

De Transitie Naar Autonome Auto's op het Gebied van Veiligheid, Ethiek en Aansprakelijkheid

14 juni 2019

Loek Haanappel

Studentnummer: 5525217

Bachelor Kunstmatige Intelligentie, UU

Begeleider: A.I. Levert

Tweede beoordelaar: J. Broersen

7.5 ECTS

Samenvatting

In dit onderzoek is er onderzocht waar gelet op moet worden bij de transitie naar autonome auto's op het gebied van veiligheid, ethiek en aansprakelijkheid. Met behulp van literatuuronderzoek zijn de huidige knelpunten uit deze verschillende gebieden op rij gezet. Op het vlak van veiligheid moet er gelet worden op dat een transitie naar auto's met een hoger level van autonomie ten koste gaat van de veiligheid wanneer de inzittende zou moeten ingrijpen. Binnen de ethiek moet er gelet worden op hoe de auto ethische dilemma's zal moeten oplossen, waarbij een *machine ethics* gecreëerd zal moeten worden. Op het gebied van aansprakelijkheid moet er gelet worden op de invloed die de inzittende nog kan uitoefenen en de verminderde oplettendheid van deze inzittende. Veel van deze problemen lijken niet zomaar oplosbaar, en vermoeilijken de transitie naar autonome auto's. Het is hierbij belangrijk dat de autonomie van hoge kwaliteit is en de auto hierdoor statistisch gezien beter kan presteren dan de mens. Op het vlak van aansprakelijkheid en ethiek zullen er regels moeten worden opgesteld hoe ethische dilemma's worden opgelost en bij wie de verantwoordelijkheid bij ongevallen zal komen te liggen. De problemen op deze vlakken worden groter naarmate de inzittende minder taken hoeft uit te voeren. In vervolgonderzoek zal er empirisch onderzoek gedaan moeten worden naar hoe mensen ethische dilemma's specifiek voor autonome auto's oplossen, met behulp van bijvoorbeeld *virtual reality*. Ook zal er onderzoek moeten worden gedaan naar hoe de ingrepen van de mens wellicht vaker succesvol kunnen zijn door bijvoorbeeld de waakzaamheid en de *situational awareness* te verhogen om zo ongevallen te kunnen voorkomen. De aansprakelijkheid kan onderzocht worden met consumentenonderzoek die de mening van de mogelijke koper peilt.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1. Inleiding.....	4
2. Veiligheid	6
3. Ethiek.....	10
4. Aansprakelijkheid.....	15
5. Conclusie.....	18
6. Discussie.....	20
7. Literatuur	22

1. Inleiding

In maart 2018 heeft een autonome auto van Uber een vrouw aangereden die aan het oversteken was met haar fiets aan de hand (Wamsley, 2019). De vrouw stak over in het donker, waardoor ze niet te zien was voor de inzittende totdat het te laat was. De autonome auto detecteerde haar wel, maar was zo ingesteld dat hij zelf geen noodremmen kon maken en dit overliet aan de bestuurder. De inzittende van de auto was op haar telefoon een serie aan het kijken, terwijl ze af en toe naar de weg keek of alles nog goed ging. De overstekende vrouw is in het ziekenhuis aan haar verwondingen overleden. Ze is hierdoor de eerste door een autonome auto overleden voetganger ooit (Levin & Wong, 2018).

Het ongeluk met de autonome auto van Uber laat zien dat implementatie van autonome auto's gecompliceerd is omdat de gevolgen van het falen van het systeem desastreus kunnen zijn. Het verkeer is dan ook geen ongevaarlijke plek: wereldwijd sterven er per jaar gemiddeld 1,35 miljoen mensen in het verkeer (World Health Organization, 2018). Verkeersongevallen zijn zelfs de grootste doodsoorzaak van jongeren van 5 tot 29 jaar oud. Dit laat zien dat leren met vallen en opstaan bij deze toepassing van Kunstmatige Intelligentie niet zonder gevaren is. De auto van Uber was een autonome auto die van de bestuurder vroeg om in te grijpen wanneer het nodig was (Wamsley, 2019). Dit ongeluk roept niet alleen verschillende vragen op omtrent de veiligheid van autonome auto's, maar ook op het gebied van ethiek en aansprakelijkheid. Ondanks de huidige problemen met autonome auto's waarbij de mens nog kan ingrijpen, zijn er in Amerika al plannen om in 2019 testritten met volledig autonome auto's zonder stuur toe te laten op de weg (Thubron, 2018).

De automatisering van het autorijden komt niet geheel uit het niets, maar is al geruime tijd bezig (HERE 360, 2018). Autofabrikanten proberen het autorijden voor de bestuurder zo aangenaam en makkelijk mogelijk te maken, om zo hun product aantrekkelijk te maken voor de koper. Zo is de cruise control, een functie die de auto in een constante snelheid houdt zodat de bestuurder het gaspedaal niet ingedrukt hoeft te houden, al sinds 1960 in auto's van veel fabrikanten te vinden. Cruise control is in de jaren daarna uitgegroeid tot *adaptive cruise control*, welke ook kan remmen, versnellen en rekening houdt met de afstand tot het voertuig dat zich aan de voorkant van de auto bevindt (ANWB, z.d.). Deze automatiseerde functie wordt inmiddels door *millenials* gezien als een vereiste bij het kopen van een auto (HERE 360, 2018). Ook bevatten de nieuwste modellen van fabrikant Tesla een *autopilot* modus, die de auto kan bijsturen binnen de rijstrook en gebruik maakt van adaptive cruise control (Tesla, z.d.). Hoewel deze geautomatiseerde taken de last van de inzittende verlicht, is er nog wel

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

toezicht vereist van de inzittende welke in kan grijpen wanneer het dreigt fout te gaan.

Tegenwoordig zijn niet alleen autofabrikanten (DeNisco-Rayome, 2018), maar ook bedrijven zoals Google (Waymo, z.d.) en Uber (z.d.) bezig auto's te ontwikkelen waarbij de inzittende de auto niet meer zelf hoeft te besturen, en enkel een bestemming hoeft in te voeren.

Om duidelijkheid te scheppen tussen verschillende gradaties van de automatisering van een auto, heeft het SAE (2018) een systeem bedacht waarin de automatisering is opgedeeld in zes niveaus. Deze lopen vanaf level 0, waarin geen enkele automatisering is geïmplementeerd, tot level 5, waarin de auto volledig is geautomatiseerd en de mens onder geen enkele omstandigheden meer hoeft in te grijpen. In dit onderzoek zullen de tussenliggende niveaus worden gegroepeerd als semi-autonome auto's, waarbij er sprake is van een mate van automatisering, maar de inzittende nog wel kan ingrijpen.

