

Hoe SMART willen we rijden; De autonome auto als stedelijke vervoersoplossing of -probleem?

Jaap Vleugel – TU Delft – j.m.vleugel@tudelft.nl

Frans Bal – RISSK

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 24 en 25 november 2016, Zwolle

Samenvatting

Een autonome auto bestond al in een droombeeld van GM in de VS rond 1940. Zo'n 40 jaar verder, in 1977, reed de eerste autonome auto uit een Japans lab. Sinds decennia wordt door ingenieurs gewerkt aan systemen die de autobestuurder overbodig kunnen maken. De stap van zelf rijden naar vanzelf rijden wordt door autofabrikanten ingeleid door in bestaande auto's extra functies in te bouwen. Het gaat daarbij om bijvoorbeeld parkeerhulp, adaptieve cruise control en uitwisseling van informatie tussen voertuigen, die bestuurders (lastige) lastige taken uit handen nemen. Autonoom rijden vereist in de basis dat een scala van systemen *in* de auto betrouwbaar samenwerken. Handsfree rijden is technisch mogelijk op speciale wegen, binnen (aparte) rijstroken en onder de juiste weers- en verkeerscondities. Het samen rijden met conventioneel bestuurd auto's onder variërende weg- en omgevingscondities levert echter enorme uitdagingen op. De interactie met andere auto's (met en zonder deze systemen) en vooral het veilig kunnen anticiperen op onverwachte situaties vergt een beoordelingsvermogen dat voorlopig alleen aan mensen lijkt voorbehouden. De lopende praktijkproeven, we zijn opnieuw 40 jaar verder, zijn bedoeld om ook dan veilig te kunnen rijden.

Zijn auto(snel)wegen al een complexe omgeving, dit geldt nog meer voor steden. Wij poneren echter de stelling dat techniek bij de toelating van autonome auto's in stedelijke gebieden *geen* doorslaggevende rol zal spelen. Daar is het van doorslaggevend belang of autonome auto's onderdeel zouden kunnen zijn van een oplossing voor de vele problemen en uitdagingen die onze steden kennen, zoals groeiend ruimtegebrek, afnemende leefbaarheid en milieukwaliteit, en bereikbaarheid en betaalbaarheid van vervoerssystemen; de stedelijke "systeemwensen/eisen". De auto krijgt in steden al lang geen vrij baan meer. Na jaren van beleidsmatige twijfel lijkt nu de tijd rijp om een forse stap verder te gaan om de leefbaarheid in steden structureel te verbeteren. Het gebruik van auto's in steden staat nu ter discussie. De autoindustrie neemt deze "bedreiging" serieus en schuift de autonome auto als reddingsboei naar voren. Dit brengt ons bij de hoofdvragen van dit conceptuele paper:

- 1) Wat zijn de belangrijkste uitdagingen in onze steden en welke rol speelt verkeer en vervoer daarin?
- 2) Welke systeemeisen/wensen kunnen hieruit afgeleid worden?
- 3) Is het wel zo smart om privéauto's in steden nog zoveel ruimte te geven?
- 4) Welke rol zouden autonome auto's kunnen spelen in steden?

Het paper eindigt met conclusies en overwegingen voor diverse belanghebbenden.

Trefwoorden: Auto(noom)rijden, individuele vervoerswensen, systeemoplossingen, maatschappelijke acceptatie, beleid.

1. Introductie

In deze sectie wordt ingegaan op de stand van zaken inzake autonome auto's. Daarna volgen de aanleiding, het doel, de reikwijdte, de vragen en de opzet van het paper.

1.1 Autonoom rijden; de basis

Het Federale Department of Transportation's National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) in de VS kent de volgende niveaus van automatisering van de rijtaak (Tabel 1).

Tabel 1. Niveaus van automatisch rijden

Niveau	Functionaliteit
0: huidig (No-Automation).	Sturen, remmen, schakelen, gas geven.
1: Semi-autonoom (Function-specific automation).	Bepaalde functies (remmen bijv.) door auto.
2: Minstens 2 rijtaken worden overgenomen (Combined Function Automation). Tesla Autopilot zit tussen niveau 2 en 3 in.	Bijv. vaste snelheid (cruise control), rijden in vaste rijstrook. De auto rijdt zelfstandig, de bestuurder houdt toezicht en moet ten allen tijde in kunnen grijpen.
3: Voor de veiligheid essentiële functies volledig door de auto (Limited Self-Driving Automation).	Bestuurder hoeft ook geen toezicht meer te houden. Hij of zij kan nog wel ingrijpen. Er zit een "lek" tussen niveau 3 en 4, waardoor niveau 3 in de praktijk overgeslagen zal worden.
4: Volledig autonoom (Full Self-Driving Automation).	Auto rijdt geheel zelfstandig. De inzittenden voeren begin- en eindpunt in. Voertuigen rijden met of zonder passagiers (taxi-modus).
5: Auto heeft alleen zitplaatsen (Driver-less car).	Geen menselijke interventie mogelijk. Geplande Google Pod-Car.

Bron: Reese, 2016; NHTSA, 2013.

1.2 Transitieproces

Een recente (duurdere) auto bevat al veel rijtaakondersteunende systemen zoals een antiblokkeersysteem (ABS), (adaptieve) cruise control, dode hoek waarschuwing en parkeerhulp. Deze bieden gemak en dragen bij aan de verkeersveiligheid. Hieraan wordt nu Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) toegevoegd. Dit is een combinatie van camera's en radar (objectherkenning en -volgen), lidar (laserafstandsmeting), supersnelle sensoren en schakelaars, communicatie- en computersystemen en gedetailleerde, up-to-datekaarten (Zhao et al., 2015). ADAS

informatie wordt geïntegreerd in het dashboard. Zo ontstaat een systeem waarin mens en techniek samenwerken om een auto te besturen. Een compleet rijtaakondersteunend systeem is inmiddels met 2.000-9.000 euro per auto betaalbaar geworden (Morgan Stanley, 2013). Dit is minder dan de meerprijs van een elektrische of hybride auto. Autonome auto's zijn gebaat bij intelligentere infrastructuur. Deze maakt het mogelijk om auto's veilig te geleiden en van real-time informatie (en elektrische energie) te voorzien. Geleiding maakt het mogelijk om auto's dichter op elkaar en naast elkaar te laten rijden (TrafficQuest, 2015). Verkeersmanagement kan nog effectiever worden wanneer de huidige vrijblijvende routeadviezen vervangen zouden worden door besturing door een regionale verkeerscentrale. Autowegen gaan dan qua besturing richting metro (al praktijk) en trein (technisch in ontwikkeling; Het Belang van Limburg, 2016).

