnen worden besteed, zoals leefbaarheid en gezondheid.

Wie	Wat
Consument	Beleving gebruiksgemak en *funfactor* niveau 3-4 in de stad
Industrie	Technologische mogelijkheden: onduidelijk wanneer niveau 5 mogelijk is
Overheid	Beleefde positieve effecten op doorstroming, veiligheid, milieu en effectief tijdgebruik

Tabel *Samenvatting van belangrijke drijvende krachten vanuit consument, industrie en overheid*

Aangrijpingspunten voor beleid
Met het oog op aangrijpingspunten voor beleid maken we onderscheid naar: reguleren en coördineren, faciliteren en realiseren, onderzoek doen en monitoren en evalueren. Een volledig overzicht van beleidsaangrijpingspunten gedurende de transitie staat in de tabel op de achterflap.

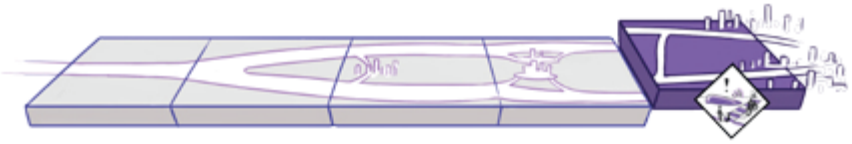
Automatisch rijden in de steden is vanwege de smalle wegen en de vele interacties met ander verkeer, zoals fietsers en voetgangers, een complexe aangelegenheid. Om veilig met niveau 3-4-voertuigen op stedelijke routes te kunnen rijden, moeten allereerst mogelijke conflictsituaties tussen voertuigen en fietsers/voetgangers worden voorkomen. Dit kan onder andere door het fysiek scheiden van wegen, fiets- en wandelpaden in de stad. Daarnaast zou de wegbelijning, net als op snelwegen, op orde moeten zijn voor een goede positiebepaling (aangenomen dat de positiebepaling op de weg dan nog steeds met wegbelijning gebeurt).

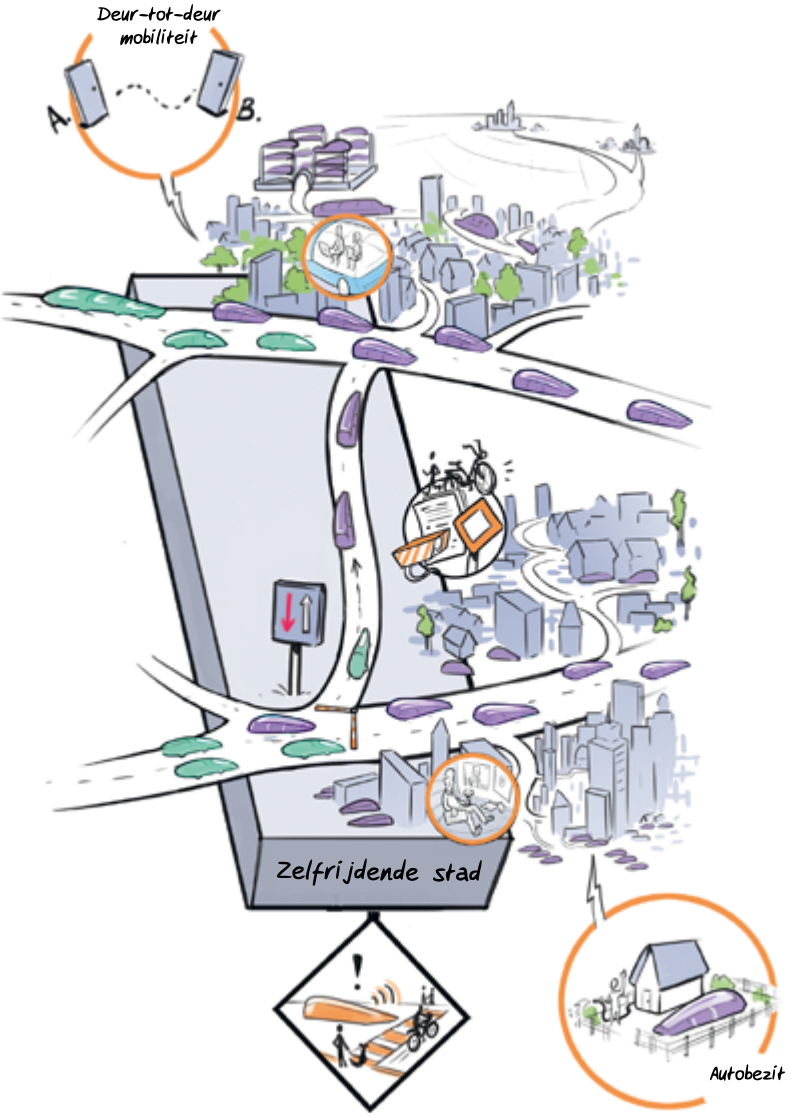
Ook zijn er in deze fase bepaalde monitoringsaspecten. Zo is het belangrijk om in de gaten te houden hoe de maatschappelijke acceptatie ten aanzien van zelfrijdende voertuigen in steden zich ontwikkelt. Daarnaast gaat het om het meten en evalueren van maatschappelijke effecten, zoals stedelijke doorstroming en verkeersveiligheid.

Verdere transitie naar hogere niveaus van automatisering
Door de technologische ontwikkelingen in de richting van niveau 5 goed in de gaten te houden, kunnen onaangename verassingen worden voorkomen. Als niveau 5-technologie daadwerkelijk beschikbaar komt, volgt waarschijnlijk eerst een pilotfase. Bij positieve effecten kunnen experimenten vervolgens verder worden opgeschaald. Een belangrijk onderdeel van de pilots in deze fase is om te onderzoeken hoe niveau 5-voertuigen zich gedragen in gemengd verkeer in de stad. Dit kan op smalle straten en bij ongeregelde kruisingen namelijk tot

conflicten leiden met ander verkeer. Denk hierbij aan overstekende fietsers en voetgangers die de 'veilige' zelfrijdende auto kunnen laten stoppen, wat tot opstoppingen zou kunnen leiden. Denktanks zouden in deze fase kunnen nadenken over de vraag hoe de zelfrijdende auto veilig en vlot zijn weg vindt in de stad.