Dit onderzoek bespreekt de huidige knelpunten die bij semi-autonome auto's voorkomen. Daarnaast worden verschillende aspecten belicht die belangrijk zijn bij de transitie naar auto's met een steeds hoger level van autonomie, met als einddoel volledig autonome auto's. Dit heeft als doel om te informeren welke obstakels er nog te overbruggen zijn voor een toekomst met autonome auto's op de openbare weg. De aspecten die belicht worden zijn op het gebied van veiligheid, ethiek en aansprakelijkheid. Deze onderwerpen zijn gekozen omdat dit veelbesproken deelgebieden zijn in onderzoeken over autonome auto's, en de vraagstukken die hierin voorkomen vaak in het nieuws terecht komen (Bogost, 2018; Choi, 2018; Stewart, 2019). Deze onderwerpen worden belicht doormiddel van literatuuronderzoek.

De hoofdvraag die in dit onderzoek onderzocht wordt is: 'Waarop moet gelet worden bij de transitie naar autonome auto's op het gebied van veiligheid, ethiek en aansprakelijkheid?' Eerst zal er in dit onderzoek worden gekeken naar de veiligheid van autonome auto's. Hierbij ligt de nadruk op semi-autonome auto's waar de inzittende de besturing nog kan overnemen. In het tweede hoofdstuk worden de ethische dilemma's besproken die kunnen komen kijken bij een onvermijdelijk ongeluk. Hierbij wordt de ethische besluitvorming van mensen besproken, welke niet voor iedereen hetzelfde is. Ook wordt bekeken hoe de autonome auto om zou moeten gaan met ethische keuzes en de problemen die hier bij komen kijken. Als laatste wordt de aansprakelijkheid bij ongevallen besproken, waarbij een onderscheid wordt gemaakt voor de verantwoordelijkheid bij semi- en volledig autonome auto's.

2. Veiligheid

De veiligheid van autonome auto's is zoals aan het begin van dit onderzoek besproken is een belangrijk aandachtspunt, aangezien ongelukken in het verkeer drastische gevolgen kunnen hebben. De toekomstige ontwikkelingen omtrent de veiligheid van deze auto's zijn moeilijk te voorspellen. Wat we hiervan wel kunnen stellen is dat deze auto's in ieder geval veiliger zullen moeten zijn dan wanneer de mens zelf zou rijden. "If autonomous vehicles have statistically more, or more severe, accidents than standard cars, then such vehicles will not be legally viable for widespread use" (Marchant & Lindor, 2012, p. 1321).

In het ongeval van Uber heeft het systeem geen fout gemaakt, maar heeft de onoplettendheid van de inzittende ervoor gezorgd dat dit voorval fout afliep (Wamsley, 2019). In dit hoofdstuk wordt er ingegaan op de veiligheid van auto's die steeds autonomer worden, maar waarbij nog wel wordt gerekend op de ingreep van de inzittende zoals in dit ongeval. Hierbij staat de psychologie van de effecten van deze automatisering op de mens centraal. Er wordt ingegaan op de autorijvaardigheid, detectie en *situation awareness* van de inzittende. De behandelde punten zullen geen probleem zijn bij de transitie naar volledig autonome auto's, omdat deze niet meer rekenen op de ingreep van de mens. Dit betekent niet dat volledig autonome auto's vrij zullen zijn van problemen op het gebied van veiligheid.

Een veel geciteerd onderzoek over automatisering is het paper *Ironies of Automation* (Bainbridge, 1983). Dit paper bespreekt hoe automatisering in plaats van problemen kan oplossen ook problemen kan vergroten. Het betreft hier automatische systemen waarbij nog wel teruggevallen kan worden op menselijke besturing. De beschreven problemen vinden plaats wanneer de mens deze besturing weer zal moeten overnemen, en gaan over de limieten in het menselijk vermogen om succesvol in te grijpen. Hoewel dit paper geschreven is in 1983, zijn deze problemen nog steeds relevant bij een semi-autonome auto waar de mens nog kan ingrijpen. De problemen beschreven in het paper van Bainbridge (1983) gaan over automatisering in het algemeen. Om te kijken of deze problemen zich ook daadwerkelijk voordoen bij autonome auto's, is hier veel empirisch onderzoek naar gedaan.

Het Center for Automotive Research heeft in 2016 een rapport opgesteld dat gaat over de impact van geautomatiseerde voertuigen op de rijvaardigheid (Spulber & Wallace, 2016). Dit rapport verzameld onderzoeken van de laatste dertig jaar waarbij gekeken wordt naar de vaardigheid van de bestuurder. De data uit deze onderzoeken is verkregen met behulp van rij-simulators en echte autoritten in autonome auto's.

Vermindering van de autorijvaardigheid

Een van de problemen die Bainbridge (1983) beschrijft is dat om bepaalde informatie effectief uit het lange termijngeheugen op te vragen, je deze informatie regelmatig zal moeten gebruiken. Bij automatisering zal de observeerder deze informatie een stuk minder hoeven te gebruiken, waardoor het opvragen van deze informatie moeilijker zal worden.

In het lange termijngeheugen liggen de aangeleerde vaardigheden opgeslagen, waaronder de vaardigheid om te kunnen autorijden (McLeod, 2010). In het geval van een autonome auto met ingrijpmogelijkheid zal de inzittende nauwelijks nog hoeven autorijden. Wanneer de inzittende dan zal moeten ingrijpen, zal het ophalen van de benodigde informatie om te kunnen autorijden minder effectief zijn.

De schrijvers van het artikel *Human-Automation Interaction* hebben het hierbij over het verminderen van de vaardigheid (Lee, Wickens, Liu, & Boyle, 2017). Een bijkomend effect is hierbij volgens de schrijvers dat door het minder worden van de vaardigheid de observeerder ook minder vertrouwen in zijn/haar eigen vaardigheid zal hebben, waardoor hij/zij ook sneller gebruik zal maken van de automatisering.

Omdat er nog niet veel onderzoek is gedaan naar de vermindering van de rijvaardigheid door automatisering bij auto's, wordt deze situatie vaak vergeleken met vliegvaardigheid van piloten die vaak gebruik maken van de automatische piloot (Spulber & Wallace, 2016). Bij onderzoek naar vermindering van deze rijvaardigheid werd geconcludeerd dat het niet zozeer de motorische vaardigheid is die een probleem oplevert, maar dat er meer sprake is van verlies van cognitieve vaardigheden (Casner, Geven, Recker, & Schooler, 2014). Zo konden de piloten nog prima handmatig het vliegtuig besturen. Het achterhalen van de positie van het vliegtuig zonder gps en systeemfouten herkennen ging een stuk lastiger. Hiernaast was het effect van dit cognitieve vaardigheidsverlies groter bij piloten die bij gebruikmaking van de automatische piloot ook minder aan het opletten waren. Naar verwachting zal dit cognitieve vaardigheidsverlies bij mensen in een zelfrijdende auto dus meer van invloed zijn op hoe de inzittende bijvoorbeeld dingen kan inschatten in het verkeer, dan op de daadwerkelijke motorische handelingen die de inzittende zal moeten maken.