1.3 Gebruiker en risico's

De auto-intelligentie zit in een leertraject. Autorijden vereist complexe besluitvorming. Een computer vraagt dan ook om algoritmen en grote hoeveelheden data (off- en online), terwijl mensen gewoon beslissen, ook als ze twijfelen. Dankzij rijervaring is een automobilist in staat om vrij intuïtief te rijden. Om deze werkelijkheid in een computermodel te vangen zal een sterk versimpeld model van de werkelijkheid nodig zijn (Van de Sandt, 2016) en daar schuilt juist een van de grote risico's van de nieuwe techniek.

Door kilometers te maken en gebruik te maken van fleet learning, d.w.z. door informatie van alle auto's van een merk te koppelen, kunnen fouten sneller ontdekt en opgelost worden en (nieuwe) keuzesituaties in beslisregels omgezet worden.

De auto's die nu rondrijden zijn geschikt voor niveau 2 (Ghosn, 2015; TrafficQuest, 2015; Eugensson et al., 2013). Technisch kunnen autonome auto's (soms) wel een hoger niveau aan, maar een fabrikant als Tesla geeft aan dat de risico's dan volledig bij de bestuurder liggen. Het recente ongeluk van een Teslabestuurder die op een witte truck inreed kon gebeuren omdat deze bewust het hogere, experimentele, niveau inschakelde, vervolgens een dvd opzette en geen toezicht hield. ADAS faalde, omdat fel zonlicht de witte truck deed verdwijnen in de omgeving (zie o.a. Manners, 2016).

1.4 Nabije toekomst

De verwachting van Renault (Ghosn, 2015) is dat autonome auto's stapsgewijs het hoogste niveau gaan bereiken. Een volgende stap wordt het rijden in drukke files, vervolgens staat het wisselen van rijstrook en vermijden van ongevallen en gevaarlijke situaties op de agenda. Volledig autonoom rijden, ook in steden, kan tegen 2020 verwacht worden. Daarna kan bijvoorbeeld de taxifunctie verwacht worden waarbij gasten of kinderen zelfstandig gehaald en gebracht worden. Daarmee zijn we aanbeland bij de "driverless car".

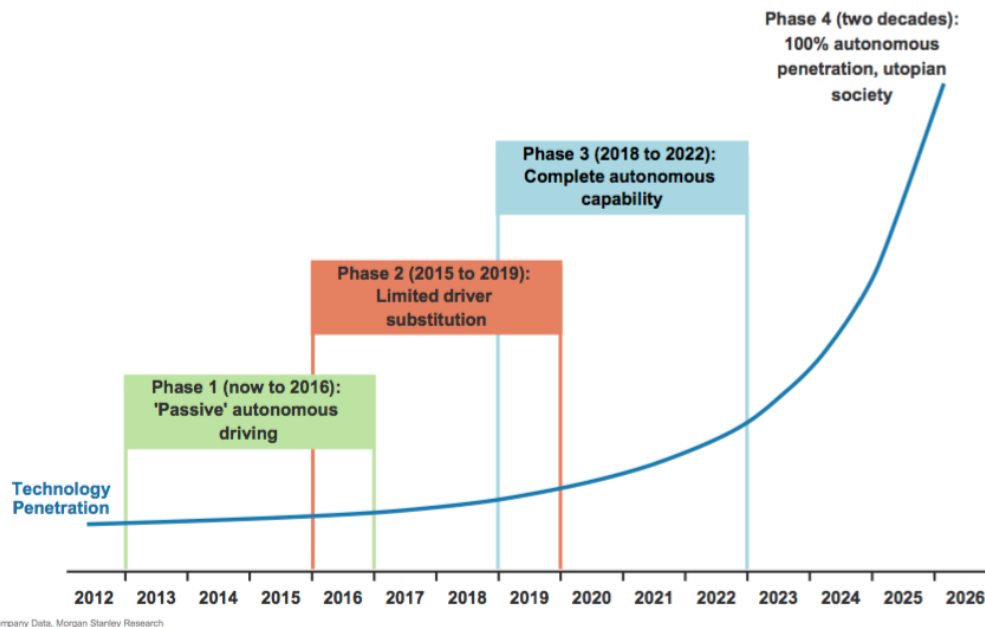
Morgan Stanley vertaalt de niveaus naar ontwikkelingsfasen (Figuur 1). Deze grafiek volgend zijn we ruim 35 jaar nadat de eerste autonome auto in een Japans lab werd voorgesteld in fase 2 aanbeland. Een zwak punt van deze zeer uitgebreide studie is wel dat dit bedrijf o.a. Google adviseert en dus niet onafhankelijk is. Minder afhankelijke onderzoekers zijn vaak veel voorzigtiger met uitspraken over het tempo van technische vooruitgang. De mens is volgens nog steeds een veel betere besluitvormer dan een computer, met name in niet-standaardsituaties (Newman, 2016).

Figuur 1. Ontwikkelingsfasen autonome auto

MORGAN STANLEY RESEARCH
November 6, 2013
Autonomous Cars: Self-Driving the New Auto Industry Paradigm

Morgan Stanley

Exhibit 1
Adoption Timeline



Bron: Morgan Stanley, 2013.

1.5 Aanleiding om dit paper te schrijven

De maatschappij wordt steeds afhankelijker van complexe technologie (Brendel, 2016). Deze lijkt ook steeds nadrukkelijker aanwezig te zijn. Technologie wordt gehypet, je moet meedoen, anders tel je niet mee (consument) of lig je uit de markt (producenten). De focus ligt op de (veronderstelde) mogelijkheden van nieuwe technologie.

