

LAS SCRIPTIE (LA3V11003)

Stilstaan bij Autonoom Rijden

Een interdisciplinaire studie naar de rol van de
zelfrijdende auto in Nederland

Casper Friederich

5659450

Innovatiewetenschappen
Vakreferent Tomas Rep MSc

Niels Hagen

5691281

Governance for Sustainable Development
Vakreferent Dr. Frank van Laerhoven

Rijk Versluijs

5743842

Nieuwe Media en Digitale Cultuur
Vakreferent Dr. Ingrid Hoofd

Interdisciplinaire supervisor

Diederick van den Ende MA

Inhoud

Inleiding.....	3
De kosten van de zelfrijdende auto.....	7
Inzicht in de maatschappelijke en sociale gevolgen.....	7
Consequenties.....	9
Innovatie.....	11
Controle.....	12
Ethische vraagstukken.....	14
Economische gevolgen.....	15
Concluderend.....	17
(Be)stuurloos rijden: een bestuurskundig milieuwetenschappelijk perspectief op de introductie van het autonoom rijden in de samenleving.....	19
1. De oorzaken van filevorming.....	20
2. De introductie van de zelfrijdende auto en zijn effecten.....	21
3. Actoren en besluitvormingsprocessen.....	24
4. Barrières voor implementatie in de Nederlandse samenleving.....	27
Conclusie en discussie.....	31
De socio-technologische transitie van de bestuurbare naar de zelfrijdende auto in Nederland.....	33
Taxonomieën van de zelfrijdende auto.....	34
De innovatiepaden binnen Nederland.....	35
Het multi-level perspectief.....	37
Dimensies.....	39
Dynamiek.....	43
Conclusie.....	44
Integratie van verkregen inzichten.....	46
1. De rol van de zelfrijdende auto.....	47
2. De zelfrijdende auto.....	48
3. Barrières voor de implementatie van de zelfrijdende auto.....	49
4. De rol van politiek.....	52
More comprehensive understanding.....	54
Wetenschappelijke implicaties en aanbevelingen vervolgonderzoek.....	56
Maatschappelijke implicaties.....	56
Literatuur.....	58

Inleiding

Er is sprake van een mobiliteitsprobleem in Nederland: de drukte op wegen zorgt voor reistijdverlies en heeft een negatieve impact op mens, natuur en economie tot gevolg. Volgens cijfers van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) is de verkeersintensiteit op de rijkswegen sinds 2011 alleen maar toegenomen (CBS, 2018). Uit onderzoek blijkt dat dit een direct gevolg is van de groeiende economie: meer mensen hebben werk en er wordt meer gehandeld, dus meer mensen en goederen reizen van a naar b (o.a. Korver & Van der Schuren, 1995; Harms, 2003). Er wordt dan ook verwacht dat de verkeersintensiteit de komende jaren alleen maar verder zal stijgen (KiM, 2018). Het verkeersprobleem beperkt zich niet tot de weg. Ook de spoorintensiteit is de afgelopen jaren sterk toegenomen (KiM, 2018). ProRail meldt dat door de verwachte passagier toename, de spoorintensiteit groeit, waardoor de spoorcapaciteit bijna bereikt wordt (ProRail, 2018). Het spoor is, net als de treinen, overvol.

Het stilstaan van Nederland heeft vergaande gevolgen voor de Nederlandse economie, milieu en sociale leven. Reistijdverlies kost de Nederlandse economie tussen de 2,8 en 3,7 miljard euro per jaar (KiM, 2016). Daarnaast stoten auto's die filerijden significant meer broeikasgassen uit (Sjodin et al., 1998) en dragen files bij aan hogere gezondheidsrisico's (Zhang & Batterman, 2013). Er is dus sprake van een mobiliteitsprobleem.

De overheid komt met een aantal alternatieven om de mobiliteitsproblemen aan te pakken. Zo worden er extra rijstroken voor vrachtverkeer, nieuwe wegen, rails en fietspaden aangelegd (Oostvogels, 2017). De NS bouwt meer en grotere treinen en laat treinen frequenter en stipter rijden (KiM, 2018). Uit onderzoek blijkt echter dat dit slechts een oplossing is voor de korte termijn (Goodwin, 1996). Op de lange termijn trekken deze maatregelen meer verkeer aan, waardoor de weg- en spoorcapaciteit wederom te klein wordt voor de hoeveelheid verkeer.

Een alternatief is de invoering van het rekeningrijden. Dit houdt in dat de autobezitter betaalt voor het aantal afgelegde kilometers in de auto. De prijs is afhankelijk van het tijdstip en de locatie van de auto. Zo worden bestuurders ontmoedigd om de auto te gebruiken op drukke tijdstippen en wegen. In andere landen blijkt deze heffing de files

significant te verminderen, maar vooralsnog stuit dit binnen Nederland op grote maatschappelijk weerstand (Van Wee, 2018).

Een derde oplossing die genoemd wordt, is de introductie van de zelfrijdende (autonome) auto (Poort, 2018). Dit soort auto gebruikt sensoren om zelfstandig te rijden en behoeft dus geen menselijke chauffeur. Deze innovatie wordt al geruime tijd door ruim 40 autofabrikanten onderzocht en de eerste modellen worden momenteel getest (CB Insights, 2018). Met de naderende komst van de zelfrijdende auto, is het van belang om de vraag te stellen wat het betekent voor de maatschappij en het mobiliteitsprobleem. De manier waarop deze innovatie geïntroduceerd wordt en de verschillende toepassingen die deze nieuwe manier van vervoer wel of niet krijgt, kunnen bepalend zijn of de innovatie mobiliteits- en duurzaamheidsproblemen oplost of juist meer problemen veroorzaakt. Omdat de haken en ogen die aan de introductie van de zelfrijdende auto zitten zeer divers zijn, is interdisciplinair onderzoek cruciaal.

In deze scriptie is onderzoek gedaan naar de vraag welke rol de introductie van de zelfrijdende auto speelt bij de oplossing voor mobiliteitsproblemen in Nederland.

Het onderzoek betreft een interdisciplinair literatuuronderzoek. Het onderzoek wordt uitgevoerd volgens het interdisciplinaire onderzoeksproces zoals omschreven door Repko en Szostak (Repko & Szostak, 2017). Er is gekozen voor deze methode, omdat dit de meest gestructureerde en meest gebruikte methode is voor interdisciplinair onderzoek. Er is als volgt te werk gegaan: eerst is het (complexe) probleem gedefinieerd en een onderzoeksvraag opgesteld. Vervolgens is onderzocht welke disciplines relevant zijn voor het oplossen van de onderzoeksvraag en zijn er voor elke discipline specifieke deelvragen gedefinieerd. Daarna zijn disciplinaire (literatuur)onderzoeken gedaan, waarin de disciplinaire deelvragen beantwoord worden en de disciplinaire perspectieven duidelijk worden. Aan de hand van deze disciplinaire onderzoeken is onderzocht welke overeenkomsten en conflicten er zijn tussen de verschillende inzichten. De conflicterende inzichten zijn met elkaar geïntegreerd. De (geïntegreerde) inzichten hebben geleid tot een meer alomvattend antwoord op de onderzoeksvraag.

Bij het beantwoorden van de onderzoeksvraag kunnen veel disciplines betrokken worden. Vanuit werktuigbouwkunde kan onderzoek gedaan worden naar de technologische

haalbaarheid van de zelfrijdende auto. Innovatiewetenschappen analyseert de interactie tussen de technische mogelijkheden en de vraag vanuit de maatschappij. Vanuit filosofie kan men kijken naar de maatschappelijke gevolgen en ethische kant van de komst van zelfrijdende auto's. Nieuwe media focust zich op de maatschappelijke gevolgen van de komst van de rijdende auto en de rol die media bij de beeldvorming van het publiek spelen. De discipline milieuwetenschappen analyseert de impact van de auto op mens en natuur. Economie onderzoekt de impact die de komst van de zelfrijdende auto zal hebben op onze economie. De kunstmatige intelligentie en informatica kunnen onderzoek doen naar de software achter zelfrijdende auto's, met de haalbaarheid van volledig autonoom rijden en of naar de mogelijkheid om alle beslissingen aan artificiële intelligentie over te laten als focus. Vanuit sustainable energy kan onderzoek worden uitgevoerd naar de haalbaarheid van duurzame zelfrijdende, elektrische auto's en de eventuele afname van de impact die huidige auto's en rijders hebben op het milieu. Vanuit geschiedenis kan het effect van de komst van een nieuw, disruptief vervoermiddel onderzoeken. Vergelijkingen kunnen worden gemaakt met eerdere introducties van vervoersmiddelen. Vanuit politicologie kan worden gekeken hoe beleidsmakers omgaan met de complicaties en ethische vraagstukken die de komst van de zelfrijdende auto met zich meebrengen.

Er is uiteindelijk gekozen voor de disciplines Innovatiewetenschappen, (bestuurlijke) milieuwetenschappen en nieuwe media, omdat deze drie disciplines zich richten op besluitvorming en effecten in verschillende sectoren. Innovatiewetenschappen bekijkt de ontwikkeling van de innovatie binnen het bedrijfsleven en de interactie met de consument, bestuurlijke milieuwetenschap onderzoekt de gemeenschappelijke besluitvorming tussen actoren en de belangenbehartiging van de maatschappij en nieuwe media en digitale cultuur richt zich op sociale vraagstukken en processen die achterliggend zijn aan de implementatie van de zelfrijdende auto.

De taak van de bestuurskunde milieuwetenschapper is het onderzoeken van de rol van politiek en beleid op socio-ecologische processen. In dit onderzoek zal de milieuwetenschap zich richten op de sociale, economische en natuurlijke gevolgen van de invoering van de zelfrijdende auto. Er wordt gepoogd een antwoord te geven op de

vragen welke gevolgen de verschillende toepassingen van de zelfrijdende auto hebben op de maatschappij, welk beleid er al is op dit gebied en hoe er beleidstechnisch op deze ontwikkeling kan worden ingespeeld.

De taak van een innovatiewetenschapper is voornamelijk om de brug te slaan tussen (technische) innovatieve producten en de maatschappij. Hierbij is het noodzakelijk om verstand te hebben van de technologie zelf maar ook kennis te hebben van de behoeftes zijn van de consumenten en de maatschappij als geheel. Vanuit deze discipline wordt geanalyseerd wat er technologisch mogelijk is op het gebied van zelfrijdende auto's, welke trends er spelen en hoe er ingespeeld kan worden op de behoeftes die er zijn.

Nieuwe media en digitale cultuur focust zich op de ontwikkeling van nieuwe media en digitale technologieën in de maatschappij. Er wordt in dit onderzoek vanuit Nieuwe Media en Digitale Cultuur gekeken naar de gevaren, complicaties en politieke vraagstukken die komen kijken bij de introductie van de zelfrijdende auto. Ethiek staat hierbij centraal.

De kosten van de zelfrijdende auto

Inzicht in de maatschappelijke en sociale gevolgen

In de auto genieten van een kopje koffie zonder te hoeven sturen. Iets wat voorheen een futuristisch straatbeeld werd geacht, lijkt steeds dichterbij te komen.

Autofabrikanten als Tesla, Lexus, BMW en Mercedes zijn druk bezig met de ontwikkeling van zelfrijdende auto's (Woollaston, 2018). Ook bedrijven als Google, Uber, Lyft en Alphabet begeven zich op die markt en zijn begonnen met het testen van zelfrijdende taxi's (Bergen, 2017).

Het idee achter de zelfrijdende auto klinkt simpel: de auto rijdt, stuurt en remt zelf en doet alles wat er van een menselijke bestuurder verwacht kan worden. In de praktijk blijken er echter behoorlijk wat haken en ogen aan te zitten. In mei 2015 veroorzaakt een Tesla in de 'Autopilot' modus een dodelijk ongeluk. Het systeem ziet de trailer van een vrachtauto niet en rijdt onder de vrachtauto door met een dodelijk ongeluk tot gevolg (Bogage, 2016). In maart 2018 wordt een vrouw doodgereden door een zelfrijdende Uber die de vrouw niet had 'gezien' (Wadhwa, 2016).

De technologie achter zelfrijdende auto's blijkt nog niet waterdicht te zijn. Ontwikkeling op technologisch gebied om auto's slimmer en veiliger te maken zal dit soort ongelukken in de toekomst kunnen voorkomen. Het is echter - naast de technologische innovatie - minstens zo belangrijk om te kijken naar de gevolgen die een innovatie als de zelfrijdende auto heeft op onze maatschappij. Recentelijk werd de Experimenteerwet Zelfrijdende Auto's met betrekking tot het testen van zelfrijdende auto's zowel in de Eerste als de Tweede Kamer afgedaan als een hamerstuk (Eerste kamer, 2018). Er was hierbij geen politiek debat over eventuele maatschappelijke consequenties.

Volgens techniekfilosoof Martijntje Smits wordt binnen de Nederlandse politiek te eenzijdig naar technologische innovatie gekeken. Technologische innovatie wordt gestimuleerd, maar de maatschappelijke consequenties die daarmee gepaard gaan, worden buiten beschouwing gelaten (2017). Smits geeft aan dat binnen politieke

kringen een ideologische leegte heerst waarbij technologie wordt beschouwd als een onvermijdelijke natuurkracht. Er wordt slechts gekeken naar hoe eventuele gevolgen op kunnen worden opgevangen, maar aan de vraag of zelfrijdende auto's eigenlijk wel wenselijk zijn en wat het met onze samenleving doet, wordt weinig tot geen aandacht aan besteed.

Wanneer een overstap wordt gemaakt naar een nieuwe vorm van vervoer, kunnen de ethische aspecten en sociaal-economische gevolgen echter niet buiten beschouwing blijven. Er moeten keuzes gemaakt worden over onder andere aansprakelijkheid, milieu en economie en ethiek. Dit paper besteedt vanuit een media-filosofisch perspectief aandacht aan de maatschappelijke consequenties en complicaties die gepaard gaan met de introductie van de zelfrijdende auto. Met behulp van de volgende literatuur, wordt er een poging gedaan om in kaart te brengen waar deze gevolgen liggen.

Met behulp van "Upon Opening The Black Box and Finding it Empty" (1993) van Langdon Winner, wordt er kritisch gekeken naar de manier waarop technologie wordt bestudeerd vanuit sociaal constructivistisch gedachtegoed.

Vervolgens wordt vanuit Martin Heideggers "The question concerning technology" (1977) vanuit een technologisch deterministische blik gekeken naar het negatieve effect van technologie op de aarde en wordt behandeld hoe de zelfrijdende auto past binnen *enframing*.

Hierop volgend wordt er aandacht besteed aan hoe de zelfrijdende auto bijdraagt aan een *society of control* aan de hand van "Postscript on the Societies of Control" geschreven door Gilles Deleuze (1992). Hierbij wordt aandacht besteed aan vrijheidsbeperking, de rol van data en hackbaarheid.

Tot slot worden verdere consequenties besproken, morele keuzes en ethische dilemma's aangehaald en wordt kritisch gekeken naar de economische gevolgen van de zelfrijdende auto.

Consequenties

Wanneer men technologie bestudeert vanuit sociaal constructivisme, kijkt men met name naar de innerlijke werking van technologie en haar geschiedenis. Op basis daarvan worden vervolgens uitspraken gedaan over wat er zich op het moment afspeelt. Het traject van een bepaalde technologie wordt gevolgd en aan de hand daarvan wordt er met name naar technologische verandering gekeken (Winner, 1993). Winner geeft aan dat er op deze manier makkelijk stap voor stap onderzoek is te doen naar case-studies van technologische verandering en innovatie. Met betrekking tot de zelfrijdende auto, zou dit bijvoorbeeld betekenen dat er dieper wordt ingegaan op de geschiedenis van de autotechniek en de technologie die er voor zorgt dat de auto zelf kan rijden. Aan de hand van sociale theorie en methode, kunnen op deze manier uitspraken worden gedaan over verandering en over de werking van de technologie zelf.

Wat volgens Winner echter ontbreekt bij dit soort onderzoek, is het in acht nemen van de sociale consequenties die gepaard gaan met technologische ontwikkelingen. “The most obvious lack in social constructivist writing is an almost total disregard for the social consequences of technical choice” (Winner, 1993, p. 7). Er wordt niet of nauwelijks gekeken naar wat (de introductie van) een nieuwe technologie betekent voor zaken als zelfbewustzijn, de kwaliteit van het alledaagse leven en de verdeling van macht binnen onze maatschappij.