Detectie

Lee et al. bespreken in het artikel *Human-Automation interaction* (2017) ook een aantal problemen die bij automatisering komen kijken, zoals de detectie. Wanneer de automatisering goed is en er weinig afwijkende gebeurtenissen zijn waarbij ingegrepen moet worden, zal het

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

moeilijker zijn om deze afwijkende gebeurtenissen te detecteren voor een observeerder. Brainbridge (1983) haalt een onderzoek aan waaruit blijkt dat het voor de mens onmogelijk is om langer dan een half uur zijn/haar aandacht te kunnen houden op een bron van informatie waar weinig gebeurt (Mackworth, 1950). Wanneer er veel taken overgenomen zullen worden en deze ook daadwerkelijk goed uitgevoerd zullen worden, heeft dit dus grote gevolgen voor de aandacht op deze bron. Bij de situatie van een autonome auto zal de betrouwbaarheid van de automatisering dus van invloed zijn op de waakzaamheid van de inzittende. Wanneer het systeem weinig fouten zal maken, zal de inzittende de fouten die het systeem wél maakt dus ook minder goed detecteren. Hoe hoger de autonomie van de auto, hoe minder goed de mens fouten kan ontdekken die het systeem maakt. Het gevolg hiervan is dat de fouten die het systeem maakt onopgemerkt kunnen blijven waardoor de inzittende niet zal ingrijpen, wat kan leiden tot ongelukken.

Tesla, een automerk dat al een lange tijd bezig is met het automatiseren van het autorijden, heeft onderzocht wat de waakzaamheid is van de gebruikers van zijn Autopilot modus (Fridman et al., 2019). Deze autopilot modus bestaat uit *Traffic-Aware Cruise Control* en *Autosteer*. Traffic-Aware Cruise Control is vergelijkbaar met adaptive cruise control, wat de auto op een constante snelheid zal houden en zo nodig zal aanpassen op de voorganger (ANWB, z.d.). Autosteer zorgt ervoor dat de auto bijgestuurd zal worden zodat hij in het midden van de rijstrook zal blijven rijden. De dataset bestaat uit 21 Tesla auto's die in totaal 323.384 mijl hebben gereden. Van deze afstand hebben de auto's in totaal 34,8% op de autopilot stand gestaan. Deze autopilot functie is 18,928 keer uitgeschakeld door de inzittende, waarna op manuele besturing is overgegaan. Van deze uitschakelingen vonden er 8682 plaats bij een lastige situatie waarbij op tijd gereageerd is, en geen enkele uitschakeling bij een lastige situatie waar te laat op gereageerd is. Tesla concludeert hieruit dat de inzittenden een relatief hoge waakzaamheid houden.

Dit onderzoek is echter een kleine dataset, en daarnaast heeft de inzittende bij de autopilot stand van de Tesla nog steeds veel taken die hij zelf zal moeten uitvoeren, wat van invloed kan zijn op de waakzaamheid.

Situation Awareness

Lee et al. (2017) schrijven ook dat naast het simpelweg detecteren van afwijkend gedrag van een automatisch systeem, de oplettendheid van de toezichthouder van invloed is op de kwaliteit van de ingreep. Dit wordt de situation awareness van de inzittende genoemd. Hierbij

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

wordt gesproken over het *generation effect*, waarbij de volgende definitie wordt gegeven:

“People are better aware of the dynamic state of processes in which they are active participants, selecting and executing its actions, than when they are passive monitors of someone (or something) else carrying out those processes” (Lee, Wickens, Liu, & Boyle, 2017, p. 368). Dit houdt in dat mensen zich meer bewust zijn van processen waar ze zelf deel van uitmaken, dan wanneer zij deze processen slechts observeren. Het voorbeeld dat de auteurs aanhalen gaat over auto's met cruise control. Wanneer cruise control is ingeschakeld, kan het zijn dat de bestuurder zijn/haar voeten van de pedalen haalt. De bestuurder zal zich er dan minder van bewust zijn hoe bijvoorbeeld het gaspedaal ingedrukt moet zijn om een constante snelheid aan te houden. Wanneer de cruise control dan weer uitgeschakeld wordt en de bestuurder het gaspedaal weer zal moeten gebruiken, kan het zijn dat de bestuurder onjuist zal handelen.

Bij een autonome auto kunnen er nog veel meer processen dan cruise control zijn waarbij de inzittende geen actieve deelnemer meer is. Hoe autonomer de auto, hoe minder de inzittende bewust is van wat er gebeurt (Spulber & Wallace, 2016). Wanneer de inzittende zal moeten ingrijpen, zal hij/zij zich volgens het generation effect minder goed bewust zijn van hoe het stuur en de pedalen precies reageren op input. Dit kan ervoor zorgen dat de ingreep van de inzittende niet de afloop zal hebben die hij/zij voor ogen had.

Onderzoek toont aan dat de reactietijd van het remmen bij auto's met adaptive cruise control een stuk hoger is dan de reactietijd bij auto's die geen snelheid regulerende hulpsystemen hadden (Spulber & Wallace, 2016). Wat opviel was dat deze reactietijden ook hoger waren wanneer de inzittende al kon anticiperen dat hij/zij zou moeten remmen. Dit wijst aan dat hierbij de situation awareness een probleem was, en niet de detectie. Hiernaast bleek dat vlak na het uitschakelen van een autonoom systeem met stuurhulp de inzittenden slechter de auto op het midden van de baan konden houden doordat ze minder goed controle hadden over het stuur. Dit laat zien dat de inzittende van een semi-autonome auto inderdaad een verlaagde situation awareness heeft wat tot problemen kan leiden wanneer er ingegrepen zal moeten worden.

3. Ethiek

Een ander belangrijk aandachtsgebied is de ethiek van autonome auto's. Volgens de Internet Encyclopedia of Philosophy omvat de ethiek: "systematizing, defending, and recommending concepts of right and wrong behavior" (Fieser, z.d., para. 1). Een ethisch dilemma is volgens de oxford dictionary: "A situation in which a difficult choice has to be made between two courses of action, either of which entails transgressing a moral principle" (z.d.). Dit houdt in dat er een keuze gemaakt zal moeten worden waarbij beide opties een moraal principe zullen overschrijden. Dit hoofdstuk bespreekt het geval waarbij een ongeluk onvermijdelijk is, en de auto/bestuurder een ethische keus zal moeten maken. Hierbij wordt aangenomen dat bij een semi-autonome auto de inzittende de keuze zal maken en bij een volledig autonome auto het systeem de keuze zal maken. Bij beide opties van dit ethische dilemma zullen er in dit geval slachtoffers vallen.

Trolleyprobleem

Om na te denken hoe deze ethische keuzes in het verkeer gemaakt moeten worden, wordt er soms gekeken naar gedachte-experimenten binnen de filosofie. Nyholm en Smids (2016) vergelijken de ethische dilemma's in het verkeer met het trolleyprobleem. Dit gedachte-experiment is bedacht door Philippa Foot, die deze gebruikte in een onderzoek over abortus (1967). In dit experiment rijdt een trolley af op vijf personen die zich op het spoor bevinden. De participant heeft hierbij de optie om een hendel over te halen en zo de wagon op een ander spoor te brengen, waar zich één persoon bevindt. De participant heeft dus de optie om niks te doen waardoor vijf personen zullen sterven, of wel een actie te ondernemen waardoor er één persoon zal sterven.