Onderzoeken naar wat potentiële gebruikers nu echt willen ontbreekt. Dit technologiegedreven denken zien we ook bij de invoering van elektrische auto's (Smeets, 2010). Een sterke lobby van industrie lijkt de agenda van de politiek en veel onderzoekers te bepalen. Het is vreemd en onevenwichtig dat er al ruim 70 jaar geld is voor technisch onderzoek naar autonome auto's, terwijl voor onderzoek naar het veilig gebruik onder praktijkomstandigheden slechts een paar jaar uitgetrokken lijkt te worden.

Toeziethouders beschikken slechts over een fractie van de budgetten die de auto-industrie kan spenderen (Healey, 2016). Economische druk om de nieuwe technologie snel in de markt te zetten kan botsen met de wenselijkheid van een integraal onderzoek naar de veiligheid en andere aspecten van de nieuwe technologie. De indruk bestaat dat autofabrikanten slechts een deel van de bijna-ongelukken melden. Hierbij gaat het om situaties waar de bestuurder nog *kan* ingrijpen (Geuss, 2016). Dit achterhouden van informatie is op zich een normale strategie in een groeiende markt met sterke concurrentie (Hoevenagel, 2007). Autofabrikanten klagen zelfs dat de veiligheidseisen van de overheid hun testen en de marktintroductie van hun auto's vertragen (Reuters, 2016). Na de trukendoos van Dieselgate, die past in de jarenlange strategie van de auto-industrie om

emissiebeleid te traineren, lijkt er zo ook een Informationgate aan te komen. Dit past bij een industrie die qua veiligheidsdenken en certificering ver achterloopt bij de luchtvaartindustrie (Sumantran et al., 2016).

Er wordt ook amper geïnvesteerd in onderzoek naar de maatschappelijke wenselijkheid en consequenties van autonome auto's. De waaromvraag wordt overgeslagen. Juist daarom schrijven wij dit paper. Onze ervaringen als respectievelijk incidenteel en dagelijks autogebruiker en stadsbewoner bieden voldoende garantie voor een onafhankelijk discussiepaper naar de rol van de autonome auto in steden.

1.6 Het doel van het paper

Het paper biedt een denkrichting voor een mogelijke, leefbare toekomst voor onze steden met een specifieke rol voor autonome auto's.

1.7 Focus in dit paper

Het paper kent de volgende focus:

- Functionele analyse: gebruiksmogelijkheden en beperkingen van autonome auto's;
- Op basis daarvan discussie van de individuele en de maatschappelijke acceptatie van deze nieuwe technologie;
- Autogebruik in steden, omdat de verkeerssituatie daar veel complexer is dan op auto(snel)wegen en omdat daar additionele belangen spelen die zich op en rond auto(snel)wegen niet of veel minder laten gelden;
- Het is een discussiepaper met verkennende en agenderende functie;
- De analyse is logischerwijs kwalitatief.

1.8 Onderzoeksvragen

In dit paper wordt ingegaan op de volgende vragen:

- 1) Wat zijn de belangrijkste uitdagingen in onze steden en welke rol speelt verkeer en vervoer daarin?
- 2) Welke systeemeisen/wensen kunnen hieruit afgeleid worden?
- 3) Is het wel zo smart om privéauto's in steden nog zoveel ruimte te geven?
- 4) Welke rol zouden autonome auto's kunnen spelen in steden?

1.9 Opbouw van het paper

Het paper is als volgt opgebouwd. In sectie 2 wordt ingegaan op vraag 1. Vraag 2 komt aan de orde in sectie 3. Sectie 4 gaat in op vraag 3 en 4. Sectie 5 bevat de belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

2. Maatschappelijke ontwikkelingen en uitdagingen

2.1 Urbanisatie en ruimtegebruik

Steeds meer mensen gaan in steden wonen. Dit is een wereldwijde trend. In Nederland woonde in 2010 al twee derde van de bevolking in steden. Gemiddeld is dit nu 50% over

de hele wereld en de verwachting is dat dit 70% zal worden in 2040. Deze trend heeft grote gevolgen. Buiten de steden en vooral in perifere gebieden ontstaan krimpregio's, waar jongeren wegtrekken en (sommige) ouderen overblijven. Dit is een belangrijke oorzaak van de toenemende ruimtelijke druk in de Randstad (Ritsema van Eck et al., 2013).

Voor de groeiregio's heeft een groter aantal inwoners belangrijke economische voor- (bijvoorbeeld meer draagvlak voor en grotere diversiteit aan winkels, andere bedrijven en voorzieningen) en nadelen (de stijgende vraag stuwt de prijs van grond en gebouwen op). Ook op sociaal gebied zijn er voor- (interactie, gezelligheid) en nadelen (meer agressie, langs elkaar heen leven) verbonden aan meer ruimtelijke concentratie.

2.2 Ruimtelijke concentratie en verkeer en vervoer

Verkeer en vervoer heeft een belangrijke ruimtelijk-structurerende functie. Het verbindt locaties en mensen met elkaar en maakt het daarmee mogelijk om economische en sociale netwerken te onderhouden.

Ruimtelijke concentratie heeft hier voor- (bijvoorbeeld een dichter netwerk van infrastructuur en vervoersdiensten) en nadelen (een grotere congestiekans en daarmee een minder efficiënt en daarmee onaantrekkelijker vervoerssysteem). Meer ruimtelijke concentratie en meer (auto)mobiliteit zet de leefbaarheid en de milieukwaliteit verder onder druk.

2.3 Ontwikkelingen in de stedelijke vervoersvraag en -beleid

Congestie was tot voor kort iets wat leek voorbehouden aan autorijden. Inmiddels kennen Delft en Amsterdam ook fietsfiles (TrafficQuest, 2015). Fietsgebruik groeit door het groeiend aantal jongeren in steden, individualisering en eenpersoonshuishoudens. De fiets biedt vervoer op maat, is goedkoop en sportief. Het openbaar vervoer is door continue prijsverhoging, rationalisering en inflexibiliteit minder aantrekkelijk voor mensen met een laag inkomen. Wel is fietsgebruik met name populair onder autochtonen en jongere mensen. Een groeiend aandeel allochtonen en de vergrijzing zullen de groei in het fietsverkeer in steden mogelijk wat afremmen.