Zo wordt er binnen een sociaal constructivistische visie op technologische ontwikkeling slechts gekeken naar relevante sociale actoren met betrekking tot een technologie. Alleen de actoren die invloedrijk zijn, worden relevant geacht en bestudeerd. De groepen die geen stem hebben binnen de ontwikkeling van een technologie, worden hierbij buiten beschouwing gelaten. Deze groepen kunnen uiteindelijk wel beïnvloed of benadeeld worden door een nieuwe technologie. Winner haalt hierbij een voorbeeld aan van Woolgar (1991) waarbij een brug opzettelijk laag wordt gebouwd, waardoor er geen bussen en dus geen minder welvarende mensen (zonder eigen auto), onderdoor kunnen. Hierdoor wordt deze groep in de samenleving uitgesloten van een bepaalde plek. Een soortgelijke verdeling ontstaat bij de introductie

van de zelfrijdende auto voor consumenten. Wanneer de zelfrijdende auto dusdanig geavanceerd is, dat het vele malen veiliger wordt dan het rijden in een auto die door de chauffeur zélf bestuurd wordt, biedt dat een groot voordeel aan mensen die er gebruik van maken. In het beginstadium zal een particuliere zelfrijdende auto niet voor een ieder betaalbaar zijn (Levine, 2017). Daardoor ontstaat er een verschil tussen minder welvarenden en mensen die een zelfrijdende auto wél kunnen betalen. Dat kan leiden tot sociale ongelijkheid en buitensluiting van kwetsbare groepen als ouderen, jongeren, mindervaliden en minder welvarenden (Lucas & Jones, 2012). Voor een deel van deze groep zou de zelfrijdende auto daarentegen juist veel positieve effecten kunnen hebben. Mindervaliden, jongeren en ouderen kunnen potentieel worden vervoerd zonder hulp van anderen en zonder in het bezit te hoeven zijn van een rijbewijs. Het is van essentieel belang om naast de voordelen ook de negatieve gevolgen te belichten. Winner geeft aan dat we met het introduceren van nieuwe technologie onszelf onderuit kunnen halen: “Each technically embodied affirmation may also count as a betrayal, perhaps even self-betrayal. The same devices that brought wonderful conveniences in transportation and communication also tended to erode community” (Winner, 1993, p. 15). Naast het feit dat technologie ons vele voordelen kan brengen, kan het tegelijkertijd onze samenleving aantasten. De zelfrijdende auto brengt ons gemak, veiligheid en wellicht extra tijd die we besparen met niet zelf te hoeven sturen. Dit gaat echter gepaard met ethische vraagstukken.

Uit onderzoek (Milakis et al., 2015) blijkt dat literatuur rondom zelfrijdende auto's zich tot op heden met name richt op de technische aspecten en de impact op verkeer en bestuurders van de zelfrijdende auto. Er wordt minder naar de sociale gevolgen gekeken. Smits geeft aan dat de manier waarop we over technologie denken en hoe we ermee omgaan, niet in verhouding staat tot het uiteindelijke effect dat het op onze samenleving heeft (2017). Onderzoek en debat naar deze sociale gevolgen zou daarom van overheidswege gestimuleerd moeten worden.

Smits haalt daarbij Schwarz aan, die in 1988 al schreef “Wij leven en denken technologie - dat is de realiteit van de ‘technologische cultuur’,” “En men zou verwachten dat het politieke denken daarop aansluit.” De ‘technologische cultuur’ is de

term die Schwarz introduceerde in het Nederlandse debat, met een gelijknamig boek en een serie debatten in De Balie (Schwarz en Reinsma, 1989). Maar, stelt Schwarz vast: “Maatschappelijke keuzes worden nu verhaald op de markt. Daardoor is de vraag wie er nog greep heeft op de technologische wereld die zo ontstaat.” Bijna dertig jaar later maakt de politiek nog geen aanstalte om hier serieus aandacht aan te besteden. Zo blijkt uit het afdoen van de Experimenteerwet Zelfrijdende Auto's als een hamerstuk (Eerste Kamer, 2018). Geen enkele politieke partij neemt het initiatief om dit onderwerp met al haar maatschappelijke, financiële en werkgelegenheids consequenties op de politieke agenda te zetten.

Innovatie

Volgens filosoof Martin Heidegger, ligt de essentie van technologie niet zozeer in techniek, maar in een bepaalde manier waarop wij als mensheid denken. In de oudheid zagen Grieken technologie, ook wel *techne*, als een manier om de wereld om ons heen zichtbaar te maken. Het werd beschouwd als een kunst of een ambacht (Heidegger, 1977). Hierbij werd bijvoorbeeld uit hout een ornament gemaakt waarbij technologie de schoonheid van het hout als het ware blootgelegd. Huidige, moderne technologie verschilt hiervan, volgens Heidegger. Vandaag de dag manipuleren we de natuur om ons heen en kijken we puur naar hetgeen dat nut heeft voor ons als mens. De “kunst” is verdwenen en de focus is verschoven naar een industrie waarbij het maximale uit de natuur wordt gehaald voor ons eigen gewin. Deze manier van denken wordt door Heidegger *enframing* genoemd. Hierbij ziet men bomen, dieren en andere natuur puur als een middel om beter van te worden. Natuurlijke objecten hebben voor moderne technologie alleen waarde wanneer ze nuttig zijn voor ons gebruik. Alles op onze planeet valt te exploiteren om het leven op aarde makkelijker te maken. De schoonheid van onze planeet wordt opgeofferd ten behoeve van technologie. Bossen worden gekapt, grondstoffen worden opgemakt en het milieu wordt vervuild. Dit alles om de problemen waar we als mensheid tegenaan lopen, makkelijk en efficiënt op te lossen. Volgens Heidegger ligt het gevaar niet in technologie zelf, maar in de mentaliteit van onze samenleving. Daarbij willen we wél dat alles eenvoudiger en sneller gaat, maar

houden we geen rekening met de kosten. Deze denkwijze vormt volgens Heidegger een groot gevaar voor ons menselijk voortbestaan.

De zelfrijdende auto valt ook onder dit gedachtegoed te scharen. Een zelfrijdende auto biedt ons gemak en efficiëntie. We kunnen ons makkelijker van A naar B vervoeren zonder dat we zelf actief hoeven sturen. Tegelijkertijd vervuilen we, zolang de gebruikte energie niet duurzaam is, het milieu door te reizen. We steken tijd en energie in het ontwikkelen van een technologie die alledaagse taken versimpelt. Alhoewel de zelfrijdende auto efficiënter om zou kunnen gaan met energie, door onder andere geoptimaliseerde acceleratie en deceleratie patronen (Wu, Zhao, & Ou, 2011), dringt zich de vraag op of een volledige transitie naar duurzaam vervoer niet prioriteit zou moeten hebben boven de ontwikkeling van zelfrijdendheid. Daarbij zijn er zorgen over een verschuiving in menselijk gedrag. Zo voorziet Ognen Stojanovski, onderzoeker bij Stanford's Energy and Sustainability Institute een afname in het gebruik van bussen en treinen. Tijdens een debat over zelfrijdende auto's en milieu bij de Silicon Valley Energy Summit pleit Stojanovski: "Instead, with autonomous vehicles, we'll no longer want to go on CalTrain. We'll want to be by ourselves getting work done, sleeping, whatever. We'll want to live farther and farther away from where we work" (Golden, 2018, p. 1). De zelfrijdende auto zou volgens hem een dusdanige transitie in ons gedrag veroorzaken, dat door de manier waarop wij met vervoer omgaan, de afname in energiegebruik weer teniet kan worden gedaan.

Controle

In "Postscript on the Societies of Control" (1992) beschrijft filosoof Gilles Deleuze controle en vrijheid binnen onze maatschappij en de rol die technologie daarbij speelt. Er heeft volgens Deleuze een verschuiving plaatsgevonden van een disciplinaire maatschappij naar een maatschappij van controle. Voorheen werden mensen slechts gecontroleerd en onder controle gehouden binnen gesloten systemen zoals school, werk en de gevangenis. Met de introductie van moderne technologie vindt deze controle nu ook plaats in open systemen en netwerken. Zo bieden onder andere computers en telefoons, aangesloten op het internet, een krachtige vorm van controle binnen onze

maatschappij. “Control is not discipline. You do not confine people with a highway. But by making highways, you multiply the means of control...people can travel infinitely and ‘freely’ without being confined while being perfectly controlled” (Deleuze, 1992, p. 5). Hiermee geeft Deleuze aan dat mensen zich vrij kunnen voelen door technologie. Het biedt toegang tot een eindeloze stroom aan informatie. Tegelijkertijd gaat dit gepaard met een toename in controle door bedrijven en de overheid. Er wordt bij het gebruik van moderne technologie namelijk constant data van de gebruiker verzameld en opgeslagen.

Het systeem van de zelfrijdende auto past binnen deze maatschappij van controle. De auto verzamelt, net als veel moderne technologie, data over ons. Het systeem zal te allen tijde informatie nodig hebben over onder andere waar de gebruiker rijdt, hoe hard deze rijdt en welke route er afgelegd wordt. Bedrijven en overheden hebben potentieel toegang tot deze data. Zelfrijdendheid gaat dus ten koste van onze privacy.

De gebruiker verliest ook een deel van zijn *agency*, de vrijheid om zelf te handelen, door zelf niet meer te kunnen sturen. Er wordt een vorm van vrijheid geboden door zelf niet te hoeven sturen. Echter, men geeft hierbij zowel letterlijk als figuurlijk het stuur uit handen. Hoewel de gebruiker nog wel zijn of haar bestemming kiest, worden onderweg de keuzes gemaakt door de technologie aan boord van de auto. Waar de auto generaties lang symbool stond voor autonomie en vrijheid, ligt het kwijt raken daarvan nu in het vooruitzicht (Boeglin, 2015). Er zal daarom nog wel een verschuiving plaats moeten vinden in de attitude van mensen tegenover het niet zelf kunnen rijden. Er is maatschappelijke acceptatie nodig met betrekking tot de overgave aan de technologie van de zelfrijdende auto (Fraedrich, 2016).

Met zelfrijdende technologie aan boord van de auto, gaat nog een volgend probleem gepaard. Deleuze spreekt zich, naast controle, ook uit over het gevaar van virussen. Ook dit zal in acht moeten worden genomen bij het rijden met een auto waarvan het besturingssysteem volledig digitaal is. Gevaar van hackers bedreigt de veiligheid, op verschillende manieren. Onderzoek naar de hackbaarheid van zelfrijdende auto's wijst uit dat dezelfde systemen die de auto veiliger maken om in te

rijden, de auto tegelijkertijd kwetsbaar maken voor virussen (Jafarnejad et al., 2015). In sommige gevallen blijkt het mogelijk om systemen van zelfrijdende auto's te hacken. Vitale parameters van de motor bleken aangepast te kunnen worden. Daardoor bleek het mogelijk om de koers van de auto te wijzigen. Wanneer de zelfrijdende auto op grote schaal wordt geïmplementeerd, kan een eventuele hack tot desastreuze gevolgen leiden. Het verkeer zou stil kunnen worden gelegd of erger nog: kwaadwillenden zouden opzettelijk ongelukken kunnen veroorzaken.

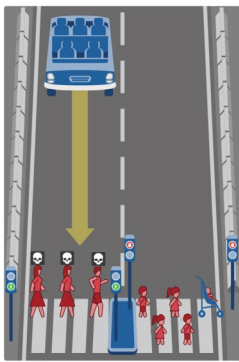
Ethische vraagstukken

In aanvulling op de meer directe gevaren voor onze samenleving, zijn er de nodige ethische complicaties die bij de implementatie van de zelfrijdende auto de kop opsteken. Alhoewel de zelfrijdende auto uiteindelijk zeer veilig kan worden door geavanceerde technologie, blijft de kans op een ongeluk altijd aanwezig. Het is dan aan de auto om te beoordelen hoe in dergelijke gevallen te reageren. In sommige situaties zal er door de auto gekozen moeten worden tussen twee kwaden. Wanneer de remmen van de auto niet functioneren, of onder slechte weersomstandigheden kunnen situaties ontstaan die vergelijkbaar zijn met het 'rolleyprobleem', geïntroduceerd door Philippa Foot (1978). Daarin worden ethische keuzes besproken over leven en dood. Kiest het systeem van de auto bijvoorbeeld voor een ingreep die de bestuurder redt, of voor de veiligheid van een groep overstekende mensen?

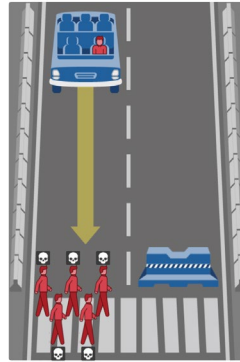
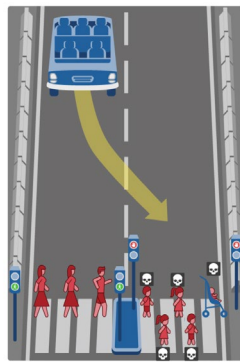
Moral Machine, een website die aan *crowd sourced human opinion* onderzoek doet, schetst een aantal situaties waarbij de remmen van een auto het begeven en er een ethische keuze gemaakt moet worden over waar de auto heen stuurt (Moral Machine, 2018). Deelnemers krijgen in een enquête de keuze om over leven en dood te beslissen van de actoren in afbeeldingen. Op basis van het onderzoek wordt een beeld gevormd over ethische voorkeuren. In figuur 1.1 valt aan de linkerkzijde te zien hoe er een situatie kan ontstaan waarbij de auto ervoor kiest om de ene inzittende te redden en vijf overstekende mensen dood te rijden. Aan de rechterzijde offert de auto één inzittende op om de vijf overstekende mensen te redden. In figuur 1.2 speelt eenzelfde dilemma, maar dan betreft het een keuze tussen de levens van drie volwassenen en vijf

kinderen. Naast deze voorbeelden zijn er talloze andere situaties te voorzien waarbij levensbepalende keuzes gemaakt moeten worden.

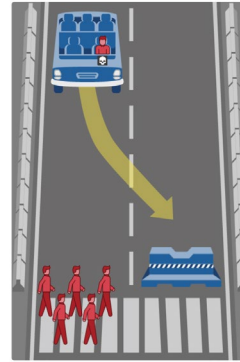
Wanneer we zelf achter het stuur zitten, bepalen we zelf hoe er gehandeld wordt in dergelijke verkeerssituaties. In de toekomst zou een zelfrijdende auto dat voor ons doen. Het kiezen tussen twee kwaden zal daarom in de software van de auto vastgelegd moeten worden. Wie bepaalt echter wat de juiste keuzes zijn? En wil men in een auto rijden die collectief keuzes maakt waar wellicht niet iedereen het mee eens is? Zou men een auto kopen welke potentieel 'opzettelijk' tegen een muur rijdt om anderen te beschermen en niet te allen tijde de inzittende beschermt? Of stel dat een ander een verkeersovertreding maakt. Moet het systeem deze persoon dan redden, ook als dat mogelijk ten koste gaat van de eigen inzittenden? Willen we überhaupt een machine die beslist over leven en dood? Dit is een aantal van de vele ethische vragen dat opspeelt en vraagt om nader onderzoek en besluitvorming alvorens we over kunnen gaan tot de implementatie van een auto met volledige autonomie.



Figuur 1.1



Figuur 1.2



Economische gevolgen

Naast het kwijtraken van het vermogen om te sturen, de hackbaarheid en diverse vragen over ethiek, zijn er ook de nodige economische gevolgen die gepaard gaan met de implementatie van de zelfrijdende auto. Zo wordt verwacht dat er economische

voordelen zijn voor individuen, de maatschappij en bedrijven. Maar tegelijkertijd dat er herstructurering binnen industrieën plaatsvindt en dat het zal leiden tot een verlies van banen (Milakis et al., 2017).

Door een toename in veiligheid door geavanceerde technologie, zal de kwaliteit van leven omhoog gaan en zal er een afname zijn in verkeersongevallen. Daardoor ontstaat een afname in het aantal verkeersslachtoffers, schadekosten, medische - en verzekeringsuitgaven. Daarbij wordt bovendien een afname van files en opstoppingen in het verkeer verwacht. De software laat, zoals eerder genoemd, door acceleratiepatronen de auto zuiniger rijden, waardoor het milieu minder wordt belast. Ook zou men, doordat er niet meer zelf gestuurd hoeft te worden, tijd over hebben voor andere zaken waardoor productiviteit kan toenemen (Milakis et al., 2017).

