

› WHITEPAPER

SUCCESVOLLE MOBILITEITSTRANSITIE MET ADAPTIEVE REISBEGELEIDING

MOBILITEITSTRANSITIE VRAAGT OM
BELEIDSMATIG NAVIGEREN NAAR
GEWENSTE MAATSCHAPPELIJKE
BESTEMMING

› SAMENVATTING

Vergaande digitalisering en automatisering van het mobiliteitssysteem worden door veel overheden, industrie en burgers gezien als dé oplossing voor grote mobiliteitsvraagstukken. De steeds snellere technologische ontwikkelingen maken het mobiliteitslandschap echter meer ongrijpbaar en onvoorspelbaar met het oog op de te maken impact en vragen om een beleidsmatige navigatie die ons als samenleving naar de gewenste bestemming brengt. Met diepgaande kennis van technologische ontwikkelingen en hun maatschappelijke impact laten transitiepadanalyses van TNO zien dat digitalisering en automatisering in mobiliteit kunnen leiden tot andere scenario's dan wij voor ogen hebben. Dit geeft aanleiding om het beleid voor de burger en de industrie opnieuw in te richten. Slim en tijdig beleidsmatig navigeren kan positieve impact vergroten en negatieve impact verkleinen.

Met behulp van twee casussen, 'Het innovatiepotentieel van goederenvervoer over de weg wordt onderschat' en 'Congestie in de stad door automatisch rijdende auto's', illustreren we in dit whitepaper dat automatisering en digitalisering grote disrupties in de mobiliteitswereld kunnen veroorzaken. Deze casussen onderstrepen het belang van inzicht in de mogelijke transitiepaden bij het maken van beleid: diepgaande kennis van nieuwe technologie, het voorspellen van de impact hiervan op bijvoorbeeld leefbaarheid en het speelveld voor de industrie en het kunnen duiden van de aspecten die voor deze impact relevant zijn. Zo vonden we onder andere dat wegtransport van goederen goedkoper en milieuvriendelijker kan worden dan binnenvaart en spoorvervoer, met een mogelijk positieve impact op bereikbaarheid als in de nabije toekomst efficiënt geplande zero emissie automatisch rijdende vrachtwagens substantieel in de nacht kunnen rijden. Daarnaast stellen we dat door gebruik van automatisch rijdende auto's (grote) steden kunnen vastlopen, met een negatieve impact op bereikbaarheid, leefbaarheid en gezondheid.

Een veranderend mobiliteitslandschap door onder meer digitalisering en automatisering kan vragen om een andere route, maar wel leiden tot dezelfde bestemming! De snelheid waarmee en (internationale) dynamiek waarin de mobiliteitstransitie zich voltrekt vergt een aanpak waarbij wordt gestuurd langs flexibele routes. En waarin de nieuwe dynamiek van mobiliteit en logistiek voldoende wordt meegenomen. De focus moet liggen op het bereiken van de uiteindelijke maatschappelijke doelen, zoals: veiligheid ('zero casualties'), leefbaarheid en gezondheid ('zero emission'), en bereikbaarheid ('zero loss'). Daarnaast dient adoptie door gebruikers (gemak, betaalbaar en beschikbaar) centraal te staan, zodat een duurzame positieve business case voor de industrie het resultaat zal zijn. De focus dient dus niet te sterk te liggen op de exacte route naar het doel, zoals dat nu veelal het geval is.

› INLEIDING

In het komende decennium gaan nieuwe digitale en automatiseringstechnologieën de manier waarop we onze zakelijke en privéactiviteiten organiseren ingrijpend veranderen. Nog niet zo lang geleden waren automatisch rijdende auto's, communicerende verkeerslichten, virtuele vervoersdiensten en 3D-printers het domein van sciencefiction-films of toekomstverkenningen. Maar inmiddels duurt het niet lang meer voordat ze, direct of indirect, deel uitmaken van ons straatbeeld dankzij technologieën zoals 5G, slimme sensoren en Artificiële Intelligentie (AI) [1,2].

INNOVATIES BRENGEN NIEUWE MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN MET ZICH MEE

De technologische ontwikkeling van personen- en goederenmobiliteit staat niet op zichzelf, maar sluit aan bij de veranderende samenleving en de behoefte van de eindgebruiker. De mobiliteitssector lijkt bij uitstek een plek voor de implementatie van dit soort innovaties en technologieën. Hoewel deze innovaties de behoeftes van gebruikers dienen, kunnen ze tegelijkertijd ook leiden tot nieuwe maatschappelijke uitdagingen. Ervaringen met het gebruik van online service platforms (online shopping, deelvoertuigen en -diensten) en virtuele communicatietools (thuiswerken, sociale netwerken) laten zien dat zowel nieuwe kansen als bedreigingen zich aan kunnen dienen. Zo heeft Amazon grote delen van retail distributiekanaal en logistieke ketens overgenomen, waarbij vaak met zeer lage prijzen wordt gewerkt. Tegelijkertijd zijn er echter zorgen over de arbeidscondities van werknemers [3] en een eerlijk speelveld.

HOE KUNNEN WE DE MOBILITEITSDOELEN BEREIKEN?