	Stedelijk dilemma
REGULEREN & COÖRDINEREN	■ Regelgeving en handhaving voor veilig en vlot rijden niveau 3-4 in stad
FACILITEREN & REALISEREN & EXPERIMENTEREN	■ Routes in steden voor niveau 3-4 aanpassen ■ Wegbelijning en bebording op orde in stad ■ Opschalen niveau 5 stad
ONDERZOEK &	Maatregelen niveau 5 in stad: ■ Fysieke scheiding vervoerwijzen ■ Slimme camera's en sensoren ■ Lage snelheid in stad ■ 'Dwingende' voertuigen
MONITOREN & EVALUEREN	■ Houding en acceptatie burger (niveau 3-4 stad) ■ Maatschappelijke effecten niveau 3-4 in de stad ■ Snelheid ontwikkeling niveau 5-technologie ■ Effecten pilots en opschaling (niveau 5)




Deur-tot-deur mobiliteit
A.
B.
Zelfrijdende stad
Autobezit

7 Zelfrijdende stad: harmonische interactie of betwiste ruimte?

We veronderstellen dat niveau 5-voertuigen werkelijkheid zijn geworden. Bestuurders zijn tot passagier verworden, zowel binnen als buiten de stad. Dit klinkt verleidelijk, maar gaat dit werken in een drukke stad? In dit hoofdstuk gaan we in op deze *interactie tussen auto en langzaam verkeer*. In het eerste whatsappgesprek zoeft de zelfrijdende auto probleemloos door de stad en is sprake van een harmonische interactie met andere verkeersdeelnemers. In het andere geval gaat dit minder goed en strijden de zelfrijdende auto en de fiets om voorrang in de schaarse ruimte.

Harmonische interactie

Hoi Florien, ik ben ietsje te laat ben voor tennis. Ik zat zo lekker relaxed te werken dat ik ben vergeten mijn auto het commando te geven de langzaamverkeersstraatjes te mijden. Gaat even iets langzamer, maar wel gezellig zo dat gemengd verkeer.

Hoi Kees, geen probleem, ik ben er ook nog niet. Ik ben met de fiets, sta voor het stoplicht op de Waardersingel te wachten tot al die rijdende kantoortjes zoals die van jou 😜 voorbij zijn.

Ha Florien, even tussendoor piepen is ook geen optie denk ik zo? Ik kreeg vorige keer op de fiets een behoorlijke boete... 🙁

Nee, het hangt hier vol camera's...!

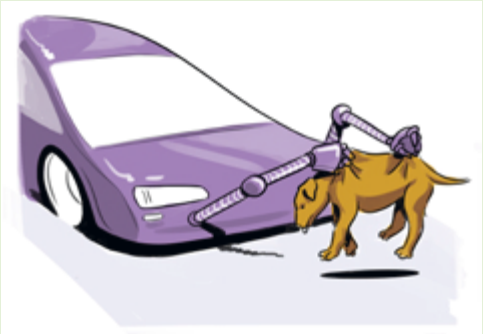
Gelukkig maar, want anders krijg je weer kwajongens die voor de grap gaan oversteken en de boel frustreren. Ik had mijn zelfrijdende auto een paar jaar geleden bijna weggedaan toen het zo rommelig werd. Goed geregeld nu.

Ja waardeloos toen.... Ik heb net een hele tijd gefietst over een apart fietspad. Lekker relaxed! Wat zit je te doen trouwens?

Filmpje kijken. Net nog spannend hier met loslopende hond ... Ik was benieuwd hoe het zou aflopen.

En... plat?

Nee joh 🙂. De auto heeft hem netjes weggeduwd. Dat ‘handje’ aan de voorkant werkt perfect! 👍🏻



Handig Kees, neem ik ook bij mijn volgende auto.

Ik kan je de mijne aanbevelen, Florien. Ik heb hem nu een half jaar. Bevalt prima. Helemaal niet duur.

Ja, ik zag het ook, prijzen zijn flink aan het zakken.

Mijn buurman van 80 heeft zelfs net een auto gekocht. Heeft al twintig jaar geen auto meer gereden sinds hij zijn zelfstuurder in de prak reed. Hij bloeit helemaal op! Gister zag ik hem met allemaal andere oudjes lekker kaarten in de auto, kopje koffie erbij 🙂🙂.

🙂 Ik mag weer fietsen! Zie je zo, Kees!!

Betwiste ruimte

Hoi Peter, we hadden het toch over zelfrijdende auto's in de stad? Ik lees net dat nu ook Rotterdam de robotauto's niet meer toelaat. Je mag er volgende maand niet meer in met die mooie Tesla van je.

Hoi Kees, ja, balen 😕😕. Ik vind het heerlijk dat automatisch rijden. Koffie, krantje of de oogjes nog even dicht en je bent er al!

Ja, maar niet in de stad.

Nee, is een ramp. Verschrikkelijk die voetgangers, fietsers en rotjongens.

🤔

Nou, die hufters weten dat je auto altijd stopt. Ze gooien zich ervoor. Geen voorrang, maar kan ze niks schelen. En dan die apen die dozen op de weg leggen. Je auto neemt toch het zekere voor het onzekere.

Daarom ben ik er nooit aan begonnen: domme computers op wielen.

Ja, jij stuurt nog lekker zelf.