Tegelijkertijd zijn er echter ingrijpende gevolgen voor verschillende industrieën. Zo kan een beroep als taxichauffeur overbodig worden doordat er geen chauffeur meer in de auto hoeft te zitten. Travis Kalanick, CEO van Uber geeft aan dat het bedrijf van plan is op lange termijn de chauffeurs compleet te vervangen door de zelfrijdende auto. Het zal niet op korte termijn zijn, maar een overstap op langere termijn is volgens hem onvermijdbaar (Newman, 2014). In de bezorg- en vervoersbranche zullen vele beroepen vervallen: vrachtwagenchauffeurs, pakketbezorgers, voedselbezorgers en rijinstructeurs worden overbodig. Er zullen nieuwe banen worden gecreëerd binnen de zelfrijdende auto-industrie, maar deze zullen in aantal niet opwegen tegen het verlies van banen in andere sectoren (Grunwald, 2016).

Naast het directe verlies van banen doordat bestuurders overbodig worden, toont onderzoek aan dat het autobezit zal afnemen door een toename in het delen van auto's (Heinrichs, 2016). Dit zal voor een verschuiving zorgen binnen de automotive industrie. Er zullen minder voertuigen worden verkocht. De afname in kwantiteit zal financieel niet kunnen worden gecompenseerd door prijsverhogingen. Met als gevolg een afname in de totale omzet van de auto-industrie.

Deze afname in de auto-industrie beïnvloedt op haar beurt technische diensten, administratie, wholesale, retail, verzekeringsindustrie en de financiële sector waardoor omzet daalt en banen verdwijnen (Milakis et al., 2015). Naast een lager

brandstofverbruik per auto, zullen door de daling van het totaal aantal auto's, ook de overheidsinkomsten uit wegenbelasting en accijns op brandstof dalen. Aanvullend verliest de overheid, wanneer de auto geprogrammeerd is om zich volledig aan de regels te houden de verkeersboetes als inkomstenbron. In 2016 bedroegen de opbrengsten van verkeersboetes ongeveer een miljard euro (Rijksoverheid, 2016).

Techniekfilosoof Armin Grunwald maakt in een onderzoek naar de maatschappelijke gevolgen van de zelfrijdende auto een vergelijking met de automatisering die in de jaren tachtig plaatsvond. In Duitsland verloren daarbij miljoenen arbeiders hun baan. Er was toendertijd een grote inspanning van de Duitse maatschappij nodig om een deel van dit verlies in banen op te vangen door om- en bijscholing (Grunwald, 2016). Grunwald geeft aan dat bij de komst van de zelfrijdende auto vergelijkbare gevaren op de loer liggen. Er is daarom een belangrijke rol weggelegd voor de overheid om deze ontwikkelingen in goede banen te leiden.

Concluderend

Binnen sociaal constructivistisch onderzoek wordt er onvoldoende aandacht geschonken aan de sociale consequenties van technologische innovatie. Dat dit juist bij de zelfrijdende auto nodig is, blijkt uit de vele maatschappelijke gevolgen en ethische vraagstukken die naar voren komen. De zelfrijdende auto brengt gemak, belast het milieu minder en verhoogt productiviteit. Deze voordelen gaan echter gepaard met diverse gevolgen voor onze samenleving. De burger raakt zijn controle kwijt over het stuur en geeft deze uit handen aan technologie. Er wordt data over het rijgedrag van inzittenden verzameld door overheden en bedrijven. Tegelijkertijd worden auto's kwetsbaarder voor hacken doordat digitale software de auto aanstuurt. Ook spelen er ethische vraagstukken wanneer software keuzes moet maken over dilemma's in het verkeer. Er zal vastgelegd moeten worden hoe de zelfrijdende auto handelt in bepaalde verkeerssituaties. Daarnaast zijn er de nodige economische gevolgen. De komst van de zelfrijdende auto heeft mogelijk ingrijpende gevolgen voor onze economie. Beroepen waarbij een chauffeur nodig is komen op het spel te staan. Daarnaast ontstaat er mogelijk een afname in het aantal auto's met een herstructurering binnen de auto-

industrie tot gevolg. Dit beïnvloedt diverse bedrijfssectoren en leidt tot het verlies van banen. Daarbij vervallen inkomsten door verkeersboetes en zal de opbrengst van accijns op brandstof minder zijn, waardoor de overheidsinkomsten afnemen.

Er is een rol voor de overheid weggelegd om de maatschappelijke gevolgen van de zelfrijdende auto in kaart te brengen en pro-actief beleid te maken om de terugval in werkgelegenheid en overheidsinkomsten op te vangen. Daarbij zal er maatschappelijk debat gevoerd moeten worden over de ethische dilemma's en de privacy van de inzittende. Ook wanneer alle technische problemen zijn opgelost, blijft de hackbaarheid van de zelfrijdende auto een groot punt van zorg.

(Be)stuurloos rijden: een bestuurskundig milieuwetenschappelijk perspectief op de introductie van het autonoom rijden in de samenleving

In 2015 heeft de wereld tijdens de algemene vergadering van de Verenigde Naties de agenda vastgesteld voor de komende 15 jaar in de vorm van de Sustainable Development Goals (United Nations, 2015). Deze 17 doelen zijn onder meer het tegengaan van klimaatverandering, het verbeteren van de wereldwijde gezondheid, het verminderen van armoede en sociale ongelijkheid en bewerkstelligen van duurzame steden.

Een van de sectoren die een grote impact heeft op deze doelen is de transport- en mobiliteit sector. Een van de grootste problemen in deze sector is filevorming. Zoals genoemd in de inleiding, heeft dit een grote natuurlijke, sociale en economische impact op de samenleving. Filerijden veroorzaakt onder andere een significant grotere uitstoot van broeikasgassen (Sjodin et al., 1998), verhoogt gezondheidsrisico's (Zhang & Batterman, 2013) en kost de Nederlandse samenleving tussen de 2,8 en 3,7 miljard euro per jaar (KiM, 2016).

Door de jaren heen zijn er meerdere oplossingen aangedragen om de hoeveelheid files te beperken. De focus in dit onderzoek ligt echter op het autonoom rijden, omdat dit een relatief nieuwe interventie is, waar in de literatuur nog vrij weinig over wordt gesproken.

Het is de taak van de milieuwetenschapper om uit te zoeken wat de sociale, economische en natuurlijke effecten van de nieuwe interventie precies inhouden. De bestuurskundige milieuwetenschapper focust zich daarbij op de besluitvormingsprocessen die gepaard gaan met dit soort maatschappelijke veranderingen. Dit bestuurskundig milieuwetenschappelijke deel van het onderzoek volgt dan ook deze twee hoofdlijnen[HN(1)]. Het eerste deel verdiept zich in de achterliggende oorzaken en processen van filevorming, inclusief een bespreking van de effecten van de introductie van de zelfrijdende auto. De vragen die in deel besproken worden zijn: (1) *Welke oorzaken en processen liggen ten grondslag aan mobiliteitsproblemen in Nederland?* (2) *Op welke manier worden deze beïnvloed door de introductie van de zelfrijdende auto?* Het tweede deel verdiept zich vervolgens in de

besluitvormingsprocessen en barrières rondom de implementatie van deze innovatie. Dit deel ontfermt zich over de vragen: (3) *Welke bestuurlijke processen zijn gaande rondom de implementatie van de zelfrijdende auto?* (4) *Welke barrières zijn er te verwachten tijdens de implementatiefase en op welke manier kan hiermee worden omgegaan?*

1. De oorzaken van filevorming

Het fileprobleem is een probleem van alle tijden. Al jarenlang staan de Nederlandse wegen vol tijdens de spitsuren, met gevolgen voor de menselijke gezondheid, de staat van het milieu en de economie. Volgens de Rijksrapportage Rijkswegennet (Ministerie van Infrastructuur & Milieu, 2018) zijn er een aantal verschillende oorzaken aan te wijzen voor het ontstaan van file:

1. Hoge intensiteit van het wegennet (65,8%)
2. Verkeersongevallen (19,9%)
3. Overige incidenten (8,2%)
4. Slecht weer (< 5%)
5. Wegwerkzaamheden (< 5%)

Hoge intensiteit van het wegennet

Deze oorzaak houdt in dat er te veel verkeer is voor de capaciteit van de weg. Meerdere factoren zijn achterliggend aan deze oorzaak (Kennisinstituut voor mobiliteitsbeleid, 2018). Ten eerste speelt de afstand tussen de woonplaats en werkplaats een rol. Hoe groter de afstand tussen de woonplaats en het werk, hoe groter de hoeveelheid gereden autokilometers, hoe langer een auto gebruik maakt van de weg. Tevens verkleint het de kans dat er gekozen wordt voor andere transportopties (fiets, lopen of openbaar vervoer). Ten tweede, speelt de verdeling van ritten een rol bij. Tijdens spitsuren is de hoeveelheid verkeer ten opzichte van andere extreem hoog, waardoor de wegcapaciteit vaak niet toereikend is. Ten derde speelt autobezit een rol.

Ten vierde speelt de economie een rol (Van der Schuren & Korver, 1995). Wanneer de economie aantrekt en meer mensen werk hebben, reizen meer mensen en goederen van A naar B.

Verkeersongevallen

Dit betreft menselijke fouten waardoor één of meerdere auto's verongelukken. Hierdoor ontstaat een gevaarlijke verkeerssituatie waardoor één of meerdere rijstroken afgesloten worden met een verlaagde wegcapaciteit tot gevolg.

Overige incidenten

Deze oorzaak betreft technische mankementen, waardoor een voertuig niet verder kan rijden. Doordat er een gevaarlijke verkeerssituatie ontstaat, zijn overige weggebruikers genoodzaakt langzamer te rijden of een rijstrook te vermijden, waardoor de kans op filevorming toeneemt.

Slecht weer

Slecht weer heeft tot gevolg dat bestuurders beperkt zicht hebben of de wegen in slechtere conditie zijn, waardoor men genoodzaakt is langzamer te rijden.

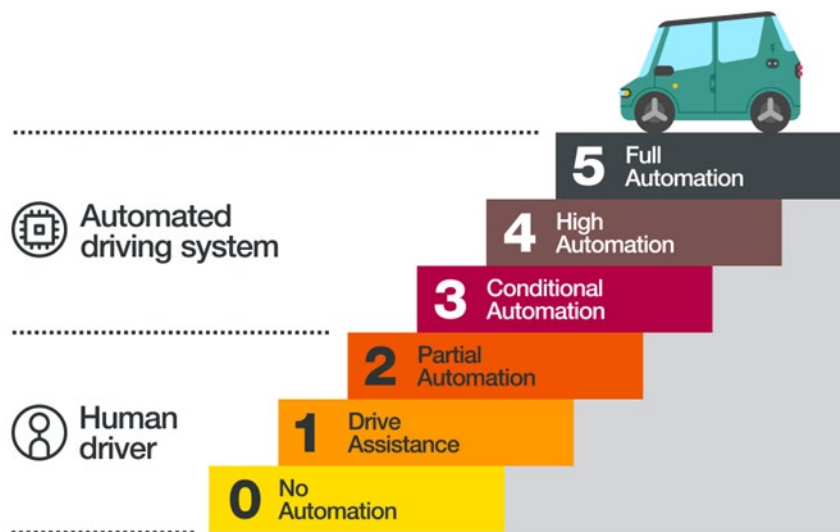
Wegwerkzaamheden

Dit is een oorzaak van filevorming doordat de wegcapaciteit op een gedeelte van de weg tijdelijk verminderd wordt. Hierdoor ontstaat een verkeerstrechter, waardoor mensen langzamer rijden en moeten invoegen.

2. De introductie van de zelfrijdende auto en zijn effecten

Het is nu duidelijk hoe files in het huidige systeem ontstaan. De vraag is echter wat er gebeurt wanneer de zelfrijdende auto geïntroduceerd wordt in dit systeem. Alvorens deze vraag te beantwoorden, is het echter van belang om uiteen te zetten hoe de

zelfrijdende auto gedefinieerd wordt. De Society of Automotive Engineers (SAE) definieerde vijf niveaus van autonomie voor auto's (SAE International, 2018). Niveau 1 beschrijft een auto met zeer beperkte automatisch hulpmiddelen zoals een start-stop systeem of stuurbevestiging, waarbij een bestuurder nog steeds benodigd is. Niveau 5 beschrijft een volledig automatische auto, welke bestuurd wordt door een kunstmatig intelligent systeem (zie figuur 1). Daarnaast zijn er verschillende toepassingen, die de effecten kunnen beïnvloeden (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2015). Deze toepassingen hebben te maken met de brandstof (fossiel of elektrisch), het gebruik (privé of gedeeld) en communicatie tussen voertuigen (een netwerk van auto's of offline individuen).



Figuur 2 Het model voor niveaus van autonomie in auto's (bron: DZone.com)

De grootste oorzaak voor filevorming is een te hoge intensiteit van het wegennet (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2018). Deze kan uiteengezet worden in 3 graadmeters: gereden kilometers per auto (Engels: *Vehicle Miles Travelled*), wegcapaciteit en autobezit. De op een na grootste oorzaak van filevorming is verkeersongevallen, deze factor kan gemeten worden door de verwachte veiligheid van de zelfrijdende auto. De overige incidenten kunnen worden uitgedrukt in de kans op systeemfouten in de technologie.

De verwachting voor de hoeveelheid gereden kilometers per auto is dat deze zal toenemen met 3%-27% door de introductie van de zelfrijdende auto (Milakis, van Arem & van Wee, 2017). Dit komt doordat een zelfrijdende auto met een autonominiveau van 4 of hoger toegankelijker is voor bepaalde bevolkingsgroepen (zoals kinderen en ouderen) dan de bestuurde auto (Harper et al., 2016). Daarnaast kan er een verschuiving plaatsvinden van openbaar vervoer naar de zelfrijdende auto als gevolg van hoger comfort en efficiënter reizen. Het toevoegen van de gedeelde auto toepassing, kan de hoeveelheid gereden nog verder opdrijven, omdat lege auto's naar passagiers moeten rijden. Er wordt verwacht dat de wegcapaciteit als gevolg van de komst van de zelfrijdende auto met maximaal 100% vergroot kan worden (Milakis, van Arem & van Wee, 2017). Deze vergroting van capaciteit vindt echter alleen plaats wanneer de auto's ten minste niveau 3 autonomie hebben en ten minste 40% van de auto's op de weg zelfrijdend is. Ook de mate van verbondenheid met andere zelfrijdende auto's is van belang voor het vergroten van wegcapaciteit. De mate van autonomie, relatieve hoeveelheid zelfrijdende auto's op de weg en mate van verbondenheid met andere auto's zijn dus bepalend voor de capaciteitsvergroting. Voor autobezit wordt verwacht dat deze flink zal dalen (67%-90%), mits de zelfrijdende auto in de gedeelde vorm wordt gebruikt (Milakis, van Arem & van Wee, 2017). Concluderend kan worden gesteld dat de wegintensiteit verlaagd kan worden door het gebruik van zelfrijdende auto's, mits de auto's ten minste autonominiveau 3 hebben, er gebruik gemaakt wordt van gedeelde auto's en de grote meerderheid van de auto's zelfrijdend is.

Met betrekking tot veiligheid is er sprake van onzekerheid van het effect van zelfrijdende auto's. Enerzijds kan de innovatie het verkeer veiliger maken, doordat menselijk falen steeds minder een rol gaat spelen (Milakis, van Arem & van Wee, 2017). Echter zijn er een aantal voorwaarden waaraan voldaan moet worden om dit te bewerkstelligen: een grote meerderheid van de auto's op de weg moet zelfrijdend zijn, de auto's moeten met elkaar verbonden zijn en ten minste het derde autonominiveau hebben. Anderzijds wordt de veiligheid verminderd door de kans op het hacken van auto's en het besmetten met virussen (Jafarnejad et al., 2015). Dit is echter alleen mogelijk wanneer de voertuigen een online netwerk vormen. Uit deze informatie valt

dus een dilemma af te leiden: offline, niet verbonden, niet lerende auto's met weinig verandering met betrekking tot veiligheid tot gevolg of het risico lopen op gehackte en besmette autosystemen.

Informatie met betrekking tot kansen op systeemfouten is tot op heden zeer gering beschikbaar, omdat de huidige zelfrijdende auto's nog niet zodanig autonoom zijn, dat de technologie vergeleken kan worden met bestuurde auto's. Hierover valt dan ook nog geen conclusie te trekken.