Autobezit en -gebruik en niet-gebruik (parkeren) worden gereguleerd via verkeers-, juridische- en prijsmaatregelen. De afstand tot voorzieningen is vaak te voet, met de fiets of het openbaar vervoer (of desnoods een taxi) te bereiken. Veel binnensteden kennen voetgangersgebieden, waar auto's geen of beperkt toegelaten worden. Dit geheel van factoren verklaart waarom autobezit en -gebruik in steden significant lager is dan in niet-stedelijke gebieden.

2.4 Demografische trends

Op dit gebied zijn de twee kwantitatief belangrijkste ontwikkelingen:

a) Vergrijzing. Het aandeel ouderen neemt nog sterk toe de komende decennia (Ritsema van Eck et al., 2013). Autobezit en -gebruik is onder ouderen (nu) lager dan in andere leeftijdscategorieën. Dit is verklaard uit een scala aan factoren, waaronder het stoppen met werken, meer prioriteit voor andere uitgaven en de met oplopende leeftijd afnemende lichamelijke en cognitieve vaardigheden.

b) Ontgroening. Het aantal kinderen en jongeren neemt af. Voorzieningen zoals scholen en daarmee samenhangende sportvoorzieningen zullen in aantal afnemen. Afgaande op bestaande (beleids)trends zal het overblijvende aantal voorzieningen vermoedelijk nog sterker geconcentreerd worden. Dit heeft invloed op de gemiddelde reistijd en de vervoerswijzekeuze voor dit reismotief. Kinderen worden nu vaak met de auto naar school gebracht. Het is de vraag of dit in toekomst ook zo zal blijven.

2.5 Individualisering, statusverlies en vervoer op maat

Besluitvorming over dagelijkse activiteiten zoals mobiliteit is dankzij mobiele telefoon, tablet, internet, business travel cards etc. veel dynamischer geworden. Fysieke verplaatsingen zijn vaak niet meer nodig en als ze nodig zijn, dan graag op maat (vraag gestuurd), ook qua betaling. Voor bepaalde producten geldt dat bezit minder belangrijk wordt dan toegang tot de "service" die dit product levert. De status van het bezitten neemt daarmee af. Geldt dit ook auto's? Onderzoek van Jorritsma et al. (2014) naar autobezit onder jongeren dat spreekt van een tijdelijke dip in aanschafgedrag, is niet onafhankelijk (Metz, 2014). Wel mag verwacht worden dat goed aansluitende vervoersoplossingen en apps meer mensen ertoe kunnen verleiden om multimodaal te gaan reizen.

2.6 Duurzaamheid en leefbaarheid

Het lijkt wat paradoxaal: Bewoners willen in de stad wonen en hebben tegelijk behoefte aan ruimte, stilte en groen. Dit vertaalt zich voor een deel in eisen aan verkeer en vervoer: dit moet schoner, energiezuiniger, stiller en minder worden. In veel steden wordt een actief verkeersveiligheidsbeleid gevoerd met daarin maatregelen zoals het verkeersslu maken van straten. Door verkeer om (woon)gebieden heen te leiden neemt de leefbaarheid ook toe. Het autovrij maken van straten wordt veel minder toegepast.

2.7 Stedelijke zelfvoorzienendheid

Naarmate meer mensen in steden wonen zullen steden meer energie en voedsel nodig hebben. Volledige externe voorziening van beide heeft belangrijke nadelen. Bij energie (Van Dijk, 2006) gaat het dan over thema's als transportverliezen en het gebruik van fossiele brandstoffen. Bij de voedselproductie gaat het over de transportkilometers, voedselveiligheid, monoculturen en milieuvernietiging in ontwikkelingslanden. Door productie en consumptie in of rond steden te organiseren (stadslandbouw; WUR, 2015) kunnen deze vraagstukken integraal aangepakt worden. Als dit op grote schaal zou gebeuren, dan keren we in zekere zin terug naar de zelfvoorzienende middeleeuwse stad. Er is echter veel ruimte voor nodig.

2.8 Conclusies

Vraag 1 luidde: Wat zijn de belangrijkste uitdagingen in onze steden en welke rol speelt verkeer en vervoer daarin? Verkeer en vervoer zal altijd een noodzakelijke activiteit blijven in steden. De toenemende vraag naar ruimte voor andere, (ook) economisch belangrijke(re) functies, zoals wonen, lokale voedsel- en energieproductie, vrije tijd, werken en leefbaarheid leiden onontkoombaar tot de vraag of de huidige mix van vervoerssystemen in (binnen)steden nog wel gewenst of zelfs houdbaar is.

3. Systeemeisen en -wensen

De in sectie 2 beschreven trends en uitdagingen kunnen worden geclusterd tot de volgende thema's: ruimtelijke kwaliteit, leefbaarheid, economische vitaliteit, gebruikerswensen en verbonden met technische mogelijkheden en systeemrisico's. Elk van deze thema's is direct of indirect van invloed op het dagelijks functioneren van mensen. Mobiliteit speelt daarbij een verbindende rol. Wij zullen alle thema's omschrijven en waar mogelijk binnen de beperkte ruimte van dit paper, uitwerken.

3.1 Ruimtelijke kwaliteit

Hierbij gaat het om de waarde van de omgeving voor de gebruikers, in een bepaald gebied en op een bepaald moment (Janssen-Jansen et al., 2009). Criteria die hierbij passen zijn bijvoorbeeld de dichtheid van de bebouwing, de hoeveelheid onbebouwd oppervlak, de gemiddelde of maximale hoogte van de bebouwing, de hoeveelheid groen versus asfalt en beton, de hoeveelheid ruimte voor recreatie, zichtruimte (horizontaal, verticaal).