In de wereld van mobiliteit en logistiek wordt gestreefd naar het verhogen van het gemak en aantrekkelijkheid voor de gebruiker. Daarbij proberen overheden maatschappelijke doelen zoals bereikbaarheid, leefbaarheid, duurzaamheid, gezondheid en stimulering van de (Nederlandse) economie te bereiken. Aangezien dergelijke doelen in veel gevallen met elkaar contrasteren – een win-winsituatie is niet altijd mogelijk – is het belangrijk om onderzoek te doen naar de potentiële negatieve (systeem)effecten voor de economie en de maatschappij.

Er is, zeker nu, veel behoefte bij overheden om te weten waar de ontwikkelingen in de toekomst naartoe gaan. In de huidige aanpak ligt de focus veelal op het te bereiken eindpunt. Vaak wordt er gewerkt met een scenariobenadering waarin verschillende scenario's/toekomstbeelden worden geschetst met inachtneming van extremen (extreem veel, extreem weinig). Deze aanpak is zeer nuttig wanneer de wegen naar de toekomst gelijkmatig verlopen en het effect van geïmplementeerde maatregelen voorspelbaar is. De grote onzekerheden en de snelheid van (technologische) ontwikkelingen, die nu en in de nabije toekomst plaatsvinden, zorgen er echter voor dat dit scenariodenken niet langer effectief is voor de huidige situatie.

FLEXIBEL EN ADEQUAAT MOBILITEITSBELEID

In dit whitepaper laten we zien dat er te grote onzekerheden zijn om aan deze klassieke beleidsmethode vast te blijven houden. Disruptieve ontwikkelingen kunnen een veelvoud aan gevolgen hebben, waarbij maar weinig bij voorbaat te voorzien of uit te sluiten is. Gezien de complexiteit van de ontwikkelingen én oplossingen, is TNO ervan overtuigd dat beleid flexibel ingericht moet worden, zodat tijdige bijsturing mogelijk is. Het identificeren van één vastomlijnde oplossingsrichting is in veel gevallen niet realistisch. Het denken in transitiepaden, waarbij we ons bewust zijn van de verschillende invloedrijke keuzemomenten, is van cruciaal belang om bij het maken van beleid adaptief, flexibel en efficiënt te kunnen inspelen op een variëteit aan mogelijke wendingen.

TNO heeft hiertoe een systematische transitiepadmethodiek ontwikkeld, op basis van haar diepgaande kennis van deze nieuwe technologieën, die overheden de mogelijkheid geeft om adequaat met de mobiliteitstransitie om te gaan. Dat zorgt voor tijdig inzicht in benodigde investeringen en mogelijke handvatten om te sturen op een mobiliteitssysteem dat maximaal bijdraagt aan de maatschappelijke doelen: 'zero casualties', 'zero emission' en 'zero loss'. Aan de hand van twee relevante casussen lichten we onze systematische transitiepadmethodiek toe in dit whitepaper.

› SYSTEMATISCHE TRANSITIEPADMETHODIEK

Gezien de onzekere timing van disrupties – in dit paper digitalisering en automatisering – en de wens om een integraal beeld te ontwikkelen, concluderen we dat een traditionele scenariobenadering niet volstaat. Om te beginnen hebben mensen in algemene zin de neiging om effecten van technologie op de korte termijn te overschatten en op de lange termijn te onderschatten (de wet van Amara [4]). Hierdoor ontstaat het risico dat we ons op een ongebalanceerde en onjuist getimedede manier op de toekomst voorbereiden. Bovendien hebben patronen en verbanden uit het heden en verleden in veel gevallen geen voorspellende waarde voor de toekomst, zeker bij disruptieve ontwikkelingen. Als we hier geen alternatieve methodes en tools voor in de plaats stellen kunnen we op het verkeerde been worden gezet.

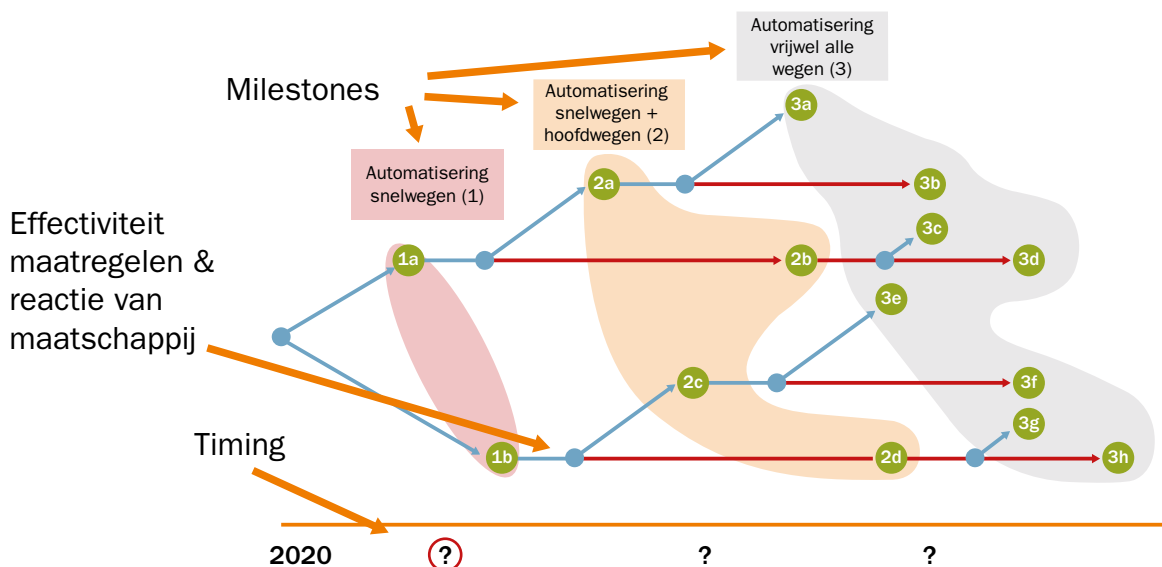
HOE WERKT DE TRANSITIEPADMETHODIEK?