Er zijn echter ook maatschappelijke effecten te vinden, die geen directe relatie hebben met mobiliteit (Milakis, van Arem & van Wee, 2017). Wanneer er gekozen wordt voor een gedeelde auto, is er een effect voor ruimtelijke ordening, omdat er tot 90% minder parkeerplaatsen benodigd zijn. Tevens zijn er effecten met betrekking tot energieverbruik: zelfrijdende auto's verbruiken 31%-45% minder energie en stoten significant minder broeikasgassen uit. Dit effect wordt versterkt wanneer er gekozen wordt voor elektrische auto's. Ook zijn er effecten voor sociale gelijkheid: groepen die vanwege fysieke of mentale redenen voorheen geen beschikking hadden tot een auto, kunnen met de zelfrijdende auto zich makkelijker verplaatsen. Voor de economie zijn er zowel voordelen als nadelen: de introductie van de zelfrijdende auto kan zorgen voor economische groei, maar kan ook zorgen voor werkloosheid in de transportsector.

3. Actoren en besluitvormingsprocessen

Nu duidelijk is welke (mogelijke) effecten het autonoom rijden heeft op de samenleving en in het bijzonder op filevorming, is het belangrijk om de implementatiefase en de haalbaarheid van het autonoom rijden te onderzoeken. Dit onderzoek is gebaseerd op de transitie van *government* naar *governance* (Stoker, 1998). In de milieuwetenschappelijke literatuur wordt gesteld dat maatschappelijke actoren steeds meer invloed hebben bij het maken van maatschappelijke beslissingen. De actoren die in dit onderzoek aan bod zullen komen zijn het bedrijfsleven, de burgers en de (inter)nationale overheid.

Bedrijfsleven

Het bedrijfsleven wordt in de situatie van zelfstandig rijden beschreven als de industrie die de techniek voor het autonoom rijden onderzoekt, vormgeeft en uiteindelijk introduceert op de markt. Daarbinnen worden twee actoren onderscheiden: de autofabrikanten (zoals BMW) en de *sharing*-platforms (zoals Uber). Het bedrijfsleven is de initiator van de maatschappelijke ontwikkeling. Het voorkomen van filevorming wordt niet genoemd als specifiek doel voor de ontwikkeling van het autonome rijden. De voornaamste reden voor het ontwikkelen van zelfrijdende auto's is het verbeteren van de concurrentiepositie. Dit hangt samen met duurzaamheid in het algemeen (Tollefson, 2008). Omdat duurzaamheid het nieuwe paradigma is en fossiele brandstoffen steeds schaarser worden, zijn autofabrikanten gedwongen om te innoveren op het gebied van duurzame mobiliteit. Doordat de autofabrikanten verantwoordelijk zijn voor de ontwikkeling van de technologie en het design van de auto, wordt voornamelijk door de autofabrikanten bepaald welke toepassingen de zelfrijdende auto's krijgen. In het bijzonder het niveau van autonomie en de soort brandstof van de auto, twee belangrijke factoren die de effecten van de zelfrijdende auto op de maatschappij bepalen, worden uitsluitend bepaald door de autofabrikant. De autofabrikant zoekt daarnaast toenadering tot *sharing*-platforms als Google en Uber, zodat bij het design rekening gehouden kan worden met een gedeelde variant via de populaire platforms (o.a. Bradshaw, 2018; Gibbs, 2017). Om een zo goed mogelijke concurrentiepositie te bemachtigen interacteren autofabrikanten met de consument, de burgers, door marktonderzoek te doen naar de wensen en behoeften van de consument. De burgers beïnvloeden door middel van marktwerking het ontwerp en de toepassingen van de zelfrijdende auto's. Daarnaast is het bedrijfsleven afhankelijk van de overheid. Deze bepaalt namelijk welke auto's getest mogen worden en wanneer deze ook daadwerkelijk de weg op mogen.

Burgers

De burgers nemen in deze situatie de rol van de consument in. Zij hebben als doel om zo comfortabel en efficiënt mogelijk van A naar B te reizen. De mobiliteitsproblematiek wordt door hen dus ook als hinderlijk ervaren. Als consument interacteren burgers met het bedrijfsleven. De consument heeft een machtspositie doordat zij de relatieve

hoeveelheid zelfrijdende auto's op de weg bepalen en het eindoordeel hebben over het gedeeld rijden. Dit zijn 2 andere bepalende factoren voor de effectgrootte van de positieve effecten. De burgers zijn afhankelijk van het bedrijfsleven en de overheid. Deze leveren namelijk de transport opties waar de consument uit kan kiezen.

Europese Unie

De laatste actor die een rol speelt bij de implementatie van autonoom rijden is de overheid. Deze zien het mobiliteitsprobleem voornamelijk als een barrière voor economische groei en de oorzaak van een vergrote uitstoot (*KiM, 2018*). Op het gebied van mobiliteit heeft Nederland niet alleen te maken met nationale besluitvorming, maar ook internationale besluitvorming vanuit de Europese Unie (EU). De EU voert progressief beleid t.o.v. autonoom rijden en spoort haar lidstaten aan hetzelfde te doen (*Europese Commissie, 2018*). De komende jaren wordt de zelfrijdende auto geïntegreerd in het Europese beleid, waarbij de focus zal liggen op het beschermen van de interne markt en gebruikersdata. Tot slot heeft de EU een duidelijke voorkeur voor auto's die met elkaar verbonden zijn. Er zijn daarom investeringen in digitale infrastructuur aangekondigd (o.a. 5G internet), die benodigd is om deze verbondenheid mogelijk te maken.

Nederlandse overheid

Het nationale beleid met betrekking tot autonoom rijden bevat vier kernpunten (*Ministerie van Infrastructuur & Milieu, 2014*). Het is aan de overheid om de wet- en regelgeving aan te passen aan de zelfrijdende auto. Tevens stimuleert de overheid kennisontwikkeling en onderzoek. Ook worden verschillende partijen bij elkaar gebracht door de overheid om het ontwikkelingsproces te versnellen. Tot slot is er besloten dat bij de aanleg van nieuwe infrastructuur rekening gehouden dient te worden met de komst van de zelfrijdende auto (*Rijksoverheid, 2017*). De overheid faciliteert dus de implementatie van het autonoom rijden, maar neemt geen actief deel aan de ontwikkeling of designfase.

4. Barrières voor implementatie in de Nederlandse samenleving

De haalbaarheid van de implementatie van autonoom rijden wordt onderzocht aan de hand van het *functions of innovations framework* (Hekkert & Negro, 2009). Dit framework beschrijft de implementatie van een nieuwe innovatie in de samenleving als een checklist met zeven functies waaraan voldaan moet worden voordat de innovatie geïntroduceerd kan worden. De barrières die voorkomen dat er aan een bepaalde functie voldaan wordt, moeten worden overkomen voordat de innovatie geïntroduceerd kan worden. In deze paragraaf worden de zeven functies toegepast op de zelfrijdende auto en geëvalueerd of er aan de functie voldaan is of dat er nog barrières zijn die overwonnen moeten worden (zie ook tabel 1). Ook worden er suggesties gedaan voor het overkomen van de barrières.

Functie 1: beschikbaarheid van ondernemers

Deze functie houdt in dat er genoeg ondernemers zijn die investeren in de innovatie en kennis genereren. Ondernemers zijn de primaire kracht in de ontwikkeling van een innovatie en zijn dus van essentieel belang. Zonder ondernemers, geen innovatie.

Er zijn ruim 40 vooraanstaande auto- en motorfabrikanten die een ontwikkelingsprogramma hebben op het gebied van autonoom rijden (CB Insights, 2018). Daarnaast zijn er *sharingplatforms* (zoals Uber) die deze technologie ontwikkelen. Er kan dus gesteld worden dat er voldoende ondernemers zijn die deze technologie ontwikkelen. Er wordt dus aan deze functie voldaan.

Functie 2: kennisontwikkeling

Deze functie beslaat het doen van (voldoende) onderzoek en het vergaren van (praktische) kennis op het gebied van de innovatie. Deze kennis is essentieel om een optimaal product te ontwikkelen, waarvan tevens de effecten op de consument en maatschappij in zijn geheel duidelijk zijn.

Volgens de literatuur zijn er bij deze functie twee grote tekortkomingen. De eerste is de technische barrières die er zijn voor het ontwikkelen van de hoogste autonominiveaus

(Campbell et al., 2010). De gaten die hier vallen betreffen onder meer systeemintegratie, het “leren” van de auto’s en de omgang met druk stedelijk verkeer. Tevens vormen ethische keuzes bij ongelukken een technische barrière voor het ontwikkelen van de zelfrijdende auto.

Naast technische gaten in de kennis, is er ook sprake van een tekort aan informatie over het management van autonoom rijden (Fagnant & Kockelman, 2015). Het meeste onderzoek dat gedaan wordt naar autonoom rijden is technisch van aard. Er is echter nog weinig maatschappelijke kennis en kennis met betrekking tot management van zelfrijdende auto’s. Dit kan ervoor zorgen dat overheden voor verrassingen komen te staan tijdens de implementatie.

Aan deze functie wordt dus nog niet voldaan. Gezien de hoeveelheid kennis die nog geproduceerd moet worden, wordt deze functie gewaardeerd als ‘slecht’. Om deze barrières te overkomen, moet er zowel door het bedrijfsleven (voor de technische kennis) als de overheid (voor de maatschappelijke kennis) geïnvesteerd worden in onderzoek.

Functie 3: actieve kennisnetwerken

Deze functie beschrijft het distribueren van kennis tussen verschillende actoren, zodat iedereen op de hoogte is van de laatste ontwikkelingen en er zo efficiënt mogelijk geïnnoveerd kan worden.

Op het gebied van de zelfrijdende auto, is er een goede diffusie van kennis. Echter, dit beperkt zich tot het bedrijfsleven. De verschillende autofabrikanten en platforms zijn op de hoogte van de recente ontwikkelingen, deze kennis komt echter nog niet over bij de overheid en de burgers (Fagnant & Kockelman, 2015). Dit blijkt onder andere uit de (technische) dieptegang van overheidsrapporten (KiM, 2015; Europese Commissie, 2018; Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014). Een voorbeeld hiervan is de veiligheid van auto’s in een onlinenetwerk (Fagnant & Kockelman, 2015). Het bedrijfsleven is veel verder met het ontwikkelen van deze systemen, terwijl de

overheden niet weten op welke manier zij de auto's en de inzittenden het beste kunnen beschermen tegen virussen en hacken.

Doordat er slechts gedeeltelijk aan de functie voldaan wordt, wordt de functie gewaardeerd op 'matig'. Om bovengenoemde barrière te overkomen, dient de overheid meer betrokken te zijn bij het ontwikkelingsproces en meer experts op dit gebied in huis te halen.

Functie 4: visie

Deze functie beschrijft het belang van een visie bij het ontwikkelen en implementeren van een innovatie. Wanneer er een visie is weten alle actoren waar naartoe gewerkt wordt en wat de rol van elke partij is.

Er zijn verschillende visies gepresenteerd op het gebied van autonoom rijden, welke grotendeels overeenkomen. De visie vanuit de EU is uitgebreider dan die van de Nederlandse overheid (Europese Commissie, 2018; Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014). De doelen worden in grote lijnen uitgelegd, maar moeten verder gespecificeerd worden om deze functie volledig te kunnen vervullen. Deze functie wordt daarom gewaardeerd als 'matig'.

Functie 5: marktpositie t.o.v. bestaande innovaties

Bij deze functie gaat het om de concurrentiepositie van de innovatie ten opzichte van bestaande vergelijkbare producten. Wanneer deze niet significant beter is, heeft de consument niet genoeg motivatie om het nieuwe product te kopen.

In het geval van de zelfrijdende auto, blijkt dat de auto significant duurder is dan de bestuurde auto (Fagnant & Kockelman, 2015). De technologie die nodig is voor het autonoom rijden is zodanig duur dat de extra kosten kunnen oplopen duizenden dollars extra per auto ten opzichte van de bestuurde auto. Hoewel de kosten zullen dalen naarmate er meer auto's geproduceerd worden, zullen de kosten van autonome voertuigen altijd hoger blijven dan de kosten van een bestuurde auto. Dit kan consequenties hebben voor de hoeveelheid autonome auto's wat verkocht wordt. De

relatieve hoeveelheid zelfrijdende auto's op de weg is echter een bepalende factor voor de effecten van de zelfrijdende auto. Te hoge aanschafkosten vormen dus een barrière voor de introductie van de zelfrijdende auto en het verminderen van filevorming.

Aan deze functie is zodoende nog niet voldaan. Een mogelijkheid om deze barrière te overkomen is het subsidiëren van de zelfrijdende auto.

Functie 6: beschikbaarheid van resources

Een andere essentiële factor bij de implementatie van een innovatie is de beschikbaarheid van natuurlijke en menselijke resources. Wanneer deze namelijk niet genoeg aanwezig zijn, is het moeilijk om de innovatie op grote schaal te produceren en implementeren.

Op dit gebied is weinig te vinden voor de casus van het autonoom rijden. Echter wordt het in de literatuur niet aangemerkt als barrière. Er wordt dus vermoed dat er aan deze functie wordt voldaan, maar verder onderzoek is hiervoor nodig.

Functie 7: overwinnen van tegenstand

De laatste functie is het overwinnen van tegenstand. Tegenstand wordt hierin gedefinieerd als barrières die opgeworpen worden door partijen met andere belangen.

In de literatuur worden twee van dit soort barrières beschreven. De eerste heeft betrekking op de privacy van autogebruikers (Fagnant & Kockelman, 2015). Bestuurde auto's slaan informatie op over het gebruik van de auto. Zelfrijdende auto's, echter, gaan veel verder en slaan ook locatiegegevens en tijdstippen op. Dit roept vragen op met betrekking tot privacy van de consument.

Een tweede barrière is de mogelijke perceptie van gebruikers dat de zelfrijdende auto niet veilig is, omdat er geen mogelijkheid is om in te grijpen (Fagnant & Kockelman, 2015). Computergestuurde voertuigen worden aan een hogere standaard gehouden dan menselijke bestuurders. Dit kan de relatieve hoeveelheid zelfrijdende auto's verminderen, waardoor dit een barrière vormt voor de implementatie van de zelfrijdende auto.

Deze functie is gewaardeerd als 'slecht', vanwege de complexiteit van de barrières. In de literatuur is weinig te vinden over een oplossing voor deze barrières. Als algemene oplossing voor het tegengaan van publieke weerstand, wordt voorgesteld om zogenaamde *advocacy coalitions* te gebruiken om de weerstand te weerleggen (Hekkert & Negro, 2009).

Tabel 1			
<i>Evaluatie van functies voor implementatie van de zelfrijdende auto</i>			
<u>Functie</u>	<u>Slecht</u>	<u>Matig</u>	<u>Goed</u>
Beschikbaarheid van ondernemers			X
Kennisontwikkeling	X		
Actieve kennisnetwerken		X	
Visie		X	
Marktpositie t.o.v. andere innovaties	X		
Beschikbaarheid van resources			X(?)
Overwinnen van tegenstand	X		

Conclusie en discussie

Concluderend kan worden gesteld dat filevorming drie grote oorzaken kent: de hoge intensiteit van het wegennet, verkeersongevallen en verkeersincidenten. De zelfrijdende auto speelt in op twee hiervan (nl. verkeersintensiteit en de hoeveelheid verkeersongevallen), die samen ruim 85% van de hoeveelheid files veroorzaken. Naast

het effect op filevorming, kent de introductie van de zelfrijdende auto ook mogelijke positieve effecten voor uitstoot, brandstofgebruik en sociale gelijkheid. De introductie kent echter ook mogelijke negatieve effecten voor economie, autobezit en sociale gelijkheid. De effectgrootte van al deze gevolgen is echter onzeker, omdat dit afhangt van de besluitvorming en toepassingen van de auto (mate van delen, mate van autonomie en de soort brandstof). De besluitvorming rond het autonoom rijden richt zich op drie actoren: de overheid, het bedrijfsleven en de burgers. De overheid heeft een voornamelijk faciliterende rol, het bedrijfsleven heeft een voornamelijk initiërende rol en de burgers vervullen de rol van consument met een bepaalde behoefte. Er is nog niet aan alle functies van de innovatie voldaan om de zelfrijdende auto optimaal te kunnen introduceren in de samenleving. Voornamelijk de gaten in de kennis, de slechte marktpositie en de tegenstand vanuit de maatschappij vormen barrières voor implementatie.