Ze gingen ze toch zo programmeren dat die voetgangers en fietsers voortaan wel uitkeken?

Ja, Kees, allemaal plannen, is niks geworden. Al die softe anti-auto-types 😒.

🤔

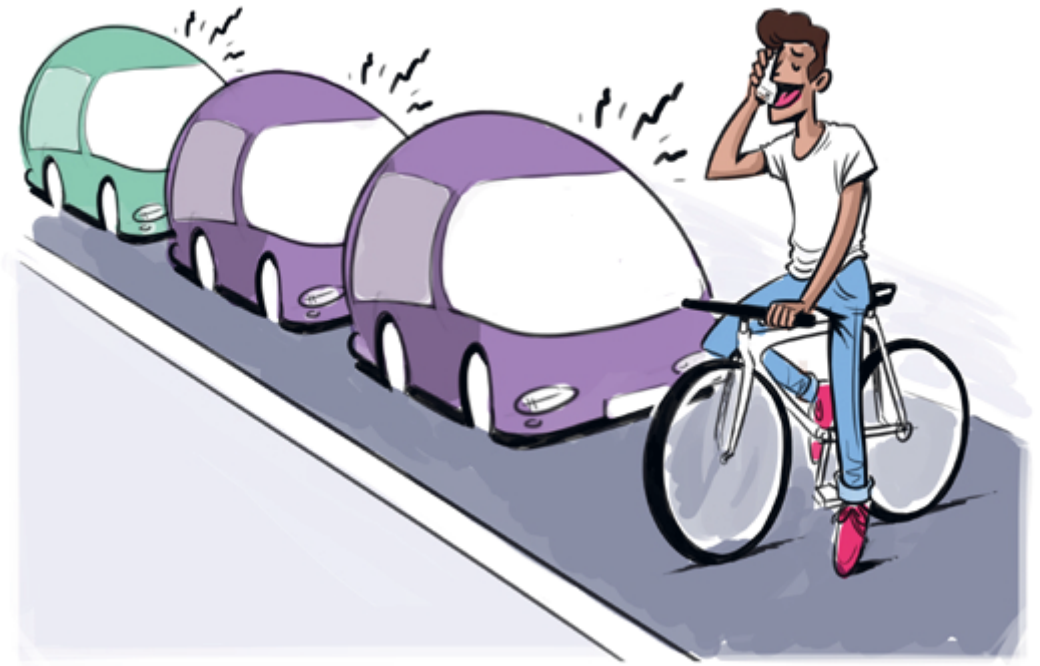
Nou, zielige verhalen over ‘de leefbare stad’, ‘dominantie van de auto’ en ‘kwetsbare fietsers’. Kwetsbaar, laat me niet lachen. Ik zit bijna met mijn kop door de voorruit, koffie door de hele auto en zij rijden lachend door 😡. En al die gemeenten gaan erin mee! Slappe knieën!

Nou, Peter, gelukkig is er de snelweg nog 😜

Ja, maar het is toch lullig dat je in de stad straks weer zelf moet sturen 😕

Hoe zeggen ze dat: een ervaring rijker en een illusie armer 😕

Een illusie van € 65.000 😕😕



Conclusie en aangrijpingspunten voor beleid

Drijvende krachten

Een belangrijke drijvende kracht in deze fase is dat niveau 5-voertuigen technisch mogelijk zijn. De winstgevendheid hangt vervolgens af van de beleving van dergelijke systemen en van de mening en houding van consumenten. Als zij automatisch rijden in de stad onveilig vinden of als ze onvoldoende gebruiksgemak ervaren, kan dat een rem zetten op de markpenetratie. Zo is het in steden door het remmen, optrekken en manoeuvreren mogelijk minder comfortabel om andere dingen te doen dan op snelwegen. Sommige mensen kunnen zelfs misselijk worden. Als voertuigen in steden vanuit het oogpunt van comfort juist meer geleidelijk optrekken en remmen, kan dit weer minder gunstig uitpakken voor de stedelijke doorstroming. Als daarnaast de veiligheid in gemengd verkeer met fietsers en voetgangers niet overeenkomt met de hoge verwachtingen, kan het maatschappelijk draagvlak afnemen.

Wie	Wat
Consument	Vertrouwen in veiligheid niveau 5 in gemengd verkeer in stad
	Beleving gebruiksgemak en *funfactor* in stad
Industrie	Niveau 5 technisch mogelijk en winstgevend
Overheid	Beleefde positieve effecten op doorstroming, veiligheid, milieu, effectief tijdgebruik en sociale inclusie

Tabel *Samenvatting van belangrijke drijvende krachten vanuit consument, industrie en overheid*

Aangrijpingspunten voor beleid

Met het oog op aangrijpingspunten voor beleid maken we onderscheid naar: reguleren en coördineren, faciliteren en realiseren, onderzoek doen en monitoren en evalueren. Een volledig overzicht van beleidsaangrijpingspunten gedurende de transitie staat in de tabel op de achterflap.

Niveau 5-voertuigen kunnen in principe alles zelf, maar of en hoe ze in de stad goed kunnen samengaan met fietsers en voetgangers (bijvoorbeeld bij kruisingen en in smalle straatjes), is nog onduidelijk. Als roekeloos overstekende fietsers de doorstroming en veiligheid in de stad negatief beïnvloeden, kan het draagvlak voor zelfrijdende voertuigen afnemen.