Om dit te voorkomen, ontwikkelen we systematische transitiepaden naar de toekomst, die vertaald kunnen worden in een visie met verschillende handelingsperspectieven voor de kortere en langere termijn. Bij de ontwikkeling van deze transitiepaden zijn onder andere internationale ontwikkelingen en ervaringen bekeken en zijn verschillende disruptieve momenten in het innovatieproces geïdentificeerd. Deze worden gedefinieerd als *milestones* [5].

In dit whitepaper worden twee casussen besproken; ‘Het innovatiepotentieel van goederenvervoer over de weg wordt onderschat’ (pagina 7) en ‘Congestie in de stad door automatisch rijdende auto’s’ (pagina 9). De twee casussen zijn gekozen omdat op deze onderwerpen de gevolgen van digitalisering en automatisering op de mobiliteits-transitie het eerst voelbaar zullen zijn. Bovendien illustreren ze de breedte (personen- en goederenvervoer) van de verschillende maatschappelijke vraagstukken waar overheden zich voor geplaatst zien. In de casussen worden verschillende paden richting de toekomst geschetst, waarbij mogelijke sturing op de paden wordt geduid. Faciliterende of juist mitigerende beleidsmaatregelen, waarbij wordt gestuurd op mogelijke businessmodellen, verschillende implementatieopties, maatschappelijke effecten en (positieve dan wel negatieve) gedragsreacties van gebruikers kunnen zo op een gestructureerde manier geanalyseerd en afgewogen worden.

Deze methodiek maakt geen keuze voor het ‘meest waarschijnlijke’ toekomstbeeld. Maar op een holistische manier worden onzekerheden, kansen, bedreigingen en de samenhang daartussen in kaart gebracht, vergeleken en afgewogen. Bewustzijn van de afhankelijkheden en van de verschillende milestones op verschillende momenten in de tijd, geeft mogelijkheden voor sturing en voor het nemen en behouden van regie. Dit vereist echter wel een flexibele, adaptieve en efficiënte beleidsaanpak. De timing en effecten van de milestones zijn namelijk juist weer sterk afhankelijk van het ingezette beleid. Een milestone wordt bereikt middels implementatie van de vereiste randvoorwaarden voor (markt)introductie van een nieuwe technologie. Dit kan op verschillende manieren worden gefaciliteerd door beleid. Wanneer een milestone is bereikt zullen ook weer beleidsmaatregelen moeten worden geïmplementeerd om potentiële negatieve gevolgen te mitigeren. Deze bepalen (mede) het verdere verloop

van het transitiepad en geven daarmee de toekomst vorm. Een stimulering vanuit beleid en een positieve reactie vanuit de maatschappij zorgen voor versnelling van ontwikkelingen, terwijl een negatieve reactie of niet sturen kan zorgen voor vertraging en/of negatieve impact. Het verloop van transitiepaden wordt dus sterk beïnvloed door de strategie ten aanzien van de anticipatie en timing van de opeenvolgende milestones.



FIGUUR 1: TRANSITIEPADMETHODIEK



CASUS 1: HET INNOVATIEPOTENTIEEL VAN GOEDERENVERVOER OVER DE WEG WORDT ONDERSCHAT

Transportbeleid voor goederenvervoer is nu vaak gericht op het bereiken van een verschuiving (modal shift) van weg naar spoor en binnenvaart. Belangrijke aanleiding is de wens om de druk op de weginfrastructuur te verminderen en daarmee de maatschappelijke kosten van zogenoemde voertuigverliesuren van ongeveer 1,3 miljard euro op jaarbasis te reduceren (elk uur file voor een vrachtwagen kost ongeveer 42 euro). Zo heeft de Europese Commissie in 2011 als doel gesteld dat in 2030 30% van het wegvervoer boven de 300 kilometer verschoven moet zijn naar spoor en binnenvaart, in 2050 moet dit voor meer dan 50% het geval zijn [6]. Meer recent wordt in de Europese Green Deal gesteld dat 75% van het huidige wegvervoer zou moeten verschuiven naar spoor en binnenvaart [7]. Ook het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft de modal shift van weg naar spoor en binnenvaart als belangrijk doel in haar goederenvervoeragenda van juli 2019 opgenomen [8]. Op regionaal niveau is rond de aanleg van de Tweede Maasvlakte afgesproken dat voor het vervoer van containers in 2033 maximaal 35% over de weg gaat [9] terwijl dat op dit moment rond de 50% ligt [10].

