

› ATO, GAMECHANGER VOOR DE TOEKOMST VAN HET SPOOR

POSITION PAPER AUTOMATIC TRAIN OPERATION



TNO innovation
for life

Auteurs TNO:

Jaco van Meijeren
Paul van de Lande

Commissioned by ProRail:

Johanna Knijff

INHOUDSOPGAVE:

1. Inleiding	3
2. Introductie Automatic Train Operation	5
3. Het belang van ATO	7
4. Stand van zaken	13
5. De waarde van ATO	17
6. Inspanningen voor de realisatie	23
7. Roadmap	27
8. Conclusie	29

1 INLEIDING



De ambitie van de overheid betreft een ontwikkeling van een veilig, robuust en duurzaam mobiliteitssysteem, waarbij de gebruiker en diens deur-tot-deur-reis centraal staat en de impact op de leefomgeving minimaal is. De mainports, stedelijke gebieden en andere economische centra zijn volgens de overheidsambities uitstekend met elkaar verbonden en met Europa en de rest van de wereld. Nederland is wereldwijd nummer 1 in logistiek en koploper in ITS (Intelligent Transport Systems), zelfrijdende voertuigen en andere innovatieve mobiliteits-toepassingen.

Het spoor wil deze ambitie graag realiseren, maar daarvoor is meer capaciteit op het spoor noodzakelijk. Zo wordt de komende 20 jaar voor het spoor 30 tot 40% reizigersgroei en 50 tot 80% goederengroei verwacht. Het spoor is nu al vol en lijkt met de huidige ontwikkelingen deze groei niet op te kunnen vangen.

De huidige ontwikkelingen zoals extra spoor, ERTMS en 3kV leveren extra capaciteit op het spoor, maar om de groei aan te kunnen is ook ATO (Automatic Train Operation) noodzakelijk. Daarbij komt dat snelle ontwikkelingen bij het wegvervoer zorgen voor extra urgentie van de ontwikkeling van zelfrijdende treinen ter verbeteren van de concurrentiepositie.

ATO wordt zowel in Europa als door de Nederlandse spoorsector gezien als een noodzaak om de concurrentiepositie van het spoor te behouden en waar mogelijk te versterken. Inzet van ATO leidt – mede in combinatie met de hiervoor genoemde technologische ontwikkelingen – naar verwachting tot meer capaciteit op het spoor, verlaging van de kosten en een verhoging van de betrouwbaarheid. Hierdoor kan de groeiende vraag naar spoorvervoer tegen lage kosten en op duurzame wijze gefaciliteerd worden. Bovendien behoudt het spoor haar concurrentiepositie en kan het bijdragen aan de door de overheid gewenste modal-shift (verschuiving van wegvervoer naar het spoor en de binnenvaart).

Na een introductie op ATO in hoofdstuk 2 beschrijft dit position paper in hoofdstuk 3 het belang van ATO voor het nationale en internationale spoorvervoer in Nederland. Hierna wordt in hoofdstuk 4 aangegeven welke analyses en proeven er op dit moment voor ATO lopen. Vervolgens worden in hoofdstuk 5 de verwachte voordelen van ATO beschreven en wordt in hoofdstuk 6 globaal toegelicht wat er nodig is om ATO in de praktijk te implementeren. Op basis van deze inzichten wordt in hoofdstuk 7 een roadmap geschetst met activiteiten in de tijd om ATO verder te ontwikkelen en te realiseren. Tot slot worden in hoofdstuk 8 de belangrijkste conclusies op een rij gezet.