Split second beslissingen van de mens in semi-autonome auto's

Volgens Nyholm en Smids (2016) zijn het trolleyprobleem en een onvermijdelijk ongeluk bij een reguliere auto vergelijkbare situaties. Deze situaties gaan namelijk beiden over split-second besluitvorming van de persoon die de morele keuze moet maken. Deze situatie is ook van toepassing bij een semi-autonome auto, waarbij de inzittende de besturing zal moeten overnemen. Hier komt de inzittende in hetzelfde split-second keuzeprocess als iemand in een reguliere auto. Ethische dilemma's zoals het trolleyprobleem kunnen ons inzicht bieden in hoe de mens deze keuzes maakt.

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

Het probleem van dit soort experimenten is echter dat het gedachte-experimenten zijn. De afloop van het trolleyprobleem heeft doden tot gevolg, wat dit experiment niet uitvoerbaar maakt in de letterlijke vorm waarin hij beschreven is. Dit maakt het moeilijk om te zien hoe mensen zouden reageren wanneer ze plots in het echte leven deze ethische keuze moeten maken. Dit is ook het geval bij de semi-autonome auto: Een empirisch onderzoek over ongevallen bij een semi-autonome auto met daadwerkelijke gevolgen is niet uitvoerbaar. Echter zijn er wel onderzoeken die het trolleyprobleem in een aangepaste vorm proberen te toetsen in het echte leven. Deze onderzoeken laten zien dat er verschil zit in de keus die de mens zou maken in het echte leven ten opzichte van een gedachte-experiment.

In een onderzoek van Bostyn, Sevenhant en Roets (2018) is het trolleyprobleem getracht te realiseren door muizen te gebruiken. In dit experiment waren er twee kooien, één met vijf muizen en één met één muis. De participanten werd uitgelegd dat de kooi met vijf muizen een elektrische schok zouden krijgen, tenzij de participant op een knop drukte. In dat geval zou de kooi met één muis de schok toegediend krijgen. Deze schok werd om ethische redenen niet daadwerkelijk toegepast. Een andere groep participanten kreeg hetzelfde probleem maar dan in de vorm van een gedachte-experiment voorgelegd. In de resultaten kwam naar voren dat de participanten van het gedachte-experiment maar de helft zo vaak op de knop drukten als de deelnemers in het experiment met de echte muizen. De onderzoekers concluderen hieruit dat de resultaten van een gedachte-experiment niet vanzelfsprekend overeenkomen met de keuze die mensen in het echte leven zullen maken.

In een ander onderzoek, waarbij ethische dilemma's getest werden met behulp van *virtual reality* wordt dezelfde conclusie getrokken (Francis et al., 2017). Hierbij werd een variant van het trolleyprobleem getest waarbij de participanten geen hendel konden overhalen, maar een fictief persoon van een brug konden duwen die dan voor de trolley terecht zou komen met als doel om deze te stoppen. De participanten kregen een virtual reality bril op met een computer gegenereerde omgeving van dit morele dilemma. Wanneer de participanten ervoor kozen om te duwen, moesten zij tegen een pop aanduwen die dan de actie triggerde. Ook hier kozen de participanten vaker om in te grijpen in de virtuele ervaring dan bij het gedachte-experiment.

Deze experimenten laten zien dat de ethische keuzes die mensen bij gedachte-experimenten maken niet altijd overeen komen met wat zij in situaties in het echte leven zullen doen. Dit maakt het moeilijker om na te denken over hoe een volledig autonome auto deze dilemma's zal moeten oplossen.

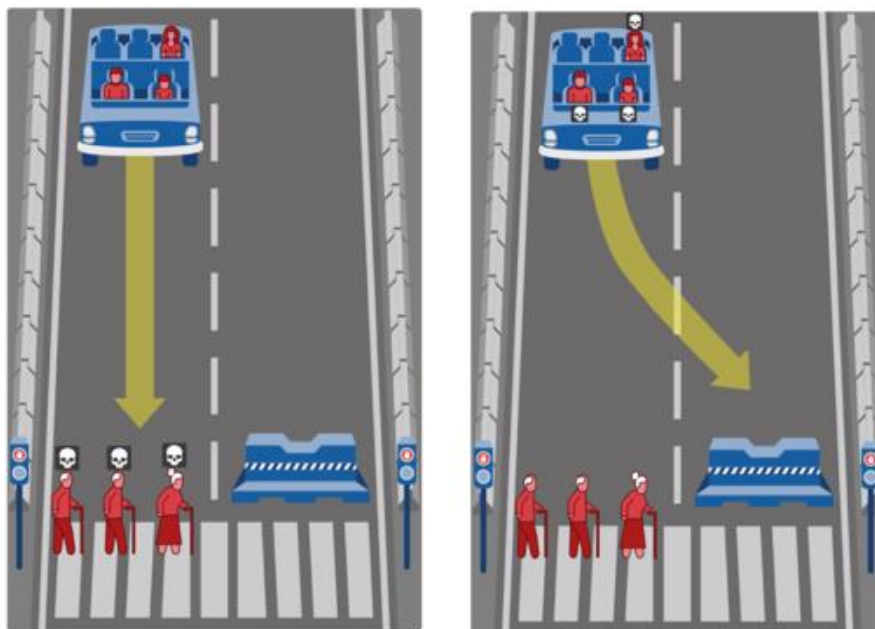
Universele machine ethics bij volledig autonome auto

De overgang naar volledig autonome auto's zal een shift met zich mee brengen wie de ethische keus zal moeten maken, de inzittende heeft hier dan immers geen invloed meer op. Het trolleyprobleem is echter niet goed te vergelijken met hoe we moeten nadenken over hoe de volledig autonome auto met dit soort situaties zal moeten omgaan, omdat er van te voren al een plan zal moeten worden gemaakt hoe deze ethische dilemma's worden opgelost en geprogrammeerd zullen moeten worden in volledig autonome auto's (Nyholm & Smids, 2016). Het is belangrijk dat het duidelijk is hoe de auto in dit soort situaties moet reageren. Dit gaat dus niet langer over split-second besluitvorming, maar over het maken van een weloverwogen calamiteitenplan met hierin de ethische regels die de auto zal moeten opvolgen. Volgens de onderzoekers is het ook niet realistisch dat één persoon dit plan zal maken, maar zal deze waarschijnlijk door verschillende stakeholders worden opgesteld. Deze ethische regels worden ook wel *machine ethics* genoemd.