In voorgaande transitiefases (zie ook hoofdstuk 6) kan al worden nagedacht over de vraag hoe zelfrijdende voertuigen veilig en vlot hun weg in de stad vinden. Ook kunnen daar mogelijke tests plaatsvinden. In deze laatste fase van de transitie moet de toelating van niveau 5-voertuigen worden geregeld, waarna die daadwerkelijk kunnen worden opgeschaald en ingevoerd. Mogelijke maatregelen om te voorkomen dat steden 'vastlopen' in gemengd verkeer met fietsers en voetgangers zijn:

- een fysieke scheiding maken tussen verschillende vervoerwijzen, zoals weg en fietspad;
- gebruikmaken van slimme technologie (camera's op auto's en sensoren op fietsen), en regelgeving om overtredingen te kunnen voorkomen;
- lage maximumsnelheid voor automatische voertuigen in sommige straten waar gemakkelijk conflicterende situaties kunnen ontstaan (bijvoorbeeld in smalle straatjes);
- automatische voertuigen een 'dwingend' karakter geven, waarbij ze weliswaar stoppen voor bijvoorbeeld fietsers en voetgangers als dat nodig is, maar daarna 'dwingend' hun weg vervolgen.

Het is onduidelijk of dit soort maatregelen nodig zijn. Misschien reguleert het systeem zichzelf, bijvoorbeeld omdat fietsers ook wel eens de auto gebruiken en dan niet vast willen staan. Aan de andere kant zijn dergelijke maatregelen misschien ook wel niet afdoende. Denk bijvoorbeeld aan verschillen in rijculturen tussen landen en steden. Het is onzeker of het mogelijk is om voertuigen te maken die met deze verschillen rekening kunnen houden of die diep gewortelde culturen kunnen veranderen of 'negeren'. Om problemen te voor-

komen, is goede internationale coördinatie hier dan ook van belang.

Als niveau 5 mogelijk wordt, kan het pad 'Evolutie van de privéauto' zich doorontwikkelen in de richting van het toekomstscenario *Fully automated private luxury*, waarbij sprake is van een hoge penetratie van volautomatische voertuigen. Aan de andere kant maakt niveau 5 ook goedkoop gedeeld deur-tot-deur-vervoer mogelijk, waardoor een (gedeeltelijke) verschuiving naar het 'Delen-in-bloei'-pad kan optreden (zie ook hoofdstuk 2). Hierdoor ontstaat een (gedeeltelijke) verschuiving naar een wereld van *Mobility as a service: any time, any place*. Als dit gebeurt, of als het 'Delen in bloei'-pad al eerder is ingeslagen, kan aanvullende regelgeving nodig zijn om eerlijke concurrentie tussen (grote) wagenparkbezitters te waarborgen.

Als het delen van autobezit en autoritten vanzelfsprekend wordt, heeft dat mogelijk grote maatschappelijke gevolgen voor de doorstroming, parkeren en leefbaarheid in bijna alle transitiefases, maar vooral aan het begin ('Mens en machine') en aan het eind ('Zelfrijdende stad'). Daarom is het van groot belang om de ontwikkelingen hieromtrent goed te monitoren, zodat er tijdig op kan worden ingespeeld. Andere belangrijke zaken die in deze fase in de gaten moeten worden gehouden, zijn de verkoop en marktpenetratie van niveau 5-systemen, de wensen en behoeften van consumenten en de daadwerkelijke effecten in de praktijk (doorstroming, veiligheid, leefbaarheid, effectief tijdgebruik en sociale inclusie).

	Zelfrijdende stad
REGULEREN & COÖRDINEREN	■ Toelating voertuigen niveau 5 ■ Regelgeving voor veilig en vlot rijden niveau 5 in stad ■ Internationale coördinatie (niveau 5) ■ Regelgeving eerlijke concurrentie (bij delen)
FACILITEREN & REALISEREN & EXPERIMENTEREN	■ Concrete maatregelen voor niveau 5 in stad ■ Benodigde parkeerruimte (als delen een vlucht neemt)
ONDERZOEK	
MONITOREN & EVALUEREN	■ Ontwikkeling delen: naar 'Delen in bloei'? ■ Verkoop en penetratie niveau 5-systemen ■ Houding en acceptatie burger (niveau 5) ■ Maatschappelijke effecten niveau 5 (vooral in stad)

8
Conclusies en aangrijpingspunten voor overheden

In hoofdstuk 2 van deze studie zijn twee transitiepaden beschreven naar een toekomstig verkeer- en vervoersysteem met zelfrijdende voertuigen. In het eerste pad – 'Evolutie van de privéauto' – wordt veel waarde gehecht aan autobezit. In het tweede pad – 'Delen in bloei' – neemt het delen van autobezit en -ritten juist een vlucht. De basis voor deze transitiepaden zijn de vier toekomstscenario's uit het KiM-rapport *Chauffeur aan het stuur?* (KiM, 2015a): *Letting go on highways; Fully automated private luxury; Multimodal and shared automation en Mobility as a service: any time, any place.*

Op beide transitiepaden hebben we vijf stappen onderscheiden waarbij de transitie door een samenspel van ontwikkelingen sterk kan worden beïnvloed. Deze transitiestappen zijn in hoofdstuk 3 tot en met 7 verder uitgediept en voorzien van aangrijpingspunten voor beleidsmakers. In dit hoofdstuk vatten we de belangrijkste punten samen en gaan we in op zogenoemde *no regrets*. Daarna bespreken we de belangrijkste afwegingen om wel/niet te delen en om wel/niet te investeren in infrastructuur.

Aangrijpingspunten voor beleid: vijf transitiestappen samengevat

Deze studie maakt duidelijk dat een transitie naar een toekomst met veel zelfrijdende voertuigen – ofwel alleen buiten de bebouwde kom, ofwel overal – omgeven is door veel onzekerheden. Als technologische ontwikkelingen voorspoedig gaan, de technologie betaalbaar is, burgers zelfrijdende auto's zien zitten en de maatschappelijke effecten positief zijn, kan een zelfrijdende toekomst zeer wel mogelijk worden. Tegelijkertijd kunnen er 'showstoppers' zijn: specifieke ontwikkelingen die deze transitie in de weg zitten. In deze studie hebben we vijf stappen geïdentificeerd waarbij de transitie sterk wordt beïnvloed. Dit zijn:

1. de interactie tussen mens en machine;
2. coöperatief of autonoom rijden;
3. gemengd verkeer;
4. wel/niet scheiden van verkeersstromen in steden;
5. de 'zelfrijdende stad'.