De conclusies van dit onderzoek zijn beïnvloed door een aantal factoren. Ten eerste de beschikbaarheid van bronnen. Over de effecten van autonoom rijden is veel literatuur te vinden. Echter, de relatie met mobiliteitssystemen als geheel is vrij weinig besproken. Daarnaast zijn er ook weinig bronnen beschikbaar over de besluitvorming rondom het autonoom rijden. Tot slot bestaan er nog veel gaten in de kennis op het gebied van interventies om de gestelde barrières te overkomen. Ten tweede moet in acht worden genomen dat er een bepaalde mate van speculatie is bij het voorspellen van de effecten, omdat de auto nog niet op grote schaal is geïntroduceerd. Ten derde kunnen de conclusies beïnvloed zijn doordat het onderzoek op macroniveau is uitgevoerd. Meer gespecialiseerd onderzoek (eventueel vanuit andere disciplines) kan een ander perspectief geven op de gestelde onderzoeksvragen.

De socio-technologische transitie van de bestuurbare naar de zelfrijdende auto in Nederland

De introductie van de zelfrijdende auto op de Nederlandse wegen lijkt onvermijdelijk: de ontwikkelingen in de auto-industrie vinden plaats in accelererend tempo (De Groen & Kromhout, 2017) en de Nederlandse wetgeving laat steeds meer toe voor fabrikanten (Eerste Kamer der Staten-Generaal, 2018). De transitie van bestuurbare auto's naar zelfrijdende auto's zou positieve gevolgen kunnen hebben voor stedelijke en transportsystemen in Nederland. Met het gebruik van zelfrijdende auto's kan filevorming worden voorkomen, wat zorgt voor tijdsbesparing en verminderde uitstoot van broeikasgassen. Daarnaast zou 90% van de verkeersongevallen voorkomen kunnen worden (Correia & van Arem, 2016; Fagnant & Kockelman, 2015; Milakis et al., 2015).

Vanuit Innovatiewetenschappen zal de hoofdvraag, *“welke rol kan de introductie van de zelfrijdende auto spelen bij een oplossing voor de mobiliteitsproblemen in Nederland?”*, deels beantwoord worden. De precieze effecten van de zelfrijdende auto op de samenleving zijn namelijk afhankelijk van welk innovatiepad er bewandeld wordt en welke rol de actoren in dit innovatiesysteem spelen. Voor een succesvolle implementatie is het van belang dat de actoren op één lijn zitten. Om de rol te bepalen die de zelfrijdende auto kan gaan spelen bij een oplossing voor de mobiliteitsproblemen binnen Nederland is het dus essentieel om te bepalen welke innovatiepaden er zijn en hoe de actoren staat ten opzichte van deze innovatie. Hiervoor zal vanuit Innovatiewetenschappen het volgende vraagstuk worden onderzocht: *welke innovatiepaden bestaan er binnen de industrie van de zelfrijdende auto aan en hoe sluiten deze aan op de behoeften van de betrokken actoren en maatschappij als geheel in Nederland?*

Allereerst zal besproken worden welke taxonomieën er zijn voor de zelfrijdende auto, het is namelijk van belang om te begrijpen dat er niet één type zelfrijdende auto is. Daarna zal worden ingegaan op de innovatiepaden en hoe de Nederlandse overheid hier op inspeelt aan de hand van de verschillende taxonomieën. Vervolgens wordt gebruik gemaakt van het multi-level perspectief (MLP) om de dynamiek van de de

betrokken actoren in Nederland te analyseren. Dit raamwerk wordt als tool gebruikt voor het begrijpen van transitieprocessen, door de ontwikkelingen in te delen in meerdere analytische niveaus (Geels, 2011). Tenslotte zal beschreven worden in welk type *pathway* de transitie plaatsvindt. In de conclusie zal de koppeling gemaakt worden tussen de innovatiepaden en de resultaten uit de MLP-analyse.

Taxonomieën van de zelfrijdende auto

Het is van belang om onderscheid te maken tussen de verschillende taxonomieën van de zelfrijdende auto. Twee dimensies komen naar voren: de mate van connectiviteit en de mate van autonomie (Milakis, 2017). De mate van connectiviteit meet tot op welke hoogte een voertuig kan communiceren met andere voertuigen (V2V) of met infrastructuur (V2I). De mate van autonomie is een spectrum: er zijn zes niveau's te onderscheiden volgens de *Society of Automotive Engineers* (SAE, 2014).

0. Geen autonomie
1. Rij-assistentie
2. Partieel autonoom.
3. Conditioneel autonoom
4. Hoog autonoom
5. Volledig autonoom

Op niveau 0 is er geen sprake van autonomie, de bestuurder wordt geacht alle taken zelf uit te voeren. Niveau 1 houdt in dat de auto specifieke rijtaken van de bestuurder kan overnemen, zoals lane keep assistance, cruise control en park assistance. Op niveau 2 is de auto gedeeltelijk autonoom en kunnen meerdere rijtaken tegelijk worden overgenomen door het systeem. Zo kunnen functies als adaptive cruise control en lane keep assistance gecombineerd worden. Tussen niveau 2 en 3 zit een belangrijk verschil. Vanaf niveau 3 is het systeem namelijk in staat om de rij-omgeving

te monitoren. Op niveau 3 stuurt het systeem en bedient het de pedalen, maar moet de bestuurder nog wel in staat zijn om deze taken over te kunnen nemen. Op niveau 4 zijn alle functies in het voertuig geautomatiseerd en fungeert de inzittende voornamelijk als passagier. Het systeem is in staat om te handelen naar alle situaties waarop het ingesteld is. Op niveau 5 rijdt de auto onder alle omstandigheden (op alle wegen en in elke situatie) volledig autonoom, er is zelfs geen menselijke interventie meer mogelijk (SAE, 2014). Dit laatste niveau wordt als een onhaalbaar idee beschouwd, omdat een systeem niet in staat zou zijn om op elk denkbare situatie ingesteld te zijn (Tillema et al., 2015).

De auto's die nu rondrijden zijn geschikt voor niveau 2 (Ghosn, 2015; Eugensson et al., 2013) en de Tesla Autopilot zit zelfs al tussen niveau 2 en 3 in. De verwachting is dat auto's op niveau 3 beschikbaar zullen zijn rond 2020 met functies zoals de snelweg chauffeur (autonoom rijdend op snelwegen) (Vleugel & Bal, 2016; Berger, 2014). De verwachting van Renault (Ghosn, 2015) is dat autonome auto's stapsgewijs het hoogste niveau gaan bereiken.

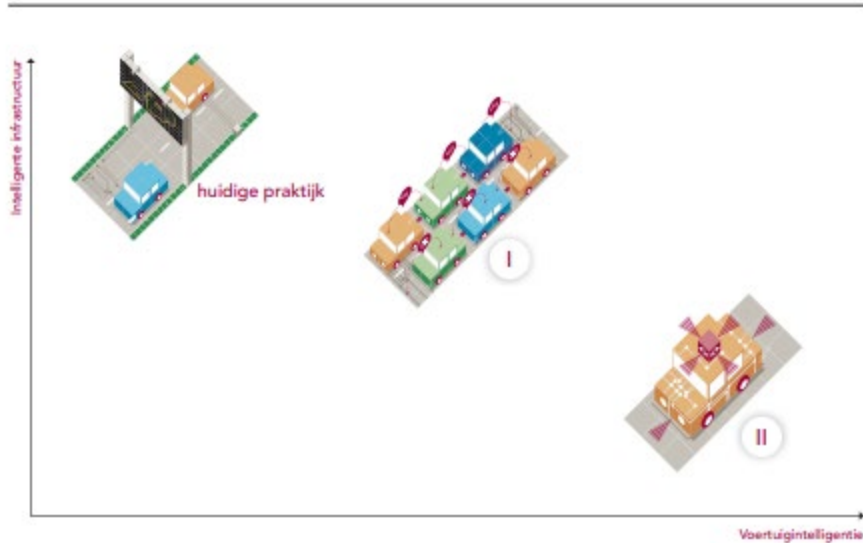
De innovatiepaden binnen Nederland

Binnen het onderzoek van het Rathenau Instituut (Timmer et al., 2014) wordt benadrukt dat het van belang is twee benaderingen te onderscheiden op het gebied van autonoom rijden om de innovatiepaden te begrijpen. Aan de ene kant is er de mogelijkheid is om alle intelligentie in de auto's te stoppen door te investeren in V2V en V2I technologie. Op deze manier worden auto's ten koste van van de infrastructuur doorontwikkeld. Een andere insteek is om de infrastructuur verder te ontwikkelen en op de auto aan te passen. Met deze vorm van hoogwaardig verkeersmanagement wordt de infrastructuur dus steeds 'slimmer' en de auto 'dom' gehouden.

In Nederland, waar de infrastructuur ver doorontwikkeld is, wordt geruime tijd onderzocht hoe de ontwikkelingen op het gebied van intelligente infrastructuur en zelfrijdende auto's verbonden kunnen worden. Deze vorm van samenwerking gaat uit van een 'coöperatieve' zelfrijdende auto, die geavanceerde V2V en V2I technologie bezit (Timmer et al., 2014). Hierbij wordt uitgegaan van een evolutionair proces.

Voertuigen geleidelijk aan steeds meer verbonden met de omgeving. Ook wordt er stapsgewijs naar een hoger niveau van autonomie toegewerkt. Dit is in lijn met het beleid waar jarenlang op in is gezet, de traditie van hoogwaardig verkeersmanagement blijft op deze manier in tact.

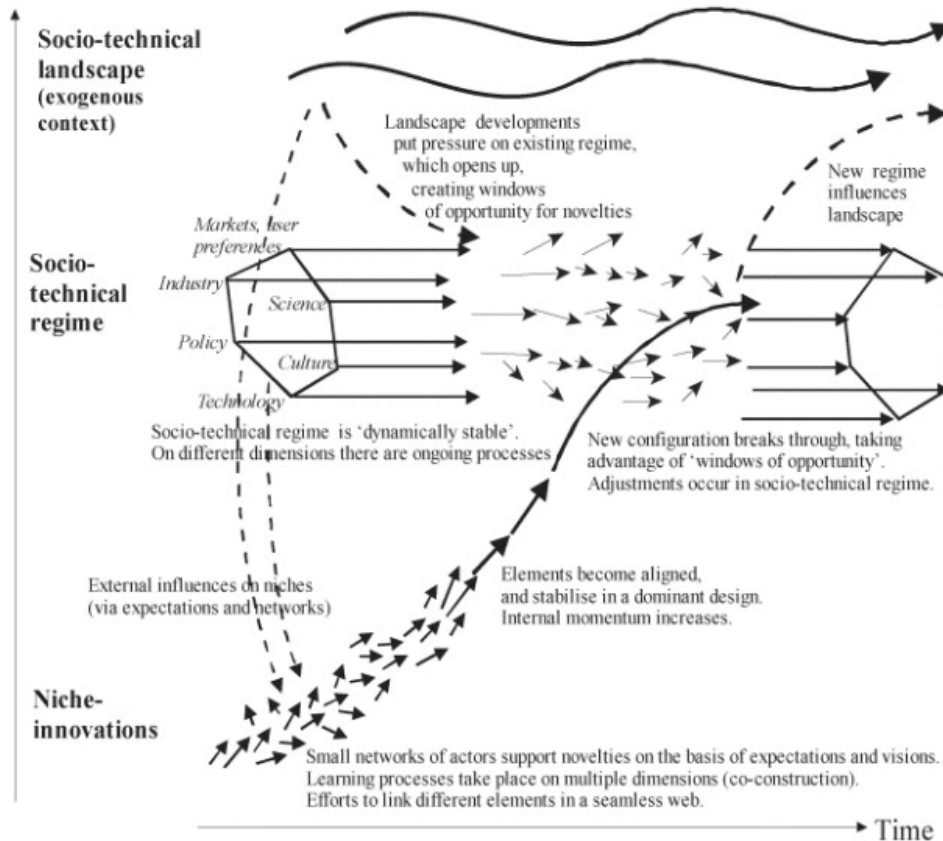
Naast het concept van de coöperatieve auto bestaat er ook de 'zelfstandige' zelfrijdende auto. Deze auto is zo geprogrammeerd dat hij niet afhankelijk is van V2V of V2I technologie. Dit is mogelijk doordat er een combinatie van camera's, radarsystemen, een lange afstandsmeter en gps met digitale kaarten in de auto aanwezig is (Google 2013; Guizzo 2011). Dit voertuig zit momenteel op niveau 4 in termen van autonomie, wat hoog is maar betekent dat een bestuurder nog steeds een vereiste is. De connectiviteit daarentegen is laag, vanwege het feit dat er geen V2V of V2I technologie aanwezig is. Binnen het beleid van Nederland wordt niet echt ingespeeld op de zelfstandige auto, omdat effecten als milieubesparing en een betere doorstroming van verkeer beter bereikt kunnen worden met de invoering van de coöperatieve auto (Timmer et al., 2014). Bedrijven zoals Google en Uber hebben dergelijke 'zelfstandige' voertuigen inmiddels al ontwikkeld en geïntroduceerd op de openbare weg (Wadud et al., 2016). Het lijkt dus een kwestie van tijd totdat de zelfstandige auto in Nederland geïntroduceerd zal worden. De introductie van dergelijke zelfstandige auto's zou voor Nederlandse begrippen als een revolutionair innovatiepad gezien kunnen worden vanwege het coöperatieve beleid dat de laatste jaren is gehanteerd.



Figuur 3: Ontwikkelingsrichtingen wegverkeer (Timmer et al., 2014)

Het multi-level perspectief

Om de dynamiek die plaatsvindt tussen de actoren in Nederland rondom de zelfrijdende auto te analyseren wordt gebruik gemaakt van het multi-level perspectief. Dit raamwerk is ontwikkeld om technologische transitie te verklaren en is toegespitst op het volgende soort transitie: van een systeem dat een maatschappelijk functie vervult naar een nieuw systeem dat beter past bij de veranderende realiteit. Het MLP ziet transitie als een non-lineair proces en er zijn drie analytische niveaus die aan de basis staan: socio-technologisch landschap, socio-technologisch regime en technologische niches (Geels, 2011).



Figuur 4: Schematische weergave van het multi-level perspectief (Geels, 2011)

Het laagste niveau ofwel microniveau is dat van de niches. De niches fungeren als 'incubatie kamer' voor radicale innovaties. De innovaties in deze niches hebben extra bescherming nodig tegen de normale marktomstandigheden, omdat ze nog in de beginfase van ontwikkeling staan. Op deze manier kunnen de innovaties die niet aansluiten op het huidige regime op weg geholpen worden.

Het mesoniveau is het niveau van het socio-technologische regime. Dit zijn alle routines en regels die in een bepaald technologisch traject direct betrokken zijn bij de innovaties. Dit kan wetgeving zijn, maar kunnen ook meer ambigue zaken zijn zoals normen, waarden, gewoontes en tradities. In het geval van de zelfrijdende auto draait alles in dit niveau om persoonlijke mobiliteit.

Op het macroniveau bevindt zich het socio-technologische landschap. Dit is een externe context waarin verschillende factoren een rol spelen die invloed uitoefenen op de overige twee niveaus. Duurzaamheid, mobiliteitsproblematiek en verkeersongevallen zijn factoren die in deze casus met name het landschap vormen.

Volgens het MLP komen transitie tot stand door de interacties tussen processen vanuit de verschillende niveaus. Vanuit het niveau van de niches wordt een momentum opgebouwd. Het landschap niveau zorgt voor druk op het regime en creëert daarmee een opening voor innovaties vanuit niches (Geels, 2011).

Dimensies

Normaliter wordt het socio-technologische regime ingedeeld in de volgende zes dimensies: wetenschap & technologie, industrie, markten, voorkeur van gebruikers, beleid en cultuur. Voor deze specifieke casus worden echter andere dimensies aangehouden. Milakis (2017) identificeert namelijk vijf 'driving forces' voor de ontwikkelingen op het gebied van zelfrijdende auto's in Nederland. Volgens zijn onderzoek hangt het ontwikkelingspad van de zelfrijdende auto voornamelijk af van technologische evolutie. Daarnaast zijn wetgeving, de houding van de consument, de economie en de omgeving belangrijke factoren. In deze analyse worden vergelijkbare dimensies aangehouden. Economie is vervangen door industriële activiteiten, omgeving is vervangen door cultuur en infrastructuur is toegevoegd als dimensie omdat deze een sleutelrol speelt in de transitie.

Technologische evolutie

Van de technologie wordt verwacht dat het de grootste impact zal hebben op het ontwikkelingspad van autonome voertuigen, hoewel deze factor ook zeer onvoorspelbaar is (Milakis, 2017).