Volgens Awad et al. (2018) is het belangrijk dat er een consensus bereikt zal worden over machine ethics. Om consumenten de overstap te laten maken naar autonome auto's waar ze zelf niet kunnen ingrijpen is het belangrijk dat deze machine ethics niet in conflict komen met de ethiek van de consument. Het is hierbij de vraag of zo'n universele machine ethics haalbaar is. Om te peilen wat de ethiek van de consument is hebben Awad et al. (2018) een enquête gemaakt die is ingevuld door 2,3 miljoen mensen over de hele wereld. In de enquête kregen de proefpersonen 13 situaties voorgeschoteld met morele dilemma's in het verkeer. Het onderzoek toont aan dat er veel variatie zit in de morele besluitvorming van mensen tussen culturen. Dit maakt het lastig om een universele machine ethics op te stellen. Er zijn gelukkig wel drie universele voorkeuren die het grootste deel van de wereld delen. De dilemma's in het onderzoek lijken erg op het trolley probleem. De dilemma's werden uitgebeeld op tekeningen, die opgedeeld waren in de twee opties die de participant kon kiezen. Op deze tekeningen staat altijd een weg met daarop een autonome auto en een zebrapad. In de autonome auto en op het zebrapad bevinden zich personages die per scenario verschillen. De personages verschillen bijvoorbeeld in aantal en op leeftijd, geslacht, fitheid en status. Ook zijn sommige personages dieren of zwangere vrouwen. Soms steken de personages over wanneer het rood is, andere keren steken ze legaal over. Op deze manier zijn er veel verschillende dilemma's te produceren die een beeld geven van de menselijke ethiek.

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

De participant heeft de keuze om de koers rechtdoor te hervatten, of uit te wijken naar de andere baan. Op de tekening staat aangegeven welke personages de koers niet zullen overleven. Onderstaand figuur is een voorbeeld van een dilemma in het onderzoek (Awad et al., 2018).



Figuur 1: Voorbeeldilemma in het onderzoek van Awad et al. (2018, p. 60)

De resultaten van deze enquête laten zien dat de respondenten in het algemeen mensen prefereerden over dieren, vaker jonge mensen lieten leven dan oude mensen en kozen voor de optie waar de minste mensen stierven. Volgens de onderzoekers zijn deze drie preferenties essentiële onderwerpen om te overwegen voor de machine ethics.

De mate waarop deze drie preferenties tot uiting kwamen is echter per cultuur verschillend. Mensen uit individualistische culturen kozen er vaker voor om het grootste aantal mensen te redden dan mensen uit collectivistische culturen dat deden. Hiernaast hechtten mensen uit individualistische culturen ook meer waarde aan de leeftijd van de personages.

Een andere belangrijke factor die in het onderzoek belicht wordt is of de voetgangers legaal de weg overstaken. Hierbij is waar te nemen dat participanten uit landen met een hoge welvaart en een hoge kwaliteit wetgeving er vaker voor kozen om mensen die door rood lopen te straffen dan participanten uit landen met een lagere welvaart en een lagere kwaliteit wetgeving. Dit komt waarschijnlijk doordat de regelnaleving en de gevolgen van het breken van deze regels bij de laatstgenoemde lager is.

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

Participanten uit landen met een groter verschil tussen arm en rijk kozen er vaker voor om een dakloze aan te rijden dan een directeur. Landen waar dit verschil klein is hadden hier weinig voorkeur in. Deze verschillen tussen culturen en verschillen tussen landen laten zien dat een universele machine ethics die rekening houdt met de ethiek van alle gebruikers een lastige opgave zal worden.

Duitsland is het eerste land ter wereld dat richtlijnen voor de ethiek van autonome auto's heeft opgesteld (Rogers, 2017). Deze richtlijnen zijn te vinden in een rapport opgesteld door het ministerie van transport en digitale infrastructuur (2017). In deze richtlijnen is beschreven dat mensenlevens zwaarder moeten tellen dan de levens van dieren en schade aan eigendommen, wat overeen komt met een van de drie universele voorkeuren gevonden door Awad et al (2018). Ook staat er beschreven dat de keuzes niet gemaakt mogen worden op basis van features zoals leeftijd, geslacht en fysieke of mentale toestand. Het minimaliseren van het aantal slachtoffers is volgens deze richtlijnen wel toegestaan.

Kansen en zekerheden bij volledig autonome auto's

Het opstellen van universele machine ethics is niet het enige probleem. Nyholm en Smids (2018) schetsen een scenario waarbij een vrachtwagen met vijf passagiers zich plots op het pad van een autonome auto bevindt. De auto kan hiervoor kiezen om in botsing te komen met de vrachtwagen, of uit te wijken naar de stoep waar een bejaarde voetganger loopt. Bij deze gedachte-experimenten wordt ervan uitgegaan dat de uitkomst van de keuzes vast staan. Wanneer er niet wordt uitgeweken zullen de vijf passagiers sterven en wanneer er wel wordt uitgeweken zal de bejaarde voetganger sterven. Wanneer deze gedachte-experimenten worden vertaald naar de echte wereld zijn er echter veel meer factoren die de afloop zullen bepalen, maar welke de autonome auto niet allemaal in acht zal kunnen nemen. Zo zijn het gewicht en de snelheid van de vrachtwagen niet voor de autonome auto bekend, maar wel van grote invloed op de kans van overleven van de passagiers. Daarnaast kan de autonome auto niet precies inschatten hoe de bestuurder van de vrachtwagen zal reageren.

Andere voorbeelden van onbekende factoren zijn de staat van de weg, de gezondheid van de passagiers en de reactie van de voetganger (Nyholm & Smids, 2018). Dit laat zien dat er een hoop onzekerheid zal zijn wanneer deze situaties in het echte leven zullen plaatsvinden. Naast de verschillen tussen de ethiek van mensen in verschillende landen, verschillende culturen en zelfs verschillen met hun eigen idee over ethiek, maakt deze onzekerheid het moeilijk om een goede probleemoplossing voor autonome auto's te creëren.

4. Aansprakelijkheid

Het laatste aandachtspunt die in deze review wordt besproken is de aansprakelijkheid bij ongevallen met betrekking tot autonome auto's. In het in de introductie besproken ongeval van Uber is door de aanklager vastgesteld dat Uber niet aansprakelijk is voor het ongeval (Wamsley, 2019). Deze conclusie is getrokken uit het feit dat de auto naar behoren werkte en geen fouten heeft gemaakt. De sensoren van de auto hebben de voetganger gedetecteerd, maar de auto stond ingesteld op een stand waarbij het systeem geen noodrem kon maken en dit overliet aan de inzittende. Omdat de inzittende niet aan het opletten was, kan ze aangeklaagd worden voor doodslag. Toch is het nog mogelijk dat Uber aangeklaagd zal worden in de burgerlijke rechtbank of door de overheid.

Aangezien dit het eerste ongeval met een autonome auto is waarbij er een voetganger is overleden (Levin & Wong, 2018), opent dit de discussie over hoe in de toekomst met dit soort ongevallen omgegaan zal moeten worden. Naarmate auto's steeds autonomer worden en de mens steeds minder taken hoeft uit te voeren, wordt het steeds dringender om een oplossing te vinden op de vraag wie er aansprakelijk is mocht er iets fout gaan. Er zijn in veel landen al wetten die de aansprakelijkheid bij het falen van producten bepalen (Schellekens, 2015). Omdat deze wetten verschillend zijn per land zal er in dit hoofdstuk niet diep op worden ingegaan. Het doel van dit hoofdstuk is om te informeren hoe met deze aansprakelijkheid zal kunnen worden omgegaan gegeven de invloed die de inzittende kan uitvoeren.