2 INTRODUCTIE AUTOMATIC TRAIN OPERATION



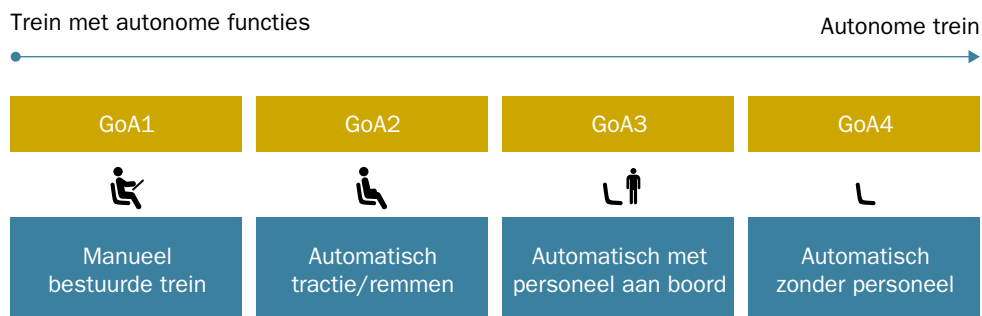
Eén van de belangrijkste trends in mobiliteit en logistiek in de komende 10 jaar betreft de ontwikkeling van zelfrijdende voertuigen en vaartuigen [1]. Deze trend leidt naar verwachting tot radicale veranderingen binnen het personen- en goederenvervoer. Automatisering van mobiliteit en transport gaat gepaard met digitalisering (data verzamelen, delen en gebruiken voor betere beslissingen) en verduurzaming (energietransitie in combinatie met operationele maatregelen). Automatisering van mobiliteit en transport voor het spoorvervoer gaat onder andere over het ontwikkelen, testen en implementeren van Automatic Train Operation (ATO). Aan deze ontwikkeling van zelfrijdende treinen wordt zowel in Nederland als in Europa gewerkt:

- Binnen Europa, o.a. via het Shift2Rail¹ programma [2],
- Tussen Nederland en Duitsland via de Joint Declaration of Intent² (JDol) [3] en
- Binnen Nederland via proeven van ATO door ProRail met verschillende vervoerders en andere stakeholders (ProRail [4]).

Bij de ontwikkeling van ATO worden zogenaamde Grades of Automation gehanteerd (zie figuur 1) waarbij het ATO systeem steeds meer taken van de machinist overneemt tot aan een volledig autonoom rijdende trein:

- GoA1: De machinist rijdt de trein, ondersteund door beveiligings- en adviesystemen
- GoA2: Het ATO systeem rijdt de trein. De machinist blijft verantwoordelijk en grijpt in wanneer nodig.
- GoA3: Het ATO systeem rijdt de trein zelfstandig. De machinist hoeft niet in de cabine te zijn en kan andere taken vervullen. Bij verstoringen moet de machinist deze oplossen.
- GoA4: Het ATO systeem rijdt de trein zelfstandig. Er is geen personeel benodigd voor de treinbesturing. Verstoringen worden met besturing op afstand opgelost of door een storingsteam.

Grades of Automation



Figuur 1: Grades of Automation van ATO

ProRail, vervoerders (personen- en goederenvervoer), producenten van treinstellen en locomotieven en overheden werken aan de ontwikkeling van ATO in Nederland en op grensoverschrijdende trajecten. Al deze partijen zijn geïnteresseerd in ATO vanwege de verwachte voordelen ervan:

- uitbreiding van de capaciteit op het spoor;
- hogere betrouwbaarheid en punctualiteit;
- lagere exploitatiekosten en kosten per spoorkilometer;
- besparingen op energieverbruik en CO₂-uitstoot;
- verbetering van de veiligheid.

1 De Shift2Rail Joint Undertaking (S2R JU) is een publiek-private samenwerking in de rail sector, opgericht onder het Europese Horizon 2020 programma, om onderzoeksactiviteiten voor innovaties in de rail sector te coördineren.

2 De Joint Declaration of Intent (JDol) is een samenwerking tussen Nederlandse en Duitse overheden en bedrijven om innovaties op het spoor op elkaar af te stemmen en gezamenlijk verder te ontwikkelen.