SYSTEMISCHE TRANSITIEPADMETHODIEK TOEGEPAST OP MODAL SHIFT

TNO heeft met de systematische transitiepadmethodiek een transitiepad geanalyseerd waarin we vanuit een systeemaanpak kijken of deze modal shift een duurzame en maatschappelijk verantwoorde keuze is. Er zijn transitiepaden verkend voor het goederenvervoer waarin ontwikkelingen als autonoom rijden, self-organising logistics (SOL), floating car data, schonere voertuigen en het gebruik van platformen zijn meegenomen.

Dit levert opvallende resultaten op. Ten eerste is bijzonder interessant dat innovaties in het wegtransport deels al beschikbaar zijn en sneller plaatsvinden dan in spoor en binnenvaart. In het wegvervoer wordt al enkele jaren gewerkt aan automatisch rijden en truck platooning op snelwegen [11] en worden eerste testen gedaan met automatische bezorgvrachtwagens op lage snelheid [12]. Op het moment dat vrachtwagens op de snelweg automatisch gaan rijden en trailers op terminals en op bedrijventerreinen door autonome e-dolly's in ontvangst genomen worden, zullen de transportkosten van het wegvervoer naar verwachting halveren [13]. Ook binnen het spoorvervoer en de binnenvaart wordt gewerkt aan automatisering, maar het tempo waarin dit gaat ligt lager [14].

Ten tweede verandert de huidige impact van uitstoot van vrachtverkeer op de weg in rap tempo, vanwege de beschikbaarheid van elektrische voertuigen voor stadslogistiek, elektrische voertuigen voor langere afstanden [15] en andere vormen van schonere verbranding of efficiënte aandrijflijnen zoals RCCI-technologie [16], groene waterstof [17] en brandstof uit zeewier [18]. Hierin is niet belangrijk welke energiedrager gaat winnen, maar het feit dat zwaar vrachtvervoer minstens zo schoon of wellicht zelfs schoner wordt dan spoor en binnenvaart.

Als derde belangrijk element zien we de trend naar meer digitale matchingsplatformen, waarop vraag en aanbod van transport automatisch bij elkaar gebracht worden [19]. Een voordeel van dit soort platformen is dat de werking ervan niet afhankelijk is van de werktijden van een planner, maar deze platformen 24/7 werken en goederen slim gecombineerd kunnen worden waardoor er minder voertuigen hoeven te rijden indien hier de juiste prikkels achter zitten. Daarnaast is een bijkomend voordeel van vrachtverkeer dat het flexibeler is in het kiezen van routes, het omgaan met onverwachte omstandigheden en dat al veel data beschikbaar is (floating car data) voor voorspellingen over capaciteit en verstoringen.

REVERSED MODAL SHIFT VERSUS MODAL SHIFT

Als we enkel deze drie ontwikkelingen combineren dan blijkt dat het innovatiepotentieel van wegtransport wordt onderschat. Wegtransport van goederen kan goedkoper en milieuvriendelijker worden dan binnenvaart en spoorvervoer, met een mogelijk positieve impact op bereikbaarheid als vrachtwagens substantieel in de nacht gaan rijden. In spoor- en vaarwegen moet ook nog veel worden geïnvesteerd om competitief te blijven, wat goederenvervoer over spoor en water heel kostbaar maakt, zeker als hier op termijn minder gebruik van gemaakt wordt. Aangezien een modal shift richting spoor en binnenvaart gepaard zou moeten gaan met enorme infrastructurele investeringen staan we op een kritiek punt in de tijd. Daarnaast relateert dit direct aan huidige uitdagingen voor de vervanging en aanleg van weginfrastructuur, waar nieuwe technologieën als floating car data en navigatiesystemen verkeers- en veiligheidsdiensten in-car kunnen bieden in plaats van langs de weg, met alle kostenbesparingen van dien. Ook de effecten van Corona op wegvervoer zullen hierbij meegenomen moeten worden.