Bij semi-autonome auto's kan er nog worden teruggevallen op de handmatige besturing van de mens. Een mogelijke oplossing voor de aansprakelijkheid bij deze semi-autonome auto's is om de inzittende verantwoordelijk te houden voor het niet (of onjuist) ingrijpen bij het ongeval. Hevelke en Nida-Rümelin (2014) schetsen een scenario waar bij de introductie van semi-autonome auto's het aantal verkeersongevallen daalt. Wanneer dit percentage nóg meer zou dalen door het ingrijpen van de inzittende, zou dit de mens moraal verplichten om op te letten of het systeem goed handelt.

In het hoofdstuk over veiligheid is besproken dat hoe autonomer de auto, hoe moeilijker het is voor de inzittende om accuraat in te kunnen grijpen bij een ongeval. Dit trekt het idee dat de inzittende aansprakelijk zou zijn bij het onjuist ingrijpen sterk in twijfel. Hevelke en Nida-Rümelin (2014) stellen daarom:

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

The person in question is held responsible by the state to have, through his inattention, allowed an accident to happen; causing death or injury of another human being. This is legitimate as long as one can actually expect the person in question to foresee the danger and prevent it. (p. 625)

Dit betekent dat zolang er verwacht kan worden dat de inzittende het gevaar kan voorzien en kan voorkomen, hij/zij verantwoordelijk wordt gehouden voor het ongeval. Dit is volgens Hevelke en Nida-Rümelin (2014) een goede tijdelijke oplossing voor wanneer semi-autonome auto's op de markt worden gebracht. Het probleem van deze stelling is dat het hierbij moeilijk is om een grens te stellen voor deze verwachting. Zeker zodra er auto's met verschillende niveaus van autonomie op de markt zijn zal het moeilijk zijn om een duidelijke grens te stellen wanneer de mens verantwoordelijk is voor het ongeval. In het geval van het ongeluk van Uber was er een camera in de auto aanwezig die de oplettenheid van de inzittende filmde (Wamsley, 2019). Dit kan een oplossing zijn om te kijken of de inzittende verantwoordelijk is, maar zoals in het hoofdstuk over veiligheid is besproken, is deze oplettenheid niet vanzelfsprekend haalbaar bij een autonome auto.

Een probleem met deze motivatie is dat inzittenden van volledig autonome auto's geen kans meer hebben om in te grijpen. Het voorkomen van het gevaar is dus door de inzittende niet meer mogelijk, waardoor het volgens deze motivatie niet moreel juist is om hem of haar aansprakelijk te stellen (Hevelke & Nida-Rümelin, 2014). Voor de aansprakelijkheid bij volledig autonome auto's zal er dus gezocht moeten worden naar een andere oplossing. Lohman (2016) verwacht dat de verantwoordelijkheid steeds meer bij de fabrikant zal komen te liggen. Omdat de passagiers van volledig autonome auto's niet meer de oorzaak van ongelukken kunnen zijn, zullen deze worden gezien als productdefect. Wetten over product aansprakelijkheid stellen wanneer een product niet de veiligheid heeft die de consument ervan mag verwachten, dit een productdefect is. Dit maakt de distributie van volledig autonome auto's voor fabrikanten een riskante zaak. De vraag is namelijk of we ooit op een punt zullen komen waar de software van een autonome auto volledig betrouwbaar is en dus de veiligheid garandeert die de consument ervan verwacht. Ook al garanderen fabrikanten van autonome auto's misschien een hogere veiligheid dan wanneer de mens handmatig een auto zal besturen, zullen deze fabrikanten waarschijnlijk alsnog een groot deel van de verantwoordelijkheid dragen. Dit kan innovatie volgens Lohman (2016) en Marchant en Lindor (2012) behoorlijk in de weg zitten.

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

Toch heeft de autofabrikant Volvo aangekondigd de volledige verantwoordelijkheid te nemen bij ongevallen met hun autonome auto's (Gorzelany, 2015), en het is niet ondenkbaar dat andere fabrikanten zullen volgen.

Een alternatieve oplossing is volgens Hevelke en Nida-Rümelin (2014) om zelfs in een volledig autonome auto de inzittende aansprakelijk te stellen. De motivatie hierachter is dat de inzittende hoort te weten dat er een kans is dat de auto in een ongeval terecht kan komen, en dit risico ook neemt door in de autonome auto te rijden. "The more we use cars (especially where it is not necessary), the more we put others at risk—even if we do our best to drive safely" (Hevelke & Nida-Rümelin, 2014, p. 626) . Hoewel het aantal ongevallen waarschijnlijk zal verminderen door de implementatie van autonome auto's, zullen er nog steeds ongevallen plaatsvinden. Door het kiezen voor de auto blijft de mens dus deels verantwoordelijk voor de ongevallen die plaats vinden in het verkeer. Hierbij kunnen er twee scenario's worden geschetst. In het eerste scenario zullen alle gebruikers van autonome auto's de aansprakelijkheid delen, waarbij ze allemaal een verplichte toeslag of verzekering zullen moeten betalen die de kosten van ongevallen zullen dekken. In het andere scenario zal de inzittende van de desbetreffende auto verantwoordelijk zijn. Dit hoort dan bij de risico's van het rijden in een autonome auto. Deze regeling verhelpt het probleem met de grens wanneer men kan verwachten dat de inzittende het ongeval kan voorkomen. Ook zal deze regeling innovatie niet in de weg zitten. Echter is het hier wel de vraag of de consument een auto zal kopen waarbij de aansprakelijkheid op deze manier geregeld wordt.

5. Conclusie

De vraag die in dit onderzoek centraal stond is: 'Waarop moet gelet worden bij de transitie naar autonome auto's op het gebied van veiligheid, ethiek en aansprakelijkheid?' Om deze vraag te beantwoorden zijn de knelpunten van deze verschillende gebieden op een rij gezet.

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat deze toepassing van Kunstmatige Intelligentie nog veel knelpunten heeft waar nog goed door de verschillende belanghebbenden over na gedacht zal moeten worden. Veel van deze problemen lijken niet zomaar oplosbaar, en zijn een groot obstakelblok in de transitie naar autonome auto's. Op het gebied van veiligheid moet erop gelet worden dat een transitie naar auto's met een hoger level van autonomie ten koste gaat van de veiligheid wanneer de inzittende zou moeten ingrijpen (Spulber & Wallace, 2016). Dit heeft een negatieve invloed op de (cognitieve) autorijvaardigheid, de waakzaamheid en de situation awareness van de inzittende (Bainbridge, 1983; Lee, Wickens, Liu, & Boyle, 2017; Spulber & Wallace, 2016). Dit is een probleem dat steeds groter wordt naarmate autonome auto's meer taken overnemen van de mens. Hierbij is het dus vooral belangrijk dat deze autonomie van hoge kwaliteit is, waardoor de auto deze taken statistisch gezien beter moet kunnen uitvoeren dan de mens dit kan.