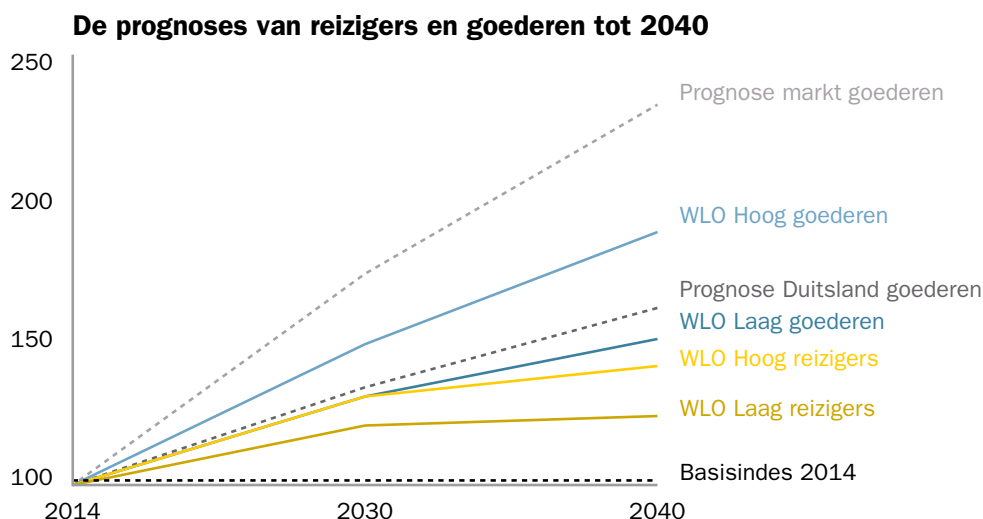
3 HET BELANG VAN ATO



CAPACITEITSPROBLEMEN SPOORVERVOER

Prognoses van reizigers- en goederenvervoer laten tot aan 2040 een stevige groei zien, gedreven door een toename van de bevolking, toenemende verstedelijking en economische groei. Uit de prognose van reizigers en goederen (Figuur 2) blijkt dat tot aan 2040 voor reizigers een groei verwacht wordt tussen 30 en 40% en voor goederen tussen 50 en 80% ten opzichte van 2014.

De werkelijke groei zal nog hoger kunnen zijn omdat de hoge duurzaamheidsambities van de Europese Green Deal en van het Nederlandse klimaatakkoord nog niet in deze groeicijfers zijn meegenomen. De uitwerking van deze ambities zal naar verwachting leiden tot een hogere groei voor het spoor voor zowel personen- als goederenvervoer. Zo zal bijvoorbeeld de trein voor de middellange afstanden binnen Europa het vliegverkeer moeten gaan overnemen.



Figuur 2: Prognoses van reizigers en goederen tot 2040 (bron: ProRail)

Het Nederlandse spoor is al zeer druk gebruikt. Als de WLO³ prognoses realiteit worden past dit niet op de huidige beschikbare infrastructuur, zeker niet met de extra verwachte groei door de duurzaamheidsambities. Er is te weinig infrastructurele capaciteit om het benodigde aantal treinen te kunnen laten rijden.

Uit een capaciteitsanalyse van ProRail blijkt dat de maximum capaciteit van de Schipholtunnel (Leiden – Schiphol, SAAL corridor) al rond 2030 kan worden bereikt [5]. Naast de Schipholtunnel wordt bij Amsterdam Bijlmer en de Hemtunnel rond 2030 ook het maximaal aantal treinen dat op het spoor past bereikt. Bij verdere groei in de periode 2030-2040 ontstaan er vervoersknelpunten en zijn extra treinen nodig, waardoor capaciteitsproblemen op het spoor ontstaan. Ook op andere trajecten als Utrecht – Arnhem, zullen knelpunten ontstaan als daar meer en snellere internationale treinen gaan rijden in combinatie met de binnenlandse treindienst [6].

Uiteraard heeft de coronacrisis impact op de prognoses. Voor nu wordt verwacht dat de volumes uit 2019 binnen enkele jaren weer gehaald worden [7] [8]. Tevens was de groei van de laatste jaren groter dan eerder verwacht. Dit betekent dat de prognoses mogelijk iets later in de tijd zullen opschuiven. Als een capaciteitsknelpunt in 2030 verwacht werd schuift dit door corona mogelijk op naar 2032. Knelpunten komen dus iets verder weg in de tijd te liggen, maar niet veel later.

³ Met de toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving (WLO) kijken het CPB en het PBL vooruit naar de jaren 2030 en 2050 waarbij o.a. demografische en economische trends in beeld worden gebracht.

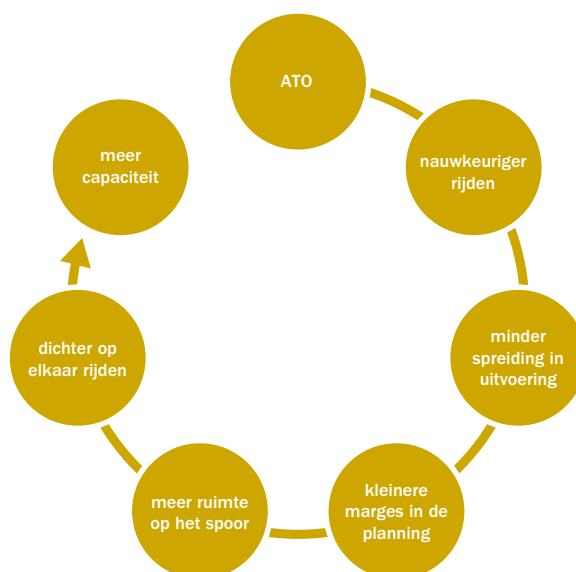
BETERE BENUTTING VAN DE BESCHIKBARE SPOORINFRASTRUCTUUR

ProRail heeft de ambitie om de betrouwbaarheid van het spoor te verbeteren en de capaciteit op het spoor te vergroten om zo de groei van zowel het reizigers- als goederenverkeer te faciliteren. Dit tegen zo laag mogelijke kosten waarbij CO₂-neutraal gewerkt wordt. Om deze ambitie te realiseren kent ProRail drie typen maatregelen die nodig zijn en elkaar versterken:

- uitbreiding infrastructuur (aanleg nieuwe infrastructuur);
- technische systeemspongen (inzet van technologie om de beschikbare capaciteit te verhogen);
- logistiek ontmenging (snelheidsverschillen en verstoringen hebben minder impact).

Uitbreiding van de spoorinfrastructuur is geografisch vaak niet mogelijk, is kostbaar en de realisatie duurt lang. Daarom zijn oplossingen op basis van nieuwe technische mogelijkheden noodzakelijk. Binnen de maatregel technische systeemspongen gaat het om de volgende vier technologieën:

- ERTMS (reeds besloten en richting uitvoering):
Het European Rail Traffic Management System (ERTMS) is de internationale standaard voor treinbeveiliging. ERTMS vervangt het huidige systeem voor spoorbeveiliging ATB (Automatische Trein Beïnvloeding) dat verouderd is en niet meer is toegespitst op de toenemende drukte op het spoor. ERTMS bestaat uit een systeem voor cabineseingeving met treinbeïnvloeding (European Train Control System, ETCS), een radiocommunicatiesysteem (GSM-R) en uitvoeringsregels voor spoorverkeersleiding en exploitatie (operational rules). Met ERTMS zal o.a. de benutting van de beschikbare spoorcapaciteit verbeteren.
- TEV (een eerste allocatie voor TEV is inmiddels opgenomen in het MIRT):
Vernieuwing van de tractie-energievoorziening (TEV) op de bovenleiding van het spoor, door het zoveel als mogelijk landelijk opwaarderen van 1,5kV naar 3kV. Hierdoor kunnen treinen sneller optrekken en kan er harder gereden worden. 3kV leidt tot reistijdwinst door sneller optrekken en energiebesparing door minder weerstandsverlies en terugwinnen van energie.
- TMS (ProRail onderzoeksfase):
Nieuwe Traffic Management Systemen (TMS) voor slimmere en meer geautomatiseerde logistieke be- en bijsturing. Hierdoor kunnen verstoringen sneller opgelost worden en is er minder buffertijd en rijtijdspeeling nodig. Hierdoor kan de beschikbare spoorcapaciteit beter worden benut.
- ATO (ProRail samen met concessieverleners en de spoorsector):
Bij Automatic Train Operation (ATO) worden het optrekken, rijden en afremmen volgens de dienstregeling automatisch uitgevoerd. Door toepassing van ATO kan een verhoging van de benutting van de spoorinfrastructuur gerealiseerd worden. Hoe ATO als gevolg van nauwkeuriger rijden tot een betere benutting van de capaciteit leidt wordt in Figuur 3 schematisch weergegeven⁴.



Figuur 3: Toelichting hoe ATO o.a. door nauwkeuriger rijden leidt tot betere benutting van de beschikbare capaciteit