Zoals eerder al vermeld, hebben ook bedrijven uit andere industrieën met veel financiële middelen zoals Google en Uber inmiddels een zelfstandige zelfrijdende auto ontworpen. Waymo, het zelfrijdende auto project opgestart door Google in 2009, is al geïntroduceerd op de publieke wegen. In 2012, gaf Google een demonstratie van een

volledig autonoom voertuig (Wadud et al., 2016) en in September 2013 hebben zij de mijlpaal van 500.000 afgelegde mijlen bereikt met deze vorm van vervoer (Fagnant & Kockelman, 2014). Een nieuw hoogtepunt was de lancering van een zelfrijdende taxi service in Phoenix, Arizona in 2018 (Reuters, 2018). Ford, BMW, Nissan en Nissan hebben als doel gesteld om in 2021 een auto op niveau 4 te produceren (De Groen & Kromhout, 2017).

Infrastructuur

Zoals eerder vermeld heeft Nederland een geavanceerd wegennetwerk (Timmer et al., 2014). Het wegennetwerk wordt intensief gebruikt en goed onderhouden. Ook is er in Nederland een groot aantal oplaadpunten voor elektrische auto's (26,789). Daarnaast heeft Nederland draadloze netwerken binnen het wegennet die van hoge kwaliteit zijn (KPMG, 2017). De geavanceerde infrastructuur is zowel een voordeel als een nadeel voor de implementatie van de zelfrijdende auto. Autonome voertuigen zijn gebaat bij intelligente infrastructuur. Dit maakt het mogelijk om auto's veilig te geleiden en van real-time informatie te voorzien. Geleiding maakt het mogelijk om auto's dichter op elkaar en naast elkaar te laten rijden (TrafficQuest, 2015). Maar daarnaast is het ingewikkeld om technologie van de zelfrijdende auto in te stellen op de geavanceerde infrastructuur.

Industriële activiteiten

De gevestigde orde in de auto-industrie is al jarenlang bezig met het ontwikkelen en testen van de zelfrijdende auto. De acties die door deze bedrijven worden ondernomen laten zien dat zij zich voorbereiden op de transitie van bestuurbare naar zelfrijdende auto's. Ze hopen met een first-mover strategie een voorsprong op te bouwen ten opzichte van de concurrentie. Een greep uit recente ontwikkelingen die in 2017 hebben plaatsgevonden: General Motors heeft Cruise Automation (technologisch bedrijf voor autonome voertuigen) en Sidecar (carpoolen als nieuwe transportservice) gekocht; Ford heeft het dynamische-shuttle bedrijf Chariot opgekocht en Pivotal (een data analytici bedrijf dat inzichten van klanten verzameld); Audi heeft de eerste auto (de nieuwe A8)

op niveau 3 van autonomie geïntroduceerd in September 2017. Dit soort ontwikkelingen vinden plaats in een accelererend tempo (De Groen & Kromhout, 2017). Daarnaast probeert de Amsterdam Group, samengesteld uit Europese organisaties van wegbeheerders en verenigde autoproducenten, versnelling en 'market momentum'(Amsterdam Group, 2013) te creëren.

Behoeften en houding van de consument

Het is nog niet duidelijk in hoeverre automatisering van auto's bij de consument geaccepteerd zal worden en wat de doorslaggevende factoren zijn in deze kwestie (Hoogendoorn et al., 2013).

Onderzoek van het World Economic Forum (WEF) uit 2015 wijst wel uit dat Nederlanders in verhouding met andere landen over het algemeen niet openstaan voor het gebruik van de zelfrijdende auto. Slechts 40% van de ondervraagde Nederlanders zou overwegen een rit (testrit, taxi of huurauto) in een volledig autonome auto te nemen. Verder is minder dan de helft van de respondenten bereid om meer te betalen, wat ook laag is ten opzichte van de andere landen.

Marktonderzoek van TeamVier (2018) wijst zelfs op een afname van het aantal positief gestemden over de komst van de zelfrijdende auto. Dit komt doordat het wantrouwen in de zelfrijdende auto is toegenomen. Het vertrouwen in de technologie is gedaald, mede door het aantal ongelukken dat in de media belicht is. Daarnaast vindt men het steeds belangrijker om zelf de controle over de auto te hebben (TeamVier, 2018).

Wetgeving en beleid

Uit alles blijkt dat de Nederlandse overheid vooruitstrevend wilt zijn op het gebied van autonoom rijden. Al in 1998 werd het 1e autonome voertuig in Nederland geïmplementeerd. Dit voertuig rijdt op een afgesloten circuit van sensor naar sensor tussen Rotterdam en Capelle aan den IJssel. De verwachting is dat deze voertuigen in 2020 volledig autonoom zullen rijden (AD/Utrechts Nieuwsblad, 2017).

In 2014 stuurde de minister van infrastructuur en milieu een brief naar de 2e kamer met het verzoek om het testen van zelfrijdende auto's op grote schaal beschikbaar te laten maken (Schulz, 2014). Vervolgens werd er in 2015 een wet aangenomen die het mogelijk maakt voor bedrijven en onderzoeksinstituten om zelfrijdende auto's op bepaalde plekken te testen. Hiervoor is wel goedkeuring nodig van de Rijksdienst voor Wegverkeer en onder de voorwaarde dat er een bestuurder aanwezig is (NRC, 2015). Het aantal testritten met zelfrijdende auto's is hierna toegenomen in Nederland, beginnende met twee testritten uitgevoerd op de A2 in 2016 (AD, 2016).

Begin 2017 accepteert het kabinet de zogenaamde 'Experimenteerwet'. Deze wet maakt het testen van de zelfrijdende auto's zonder bestuurder nu ook mogelijk. De wet wordt eind 2018 ook geaccepteerd door het huis van afgevaardigden en de senaat. De uitvoering van deze wet wordt uitgesteld tot een later te bepalen datum (Eerste Kamer der Staten-Generaal, 2018).

Naast het geleidelijk switchen naar coöperatieve systemen, is er met het Dutch Automated Vehicle Initiative (DAVI) een 'transitiespoor' richting de zelfstandige auto gestart. BGOW, het centrale visiedocument ten aanzien van intelligente transportsystemen in Nederland, voorspelt een geleidelijke toename van de coöperatieve voertuigen, en pas in een later stadium de intrede van de geautomatiseerde voertuigen (Timmer et al., 2014).

Cultuur

In de Nederlandse cultuur worden technologische transitie over het algemeen snel geaccepteerd.

Zo wordt Nederland in de Change Readiness Index van 2017-2018 op een 7e plek gezet (KPMG, 2017). Daarnaast neemt Nederland een nog hogere positie in bij de Global Competitiveness Index (Schwab, 2018). Dit geeft aan dat de bereidheid in Nederland hoog is om technologische veranderingen te accepteren. Dit zijn algemene indicaties, maar hoeven niet van toepassing te zijn op de acceptatie van de zelfrijdende

auto. Zoals eerder genoemd, staat de Nederlandse consument namelijk niet direct positief tegenover deze innovatie.

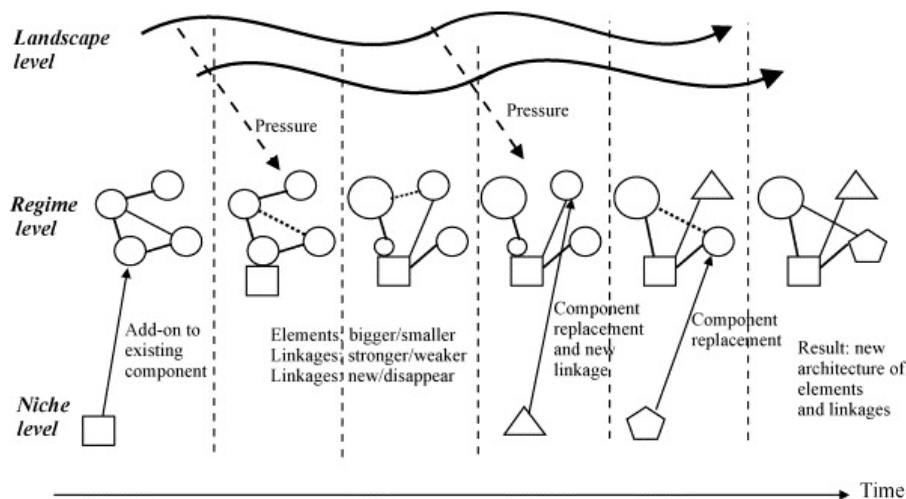
Dynamiek

Uit de dimensies binnen het regime komt naar voren dat de technologische evolutie de voornaamste drijfveer is achter de ontwikkeling van de zelfrijdende auto. Daarnaast zorgt geavanceerde infrastructuur er voor dat de zelfrijdende auto een compatibele innovatie is. Ook geeft de Nederlandse wetgeving en beleid een positieve impuls aan de komst van de coöperatieve en zelfstandige auto. De grote OEM's binnen de auto-industrie bereiden zich eveneens voor door te investeren met de verwachting dat de zelfrijdende auto de auto van de toekomst is. In Nederland heerst over het algemeen een vooruitstrevende cultuur als het gaat om technologische transitie. Toch tonen onderzoeken aan dat de Nederlandse consument nog niet overtuigd is van het gebruik van de zelfrijdende auto. Het lijkt er dus op dat de technologische ontwikkelingen ver vooruitlopen op de behoeften van de consument. Dit komt overeen met een ander onderzoek (Bartl, 2015) dat wijst op een kennisgat tussen de technologische mogelijkheden van de zelfrijdende auto en de consumentenacceptatie. Er is echter nog geen grootschalig, overtuigend onderzoek uitgevoerd naar de houding en wensen van de consument in Nederland.

Pathway

Binnen het multi-level perspectief worden transitie op basis van de dynamiek ingedeeld in één van vijf soorten pathways (Geels & Schot, 2007). De twee criteria die hierbij doorslaggevend zijn: de timing van de interactie en de aard van de interactie. De transitie van bestuurbare auto's naar zelfrijdende auto's kan ingedeeld worden in het type *reconfiguration pathway*. Radicale innovaties worden geleidelijk aan opgenomen in het regime. In deze casus gebeurt dit onder invloed van de factoren uit het landschap zoals verduurzaming, filevorming en verkeersongevallen. De constante aanvoer van nieuwe functies op het gebied van autonomie en connectiviteit worden toegevoegd aan de auto en goedgekeurd voor gebruik op de openbare weg. Op deze manier wordt in het geval van de coöperatieve auto langzamerhand naar een hoger niveau van

autonomie en connectiviteit toegewerkt. De basale structuur van het regime blijft hierbij onveranderd, maar de toevoeging van deze componenten zorgt geleidelijk aan voor veranderingen in het regime. Deze veranderingen op regime niveau kunnen op hun beurt ruimte creëren voor nieuwe innovaties. De zelfstandige auto, die vanuit het regime niveau als disruptief wordt gezien, zou op deze manier een plotselinge intrede kunnen doen in de maatschappij wanneer bedrijven zoals Google en Uber hier toestemming voor zouden krijgen.



Figuur 5: Schematische weergave van de reconfiguration pathway (Geels & Schot, 2007)

Conclusie

Twee grote innovatiepaden zijn zichtbaar binnen de industrie van de zelfrijdende auto: het coöperatieve en het zelfstandige innovatiepad. Voor de Nederlandse maatschappij zou gebruik van de coöperatieve auto gunstiger dan zijn gebruik van de zelfstandige auto, omdat de coöperatieve meer potentie heeft om filevorming, Co2-uitstoot en verkeersongevallen te verminderen dan de zelfstandige auto. De overheid zet momenteel dan ook in op dit innovatiepad. Het is echter de vraag of de ontwikkeling van de zelfstandige auto tegengehouden kan worden. De technologische evolutie is immers de belangrijkste drijfveer voor het ontwikkelingspad van de zelfrijdende auto en de Nederlandse overheid heeft hierop maar beperkte grip.

Het evolutionaire innovatiepad van de coöperatieve auto zorgt voor veranderingen in het regime, waar de zelfstandige auto weer van zou kunnen profiteren. Bedrijven zoals Google en Uber hebben de financiële middelen om een compleet zelfstandige auto te ontwikkelen en te implementeren en de overheid kan met wetgeving uiteindelijk maar beperkte invloed uitoefenen op dit ontwikkelingspad.

Daarnaast lijkt er nog een belangrijke rol weggelegd voor de consument. Momenteel is er nog geen duidelijke vraag voor een zelfrijdende auto vanuit deze actor. Het is onzeker in welke mate de zelfrijdende auto geadopteerd zal worden en welk type auto meer zal aanslaan, zelfstandig of coöperatief. Deze zaken zullen beïnvloeden wat de uiteindelijke effecten zijn van de zelfrijdende auto op de Nederlandse samenleving.

Integratie van verkregen inzichten

In de voorgaande drie hoofdstukken is de rol van de zelfrijdende auto in de samenleving besproken vanuit de disciplines: Innovatiewetenschappen, Nieuwe Media en Digitale Cultuur en Governance for Sustainable Development. Elke discipline heeft een andere focus. Nieuwe Media en Digitale Cultuur verdiept zich in de maatschappelijke consequenties van de introductie van de zelfrijdende auto. Innovatiewetenschappen richt zich op de innovatiepaden die plaatsvinden op het gebied van de zelfrijdende auto met betrekking tot de actoren en effecten. Governance for sustainable development specificeert zich op de besluitvormingsprocessen die plaatsvinden tijdens de implementatiefase en de barrières die de verschillende actoren tegenkomen.

Doordat de disciplines elk een andere focus hebben, ontstaat er een brede beschouwing van de zelfrijdende auto waar verschillende inzichten uit voortkomen. In dit hoofdstuk is *common ground* gecreeërd door deze inzichten met elkaar te vergelijken, de conflicten te identificeren en vervolgens met elkaar te integreren. De inzichten worden geïntegreerd om tot een *more comprehensive understanding* te komen: een nieuw, genuanceerder en vollediger begrip van de rol van de zelfrijdende auto. Integratie vindt plaats aan de hand van de integratietechnieken van Repko en Szostak in "Interdisciplinary Research: Process and Theory" (2017). Er wordt naar *common ground* gezocht aan de hand van een samenvoeging van de volgende integratietechnieken: *extensie*, *herdefinitie*, *distinguishing en organisatie*. Door middel van *extensie* wordt de scope van een bepaald concept vergroot. Hierdoor wordt dit concept gelijkgeschakeld voor alle desbetreffende disciplines. Dit is van belang wanneer een concept of aanneme binnen een bepaalde discipline een ruimere betekenis heeft dan binnen andere disciplines. Bij de techniek van *herdefinitie* worden concepten vanuit verschillende disciplines met dezelfde betekenis maar met een andere benaming geherdefinieerd. Het is hierbij van belang om *common ground* te creëren door de gebruikte termen zo min mogelijk aan te passen. *Distinguishing* wordt gezien als een combinatie van de technieken herdefinitie en extensie (Van der Lecq, 2012). Bij deze techniek wordt een concept geanalyseerd om niet-gemeenschappelijke delen van de betekenis naar boven te brengen. *Organisatie* gaat over het creëren van common

ground door het ordenen van bepaalde fenomenen. Aan de hand van de verschillende interacties tussen de disciplines wordt er een nieuwe relatie gevormd.

De bovengenoemde integratietechnieken worden toegepast op vier verschillende concepten waarbij overeenkomsten worden besproken en tegenstellingen overkomen. Allereerst bespreken we hoe momentum gecreëerd is voor de implementatie van de zelfrijdende auto. Daarna bespreken we de definitie van de zelfrijdende auto als nieuw vervoersmiddel. Als derde worden de barrières voor de implementatie van de zelfrijdende auto behandeld. Tot slot herdefiniëren we de rol van de politiek binnen deze kwestie. In het hoofdstuk daarna worden de inzichten die hieruit voortkomen verwerkt tot een *more comprehensive understanding*, waarmee een antwoord geformuleerd kan worden op de hoofdvraag.

1. De rol van de zelfrijdende auto

Een eerste conflict doet zich voor, wanneer de drivers voor het ontwikkelen van de zelfrijdende auto geanalyseerd worden. GSD stelt dat de ontwikkeling van de zelfrijdende auto voornamelijk geïnitieerd door de vraag naar een mobiliteitsoplossing die enerzijds filevorming vermindert en anderzijds duurzamer is dan het bestaande systeem. IW ziet echter de technologische evolutie als de hoofdoorzaak voor het initiëren van deze innovatie. NMDC biedt nog een ander perspectief en beschouwt de altijd groeiende behoefte naar gemak als de voornaamste oorzaak. Men is op zoek naar efficiëntie en de zelfrijdende auto vergroot dat mogelijk.