Deze stappen volgen elkaar deels op in de tijd, maar overlappen ook deels. Zo staat coöperatief rijden deels los van de ontwikkeling van zelfrijdende voertuigen, die ook meer autonoom (zonder onderlinge communicatie) kunnen opereren. Aan de andere kant is de algemene gedachte dat coöperatief rijden nodig is om gunstigere maatschappelijke effecten te kunnen bereiken.

De snelheid waarmee de transitie plaatsvindt, wordt voor een belangrijk deel bepaald door het verschil tussen de technische haalbaarheid en de daadwerkelijke penetratie in de verkeersstroom. Als voertuigen met een bepaald niveau van automatisering op de markt komen, kan het daarna nog wel een aantal decennia duren voordat de meerderheid van de automobilisten er ook echt in rijdt.

No regrets

De toekomst is onzeker. Hoe verder we vooruitkijken, hoe groter onzekerheden vaak worden. Binnen adaptief beleid, dat zich richt op het omgaan met onzekerheden, wordt daarom vaak gezocht naar *no regrets*: onderwerpen die de (rijks)overheid nu al zou kunnen oppakken zonder er spijt van te krijgen. Adaptief plannen, om te kunnen inspelen op onzekere ontwikkelingen rondom zelfrijdende voertuigen, kan als zo'n *no regret*-actie worden gezien.

De *no regrets* spelen vooral op de korte termijn, tot het moment dat niveau 3-4-voertuigen beschikbaar komen. Veel van deze *no regrets*, zoals monitoren en evalueren, zijn relevant in alle transitiefases.

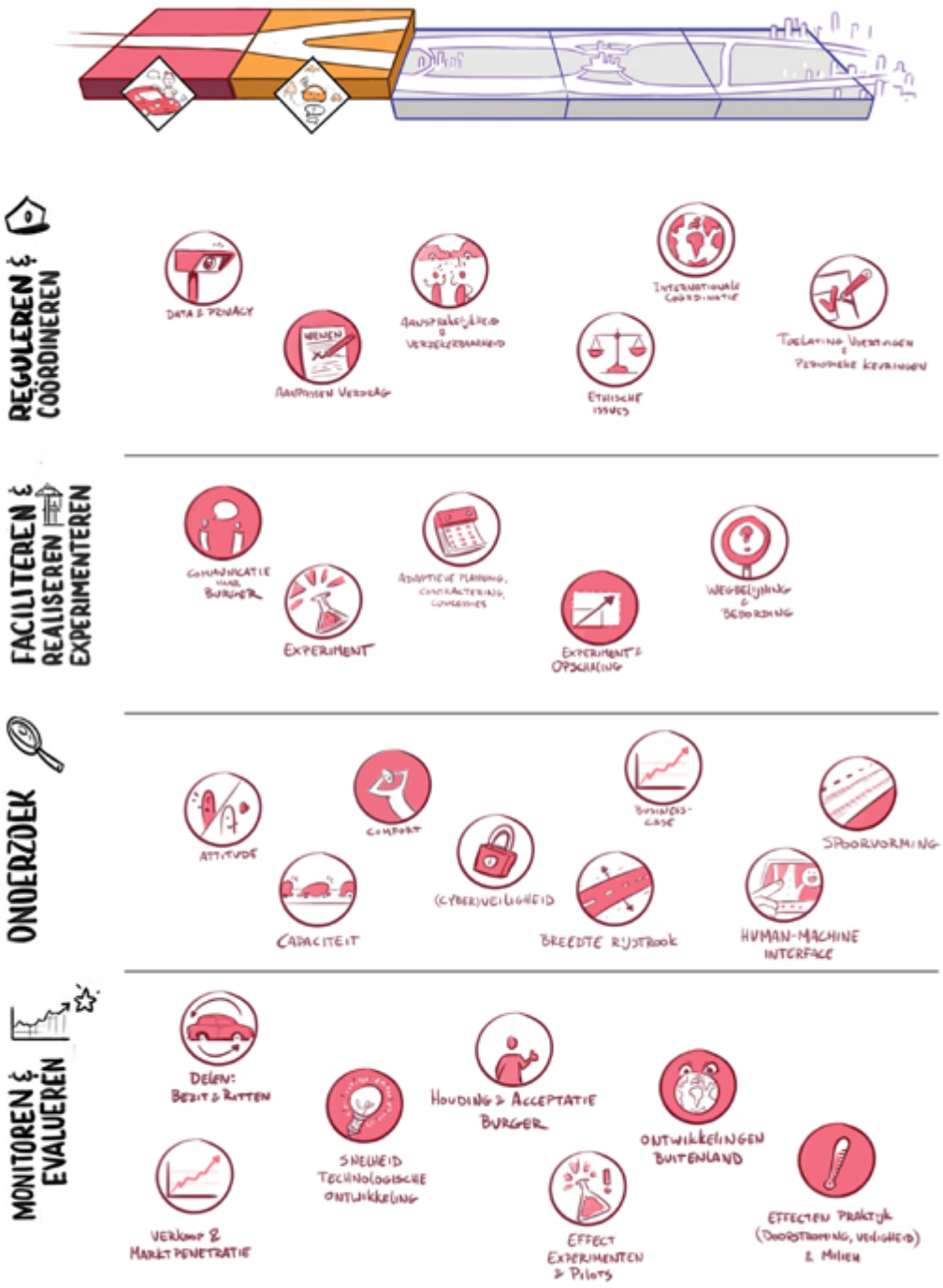
Leeswijzer tabel met aangrijpingspunten voor beleid tijdens transitie

Voor elk van de vijf stappen hebben we aangrijpingspunten voor beleid in beeld gebracht. Deze worden samengevat in tabel op de achterflap en zijn onderverdeeld in vier categorieën:

- reguleren en coördineren;
- faciliteren, realiseren en experimenteren;
- onderzoeken;
- monitoren en evalueren.