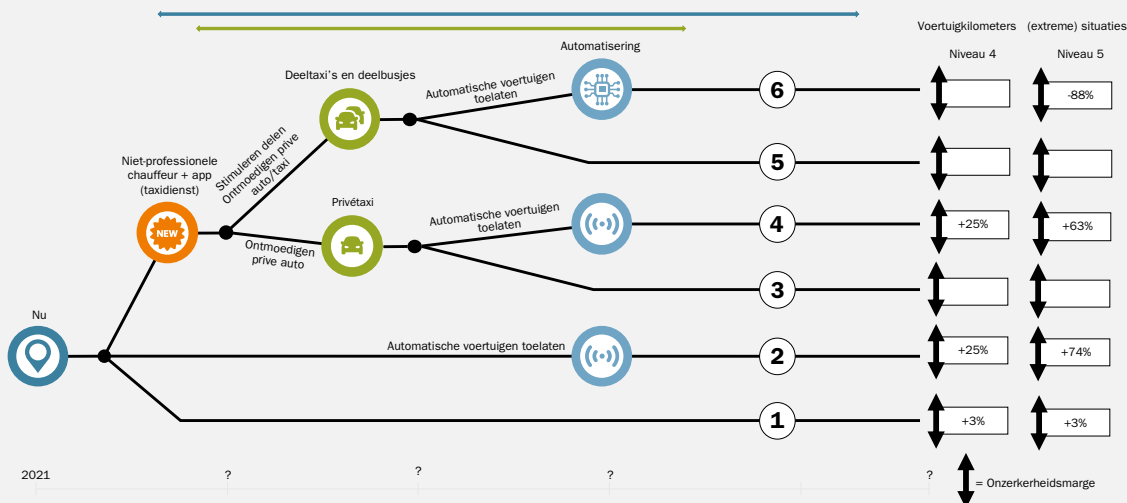
TNO adviseert dan ook het modal shift-beleid van weg naar spoor en binnenvaart te herijken, door nieuwe kansen en inzichten van alle modaliteiten integraal mee te nemen in de langetermijnbeleidsvorming. Om het innovatiepotentieel van het wegtransport te benutten – een reversed modal shift van spoor en binnenvaart naar de weg – is het tijd om het huidige modal shift-beleid (percentageverschuiving van weg naar spoor en water in 2030) tegen het licht te houden [20]. En het doel zelf, een robuust, efficiënter en duurzaam transportsysteem, weer centraal te stellen. Zo kan op de kortere termijn beter gekozen worden voor no-regret investeringen in spoor en binnenvaart in plaats van alle middelen al toe te kennen aan het competitief maken van spoor en binnenvaart. Zodoende blijft er ruimte om (ook) te investeren in het wegtransport. Het bereiken van deze doelen kan versneld worden door bijvoorbeeld de heffing voor het vrachtverkeer tijdens de nacht te verlagen om 's nachts rijden te stimuleren. Daarnaast moet bekeken worden of zwaarder ingezet kan worden op adaptieve prijsprikkels, het stimuleren van nieuwe businessmodellen en technologie waarin bedrijven veiliger informatie kunnen uitwisselen.



CASUS 2: CONGESTIE IN DE STAD DOOR AUTOMATISCH RIJDENDE AUTO'S

Gevestigde én nieuwe spelers investeren in de ontwikkeling van automatisch rijdende auto's en in auto- en ritdeelsystemen. Zo heeft Waymo recent 2,25 miljard dollar aan investeringen opgehaald [21] en groeide de omzet van Uber in 2019 met 37% naar 4 miljard dollar [22]. Toch worden de door de industrie afgegeven tijdslijnen op het gebied van automatisch rijden jaar na jaar niet gehaald [23]. In Europa wordt geïnvesteerd in 'connected' en coöperatief automatisch rijden vanuit de overtuiging dat dit veiliger is en leidt tot een efficiënter verkeerssysteem dan autonoom rijden [24, 25]. TNO heeft transitiepaden verkend waarin de komst van automatische auto's in stedelijke

gebieden wordt gecombineerd met de komst van nieuwe taxi- en deeltaxisystemen zoals Lyft, UberPop, UberPool (zie figuur 2).



FIGUUR 2: TRANSITIEPADEN AUTOMATISCH RIJDEN EN RITDELEN

INVLOED TOEKOMSTIGE MILESTONES

In de huidige situatie neemt het aantal deels geautomatiseerde voertuigen geleidelijk toe [26]. Dat geldt ook voor het gebruik van deelauto's waarbij de mens zelf rijdt [27]. Twee belangrijke milestones die tot grote veranderingen zullen leiden in het mobiliteitssysteem zijn de komst van automatische voertuigen waarbij de chauffeur niet meer binnen enkele seconden in staat hoeft te zijn om in te kunnen ingrijpen en het toestaan van niet-professionele chauffeurs in taxi's¹. Bij niveau 4 en 5 automatisch rijden kan de capaciteit van de weg met 10-30% toenemen [28], mits communicatie tussen voertuigen onderling en tussen voertuigen en de infrastructuur plaatsvindt. Tegelijkertijd wordt het veel aantrekkelijker om voor een automatisch rijdende auto te kiezen in plaats van voor openbaar vervoer (OV), wandelen of fietsen omdat de tijd in een voertuig anders kan worden besteed. Naar verwachting kan het aantal ritten met ride-hailing diensten (zoals Uber en Lyft waarbij je door een chauffeur naar je bestemming wordt gebracht en waarbij je de rit heel gemakkelijk via een app kan boeken en betalen) net als in de USA een sterke vlucht nemen als ook niet-professionele chauffeurs wordt toegestaan om ritten uit te voeren. Dit komt door een sterke toename van het aanbod en een daling van de kosten. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen privétaxi's en deeltaxi's die je met meerdere onbekenden kunt delen.