3.2 Leefbaarheid

Dit thema hangt sterk samen met ruimtelijke kwaliteit. De factor beleving staat centraal. Dit is een subjectief begrip, dat via zeer veel indicatoren in beeld is gebracht door Rigo et al. (2014). Voor mobiliteit en de effecten daarvan is de afstand (van woningen) tot en ligging aan infrastructuur van belang. De afstand bepaalt mede de hoeveelheid geluid en de lokale luchtkwaliteit. Normen voor beide worden op veel wegen en zeker in steden stelselmatig overtreden, met grote gevolgen voor de leefbaarheid en de volksgezondheid (Van Gerwen, 2014).

3.3 Economische vitaliteit

Economische vitaliteit (in steden) heeft betrekking op het aantal bedrijven en hun diversiteit, de ontwikkeling in de werkgelegenheid en de winstgevendheid van bedrijven. De relatie tussen autogebruik en economische vitaliteit is interessant. Als we bijvoorbeeld kijken naar winkelbezoek, dan blijkt dat winkelen aantrekkelijker wordt zonder auto's. Dit pleit voor het uitbreiden van bestaande autovrije gebieden. Voetgangers en fietsers besteden zeker niet minder dan automobilisten (Voerknecht et al., 2012). Het prioriteren van de verblijfsfunctie van een winkelstraat boven de stroomfunctie van diezelfde straat heeft zichtbaar aantoonbare economische voordelen.

3.4 Gebruikerswensen

De eisen die een gemiddelde verkeersdeelnemer stelt aan een vervoermiddel of een combinatie van vervoermiddelen zijn op het eerste gezicht vrij duidelijk. Dit moet op comfortabele wijze bereikbaarheid garanderen binnen een bepaald tijdsvenster, veilig en ook nog betaalbaar zijn. In de praktijk is dit ideaalbeeld minder makkelijk te realiseren. Hierbij speelt een groot aantal factoren een rol, die deels binnen en deels buiten de invloedssfeer van de verkeersdeelnemer liggen. Dit leidt er toe dat de keuze voor een bepaald vervoermiddel vaak een compromis is. Voordelen worden omarmd en eventuele nadelen worden geaccepteerd/weggeredeneerd. Ieder individu maakt hierbij zijn of haar

eigen afweging, waarbij ook factoren die niets met mobiliteit te maken hebben een (doorslaggevende) rol kunnen spelen. Mobiliteit is immers meestal geen doel op zich, maar een middel tot het verwezenlijken van andere doelstellingen.

3.5 Technische mogelijkheden

De techniek zoals die in autonome auto's wordt gebruikt heeft voor- en nadelen voor een autogebruiker. Rijtaakondersteuning is op zich een prima middel, mits het betrouwbaar is en te allen tijde te corrigeren. Het probleem met computers is echter dat ze kunnen falen. Elk vervoerssysteem heeft hier mee te maken en moet dus een back-up optie hebben. In de ultieme situatie kan die bestaan uit het stilzetten van de auto. Voor zover bekend werken autonome auto's met een waarschuwingssysteem, dat vertrouwt op de (nog aanwezige) menselijke bestuurder. Dit in tegenstelling tot de spoorwegen waar de techniek de machinist waarschuwt en bij niet reageren ingrijpt (zgn. dode-mans-knop). Zo ontstaat een fail-safe systeem (Hirao et al., 2012). Er is nog een belangrijk verschil; machinisten zijn professionals met een uitgebreide opleiding. Autobestuurders hebben daarentegen een zeer beperkte formele rijopleiding genoten. Het bedienen van autonome auto's heeft daar geen deel van uitgemaakt. Voor autonome auto's zou dus eigenlijk een nieuwe rijopleiding nodig zijn.

3.6 Systeemrisico's

Autonome auto's kennen ook een groot aantal systeemrisico's. Een vraagstuk is dat van de impact op de verkeersveiligheid. In het experimentele stadium waarin we ons nu bevinden, wordt daar onderzoek naar gedaan.

Een ander vraagstuk dat bij alle "connected cars" speelt is dat hun communicatie met de buitenwereld van buiten te beïnvloeden is (Van Ginneken, 2016). Dit biedt zowel voor- als nadelen. Zo kan verkeersmanagement mogelijk effectiever worden (TrafficQuest, 2015). De huidige verkeers(regel)centrales verzamelen verkeersgegevens en leiden deze terug naar autogebruikers. Het zal technisch ook mogelijk worden om autonome auto's via dezelfde centrales te besturen. Is dat wenselijk en om welke rijtaken gaat het dan, en is het uit te schakelen door de autobestuurder? Er is ook een negatief scenario mogelijk waarin hackers en andere criminelen, maar ook een overheidsinstantie de autobestuurder bewust buiten spel zetten. Een hiermee direct samenhangend vraagstuk is dat van de privacy. Big data is big business en de belangen van individuen worden in onze tijd simpel opzij geschoven als er grof geld te verdienen valt. Deskundigheid is bij bepaalde toezichthouders te beperkt aanwezig (zie de miljarden die de overheid jaarlijks aan IT verspilt). Andere zijn juist te actief; diverse overheidsinstanties verzamelen ongebreideld data over de burger.

Aan de invoering van autonome auto's zijn dus veel risico's met onbekende dimensie en impact verbonden.

3.7 Conclusies

In deze sectie werd een aantal samenhangende systeemeisen (en -problemen) besproken die hieronder toegepast worden. Daarmee is vraag 2 geadresseerd.

4. Van zelf naar vanzelf: Een alternatief vervoerssysteem op hoofdlijnen

4.1 Inleiding

In deze sectie worden de eerder afgeleide systeemeisen vertaald naar een alternatief vervoerssysteem voor steden. Zo'n *smart* vervoerssysteem dient een evenwicht te vinden tussen de eerder besproken individuele en maatschappelijke eisen/wensen.

4.2 Systeemintegratie

Stedelijke beleidmakers worstelen al jaren met de bereikbaarheid van hun steden. Als ruimte steeds schaarser wordt en andere ruimtevragers, vervoer of anderszins, meer ruimte vragen, dan is het de vraag waarom onze steden nog steeds ingericht worden alsof auto's de *hoofd-/dragende* vervoerswijze zijn.