In de tabel onderscheiden we aangrijpingspunten die specifiek betrekking hebben op een bepaalde stap in de transitie zelf. Daarnaast zijn er beleidsacties die kunnen helpen om een verdere transitie mogelijk te maken. Zo kan er bijvoorbeeld nu al onderzoek worden gedaan naar de werking en veiligheid van bepaalde systemen die pas in een latere fase, na positieve onderzoeks- en testresultaten, in de praktijk worden uitgerold. Via kleuren zijn acties uit een vroegere fase in de transitie gekoppeld aan een latere.

Door de tijd heen, bij hogere niveaus van automatisering, kunnen nieuwe maatschappelijke effecten ontstaan. De transitiepijl onder de tabel geeft dit weer. Vanaf automatiseringsniveau 3-4 komt effectief tijdgebruik in beeld, omdat mensen dan (een deel van) hun reistijd aan andere activiteiten kunnen besteden. Als niveau 5 mogelijk wordt, komt sociale inclusie daar nog bij. Minder validen, ouderen en kinderen worden dan mobieler door volledig automatisch deur-tot-deur-vervoer.


REGULEREN & COÖRDINEREN
DATA & PRIVACY
AANPASSEN VERDRAG
AANSPRAKELIJKHEID & VERZEKERBAARHEID
ETHISCHE ISSUES
INTERNATIONALE COÖRDINATIE
TOELATING VOERTUIGEN & PERSONENE KENNINGEN
FACILITEREN & REALISEREN & EXPERIMENTEREN
COMMUNICATIE NAAR BURGER
EXPERIMENT
ADAPTIEVE PLANNING, CONTRACTERING, CONCESSIES
EXPERIMENT & OPSCHALING
WEGBELEVING & BEDORING
ONDERZOEK
ATTITUDE
COMFORT
CAPACITEIT
(CYBER)VEILIGHEID
BREEDTE RIJSTROOK
BUSINESS-CASE
HUMAN-MACHINE INTERFACE
SPOORVORMING
MONITOREN & EVALUEREN
DELEN: BEZIT & RITTEN
VERKOOP & MARKTPENETRATIE
SNELHEID TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING
HOUDING & ACCEPTATIE BURGER
EFFECT EXPERIMENTEN & PILOTS
ONTWIKKELINGEN BUITENLAND
EFFECTEN PRAKTIJK (DOORSTROMING, VEILIGHEID) & MILIEU

Delen als beleidskeuze?

De vijf transitiestappen hebben betrekking op zowel het pad 'Evolutie van de privéauto' als op 'Delen in bloei'. Het onderscheid tussen beide paden zit hem vooral in de mate waarin het delen van autobezit en autoritten zich in de maatschappij doorzet. Ook in het pad 'Evolutie van de privéauto' worden net als nu deelauto's gebruikt. Ook zullen in dit pad op den duur verder geautomatiseerde treinen en trams gaan rijden. De schaal waarop dit gebeurt, is echter van een andere orde dan in het pad 'Delen in bloei', waar de veronderstelling is dat het delen van auto's al in de komende decennia een grote vlucht gaat nemen.

Het aantal autodelers en deelauto's is momenteel marginaal en van een disruptieve ontwikkeling is nu nog geen sprake. Als de huidige situatie zich voortzet, dan lijkt het 'Evolutie van de privéauto'-pad waarschijnlijker dan het 'Delen in bloei'-pad. Dit kan echter veranderen als in de toekomst voertuigen van niveau 5 gedeeld deur-tot-deur-vervoer mogelijk maken en de reiskosten per passagier per kilometer lager worden dan wanneer mensen een zelfrijdende auto bezitten of leasen (zie BCG, 2016). In dat geval is het zeer wel mogelijk dat mensen die vooral auto rijden vanuit het oogpunt van gemak, ervoor zullen kiezen om auto's en autoritten te delen. Een toekomst van *Mobility as a service: any time, any place* ligt dan in het verschiet.

Of delen op de korte termijn fors toeneemt, lijkt deels los te staan van de ontwikkeling van zelfrijdende technologie. Vlootbeheerders van deelauto's of onlineplatformen als Uber kunnen de penetratie van zelfrijdende technologie in de verkeersstroom wel versnellen. Innovatieve apps en reisassistenten hebben op de korte termijn mogelijk een groter effect op het gebruik van (multimodale) deelsystemen. Overheden zouden de ontwikkeling van dergelijke systemen kunnen ondersteunen of faciliteren. Daarnaast kunnen overheden ervoor kiezen om het ov verder te verbeteren. Of dit op de korte termijn resulteert in een massale overstap naar deelauto's en naar het ov, lijkt onwaarschijnlijk. Daar zou meer voor nodig zijn, zoals veranderingen in attitudes.

Investeren in openbaar vervoer en wegen?