Op het gebied van ethiek vindt het grootste knelpunt plaats bij de transitie naar een volledig autonome auto. Hier moet worden nagedacht over machine ethics, waarin de ethische regels staan vastgelegd die de auto zal moeten opvolgen (Awad et al., 2018). Het probleem hierbij is dat de moralen tussen mensen op individueel en cultureel niveau kunnen verschillen. Ook verschilt soms de mening van mensen over ethische dilemma's bij hypothetische situaties en situaties in het echte leven. Naast de problemen met deze machine ethics kan de afloop van ongevallen niet met zekerheid worden voorspeld (Nyholm & Smids, 2018). Hierdoor kan het voorkomen dat de auto een verkeerde keuze zal maken, omdat de afloop hiervan anders was dan het systeem had voorspeld.

Op het gebied van aansprakelijkheid is het grootste knelpunt bij wie de verantwoordelijkheid komt te liggen bij een ongeval. Hierbij moet gelet worden op de verminderde oplettendheid van de bestuurder bij een semi-autonome auto, en de moraliteit van het aansprakelijk stellen van een inzittende die niet kan ingrijpen (Hevelke & Nida-Rümelin, 2014). De problemen besproken in het hoofdstuk over veiligheid zijn dus ook van directe invloed op de aansprakelijkheid, omdat dit de verantwoordelijkheid van de inzittende in twijfel trekt. Ook moet hierbij worden meegenomen dat wanneer de fabrikant aansprakelijk gesteld wordt dit

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

innovatie in de weg kan zitten (Lohman, 2016; Marchant & Lindor, 2012). Er zullen nog duidelijke regels moeten worden opgesteld omtrent de aansprakelijkheid voordat autonome auto's grootschalig op de markt gebracht kunnen worden.

Uit dit onderzoek blijkt dus dat er nog verschillende knelpunten zijn op het gebied van veiligheid, ethiek en aansprakelijkheid waarop gelet moet worden om de transitie naar autonome auto's te doorlopen. Wat opvalt aan deze knelpunten is dat de problemen groter worden naarmate de inzittende minder taken hoeft uit te voeren. Hoewel de autonome auto het autorijden in eerste instantie lijkt te vereenvoudigen, ontstaan er dus problemen die bij reguliere auto's niet voorkwamen. Er zal door de belanghebbenden nog goed moeten worden nagedacht hoe deze problemen opgelost kunnen worden.

6. Discussie

De behandelde literatuur in dit onderzoek is vooral psychologisch van aard. Er is niet ingegaan op de technische aspecten van bijvoorbeeld de veiligheid, en de wettelijke aspecten van de aansprakelijkheid. Deze aspecten kunnen nog meer knelpunten hebben waarop gelet moet worden bij de transitie naar autonome auto's, die nog nader onderzocht kunnen worden. Ook is dit onderzoek niet ingegaan op de problemen waar autonome auto's een mogelijke oplossing voor kunnen zijn. Zo kunnen volledig autonome auto's bejaarden en gehandicapten een kans bieden om zelfstandig met een auto te reizen (Hevelke & Nida-Rümelin, 2014).

Op het gebied van veiligheid, ethiek en aansprakelijkheid zal er meer onderzoek nodig zijn om meer inzicht te krijgen op de knelpunten en mogelijke oplossingen te zoeken.

Meer empirisch onderzoek naar ethische dilemma's is noodzakelijk om inzicht te krijgen op de keuzes van de mens. Huidig onderzoek naar ethische dilemma's specifiek voor autonome auto's is gedaan met gedachte-experimenten (Awad et al., 2018). Deze dilemma's kunnen bijvoorbeeld met behulp van virtual reality of rijsimulatoren getest worden om resultaten te krijgen die vergelijkbaar zijn met wat mensen in het echte leven zouden doen, zoals in de onderzoeken van Francis et al. (2017) en Spulber en Wallace (2016).

Tevens is er meer empirisch onderzoek nodig naar de veiligheid van autonome auto's, waar het vooral belangrijk is om oplossingen te onderzoeken waarbij de ingrepen van de mens vaker succesvol zullen zijn. Zo kan er worden onderzocht of de waakzaamheid en de situation awareness van de inzittende verhoogd kan worden.

Op het gebied van aansprakelijkheid is het belangrijk om consumentenonderzoek te doen naar de mening van de mogelijke koper van autonome auto's. Hierbij kan worden gekeken naar de mening over een verzekering of een toeslag die de ongevallen dekt, zoals beschreven door Hevelke en Nida-Rümelin (2014). Ook kunnen situaties worden geschetst waarin een ongeval heeft plaatsgevonden, waarna de participant moet aangeven wie hij/zij vindt dat er verantwoordelijk is voor het ongeval.

Dit onderzoek heeft laten zien dat er naarmate auto's autonomer worden er op de onderzochte deelgebieden problemen ontstaan die niet zomaar op te lossen lijken. Het lijkt daarom onverantwoord dat de Amerikaanse overheid al van plan is om in 2019 testritten met volledig autonome auto's zonder stuur toe te laten op de weg terwijl deze problemen nog aanwezig zijn. Aangezien het verkeer een gevaarlijke plek is waar veel mensen in omkomen (World Health Organization, 2018), zal er nog goed moeten worden gekeken naar hoe deze

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

problemen opgelost kunnen worden voordat autonome auto's grootschalig geïmplementeerd kunnen worden.

7. Literatuur

- ANWB. (z.d.). *Adaptieve cruisecontrol*. Geraadpleegd 24 mei 2019, van <https://www.anwb.nl/auto/onderhoud-en-reparatie/auto-onderdelen/adaptieve-cruisecontrol>
- Awad, E., Dsouza, S., Kim, R., Schulz, J., Henrich, J., Shariff, A., ... Rahwan, I. (2018). The Moral Machine experiment. *Nature*, *563*(7729), 59–64. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0637-6>
- Bainbridge, L. (1982). Ironies of Automation. *IFAC Proceedings Volumes*, *15*(6), 129–135. [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)62897-0](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)62897-0)
- Bogost, I. (2018, 20 maart). *Who Is Liable for a Death Caused by a Self-Driving Car?* Geraadpleegd 13 juni 2019, van <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/03/can-you-sue-a-robocar/556007/>
- Bostyn, D. H., Sevenhant, S., & Roets, A. (2018). Of Mice, Men, and Trolleys: Hypothetical Judgment Versus Real-Life Behavior in Trolley-Style Moral Dilemmas. *Psychological Science*, *29*(7), 1084–1093. <https://doi.org/10.1177/0956797617752640>
- Casner, S. M., Geven, R. W., Recker, M. P., & Schooler, J. W. (2014). The Retention of Manual Flying Skills in the Automated Cockpit. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *56*(8), 1506–1516. <https://doi.org/10.1177/0018720814535628>
- Choi, C. Q. (2018, 25 oktober). *The Moral Dilemmas of Self-Driving Cars*. Geraadpleegd 13 juni 2019, van <https://www.insidescience.org/news/moral-dilemmas-self-driving-cars>