Wordt het niet de hoogste tijd om de stad terug te geven aan de bewoners? In onze optiek kan de introductie van autonome auto's in steden *het* moment zijn om privéauto's uit de steden te weren en hun vervoersfunctie te integreren in een extern beheerd systeem van voertuigen voor individueel en groepsvervoer waarmee het personenverkeer (incl. licht vervoer van goederen; winkelbezoek) afgewikkeld kan worden. Auto's, openbaar vervoer en taxi's vormen dan een geïntegreerd systeem dat complementair aan eigen vervoer (lopen en fietsen) elke vervoersvraag op een maatschappelijk, economisch en technisch verantwoorde wijze aan kan. Een analoog systeem is denkbaar voor stedelijke distributie. Op deze manier worden twee tot op dit moment niet-compatible systemen ineengeschoven.

Dit ontwikkelingsmodel staat haaks op dat van de auto-industrie en sommige door hen (mede) betaalde deskundigen (Bonger, 2016). Zij verwachten dat autonome auto's ook deels de rol van het openbaar vervoer kunnen overnemen. Volgens hen zal de maatschappelijke acceptatie van autonoom rijden ook geen probleem vormen. Een autonome auto is echter meer dan alleen een verzameling oude en nieuwe *technische* systemen.

4.3 Transitiestappen

Dit paper bevat geen uitgebreide scenario-analyse waarin de overgang van de huidige mix van vervoerssystemen naar het door ons voorgestelde geïntegreerd vervoerssysteem wordt gevisualiseerd. Als vervanging daarvan kan dit stappenplan dienen:

Fase 1: Alleen conventionele auto's die voldoen aan technisch maximaal haalbare emissie- en geluidsnormen worden nog toegelaten in steden. Het werken met stringentere emissienormen zelf sluit aan bij het vigerende EU-beleid. Het is echter wel een stuk strenger, omdat elke auto en niet de gemiddelde geproduceerde auto er aan moet voldoen, Het tweede kan door automatische snelheidsbegrenzing en elektrisch rijden bij gebruik binnen steden gerealiseerd worden;

Fase 2: Introductie van kleinere, zuiniger, elektrische (stads)auto's. Dit is een technisch interessante optie met als belangrijk praktisch nadeel dat een gemiddelde autogebruiker geen auto koopt die alleen in de stad te gebruiken is. Kleine elektrische auto's zijn nu nog relatief duur in aanschaf;

Fase 3: Maximale inzet elektrische auto's. Deze stap vermindert de geluidsbelasting en

elimineert de lokale luchtvervuiling door auto's. Door de grotere productie-aantallen vermindert de kostprijs en wordt de aanschafdrempel dus lager. Knelpunten zoals het beslag van rijdende en stilstaande auto's op de schaarse ruimte blijven echter bestaan; Fase 4: Er wordt nog een klein aantal autonome auto's toegelaten. Privéautobezit bestaat niet meer in steden. Auto's staan gemiddeld 90% van de tijd stil. Dankzij het nieuwe systeem kan het aantal auto's in steden dus zeer fors verminderd worden. Hiermee wordt het ruimtebeslag door auto's direct en zeer effectief aangepakt.

In de transitieperiode zal de rol van de auto in de vervoersketen veranderen. Als factoren als status, kosten(structuur) en directe beschikbaarheid anders gewogen worden, dan is autobezit niet per se nodig. Private leasing is nu al een interessant alternatief. Een stap verder gaat autodelen. Een klein, maar groeiend aantal stedelingen heeft de voordelen daarvan inmiddels ontdekt (KpVV, 2015). Autodelen kan in alle fasen als transitie-faciliterend middel ingezet worden.

Door (goedkoper of gratis) systeemvervoer aan te bieden (bijv. van en naar P&R-terreinen) kan het aantal personenauto's in winkelgebieden verder verminderd worden. Voor werkgebieden ligt dit nu nog complexer, omdat deze vaak ook een regionale functie hebben en alternatieven zoals openbaar vervoer vaak beperkt of niet aanwezig zijn. Nieuwe kleine taxi-achtige systemen, zoals de WePods in Wageningen (Van Wijk, 2015) zouden voor deze gebieden een goed alternatief kunnen bieden voor de privéauto en *samen* met het bestaande openbaar vervoer een systeem kunnen vormen om een groter gebied te ontsluiten.

Gezien de eerder genoemde risico's qua systeemveiligheid is het wel van belang om te kiezen voor veilige hard- en software.

4.4 Drie praktijkvoorbeelden

Grond is schaars, parkeerplaatsen en wegen kunnen ook voor andere doeleinden gebruikt worden. Een voorbeeld waar dit in de praktijk wordt gebracht is de spoorzone in Delft waar een tunnel het ruim 50 jaar oude spoorviaduct vervangt. Dit is onderdeel van een integraal, stedenbouwkundig plan (Spoorzone Delft, 2016). Het vrijgekomen gebied en een deel van de omgeving worden opnieuw ingericht. Een hoofdweg wordt aangepast, waarbij verkeerssoorten worden gescheiden, wat de verkeersveiligheid ook ten goede komt. Veel parkeerplaatsen (onder het voormalige spoorviaduct) zijn verdwenen; er komt een ondergrondse parkeergarage. De doorgaande vaarroute wordt hersteld. Er is ruimte voor een nieuwe stadswijk met woningen, voorzieningen en bedrijvigheid. Fietsen, wandelen en OV krijgen meer ruimte. Er komt een stadspark. Het project Spoorzone bouwt overigens voort op ervaringen met vergelijkbare ingrepen, zoals bijvoorbeeld die in het centrum van Rijswijk.

Dit voorbeeld van een stad die al een autoluwe binnenstad heeft en langzaam verkeer stimuleert, zou als voorbereiding op fase 1 gezien kunnen worden.