Moeten we nog investeren in nieuwe ov-infrastructuur nu de zelfrijdende (deel)auto eraan komt? Dit is een vaak gestelde vraag die niet eenvoudig te beantwoorden is. Ov-systemen worden aangelegd met een lange tijdshorizon. Het is inefficiënt om veel te investeren in nieuwe railverbindingen en andere ov-infrastructuur als iedereen binnenkort in een zelfrijdende (deel)auto automatisch van hot naar her zoeft. De hiervoor benodigde niveau 5-technologie lijkt echter nog lang niet in zicht. Op de korte termijn zou zelfrijdende technologie zelfs kansen kunnen bieden voor het ov. Het verder automatiseren van treinen, trams en metro's is vanwege de aparte infrastructuur waarschijnlijk makkelijker dan het zelfrijdend maken van auto's in gemengd verkeer. De zelfrijdende deelauto lijkt pas een 'gevaar' voor traditioneel ov (zoals bussen en trams) te gaan vormen op het moment dat niveau 5-technologie mogelijk wordt. Als *no regret*-actie is het mogelijke wel interessant om ov-systemen zo adaptief mogelijk te maken. Langdurige contracten en concessies zouden ruimte kunnen laten om tijdens de looptijd eenvoudiger in te kunnen spelen op belangrijke technische innovaties.

Ook de vraag of er meer of minder asfalt nodig is, blijkt lastig te beantwoorden. Dit hangt van meerdere ontwikkelingen af. Als zelfrijdende voertuigen coöperatief zijn, kunnen ze dichter op elkaar rijden en kan de wegcapaciteit toenemen zonder wegen uit te breiden. Als de voertuigen echter autonoom zijn (niet communiceren), dan worden volgafstanden waarschijnlijk niet korter. Ze kunnen zelfs toenemen als de techniek veiligere volgafstanden aanhoudt dan in de huidige drukke verkeersstroom. Dit kan vervolgens ten koste gaan van de wegcapaciteit, waardoor er behoefte aan extra weginfrastructuur kan ontstaan.

Zelfs als gekozen wordt voor coöperatieve technologie, dan is het onzeker of dit direct leidt tot capaciteitswinsten. In een gemengde verkeersstroom met coöperatieve (zelfrijdende) auto's en traditionele auto's (niveau 0) kan er aanvankelijk voor worden gekozen om langere volgafstanden aan te houden, zodat bestuurders van traditionele voertuigen zich niet oncomfortabel voelen.

Een andere onzekerheid betreft de verbinding tussen snelweg en stad. Capaciteitswinsten zijn waarschijnlijk vooral mogelijk op stukken snelweg, waar voertuigen als treintjes dicht op elkaar kunnen rijden. Maar de ketting is zo sterk als de zwakste schakel. Juist op de knooppunten waar voertuigen de steden binnen rijden, is het veel lastiger om grote capaciteitswinsten te behalen. Hier vinden vaak weefbewegingen plaats en moeten automobilisten, zolang er nog geen niveau 5-voertuigen zijn, de besturing overnemen. Ook binnen steden zelf zijn capaciteitswinsten moeilijker te bereiken. Het is onduidelijk hoe dit alles op netwerkniveau uitpakt en of er wellicht een capaciteitsprobleem ontstaat op de overgang van snelweg naar stad.

Ten slotte is het onzeker in welke mate de vraag naar mobiliteit stijgt als volledig zelf rijden (niveau 5) mogelijk wordt, en in hoeverre dat weer leidt tot extra behoefte aan weginfrastructuur. Extra vraag kan ontstaan door groepen die nu niet zelfstandig van de auto gebruik kunnen maken (zoals invaliden of kinderen), doordat automobilisten meer en verder reizen omdat ze hun tijd in de auto vrij kunnen besteden, of doordat ze de zelfrijdende auto gebruiken in plaats van het openbaar vervoer. De omvang van het autoverkeer neemt dan ook toe in de scenario's *Mobility as a service: any time, any place* en *Fully automated private luxury*. Dat impliceert niet dat het wegennet ook vanzelfsprekend naar rato moet worden uitgebreid. In *Mobility as a service: any time, any place* zorgt de markt voor plaats- en tijdafhankelijke beprijzing van mobiliteit. Als de vraag toeneemt, stijgt de prijs van mobiliteitsdiensten. Hierdoor blijven de mobiliteitsvraag en de wegcapaciteit in evenwicht. In *Fully automated private luxury* treedt dat mechanisme niet op, omdat privaat autobezit domineert. In dat scenario kan mogelijk wel heel anders tegen files worden aangekeken, omdat de tijd in de file nuttig kan worden besteed.

Literatuur

BCG (2016). *Impactanalyse zelfrijdende voertuigen*. Studie in opdracht van de Gemeente Amsterdam. Amsterdam: The Boston Consulting Group.

Fagnant, D.J. & K. Kockelman (2015). Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations for Capitalizing on Self-Driven Vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, p. 1-20. doi:10.1016/j.tra.2015.04.003.

KiM (2015a) *Chauffeur aan het stuur? – Zelfrijdende voertuigen en het verkeer- en vervoersysteem van* de toekomst. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

KiM (2015b). *Navigatiesystemen: wie, wanneer en waarom?* Webpublicatie. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

KiM (2015c). *Mijn auto, jouw auto, onze auto – Deelautogebruik in Nederland: omvang, motieven en effecten*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

Kyriadis, M., C. van de Wijer, B. van Arem & R. Happee (2015). *The deployment of advanced driver assistance systems in Europe*. Available at SSRN: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2559034.

Morsink, P., E. Klem, I. Wilmink & M. de Kievit (2016). *Zelfrijdende auto's – Verkenning en implicaties op het ontwerp van wegen*. TNO en Royal HaskoningDHV in opdracht van Kennisplatform CROW en Rijkswaterstaat, WVL.