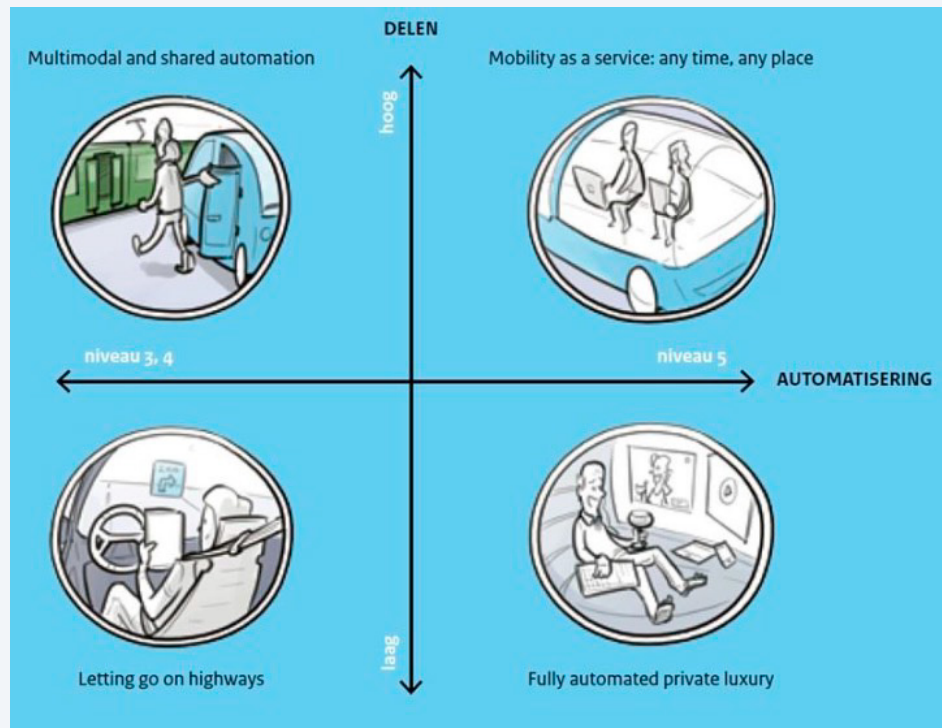
⁴ Met ATO kan de beschikbare capaciteit beter benut worden door kortere opvolgtijd (weergegeven in Figuur 3), het verminderen van buffertijd en het verminderen van halteerverlooptijd. Dit wordt in Hoofdstuk 5 nader toegelicht.

Om de huidige en toekomstige vraag naar spoorvervoer te faciliteren is meer capaciteit op het spoor nodig. Met ATO kan (in combinatie met andere technologische ontwikkelingen) de benutting van de huidige beschikbare spoorinfrastructuur verbeterd worden. Met ATO kunnen zo grote infrastructurele investeringen voorkomen worden.

Box 1:

IMPACT VAN AUTONOME (DEEL)AUTO'S OP HET PERSONENVERVOER

Voor de Provincie Noord-Holland is een door TNO ontwikkelde Quick Scan tool ingezet om de impact van autonome (deel)auto's op de modal-split in het personenvervoer tot 2040 in te schatten [10]. Hierbij zijn onzekerheden rond de mate van automatisering en de acceptatiegraad van het delen van voertuigen in het wegvervoer gecombineerd. De scenario's die dan ontstaan worden in Figuur 4 weergegeven.



Figuur 4: Overzicht gecombineerde scenario's automatisering en delen van auto's (bron: TNO)

In de vergelijking tussen de huidige bemande auto en de zelfrijdende auto die mogelijk gedeeld zal worden zijn o.a. de volgende zaken van belang:

- De totale kosten zullen niet veel verschillen als de auto niet gedeeld wordt. De zelfrijdende auto is waarschijnlijk duurder in aanschaf, maar goedkoper in gebruik door lagere verzekeringspremie en brandstofverbruik. Als de autonome auto wel gedeeld wordt zullen de kosten dalen.
- De value of time van de autonome auto ligt lager dan die van de normale auto omdat de tijd (voor een groot deel van de rit) aan andere activiteiten dan het besturen van de auto kan worden besteed (zoals werken of de krant lezen).

Uit doorrekeningen van de verschillende scenario's voor specifieke deelsegmenten, waarbij geen rekening is gehouden met mogelijke ontwikkelingen op het spoor, blijkt dat in vrijwel elk scenario het wegvervoer zal toenemen o.a. ten koste van de trein. Waar er mogelijkheden zijn voor het goederenvervoer over de weg in de nacht (zie box 2) is dit voor het personenvervoer niet logisch waardoor de congestie op de weg zal toenemen. De ontwikkeling en implementatie van ATO op het spoor kan tegenwicht bieden aan deze ongewenste modal-shift doordat het spoor goedkoper en betrouwbaarder wordt en de concurrentiepositie verbetert.

ONTWIKKELINGEN OP DE WEG ZIJN EEN BEDREIGING VOOR DE GEWENSTE MODAL SHIFT

Zoals hiervoor aangegeven zal de vraag naar spoorvervoer voor personen en goederen toenemen. Deze ontwikkeling wordt versterkt door de Europese en Nederlandse duurzaamheidsambities. De ontwikkelingen op het spoor zijn mede afhankelijk van innovatieve ontwikkelingen op de weg. Technologische ontwikkelingen op het gebied van digitalisering, automatisering en verduurzaming gaan snel in het wegvervoer, zowel voor personenvervoer als goederenvervoer. Het moment van implementatie op grotere schaal van dit soort ontwikkelingen in het wegvervoer is nog onzeker. ERTRAC⁵ gaat er in haar roadmap over Connected and Automated Driving van uit dat hoge niveaus van automatisering in het wegvervoer rond 2030 worden bereikt [9]. Wanneer dit bereikt wordt leidt dit tot een verbetering op o.a. de kosten, duurzaamheid en veiligheid van het wegvervoer.