Een tweede voorbeeld is de stad Amsterdam. Hier daalde het aantal auto's in het centrum in de avondspits met bijna eenderde in 11 jaar. Een vergelijkbaar beeld is te zien in Amsterdam-Zuid. In andere delen van de stad was de daling minder. Diverse straten in het centrum staan op de nominatie om autoluw of -vrij te worden. Ook (sommige) ondernemers willen nu meer ruimte voor langzaam verkeer (Kruyswijk, 2015). Amsterdam voert beleid dat past bij fase 1 (o.a. milieuzones), fase 2 en 3 (stimulering elektrische auto's en autodelen). Er is een nieuw mobiliteitsbeleid

geïntroduceerd (MobiliteitsAanpak Amsterdam-Aantrekkelijk Bereikbaar) dat de relatie tussen bereikbaarheid en een aantrekkelijke openbare ruimte centraal stelt. De eenzijdige focus op (auto)bereikbaarheid wordt daarmee verlaten (Beuckens et al., 2013).

Een buitenlands voorbeeld betreft Singapore waar nu proeven met een vloot van autonome taxi's zonder bestuurder worden gedaan (Kelmachter, 2016). Ook start een proef met (autonome) bussen voor vervoer tot 24 personen (Lee, 2016). Het doel van de Singaporese overheid is het verminderen van het aantal auto's in deze stadsstaat. Dat is ook bittere noodzaak, want als de (net als in de rest van Azië) explosief groeiende middenklasse dezelfde autodromen heeft als die in de VS, dan stikt deze stadsstaat in de auto's (Mahbubani, 2015).

Dit is een voorbeeld van een project dat uiteindelijk fase 4 moet opleveren.

4.5 Evaluatie

Het antwoord op vraag 3 en 4 is dat er zeer veel redenen zijn om privéauto's in steden te vervangen door slimme mobiliteit in de vorm een geïntegreerd vervoerssysteem waar autonome auto's onderdeel van zijn. Nu en zeker in een toekomst met een groter aantal inwoners is het maatschappelijk ongewenst om stedelijke mobiliteit nog langer zo sterk te blijven baseren op privéauto's. Het wordt tijd dat de mens de stedelijke ruimte weer terugwint op verkeer en vervoer. Uiteraard dient de transitie op zorgvuldige wijze plaats te vinden, waarbij van geval tot geval de wenselijkheid, de mogelijkheden en de integrale kosten en baten bepaald moeten worden (zie bijv. Blangé et al., 2014).

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Steden kennen een groot aantal problemen en uitdagingen. De belangrijkste stedelijke uitdaging zal zijn hoe steden in de toekomst geschikt te maken voor meer inwoners met hun toenemende vraag naar ruimte. Ruimte voor (ook) economisch belangrijke(re) functies, zoals wonen en leefbaarheid, lokale voedsel- en energieproductie, vrije tijd en werken. Als verkeer en vervoer "slechts" een afgeleide functie heeft, waarom is deze dan zo dominant aanwezig in onze steden?

Er zijn zeer veel redenen zijn om privéauto's in steden te vervangen door slimme mobiliteit in de vorm van autonome auto's en andere voertuigen. Openbaar vervoer zoals we dat nu kennen bestaat dan ook niet meer. Het maakt net als fietsen, lopen en taxi's deel uit van een geïntegreerd stedelijk vervoerssysteem.

De onderstaande keuzes zijn bedoeld als aanbeveling. Zij liggen in het verlengde van de voorgaande analyse.

5.2 Keuzes voor de beleidsmakers

In diverse steden wordt gewerkt aan beleid om duurzaamheid en leefbaarheid te versterken. De focus op autobereikbaarheid als motor voor de stedelijke economie en de daarmee samenhangende individualistische (en egoïstische) kijk op mobiliteit lijkt

achterhaald. Een stad die goed bereikbaar is, maar onaantrekkelijk voor mensen is, is immers niet of minder geschikt om te leven en te werken. Alleen door een systeemvisie kunnen steden in de toekomst zowel qua leefbaarheid, economische vitaliteit en bereikbaarheid voldoen aan de eisen van een veel groter aantal inwoners. Geld dat niet meer aan "mono infrastructuur" besteed hoeft te worden komt beschikbaar voor infrastructuur en diensten van het alternatieve vervoerssysteem dat bij voorkeur onder publiek-private regie komt.

5.3 Keuzes voor de auto-industrie

Een korte termijnstrategie voor de auto-industrie bestaat uit het schoner en stiller maken van bestaande auto's om daarmee fase 1 te doorlopen. Voor fase 2 is 'downsizing' van auto's nodig, wat geen populaire strategie is, ook omdat op kleinere auto's nauwelijks winst wordt gemaakt. Toch zal dit nodig zijn om marktaandeel te behouden. Voor fase 3 is grootschalige productie van elektrische auto's nodig. Dit zal nog enige tijd kosten, maar veel autofabrikanten werken hier aan. Fase 4 betekent dat de auto-industrie en daarmee samenhangende sectoren sterk in omvang zullen afnemen. Dat is een logische consequentie in een duurzamere samenleving.

5.4 Keuzes voor de mobiele stadsbewoner

In de komende jaren zal deze een groter aantal vervoersopties krijgen. Naarmate deze beter op elkaar afgestemd worden wordt de wens en noodzaak om zelf auto te rijden steeds minder en beter afgestemd op de groeiende maatschappelijke noodzaak om dat niet te doen.

Literatuur

Beuckens, J., en Kuikm F., 2013, MobiliteitsAanpak Amsterdam-Aantrekkelijk Bereikbaar, IVV Amsterdam.

Blangé, J., Geerts, N., Li, Tianang, Zhou, T., 2014, Feasibility of car-free cities, TIL5050-12; Interdisciplinary Design Project, MSc TIL, juni 2014, TUD Delft.

Bonger, S., 2016, Self-driving car needs driving lessons, Delft Outlook, April 2016.

Brendel, M., 2016, Onvermijdelijke vooruitgang, Technisch Weekblad, 29/30, 29 juli 2016.

Campbell, M., Egerstedt, M., How, J.P. en R.M. Murray, 2010, Autonomous driving in urban environments: approaches, lessons and challenges, *Phil. Trans. R. Soc. A* (2010) 368, 4649-4672.