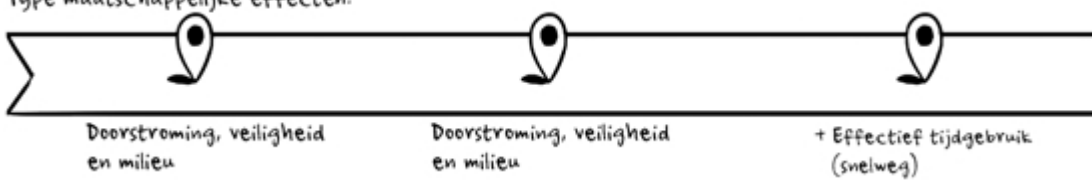
NHTSA (2016). *Federal Motor Vehicle Safety Standards. Notice of Proposed Rulemaking (NPRM), 49 CFR Part 571 (Docket No. NHYSA-2016-0126)*. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Department of Transportation (DOT).

Shladover, S.E. (2016). The truth about "self-driving" cars – They are coming but not the way you may have been led to think. *Scientific American*, June 2016, p. 54-57.

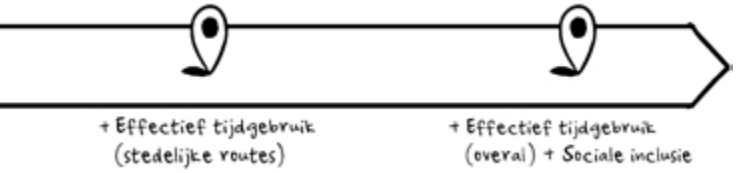
Timmer J., L. Kool (red.) (2014). *Tem de robotauto – De zelfsturende auto voor publieke doelen*. Den Haag: Rathenau Instituut.

Mens en machine	Coöperatief rijden	Gemengd verkeer
Aanpassen Verdrag van Wenen Toelating voertuigen niveau 1-2 Aansprakelijkheid en verzekerbaarheid Vereisten rijbewijs Human-machine interface	Data & privacy Toelating coöperatieve voertuigen Internationale coördinatie coöperatief rijden	Ethische issues zelfrijdende voertuigen Toelating voertuigen van niveau 3-4 Internationale coördinatie niveau 3-4 Minimale volgafstanden Regelgeving in-/uitvoegen
Wegbelijning en bebording op orde Adaptieve planning en contracten (innovaties) Pilots coöperatief en niveau 3-4	Investeren in V2I, V2C Opschalen pilots niveau 3-4 op snelweg Testen veiligheid in gemengd verkeer	Wel/niet niveau 3-4 op aparte rijstroken Wel/niet breedte rijstrook aanpassen Pilots niveau 5 stad
Human-machine interface Criteria rijbewijs Veiligheid coöperatieve systemen Attitudes consument coöperatief rijden Benodigde digitale infrastructuur (V2I, V2C)	Ethische issues zelfrijdende voertuigen Veilige volgafstanden gemengd verkeer Benodigde breedte rijstroken Niveau 3-4: comfort en wagenziekte	Wens consument om binnen stad automatisch te rijden Benodigde ingrepen en kosten niveau 4 in stad Wanneer niveau 5?
Ontwikkeling delen: naar ‘Delen in bloei’? Verkoop en penetratie niveau 1-2-systemen Houding en acceptatie burger (niveau 1-2) Maatschappelijke effecten niveau 1-2 buiten stad Effecten pilots (niveau 3-4)	Verkoop en penetratie niveau 1-2 (coöperatieve) systemen Houding en acceptatie burger (coöperatief rijden) Snelheid ontwikkeling niveau 3-4-technologie Effecten pilots opschaling (niveau 3-4)	Verkoop en penetratie niveau 3-4-systemen Houding en acceptatie burger (niveau 3-4) Maatschappelijke effecten niveau 3-4 in de praktijk Snelheid ontwikkeling niveau 5-technologie Effecten pilots (niveau 5)

Type maatschappelijke effecten:



Stedelijk dilemma	Zelfrijdende stad	
Regelgeving en handhaving voor veilig en vlot rijden niveau 3-4 in stad	Toelating voertuigen niveau 5 Regelgeving voor veilig en vlot rijden niveau 5 in stad Internationale coördinatie (niveau 5) Regelgeving eerlijke concurrentie (bij delen)	REGULEREN & COÖRDINEREN
Routes in steden voor niveau 3-4 aanpassen Wegbelijning en bebording op orde in stad Opschalen niveau 5 stad	Concrete maatregelen voor niveau 5 in stad Benodigde parkeerruimte (als delen een vlucht neemt)	FACILITEREN & REALISEREN & EXPERIMENTEREN
Maatregelen niveau 5 in stad: Fysieke scheiding vervoerwijzen Slimme camera's en sensoren Lage snelheid in stad 'Dwingende' voertuigen		ONDERZOEK &
Houding en acceptatie burger (niveau 3-4 stad) Maatschappelijke effecten niveau 3-4 in de stad Snelheid ontwikkeling niveau 5-technologie Effecten pilots en opschaling (niveau 5)	Ontwikkeling delen: naar 'Delen in bloei'? Verkoop en penetratie niveau 5-systemen Houding en acceptatie burger (niveau 5) Maatschappelijke effecten niveau 5 (vooral in stad)	MONITOREN & EVALUEREN



Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) maakt analyses van mobiliteit die doorwerken in het beleid. Als zelfstandig instituut binnen het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) maakt het KiM strategische verkenningen en beleidsanalyses.
De inhoud van de publicaties van het KiM behoeft niet het standpunt van de minister of de staatssecretaris van IenM weer te geven.

Dit is een uitgave van het

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)

Auteurs
Taede Tillema, George Gelauff, Jan van der Waard, Jaco Berveling, Saeda Moorman

Tekeningen
Jongens van de Tekeningen, Rotterdam

Vormgeving en opmaak
VormVijf, Den Haag

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen onder vermelding van het KiM als bron.

Postbus 20901 | 2500 EX Den Haag
www.rijksoverheid.nl/ienm

www.kimnet.nl

ISBN/EAN: 978-90-8902-154-0
Maart 2017 | KiM-17-A04