1. Bij volledige automatie (niveau 5) rijdt de auto volautomatisch op alle wegen en in elke situatie. De bestuurder is een passagier geworden en hoeft in geen enkele situatie zelf de controle over te nemen. Bij niveau 4 geldt dit alleen in bepaalde omgevingen zoals de snelweg of parkeergarages. Niveau Level 4 wordt ook gebruikt om automatisch OV aan te duiden dat specifiek wordt getraind om in een bepaald gebied te kunnen rijden

Automatisch rijden en deelsystemen kunnen zich onafhankelijk van elkaar ontwikkelen. Maar automatisch rijden kan het gebruik van (deel)taxidiensten ook stimuleren als geen chauffeur meer nodig is en de kosten dalen. Dit zal echter pas op grote schaal mogelijk zijn bij volledige automatisering (niveau 5) en dat moment lijkt nog ver weg. De exacte timing van en de volgorde waarin een sterke toename in het gebruik van automatische voertuigen en (deel)taxi's plaats zal vinden, is nog erg onzeker. Overheden kunnen hierbij zelf sturen naar een situatie die zo goed mogelijk aansluit bij hun veiligheids-, leefbaarheids- en bereikbaarheidsdoelstellingen.

TRANSITIEPADEN VERKENNEN

In de meest ongunstige situatie, waarin automatische voertuigen ongelimiteerd worden toegelaten (figuur 2), krijgen steden te maken met grote negatieve gevolgen op de leefbaarheid en bereikbaarheid. In een extreme situatie waarin 100% van de voertuigen volledig automatisch is, kan ondanks de toename in capaciteit het aantal voertuigkilometers met 74% toenemen en de congestie in steden meer dan verdrievoudigen [29, 30]. Door de dominante positie van de auto komt de rentabiliteit van het OV onder druk te staan met alle gevolgen van dien. Het leidt ook tot minder lopen en fietsen [29, 30]. Als het gebruik van taxidiensten wordt gestimuleerd en het gebruik van privéauto's sterk wordt ontmoedigd kan deze toename iets afvlakken (pad 4). Pas als ook het gebruik van privétaxi's wordt ontmoedigd en ritdelen sterk wordt gestimuleerd (pad 5 en 6), kan het aantal voertuigkilometers afnemen. In een extreme situatie waarin privégebruik van voertuigen helemaal niet meer is toegestaan, daalt het aantal voertuigkilometers met 88%. Als op grote schaal gebruik wordt gemaakt van automatische voertuigen en (deel)taxi's neemt het aantal benodigde parkeerplaatsen in de binnenstad af. De vrijgekomen ruimte kan ten goede komen aan de leefbaarheid in steden. Wel zal een deel van de ruimte gebruikt moeten worden voor locaties waar mensen kunnen worden opgehaald en afgezet. Parkeerinkomsten en inkomsten uit motorrijtuigenbelasting zullen afnemen. In het huidige beleid betalen aanbieders van mobiliteitsdiensten in vergelijking met particuliere autobezitters niet voor de mate waarin ze gebruik maken van publiek gefinancierde wegcapaciteit. Hierin ligt een belangrijk argument voor betalen naar gebruik [31].

STUREN OP GEWENSTE SCENARIO'S

De uitdaging is om de transitie zo te sturen dat in de steden collectieve diensten en ritdeelsystemen worden aangeboden en in buitenstedelijke gebieden optimaal gebruik wordt gemaakt van de nieuwe mogelijkheden die er komen door automatisch rijden en deeltaxi's. Immers, OV in dunner bevolkte gebieden vergt een grote mate van publieke investering. Met het inzetten van collectieve diensten en ritdeelsystemen kan mobiliteit tegen maatschappelijk aanvaardbare kosten worden aangeboden. Alleen door middel van sturing op de lange termijn met kennis van technologische ontwikkelingen en maatschappelijke impact van verschillende transitiepaden kan automatisch rijden zo worden ontwikkeld en geïmplementeerd dat de baten worden gemaximaliseerd en eventuele nadelige effecten voor de maatschappij worden geminimaliseerd. Gewenste scenario's kunnen worden versneld door ruimtelijke interventies (bijvoorbeeld parkeerlocaties aanpassen), stimuleren van deelconcepten, prijsprikkels en infrastructuuraanpassingen [30].

› CONCLUSIE

In dit whitepaper hebben we aan de hand van twee casussen laten zien dat de combinatie van digitalisering en automatisering grote implicaties heeft voor het mobiliteitssysteem zoals wij dit nu kennen, gebruiken en financieren. Digitalisering en automatisering kunnen leiden tot andere ontwikkelingen dan wij nu voor ogen hebben – zowel positiever als negatiever – en aanleiding geven tot het opnieuw inrichten van beleid:

- Zo kan het wegtransport van goederen mogelijk goedkoper en milieuvriendelijker worden dan binnenvaart en spoorvervoer, met een mogelijk positieve impact op bereikbaarheid, als vrachtwagens substantieel in de nacht gaan rijden;
- Daarnaast kan het gebruik van automatisch rijdende auto's steden doen vastlopen, met een negatieve impact op bereikbare, leefbare en gezonde steden.

BELEID FLEXIBEL EN OPTIMAAL INRICHTEN EN BIJSTUREN

Met behulp van diepgaande inzichten in technologische ontwikkelingen en hun maatschappelijke impact, verkregen uit systematische transitiepadanalyses, stelt TNO overheden beter in staat om beleid richting burger en industrie opnieuw in te richten. Daardoor kan slim en tijdig beleidsmatig worden bijgestuurd om zo de positieve impact van deze ontwikkelingen te vergroten en de negatieve impact te verkleinen.