Dijk, T. van, 2006, Op naar de zelfvoorzienende stad, <http://delta.tudelft.nl/artikel/op-naar-de-zelfvoorzienende-stad/15501>.

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.

Gerwen, O-J. van et al., 2014, Balans van de leefomgeving 2014, PBL, Den Haag.

Geuss, M., 2016, Autonomous car makers hand over data on glitches and failure to California DMV, arsTechnica, 13 januari 2016, <http://arstechnica.com/cars/2016/01/self-driving-car-companies-hand-over-data-on-glitches-and-failures-to-the-dmv/>.

Ginneken, R. van, 2016, C-ITS de volgende grote stap in de mobiliteit, Technisch Weekblad 47, p. 6-7.

Ghosn, C., 2015, The truth about 'Autonomous Drive' cars, LinkedIn 22 April 2015.

Healey, T., 2016, Automakers asked to put the brakes on autonomous car development, hybridCars, 16 maart 2016, <http://www.hybridcars.com/automakers-asked-to-put-the-brakes-on-autonomous-car-development/>.

Het Belang van Limburg, 2016. Duitse treinen rijden binnenkort allemaal zonder bestuurder, 10-06-2016.

Hirai, Y., en Matsumoto, M., 2012, The safety of railway signalling: Its most distinctive features and its wider application, <http://www.irse.org/knowledge/publicdocuments/3.04%20Hirao%20-%20Safety%20Technology%20of%20railway%20signalling.pdf>.

Hoevenagel, R., 2016, Consumentengedrag op nieuwe markten, ESB april 2007, p. 15-19.

Janssen-Jansen, L., Klein, E.H., Opdam, P., Peperstraten, J., 2009, Ruimtelijke kwaliteit in gebiedsontwikkeling, Habiforum, Gouda.

Jongh, C. de, 2016, Pleidooi voor meer vraaggestuurd openbaar vervoer, Railforum nr. 96, juni 2016, Utrecht.

Jorritsma, P., Berveling, J. 2014, Niet autoloos, maar autolater, Kim, Den Haag

Kelmachter, M., 2016, Singapore's Driverless Taxi - A Frontrunner Driving Innovation, <http://www.forbes.com/sites/micakelmachter/2016/04/06/singapores-driverless-taxi-a-frontrunner-driving-innovation/#5eb03363330b>.

KpVV, 2015, Autodelen, https://kpvvdashboard-4.blogspot.nl/2011_05_01_archive.html.

Kruyswijk, M., 2015, Steeds breder front tegen auto in de stad, Parool, 21-03-2015.

Libbenga, J., 2015, Slimme mobiliteit zet vervoersmarkt op zijn kop, <http://www.emercede.nl/nieuws/slimme-mobiliteit-zet-vervoersmarkt-zn-kop>.

Lee, J., 2016, Singapore goes Dutch on driverless shuttles, <http://asia.nikkei.com/Business/Companies/Singapore-goes-Dutch-on-driverless-shuttles>.

Mahbubani, K., 2015, The road to a car-less Singapore, <http://www.straitstimes.com/opinion/the-road-to-a-car-less-singapore>.

Manners, 2016, Hoe reëel en veilig is autonoom autorijden?, <https://www.manners.nl/hoe-reel-is-autonoom-rijden/>

Metz, F., Willen jongeren nog wel een auto?, Kennisplatform CROW, juni 2014,

<http://www.crow.nl/blog/juni-2014/willen-jongeren-nog-wel-een-auto>.

Morgan Stanley, 2013, Autonomous cars, Self-driving the new auto industry paradigm, New York.

Newman, R., 2016, Human drivers are still way better than self-driving cars, <https://finance.yahoo.com/news/google-tesla-self-driving-cars-human-drivers-171042031.html>.

NHTSA, 2013, U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development, <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/U.S.+Department+of+Transportation+Releases+Policy+on+Automated+Vehicle+Development>.

Reese, H., 2016, Autonomous driving levels 0 to 5: understanding the differences, TechRepublic, January 20, 2016, <http://www.techrepublic.com/article/autonomous-driving-levels-0-to-5-understanding-the-differences/>.

Reuters, 2016, Google now testing self-driving cars in Washington, 4 februari 2016.

Rigo en Atlas voor Gemeenten, 2010, De leefbarometer 2.0, Amsterdam.

Ritsema van Eck, J., Dam, F. van, Groot, C. de en Jong, A. de, 2013, Demografische ontwikkelingen 2010-2040, Ruimtelijke effecten en regionale diversiteit, PBL, Den Haag.

Sandt, T. Van der, 2015, In 2020 met de handen van het stuur, Technisch Weekblad 18, 2015.

Schenk, N., 2016, Reddingsactie voor de auto in de stad, Autoweek nr. 18.

Smeets, M., 2010, Wat wil de consument nu eigenlijk?, Change magazine, 30 juni 2010, http://www.changemagazine.nl/klimaatkennis/mobiliteit_en_energie/wat_wil_de_consument_nu_eigenlijk.

Spoorzone Delft, 2016, <http://www.spoorzonedelft.nl/>.

Sumantran. V., Fine, C., Gonsalvez, D., 2016, Autonomous driving and its shades of grey, The Hindu Times, 17 juli 2016, <http://www.thehindu.com/business/Industry/autonomous-driving-and-its-shades-of-grey/article8862647.ece>.

TrafficQuest, 2015, Verkeer in Nederland 2015, Den Haag.

Voerknecht, H., en Spapé, I., 2012, Naar aantrekkelijke bereikbaarheid van winkels, <http://www.verkeerskunde.nl/Uploads/2012/10/paper16-Naar-aantrekkelijke-bereikbaarheid-van-winkels.pdf>.

Wijk, K. van, 2015, Zelfrijdende auto is nog geen ov, <https://www.ovmagazine.nl/2015/02/zelfrijdende-auto-nog-geen-ov-2044/>.

WUR, 2015, <https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Stadslandbouw-7.htm>.

Zhao, L., Ichise, R., Mita, S. en Sasaki, Y., 2015, Core ontologies of driverless cars, Toyota Technological Institute, Nagoya and National Institute of Informatics, Tokyo, Japan.