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

DeNisco-Rayome, A. (2019, 1 februari). *Dossier: The leaders in self-driving cars.*

Geraadpleegd 27 mei 2019, van <https://www.zdnet.com/article/dossier-the-leaders-in-self-driving-cars/>

Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure. (2017). *Ethics Commission on*

Automated and Connected Driving (Report June 2017). Geraadpleegd van

https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/report-ethics-commission.pdf?__blob=publicationFile

Fieser, J. (z.d.). *Ethics*. Geraadpleegd 19 april 2019, van <https://www.iep.utm.edu/ethics/>

Foot, P. (1967). The problem of Abortion and the Doctrine of the Double Effect. *Oxford*

Review, 5. Geraadpleegd van <https://philpapers.org/archive/FOOTPO-2.pdf>

Francis, K. B., Terbeck, S., Briazu, R. A., Haines, A., Gummerum, M., Ganis, G., & Howard,

I. S. (2017). Simulating Moral Actions: An Investigation of Personal Force in Virtual

Moral Dilemmas. *Scientific Reports*, 7(1). [https://doi.org/10.1038/s41598-017-13909-](https://doi.org/10.1038/s41598-017-13909-9)

9

Fridman, L., Brown, D. E., Kindelsberger, J., Angell, L., Mehler, B., & Reimer, B. (2019).

Human Side of Tesla Autopilot: Exploration of Functional Vigilance in Real-World

Human-Machine Collaboration. *Tesla*. Geraadpleegd van [https://hcai.mit.edu/tesla-](https://hcai.mit.edu/tesla-autopilot-human-side.pdf)

[autopilot-human-side.pdf](https://hcai.mit.edu/tesla-autopilot-human-side.pdf)

Gorzelany, J. (2015, 9 oktober). *Volvo Will Accept Liability For Its Self-Driving Cars.*

Geraadpleegd 7 juni 2019, van

<https://www.forbes.com/sites/jimgorzelany/2015/10/09/volvo-will-accept-liability-for-its-self-driving-cars/>

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

HERE 360. (2018, 19 april). *The evolution of cruise control*. Geraadpleegd 28 mei 2019, van <https://360.here.com/the-evolution-of-cruise-control>

Hevelke, A., & Nida-Rümelin, J. (2014). Responsibility for Crashes of Autonomous Vehicles: An Ethical Analysis. *Science and Engineering Ethics*, 21(3), 619–630.
<https://doi.org/10.1007/s11948-014-9565-5>

Lee, J. D., Wickens, C. D., Liu, Y., & Boyle, L. N. (2017). Human-Automation Interaction. In *Designing for People: An Introduction to Human Factors Engineering* (pp. 357–387). Charleston, SC: Createspace.

Levin, S., & Wong, J. C. (2018, 19 maart). *Self-driving Uber kills Arizona woman in first fatal crash involving pedestrian*. Geraadpleegd 7 juni 2019, van <https://www.theguardian.com/technology/2018/mar/19/uber-self-driving-car-kills-woman-arizona-tempe>

Lohmann, M. F. (2015). Liability Issues Concerning Self-Driving Vehicles. *European Journal of Risk Regulation*, 7(2), 335–340. Geraadpleegd van https://www.alexandria.unisg.ch/249224/1/Lohmann_EJRR.pdf

Marchant, G. E., & Lindor, R. A. (2012). The Coming Collision Between Autonomous Vehicles and the Liability System. *Santa Clara Law Review*, 52(4), 1321–1340.
Geraadpleegd van <https://pdfs.semanticscholar.org/88c1/11a1d16a44ff3adc681e966926e101067ae1.pdf>

McLeod, S. A. (2010, 14 december). *Long-Term Memory*. Geraadpleegd 23 juni 2019, van <https://www.simplypsychology.org/long-term-memory.html>

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

Nyholm, S., & Smids, J. (2016). The Ethics of Accident-Algorithms for Self-Driving Cars: an Applied Trolley Problem? *Ethical Theory and Moral Practice*, 19(5), 1275–1289.

<https://doi.org/10.1007/s10677-016-9745-2>

Oxford Dictionaries. (z.d.). *ethical dilemma*. Geraadpleegd 8 april 2019, van

https://en.oxforddictionaries.com/definition/ethical_dilemma

Rogers, K. (2017, 24 augustus). *Germany Has Created the World's First Ethical Guidelines for Driverless Cars*. Geraadpleegd 8 april 2019, van

https://www.vice.com/en_us/article/599wnz/germany-has-created-the-worlds-first-ethical-guidelines-for-driverless-cars

Schellekens, M. (2015). Self-driving cars and the chilling effect of liability law. *Computer*

Law & Security Review, 31(4), 506–517. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2015.05.012>

Spulber, A., & Wallace, R. (2016). *Impact of Automated Vehicle Technologies on Driver*

Skills. Geraadpleegd van [http://www.cargroup.org/wp-](http://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2017/02/IMPACT-OF-AUTOMATED-VEHICLE-TECHNOLOGIES-ON-DRIVER-SKILLS.pdf)

[content/uploads/2017/02/IMPACT-OF-AUTOMATED-VEHICLE-](http://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2017/02/IMPACT-OF-AUTOMATED-VEHICLE-TECHNOLOGIES-ON-DRIVER-SKILLS.pdf)

[TECHNOLOGIES-ON-DRIVER-SKILLS.pdf](http://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2017/02/IMPACT-OF-AUTOMATED-VEHICLE-TECHNOLOGIES-ON-DRIVER-SKILLS.pdf)

Stewart, E. (2019, 17 mei). *Self-driving cars have to be safer than regular cars. The question*

is how much. Geraadpleegd 13 juni 2019, van

<https://www.vox.com/recode/2019/5/17/18564501/self-driving-car-morals-safety-tesla-waymo>

Tesla. (z.d.). *Autopilot*. Geraadpleegd 28 mei 2019, van

https://www.tesla.com/nl_NL/autopilot

DE TRANSITIE NAAR AUTONOME AUTO'S

Thubron, R. (2018, 8 oktober). *Self-driving cars without steering wheels to be allowed on US roads*. Geraadpleegd 29 mei 2019, van <https://www.techspot.com/news/76809-self-driving-cars-without-steering-wheels-set-arrive.html>

Uber. (z.d.). *Advanced Technologies Group*. Geraadpleegd 27 mei 2019, van <https://www.uber.com/info/atg/>

Wamsley, L. (2019, 6 maart). *Uber Not Criminally Liable In Death Of Woman Hit By Self-Driving Car, Prosecutor Says*. Geraadpleegd 11 maart 2019, van <https://choice.npr.org/index.html?origin=https://www.npr.org/2019/03/06/700801945/uber-not-criminally-liable-in-death-of-woman-hit-by-self-driving-car-says-prosec>

Waymo. (z.d.). *Waymo*. Geraadpleegd 27 mei 2019, van <https://waymo.com/>

World Health Organization. (2018, 7 december). *Road traffic injuries*. Geraadpleegd 11 maart 2019, van <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>