De twee casussen geven inzicht in het toepassen van deze systematische transitiepadmethodiek. Ze laten zien hoe hiermee tot nieuwe afwegingen in investeringen in het mobiliteitssysteem kan worden gekomen. Zo blijkt dat we de huidige doelstellingen voor modal shift – percentage verschuiving van weg naar spoor en water in 2030 – moeten herijken om het uiteindelijke doel, een robuust, efficiënter en duurzaam transportsysteem, weer centraal te stellen (casus 1). Daarbij is het cruciaal te sturen op de maatschappelijke doelen: veiligheid ('zero casualties'), leefbaarheid en gezondheid ('zero emission'), bereikbaarheid ('zero loss'). Doen we dit niet dan kan bijvoorbeeld automatisch rijden volkomen ontsporen, als gevolg van een toename in voertuigkilometers, congestie en afnemende leefbaarheid in steden (casus 2). Alleen door gedurende de transitie (bij) te sturen kunnen baten voor de maatschappij worden gemaximaliseerd.

MOBILITEITSTRANSITIE VERGT REISBEGELEIDING

Met dit whitepaper willen we bijdragen aan het inzicht dat de mobiliteitstransitie niet zonder meer een zegen is. De steeds snellere technologische ontwikkelingen maken het mobiliteitslandschap meer ongrijpbaar en niet zonder meer voorspelbaar in impact en vragen om reisbegeleiding. Reisbegeleiding vanuit een overheid die zich heeft verzekerd van inzicht in wat technologische ontwikkelingen kunnen betekenen voor maatschappelijke kansen en uitdagingen om vervolgens, aansluitend op het missiegedreven innovatiebeleid, echt adaptief te gaan programmeren. Door middel van adaptief programmeren bepalen we onderweg steeds de optimale route. Dit betekent vooraf transitiepaden verkennen om met beleid proactief in te spelen op potentiële ontwikkelingen. En tevens continu sturen op de maatschappelijke doelen, zoals leefbaarheid en het speelveld voor de industrie, door in de uitvoering voortdurend het effect van de volgende stap zo nauwkeurig mogelijk te voorspellen op basis van grondige analyses, te monitoren en te evalueren. Op die manier kunnen we de optimale route (beleid) naar het doel bepalen en waar nodig bijstellen. De mobiliteitstransitie vraagt dus om in samenhang te sturen op maatschappelijke doelen, het beschikbaar maken van gemakkelijke en betaalbare opties voor gebruikers en een duurzame positieve business case voor bedrijven.