De drie disciplines benoemen dus als hiervoor gezegd verschillende factoren als reden voor het ontwikkelen van de zelfrijdende auto. De redenen die genoemd worden, sluiten elkaar echter niet uit. Hoe deze oorzaken wel met elkaar samenhangen wordt duidelijk gemaakt door middel van de integratietechniek *organisatie* (Repko en Szostak, 2017). De organisatie is in dit geval chronisch.

De technologische evolutie van de zelfrijdende auto vond al plaats voordat de vraag naar een oplossing voor het mobiliteitsprobleem, duurzaam transport en gemak groot genoeg was. De eerste ideeën voor deze innovatie bestonden immers al in 1986 (Dickmanns en Zapp, 1987). Mobiliteits- en duurzaamheidsproblemen werden pas later als dringend gezien in de maatschappij. Ook de vraag naar efficiënter en gemakkelijker

vervoer is de afgelopen jaren hoger geworden. Deze recentere ontwikkelingen met betrekking tot mobiliteit, duurzaamheid en dagelijkse tijdsbesteding hebben bijgedragen aan momentum voor verdere investering in de ontwikkeling van het autonoom rijden. Dit momentum heeft uiteindelijk bijgedragen aan de daadwerkelijke introductie van de eerste zelfrijdende auto's in de samenleving.

2. De zelfrijdende auto

Ook de definitie van de zelfrijdende auto zelf is verschillend per discipline en vereist integratie. Binnen GSD wordt de zelfrijdende auto in de eerste plaats gedefinieerd als een auto die door middel van efficiënt en veilig rijden de hoeveelheid files kan verminderen. Daarnaast bestaan er ideeën over elektrisch rijden en het gedeeld rijden van auto's (met behulp van samenwerking met *sharing platforms* als Uber). Binnen NMDC wordt gekeken naar de zelfrijdende auto in het algemeen en de consequenties. Hierbij wordt niet direct het onderscheid gemaakt tussen soorten zelfrijdende auto's. Binnen IW is er niet één type zelfrijdende auto, er bestaan twee verschillende innovatiepaden naast elkaar. Aan de ene kant bestaat er de 'coöperatieve' zelfrijdende auto, die de grootste voordelen met zich meebrengt voor de maatschappij op het gebied van filevorming en uitstoot van Co₂. Daarnaast wordt de 'zelfstandige' zelfrijdende auto ontwikkeld, die op technologische gebied zeer geavanceerd is, maar minder voordelig is voor de maatschappij als geheel.

Er is dus een belangrijk verschil op te merken tussen de disciplines GSD, NMDC en IW. Binnen de literatuur van GSD en NMDC wordt constant verwezen naar één begrip: de zelfrijdende auto. Binnen IW wordt daarentegen constant verwezen naar twee typen: de 'coöperatieve' en 'zelfstandige' zelfrijdende auto. Dat er twee verschillende innovatiepaden naast elkaar bestaan wordt enkel binnen innovatiewetenschappen genoemd. De definitie van de zelfrijdende auto blijkt dus complexer dan gezien wordt in de disciplines GSD en NMDC. Het is daarom nodig dat de inzichten geïntegreerd worden met behulp van 'distinguishing' (Van der Lecq, 2012). Het is van essentieel belang om onderscheid te maken tussen deze verschillende innovaties, omdat de ontwikkelingsrichting van de coöperatieve auto radicaal anders is

dan die van de zelfstandige auto. Ze verschillen fundamenteel van elkaar, zowel in technologisch opzicht als met betrekking tot welke (collectieve) effecten bereikt kunnen worden, zoals betere doorstroming en milieuwinst. Deze factoren zijn relevant voor het adequaat beantwoorden van de onderzoeksvraag. Zodoende wordt het begrip van de zelfrijdende auto verbreed naar de 'coöperatieve' zelfrijdende auto en de 'zelfstandige' zelfrijdende auto. Deze nuance is nodig om duidelijk over het probleem te kunnen praten. Er wordt geconcludeerd dat er bij de beantwoording van de hoofdvraag onderscheid moet worden gemaakt tussen coöperatief rijden en zelfstandig rijden.

3. Barrières voor de implementatie van de zelfrijdende auto

Om in kaart te brengen welke barrières een probleem vormen voor de transitie tussen de huidige mobiliteit en de zelfrijdende auto wordt gebruik gemaakt van de integratietechniek *organisatie* uit Repko en Szostak (2017). Aan de hand van de *organisatie* techniek worden deze barrières geordend. De barrières die opgeworpen worden vanuit verschillende disciplines kunnen ingedeeld worden in verschillende categorieën: sociale, economische en ethische barrières.

Vanuit GSD zijn er een aantal barrières die opgeworpen worden alvorens de auto geïmplementeerd kan worden in de maatschappij. Hoe hoger het level van autonomie is, de te meer barrières er te overwinnen zijn. De barrières zijn gekoppeld aan functies voor innovaties. De functies waar nog niet aan voldaan is, zijn kennisontwikkeling, gunstige marktpositie en weerleggen van tegenstand vanuit de maatschappij. De barrières worden onder meer gevormd door het gebrek aan (management)kennis, de aanwezigheid van hoge productiekosten en de controle perceptie en privacy van de consument. Binnen IW lijkt de komst van de zelfrijdende auto onvermijdelijk, het is alleen de vraag hoe deze geïmplementeerd zal worden in welke mate en welke precieze effecten dit zal hebben op de maatschappij. Er is onzekerheid over de technologische ontwikkelingen en hoe de consument hierop zal reageren. Deze 'knowledge gap' tussen de technologische ontwikkelingen en de behoeften van de consument kunnen kan een barrière vormen voor de succesvolle implementatie van de zelfrijdende auto

NMDC benadrukt met name de consequenties van de komst van de zelfrijdende auto's. Deze consequenties werpen verschillende barrières op welke verholpen moeten worden alvorens men over kan gaan op implementatie. Ethiek speelt hierbij een belangrijke rol. Kunnen we een machine keuzes op gebied van leven en dood laten maken? Wie bepaalt uiteindelijk hoe de auto zal handelen in morele kwesties? Daarnaast worden er sociale dilemma's opgeworpen omtrent de mogelijkheid tot hacken en privacyschending. Tenslotte blijkt vanuit NMDC dat de economische gevolgen, zoals het verdwijnen van banen, nog een dilemma zouden kunnen vormen voor de implementatie van de zelfrijdende auto.

In tabel 2 zijn alle barrières nog eens geschetst die naar voren kwamen in de disciplinaire onderzoeken en een probleem zouden kunnen vormen voor het succesvol implementeren van de zelfrijdende auto. De barrières zijn geordend binnen verschillende categorieën, waardoor duidelijk is geworden welke soorten complicaties er komen kijken bij de introductie van de zelfrijdende auto.

Tabel 2				
<i>Barrières voor implementatie per categorie</i>				
Categorie	Sociaal	Economisch	Bestuurlijk	Technisch
Barrières	Privacy van gebruikersgegevens Acceptatie van consument Ethische keuzes	Hoge productiekosten Verlies banen	Gebrek aan kennis over management Gebrek aan specifieke politieke visie	Vatbaarheid voor hacken Specifieke technische problemen (o.a. systeemintegratie, omgaan met druk stedelijk verkeer)

Organisatie wordt door Repko en Szostak (2017) gebruikt om te identificeren wat de wisselwerking tussen fenomenen is, door in kaart te brengen welke causale relaties er te vinden zijn. Om dit te bereiken zijn de fenomenen, in dit geval barrières, ingedeeld in verschillende categorieën. Aan de hand van het overzicht kan vervolgens afgeleid worden hoe fenomenen in relatie tot elkaar staan en kunnen interacties herleid worden.

Wanneer men de in tabel 2 verzamelde barrières naast elkaar zet, vallen er verschillende causale relaties te onderscheiden tussen de barrières uit verschillende categorieën. Zo dragen ethische vraagstukken (*sociaal*) mogelijk bij aan hogere productiekosten (*economisch*) door onder andere het software proces te vertragen en

de software complexer te maken. Vatbaarheid voor hacken (*technisch*) brengt gevaar voor de consument met zich mee en heeft effect op de acceptatie van de consument (sociaal). Het gebrek aan bestuurlijke kennis en visie (*bestuurlijk*) kent de meeste interactie met andere barrières. Zo worden ethische vraagstukken op het moment niet opgelost (*sociaal*), wordt acceptatie niet gestimuleerd (sociaal) en door het ontbreken van een duidelijke visie en wordt er geen duidelijk plan gemaakt hoe privacy van gegevens wordt gewaarborgd (*bestuurlijk*).

Het integreren van de verschillende barrières in één overzicht leidt dus tot een reorganisatie van fenomenen en biedt zo de mogelijkheid nieuwe verbanden aan het licht te brengen.

4. De rol van politiek

De integratietechniek *extensie* Repko en Szostak (2017) wordt gebruikt om de rol van de politiek te verduidelijken. Met kennis vanuit verschillende disciplines wordt de rol van de politiek aangevuld en op deze manier dus verbreed.

Vanuit GSD is duidelijk geworden dat de overheden op dit moment vooral een faciliterende rol spelen: op nationaal niveau wordt wet- en regelgeving aangepast, kennisontwikkeling gestimuleerd en een platform geboden om betrokken partijen bij elkaar te krijgen. Op supranationaal niveau (EU) wordt landen gevraagd progressief te denken op het gebied van autonoom rijden. Men is zeer gedreven om het autonoom rijden populair te maken uit verkeersveiligheid overwegingen. Ook wordt er (digitale) infrastructuur opgezet om coöperatieve auto's te kunnen realiseren.

Binnen NMDC komt naar voren dat de politiek nauwer betrokken zou moeten zijn bij de implementatie van de zelfrijdende auto. Er is een rol voor de overheid weggelegd om de maatschappelijke gevolgen van de zelfrijdende auto in kaart te brengen en pro-actief beleid te maken om de terugval in werkgelegenheid en overheidsinkomsten op te vangen.

Binnen IW komt naar voren dat het nederlands beleid vooruitstrevend is als het gaat over de implementatie van de zelfrijdende auto. In verschillende steden verschillende rijden al autonome voertuigen rond op bepaalde trajecten van sensor naar sensor. Daarnaast wordt wetgeving constant aangepast om de ontwikkeling en het testen van autonome voertuigen te faciliteren. Tenslotte blijkt dat de rol van de overheid beperkt zal blijven bij de ontwikkeling van zelfrijdende auto's. De technologische evolutie is de voornaamste drijfveer achter de ontwikkelingen en implementatie van deze innovatie en de politiek heeft slechts een bijrol in deze situatie.

De integratietechniek *extensie* (Repko en Szostak, 2017) wordt gebruikt om de rol van de politiek aan de hand van de bovenstaande inzichten te verbreden. Vanuit NMDC wordt namelijk beweerd dat de overheid naast een faciliterende rol ook een actievere rol zou moeten innemen door het verkrijgen van inzicht in de maatschappelijke consequenties. Daarnaast zou de overheid beleid moeten maken om de terugval in werkgelegenheid en overheidsinkomsten op te vangen. De nieuwe, verbrede rol van de politiek wordt dus beschouwd als het faciliteren van de ontwikkelingen van de zelfrijdende auto, actief kennis vergaren over de maatschappelijke gevolgen en het opvangen van de mogelijke terugval in werkgelegenheid en overheidsinkomsten.

More comprehensive understanding

In de voorgaande sectie is *common ground* (Repko & Szostak, 2017) gecreëerd door het integreren van verschillende inzichten in de vorm van concepten. Deze integratie heeft geholpen een alomvattende definitie van de zelfrijdende auto te definiëren en vat te krijgen op zijn rol in de samenleving en de processen die gepaard gaat met de implementatie in de maatschappij. Naast de gedefinieerde rol van de zelfrijdende auto in Nederland, heeft integratie ook inzicht gegeven in de interacties van verschillende actoren met de zelfrijdende auto tijdens het implementatieproces en is er een nieuwe rol voor de politiek geformuleerd. Aan de hand van deze concepten zal in de volgende paragraaf een antwoord geformuleerd worden op de onderzoeksvraag.

Aan de hand van drie verschillende disciplines is getracht een antwoord te herleiden voor het volgende vraagstuk: “Welke rol kan de introductie van de zelfrijdende auto spelen bij een oplossing voor de mobiliteitsproblemen in Nederland?”. Concluderend kan worden gesteld dat de rol van de zelfrijdende auto veranderlijk van aard is. Dat wil zeggen, dat deze niet vaststaat maar zich ontwikkelt aan de hand van (maatschappelijke) gebeurtenissen. In eerste instantie is de zelfrijdende auto een product van de technologische evolutie. De innovatie kreeg echter pas ruimte om zich te ontwikkelen, toen er momentum gecreëerd was door het mobiliteitsprobleem, het duurzaamheids paradigma en de groeiende vraag naar gemak. Vandaag de dag wordt de zelfrijdende auto gedefinieerd in termen van techniek en toepassingen. Op dit moment zijn dat twee soorten: de zelfstandige auto en de coöperatieve auto. Ook specificaties als de soort brandstof, het niveau van autonomie en het al dan niet delen van de auto zijn bepalend voor de definitie van de rol van de zelfstandige auto bij het oplossen van het mobiliteitsprobleem. In hoeverre de zelfrijdende auto een realistische oplossing is, wordt bepaald door enerzijds de effecten en anderzijds de haalbaarheid van de implementatie. Uit het disciplinaire deel van GSD blijkt dat het autonoom rijden wel degelijk een mogelijke oplossing is voor mobiliteitsproblematiek. Daarnaast zijn er zowel positieve als negatieve effecten van de zelfrijdende auto op de samenleving. Voordat de zelfrijdende auto op grote schaal gebruikt kan worden, moet er echter wel een aantal barrières overkomen. Uit de integratie van deze barrières blijkt hoe complex

deze zijn. Er wordt dan ook verwacht dat autonoom rijden op grote schaal pas op de lange termijn mogelijk is. Om de implementatietijd te verkorten en de negatieve impact op de maatschappij te beperken, worden kansen gezien voor de overheid. Er wordt geadviseerd dat de overheid de ontwikkelingen van de zelfrijdende auto faciliteert, actief kennis vergaart over de maatschappelijke gevolgen en, met behulp van beleidsvorming, de negatieve effecten zoveel mogelijk opvangt.

De getrokken conclusie kan beïnvloed zijn door een aantal factoren. Ten eerste is bovenstaand onderzoek gedaan op macroniveau, omdat de gebruikte disciplines van deze aard zijn. Er wordt gesproken over groepen mensen en systemen en de interactie daartussen. Gebruik van meer gespecialiseerde disciplines (bijv. psychologie of economie), zou andere barrières en processen bloot kunnen leggen.

Het tweede punt is het brongebruik. Er is veel overlap van gebruikte bronnen bij de disciplinaire delen. Dit is te verklaren doordat de disciplines allemaal interdisciplinair van aard zijn en dus gebruik maken van bronnen uit meerdere disciplines. Dit zou ertoe geleid kunnen hebben dat de disciplinaire delen elkaar (wellicht ten onrechte) bevestigd hebben. Het gebruik van meer verschillende bronnen zou geleid kunnen hebben tot meer conflicterende inzichten, waardoor er meer integratie nodig was en het antwoord op de onderzoeksvraag dus meer omvattend. Daarnaast bestaan er nog veel gaten in de kennis, die opgevuld moeten om een goed antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag. In de literatuur zijn aspecten als het gebruik van carsharing en de rol van de consument in Nederland onderbelicht.

Tot slot moet in acht worden genomen dat er een mate van speculatie is in dit onderzoek. De conclusies zijn gebaseerd op de verwachte effecten van de zelfrijdende auto op de maatschappij. De bronnen die daarbij gebruikt zijn, beschrijven onderzoeken met enkele of kleine groepjes zelfrijdende auto's in een experimentele setting. Het is moeilijk te zeggen of de effecten hetzelfde zullen zijn wanneer de auto's worden geïntroduceerd in het bestaande transportsysteem. De ecologische validiteit van dit aspect van het onderzoek is dus relatief laag.

Wetenschappelijke implicaties en aanbevelingen vervolgonderzoek

Bij dit onderzoek zijn een aantal wetenschappelijk implicaties naar voren gekomen.