BRONNEN

- 1 Schroten, A., van Grinsven, A., Tol, E., Leestemaker, L., Schackmann, P., Vonk Noordegraaf, D., van Meijeren, J. & Kalisvaart, S. (2020). The impact of emerging technologies on the transport system. Brussels: TRAN Committee, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies.
- 2 Martino, A., Brambilla, M., Gatto, M., Katschnig, C., Ninaus, M., Chen, M., Bodea, G., Timan, T., Montalvo Corral, C., Nooren, P., Wilkins, S., van der Zant, M., Jansen, S., Van Meijeren, J., Zunder, T., Robinson, M. & Uliyanov, C. (2019). Flex-Rail Deliverable D2.1, Review of trends, transport sector innovations and blue-sky projects.
- 3 Reinartz, W., Wiegand, N., & Imschloss, M. (2019). The impact of digital transformation on the retailing value chain. *International Journal of Research in Marketing*, 36(3), 350-366.
- 4 Heijnsbroek, M. (2017, 12 09). De wet van Roy Amara. *Financieele Dagblad (FD)*. <https://fd.nl/morgen/1230235/de-wet-van-roy-amara>
- 5 Katschnig, C., Ninaus, M., Chen, M., van Meijeren, J., Charoniti, E., & Zunder, T. (2020). Flex-Rail D4.1, Final scenario for future railway.
- 6 European Commission. Directorate-General for Mobility and Transport. (2011). White Paper on Transport: Roadmap to a Single European Transport Area: Towards a Competitive and Resource-Efficient Transport System. Publications Office of the European Union.
- 7 NOS Nieuws. (2019, 11 29). Klimaatplan Timmermans uitgelekt: kilometerheffing in EU, veel minder wegvervoer. <https://nos.nl/artikel/2312577-klimaatplan-timmermans-uitgelekt-kilometerheffing-in-eu-veel-minder-wegvervoer.html>
- 8 Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2019). Goederenvervoeragenda, Agenda voor een robuust, efficiënt en duurzaam transportsysteem. Den Haag.
- 9 Geerlings, H., Van Meijeren, J., Vonk-Noordegraaf, D., & Soeterbroek, F. (2009). Transumo A15 project van Maasvlakte naar achterland: Duurzaam vervoer als uitdaging. Rotterdam: Consortium Transumo A15 Project.
- 10 Monitor Topsector Logistiek. (2016). Modal Split Containers per jaar. <http://monitor.topsectorlogistiek.nl/indicator/modal-split-containers-per-jaar/>
- 11 Janssen, G. R., Zwijnenberg, J., Blankers, I. J., & de Kruijff, J. S. (2015). Truck platooning: Driving the future of transportation. Den Haag: TNO.
- 12 Vaish, E. (2019, 05 15). Driverless electric truck starts deliveries on Swedish public road. Reuters. https://www.reuters.com/article/us-einride-autonomous-sweden/driverless-electric-truck-starts-deliveries-on-swedish-public-road-idUSKCN1SL-ONC?utm_source=reddit.com
- 13 Kässer, M. (2018). Route 2030: The fast track to the future of the commercial vehicle industry. McKinsey Center for Future Mobility.
- 14 Poulus, R. W., van Kempen, E. A., & van Meijeren, J. C. (2018). Automatic train operation. Driving the future of rail transport. Den Haag: TNO.
- 15 Tweakers. (2019, 01 22). Zware trucks op waterstof gaan in Los Angeles de weg op. AD. <https://www.ad.nl/auto/zware-trucks-op-waterstof-gaan-in-los-angeles-de-weg-op~a9548009/>
- 16 Willems, F., Kupper, F., Ramesh, S., Indrajana, A., & Doosje, E. (2019). Coordinated Air-Fuel path control in a Diesel-E85 rcci engine (No. 2019-01-1175). SAE Technical Paper.
- 17 TNO. Van grijze en blauwe naar groene waterstof. <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/energietransitie/roadmaps/co2-neutrale-industrie/waterstof-voor-een-duurzame-energievoorziening/>
- 18 TNO. (2020, 05 12). Zeewier als brandstof voor vrachtwagen. <https://www.tno.nl/over-tno/nieuws/2020/5/zeewier-als-brandstof-voor-vrachtwagens/>
- 19 de Kok, R. (2016, 12 19). Uberization and the New Era of Logistics. Accenture. <https://www.accenture.com/nl-en/blogs/insights/uberization-and-the-new-era-of-logistics>
- 20 van Meijeren, J., & van de Lande, P. (2020). ATO, Gamechanger voor de toekomst van het spoor. Position Paper Automatic Train Operation. Den Haag: TNO.
- 21 Wakabayashi, D. (2020, 03 02). Waymo Includes Outsiders in \$2.25 Billion Investment Round. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2020/03/02/technology/waymo-outside-investors.html>
- 22 Emerce. (2020, 02 06). Uber moet in 2021 winst gaan maken. <https://www.emerce.nl/nieuws/uber-winst-2021>
- 23 Anderson, M. (2020, 04 22). Surprise! 2020 Is Not the Year for Self-Driving Cars. IEEE Spectrum. <https://spectrum.ieee.org/transportation/self-driving/surprise-2020-is-not-the-year-for-selfdriving-cars>
- 24 Aittoniemi, E., Kolarova, V., Barnard, Y., Toulou, K., & Netten, B. (2018). How may connected automated driving improve quality of life?. In 25th ITS World Congress: Quality of life.
- 25 van Lieshout, M. J., Timan, T., Karanikolova, K., Chen, T. M., Jansen, S. T. H., Snijders, R., Brouwer, R., Tejada Ruiz, A., van Montfort, S., Bolchi, M., Suardi, S., Kirova, M., Castenco, P., Bertolini, A., Episcopo, F., Alberti, S. & Palmerini, E. (2019). Study on safety of non-embedded software; Service, data access, and legal issues of advanced robots, autonomous, connected and AI-based vehicles and systems. Den Haag: TNO.
- 26 Auto Week. (2021). Verkoopcijfers Tesla. <https://www.autoweek.nl/verkoopcijfers/tesla/>
- 27 Crow. (2020). Dashboard autodelen 2020. <https://www.crow.nl/dashboard-autodelen/home>
- 28 Snelder, M., Van Arem, B., Hoogendoorn, R. G., & Van Nes, R. (2015). Methodische verkenning zelfrijdende auto's en bereikbaarheid. ISSN: 22120491. TU Delft.
- 29 Snelder, M., Wilmink, I., van der Gun, J., Bergveld, H. J., Hoseini, P., & van Arem, B. (2019). Mobility impacts of automated driving and shared mobility: explorative model and case study of the province of north Holland. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 19(4).
- 30 Bergveld, H. J., Hotic, M., Snelder, M., Wilmink, I. R., & Arem, B. V. (2018). Impactstudie Autonome Voertuigen. Den Haag: TNO.
- 31 Vonk Noordegraaf, D. M., Smokers, R. T. M., & Wilmink, I. R. (2017). Mobiliteit is meer dan wegen bouwen. Den Haag: TNO. <https://time.tno.nl/media/9634/tno-whitepaper-mobiliteit.pdf>

COLOFON

Managing Directors:

Ellen Lastdrager (unit Traffic & Transport)

Suzanne van Kooten (unit Strategy, Analysis & Policy)

Auteurs:

Geiske Bouma, Diana Vonk Noordegraaf,
Caroline Schipper-Rodenburg, Ming Chen,
Jaco van Meijeren, Maaïke Snelder, Nico Larco

Reviewers:

Peter Werkhoven, Marieke Martens, Jeroen Borst,
Joëlle van den Broek, Richard Smokers

Contact:

Diana Vonk Noordegraaf

✉ diana.vonknoordegraaf@tno.nl