Ten eerste is er een gebrek aan inzicht over de precieze rol die de zelfrijdende auto in de samenleving kan innemen met betrekking tot de mobiliteitsproblemen. Informatie over de relaties tussen de implementatie van de zelfrijdende auto is nog te beperkt. Daarnaast is het van belang dat onderzocht wordt wat voor soort barrières, naast de reeds gevonden barrières, mogelijk nog meer een probleem kunnen gaan vormen. Uit dit onderzoek blijkt dat er al een flink aantal barrières zijn, maar de verwachting is dat onderzoek vanuit andere studievelden nog meer barrières naar boven zal brengen. Een ander wetenschappelijke implicatie gaat over het fenomeen 'carsharing'. Het delen van zelfrijdende auto's is een factor die van grote invloed kan op de rol die de zelfrijdende auto in de maatschappij kan gaan innemen. Er zou meer onderzoek gedaan moeten worden naar dit fenomeen.

De grootste wetenschappelijke 'gap' zit in onderzoek over de rol van de consument. De uiteindelijke effecten van de implementatie van de zelfrijdende auto zijn voornamelijk afhankelijk van de acceptatie van de consument. Het is daarom nodig dat er een uitgebreid onderzoek uitgevoerd wordt omtrent de houding en behoeften van de consument, want vooralsnog bestaan er slechts een aantal kleinschalige onderzoeken.

Maatschappelijke implicaties

Naast wetenschappelijke implicaties, heeft bovenstaande conclusie implicaties voor de maatschappij. Dit onderzoek heeft meer duidelijkheid geschept over de mate waarin autonoom rijden een oplossing biedt voor mobiliteitsproblemen. Deze informatie kan gebruikt worden door alle actoren die betrokken zijn bij de ontwikkeling en implementatie van de zelfrijdende auto. De overheid weet welke rol de zelfrijdende auto kan spelen bij het oplossen van mobiliteitsproblemen, welke barrières er overkomen moeten worden en welke effecten het autonoom rijden heeft op de samenleving als geheel. Met deze kennis kan zij beleid maken die de negatieve impact vermindert en het implementatieproces versnelt. De industrie kan de informatie uit dit onderzoek gebruiken om het design van de auto's te optimaliseren zodat de positieve impact

vergroot wordt en de negatieve impact vermindert. Tot slot kan de consument dit onderzoek gebruiken om zich te informeren over de maatschappelijke impact die het gebruik van de zelfrijdende auto met zich meebrengt. Op die manier kan hij een weloverwogen beslissing maken over de aankoop van deze innovatie.

Literatuur

- Bartl, M. (2015). The future of autonomous driving—introducing the foresight matrix to support strategic planning. *The making of Innovation (E Journal)*, 1-7.
Geraadpleegd van
https://www.researchgate.net/profile/Michael_Bartl/publication/275043827_The_Future_of_Autonomous_Driving_-_Introducing_the_Foresight_Matrix_to_Support_Strategic_Planning/links/5531601c0cf27acb0dea9579.pdf
- Bergen, M. (2017, 7 november). Alphabet Launches the First Taxi Service With No Human Drivers. Geraadpleegd van
<https://www.alphr.com/cars/1001329/driverless-cars-of-the-future-how-far-away-are-we-from-autonomous-cars>
- Boeglin, J. (2015). The Costs of Self-Driving Cars: Reconciling Freedom and Privacy with Tort Liability in Autonomous Vehicle Regulation. Geraadpleegd van
<https://digitalcommons.law.yale.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.nl/&httpsredir=1&article=1112&context=yjolt>
- Bogage, J. (2016, 30 juni). Tesla driver using autopilot killed in crash. Geraadpleegd van
https://www.washingtonpost.com/gdpr-consent/?destination=%2fnews%2fthe-switch%2fwp%2f2016%2f06%2f30%2ftesla-owner-killed-in-fatal-crash-while-car-was-on-autopilot%2f%3futm_term%3d.fc2f0f9f8592
- Bradshaw, T. (27 augustus 2018). Toyota invests \$500m in Uber driverless car partnership. *Financial Times*. Geraadpleegd op ft.com
- Campbell, M., Egerstedt, M., How, J. P., & Murray, R. M. (2010). Autonomous driving in urban environments: approaches, lessons and challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 368, pp 4649-4672.
doi:10.1098/rsta.2010.0110
- CB Insights. (2018). *46 Corporations Working On Autonomous Vehicles*. Retrieved from
Cbinsights.com
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018). Verkeersintensiteit; rijkswegen [data file].
Retrieved from opendata.cbs.nl/statline/

- Correia, G. and van Arem, B. (2016). Solving the User Optimum Privately Owned Automated Vehicles Assignment Problem (UO -POAVAP): A model to explore the impacts of self-driving vehicles on urban mobility. *Transportation Research Part B: Methodological*, 87, 64–88. Geraadpleegd van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191261515300692>
- Deleuze, G. (1992). *The Question Concerning Technology*. Geraadpleegd van https://www.jstor.org/stable/778828?casa_token=vguNSc1lh0UAAAAA:yoGB21lVlhjTHVvcVWGORzUI8ZooyZjixuNz5bHr_XF5bmxSauubgdA1PirroXcU-y3JgRqD2kk5mLV-JQGhoETBM6lsMo6whPN1z5P-JXqGjelicQ&seq=1#metadata_info_tab_contents
- Dickmanns, E. D., & Zapp, A. (1987). Autonomous High Speed Road Vehicle Guidance by Computer Vision1. *IFAC Proceedings Volumes*, 20(5), 221-226. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667017553203>
- Eerste Kamer. (2018). Experimenteerwet zelfrijdende auto's. Geraadpleegd van https://www.eerstekamer.nl/wetsvoorstel/34838_experimenterwet
- Eugensson, A., Brännström, M., Frasher, D., Rothoff, S. en Robertsson A. (2013). Environmental, safety, legal and societal implications of autonomous driving systems, Volvo Car Corporation and Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden. Geraadpleegd van <https://trid.trb.org/view/1362102>
- Europese Commissie. (2017). *Autonomous Cars: a Big Opportunity for European Industry*. Geraadpleegd op ec.europa.eu
- Europese Commissie. (2018). *On the road to automated mobility: An EU strategy for mobility of the future*. Geraadpleegd op ec.europa.eu
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. M. (2014). The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40, 1–13. Geraadpleegd van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X13002581>
- Fagnant, D. J. and Kockelman, K. M. (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, 1–20. Geraadpleegd van http://www.caee.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/TRB14EnoAVs.pdf

Foot, P. (1978). The Problem of Abortion and the Doctrine of the Double Effect. Geraadpleegd van <https://philpapers.org/archive/FOOTPO-2.pdf>

Fraedrich, E., & Lenz, B. (2016). Societal and Individual Acceptance of Autonomous Driving. Geraadpleegd van https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-48847-8_29

Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental innovation and societal transitions*, 1(1), 24-40. Geraadpleegd van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210422411000050>

Geels, F.W. & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36 399–417. Geraadpleegd van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733307000248>

Ghosn, C. (2015). The truth about 'Autonomous Drive' cars, LinkedIn. Geraadpleegd van <https://nissannews.com/en-US/nissan/usa/channels/us-united-states-nissan/releases/the-truth-about-autonomous-drive-cars-by-carlos-ghosn?mode=print>

Gibbs, S. (20 november 2017). Uber plans to buy 24,000 autonomous Volvo SUVs in race for driverless future. *the Guardian*. Geraadpleegd op theguardian.com

Golden, M. (2018, 27 juni). Are driverless cars bad for the environment? Geraadpleegd van <https://earth.stanford.edu/news/are-driverless-cars-bad-environment#gs.w9ZOEQr7>

Goodwin, P. B. (1996). Empirical evidence on induced traffic. *Transportation*, 23, pp 35-54. doi:10.1007/BF00166218

Google (2013), 'What we are Driving at', <http://googleblog.blogspot.nl/2010/10/what-were-driving-at.html>

Schulz, M. (2014). Grootschalige testen zelfrijdende auto in Nederland – brief minister Schultz. Geraadpleegd van <https://zelfrijdendeauto.com/testen-zelfrijdende-auto-nederland/>

- Grunwald, A. (2016). Societal Risk Constellations for Autonomous Driving. Analysis, Historical Context and Assessment. Geraadpleegd van https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-48847-8_30
- Guizzo, E. (2011), How Google's self-driving car works. IEEE Spectrum. Geraadpleegd van <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/artificial-intelligence/how-google-self-driving-car-works>
- Harper, C. D., Hendrickson, C. T., Mangones, S., & Samaras, C. (2016). Estimating potential increases in travel with autonomous vehicles for the non-driving, elderly and people with travel-restrictive medical conditions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 72, pp 1-9. doi:10.1016/j.trc.2016.09.003
- Heidegger, M. (1977). The Question Concerning Technology. Geraadpleegd van https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=BgYc9_IdWFYC&oi=fnd&pg=PA99&dq=The+Question+Concerning+Technology&ots=wwMBO3RGt4&sig=hEUpeGPuccxHyZh03ZrmvRTc7q0#v=onepage&q=The%20Question%20Concerning%20Technology
- Heinrichs, D. (2016). Autonomous Driving and Urban Land Use. Geraadpleegd van https://www.researchgate.net/publication/303480949_Autonomous_Driving_and_Urban_Land_Use
- Hekkert, M. P., & Negro, S. O. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting and Social Change*, 74, pp 584-594. doi:10.1016/j.techfore.2008.04.013
- Hoogendoorn, R., Arem, B. V., Happee, R., Espinoza, M. M., & Kotiadis, D. (2013). Towards safe and efficient driving through vehicle automation: The dutch automated vehicle initiative. Geraadpleegd van <http://davi.connekt.nl/pdf/white-paper-davi.pdf>
- Jafarnejad, S., Codeca, L., Bronzi, W., Frank, R., & Engel, T. (2015). A Car Hacking Experiment: When Connectivity Meets Vulnerability. Geraadpleegd van <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7413993>
- Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. (2015). *Chauffeur aan het stuur? Zelfrijdende voertuigen en het verkeer- en vervoerssysteem van de toekomst*. Geraadpleegd op kimnet.nl

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. (2017). *Mobiliteitsbeeld 2017*. Geraadpleegd op kimnet.nl

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. (2018). *Verdieping en verklaring ontwikkelingen congestie 2014-2016*. Geraadpleegd op kimnet.nl

Levine, S. (2017). What it really costs to turn a car into a self-driving vehicle. Geraadpleegd van <https://qz.com/924212/what-it-really-costs-to-turn-a-car-into-a-self-driving-vehicle/>

Lucas, K., & Jones, P. (2012). Social impacts and equity issues in transport: An introduction. Geraadpleegd van https://www.researchgate.net/publication/257425561_Social_impacts_and_equity_issues_in_transport_An_introduction

Milakis, D., Snelder, M., van Arem, B., van Wee, B., & de Almeida Correia, G. H. (2017). Development and transport implications of automated vehicles in the Netherlands: scenarios for 2030 and 2050. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 17(1). Geraadpleegd van <https://journals.library.tudelft.nl/index.php/ejtir/article/view/3180/3364>

Milakis, D., van Arem, B. and van Wee, B. (2015). The ripple effect of automated driving. Paper presented at the 2015 BIVIC-GIBET Transport Research Day. Eindhoven, The Netherlands: BIVIC-GIBET. Geraadpleegd van <https://www.narcis.nl/publication/RecordID/oai:tudelft.nl:uuid%3Ae6ecff79-4334-4baa-a60b-3ed897587157>

Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2014). *Kamerbrief over grootschalig testen van zelfrijdende auto's*. Geraadpleegd op rijksoverheid.nl

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat. (2018). *Rapportage Rijkswegennet 1^e periode 2018*. Geraadpleegd op rijksoverheid.nl

Moral Machine. (z.d.). [This website aims to take the discussion further, by providing a platform for 1) building a crowd-sourced picture of human opinion on how machines should make decisions when faced with moral dilemmas, and 2) crowd-sourcing assembly and discussion of potential scenarios of moral consequence.].

Geraadpleegd van <http://moralmachine.mit.edu/>

Newman, J. (2014). Uber CEO Would Replace Drivers With Self-Driving Cars.
Geraadpleegd van <http://time.com/132124/uber-self-driving-cars/>

Oostvogels, B. (2017). 268 kilometer aan nieuwe rijstroken in 2018. Geraadpleegd op autorai.nl

PoRail. (2018). Beheerplan 2018. Geraadpleegd op prorail.nl

Remmers, F. (2017, February 25). Bus zonder chauffeur gaat weg op. AD/Utrechts Nieuwsblad, p. 2.

Rijksoverheid. (2016). Overtredingen 2016 Wet administratiefrechtelijke handhaving verkeersvoorschriften (Wahv). Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/01/17/overtredingen-2016-wet-administratiefrechtelijke-handhaving-verkeersvoorschriften-wahv-ofwel-wet-mulder>

Rijksoverheid. (2017). *Regeerakkoord Vertrouwen in de Toekomst*. Geraadpleegd op rijksoverheid.nl

SAE International. (2018). Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems (No. STANDARD J3016). Geraadpleegd op standards.sae.org/j3016_201609/

Sage, A. (2018). Waymo unveils self-driving taxi service in Arizona for paying customers. Reuters. Geraadpleegd van <https://www.reuters.com/article/us-waymo-selfdriving-focus/waymo-unveils-self-driving-taxi-service-in-arizona-for-paying-customers-idUSKBN1O41M2>

van der Schuren, M.J.W.A., & Korver, W. *Monitoring van de mobiliteit 1986-1993 : een analyse van invloedsfactoren achter de recente mobiliteitsontwikkelingen in het personenvervoer* (rapport no INRO-VVG 1995-01). Geraadpleegd op minienm.nl

- Sjodin, A., Persson, K., Andreasson, K., Arlander, B., & Galle, B. (1998). On-road emission factors derived from measurements in a traffic tunnel. *International Journal of Vehicle Design*, 20, pp . doi:10.1504/IJVD.1998.001842
- Smits, M. (2017). De terugkeer van de technologiepolitiek - In wat voor technologische cultuur willen we leven? Geraadpleegd van http://www.academia.edu/35542579/De_terugkeer_van_de_techologiepolitiek_-_In_wat_voor_techologische_cultuur_willen_we_leven
- Stoker, G. (1998). Governance as Theory: Five Propositions. *International Social Science Journal*, 50, pp 17-28. doi:10.1111/1468-2451.00106
- Tollefson, J. (2008). Car industry: Charging up the future. *Nature*, 456, pp 436-440. doi:10.1038/456436a
- Timmer, J., Pel, B., Kool, L., van Est, R., & Brom, F. W. A. (2014). Tem de robotauto: de zelfsturende auto voor publieke doelen. Geraadpleegd van https://www.rathenau.nl/sites/default/files/Rapport_-_Tem_de_robotauto_-_Rathenau_Instituut.pdf
- United Nations, General Assembly. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* (No. A/RES/70/1). Geraadpleegd op un.org
- Voermans, T. (2016, March 16). Wat een keuze: zelf crashen of toch niet uitwijken voor kind?. AD/Rotterdams Dagblad, p. 11
- Vleugel, J. M., & Bal, F. (2016). Hoe SMART willen we rijden; De autonome auto als stedelijke vervoersoplossing of-probleem?. In Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2016. stichting CVS. Geraadpleegd van https://www.researchgate.net/publication/310844313_Hoe_SMART_willen_we_rijden_De_autonome_auto_als_stedelijke_vervoersoplossing_of_-probleem
- Wadhwa, V. (2018, 26 maart). Why it may be time to put self-driving cars in the slow lane. Geraadpleegd van https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2018/03/26/why-it-may-be-time-to-put-self-driving-cars-in-the-slow-lane/?noredirect=on&utm_term=.224bbf683eb8
- Wadud, Z., MacKenzie, D., & Leiby, P. (2016). Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 1–18. Geraadpleegd van <http://doi.org/10.1016/j.tra.2015.12.001>

van Wee, B. (2018). 3 transport en rechtvaardigheid. STUREN OP SOCIALE WAARDE VAN INFRASTRUCTUUR, 65.

Winner, L. (1993). Upon Opening the Black Box and Finding It Empty: Social Constructivism and the Philosophy of Technology. Geraadpleegd van <https://www.jstor.org/stable/689726>

Woollaston, V. (2018, 18 oktober). Driverless cars of the future: How far away are we from autonomous cars? Geraadpleegd van <https://www.alphr.com/cars/1001329/driverless-cars-of-the-future-how-far-away-are-we-from-autonomous-cars>

Zhang, K., & Batterman, S. (2013). Air pollution and health risks due to vehicle traffic. *Science of the Total Environment*, pp 307-316.
doi:10.1016/j.scitotenv.2013.01.074