Zonder innovatieve ontwikkelingen op het gebied van digitalisering, automatisering en verduurzaming op het spoor zal de concurrentiepositie van het spoorvervoer verslechteren.

De ontwikkeling en implementatie van ATO gaat een substantiële bijdrage leveren om dit te voorkomen. ATO leidt naar verwachting namelijk niet alleen tot meer capaciteit op de beschikbare spoorinfrastructuur, maar ook tot lagere kosten, duurzamer en veiliger transport. ATO is daarmee noodzakelijk om de concurrentiepositie van het spoorvervoer te behouden en te verbeteren. Om gelijk tred te houden met het wegvervoer moet ATO naar verwachting rond 2030 operationeel zijn.

Zie box 1 en box 2 voor een uitwerking van mogelijke scenario's over ontwikkeling van de concurrentiepositie voor het reizigersvervoer en het goederenvervoer.

CONCLUSIE BELANG VAN ATO

De inzet op de ontwikkeling van ATO is belangrijk voor de concurrentiepositie van het spoor, zowel nationaal als internationaal:

- Enerzijds om de groeiende vraag naar spoorvervoer tegen lage kosten en op duurzame wijze te faciliteren.
- Anderzijds om de concurrentiepositie van het spoorvervoer en de modal-split van het spoor te behouden en te verbeteren ten opzichte van het wegvervoer gegeven technologische ontwikkelingen op het gebied van digitalisering, automatisering en verduurzaming.

Om de voordelen van ATO te maximaliseren zetten ProRail en de Nederlandse vervoerders in op onderzoek en proeven waarbij specifiek rekening gehouden wordt met de Nederlandse omstandigheden en behoeftes. Deze Nederlandse ontwikkelingen worden via de JDol en Shift2Rail afgestemd met Europese ontwikkelingen.



⁵ The European Road Transport Research Advisory Council (ERTRAC) is the European Technology Platform (ETP) for Road Transport.

Box 2:

DE GOEDERENONTWIKKELINGEN OP DE WEG: RISICO OP EEN REVERSED MODAL-SHIFT

Naar de toekomst worden voor het wegvervoer verschillende technologische ontwikkelingen verwacht zoals digitalisering, automatisering en energietransitie [11] die een grote impact kunnen gaan hebben, zowel voor het wegvervoer zelf als in de concurrentieverhouding met het spoor. In welke volgorde, in welke combinatie, wanneer en of deze ontwikkelingen echt zullen doorbreken is nog onzeker. Om gegeven deze onzekerheden een beeld te schetsen van de impact van dit soort ontwikkelingen is door TNO een methode ontwikkeld waarin transitiepaden worden gebruikt [12]. In deze box wordt als voorbeeld een optimaal transitiepad uitgewerkt voor het goederenvervoer over de weg waarin autonoom rijden, elektrisch rijden, gebruik van platformen en nachtrijden worden gecombineerd om te laten zien welke impact deze ontwikkelingen kunnen hebben.

In het wegvervoer wordt al enkele jaren gewerkt aan automatisch rijden. Op een relatief laag niveau van automatisering wordt nu gewerkt aan truck platooning [13] en eerste testen worden gedaan met hogere niveaus van automatisering waarbij vrachtwagens volledig autonoom rijden [14]. Op het moment dat vrachtwagens op de snelweg autonoom 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 [15]. Ook voor het spoorvervoer en de binnenvaart wordt gewerkt aan automatisering, maar het tempo waarin dit gaat is op dit moment langzamer dan bij het wegvervoer [4]. Door het hogere innovatietempo bij het wegvervoer en de mogelijk grotere impact qua kostenreductie zal de concurrentiepositie van het wegvervoer sterk verbeteren ten opzichte van spoor.

Het wegvervoer zal ook verder verduurzamen. Het gaat dan met name om elektrische voertuigen die op korte afstanden voor stadslogistiek worden ingezet omdat de vereiste actieradius van deze voertuigen beperkt is. Voor de wat langere termijn wordt ook gewerkt aan elektrische voertuigen voor langere afstanden via elektra of waterstof [16]. Welk van deze alternatieven het ook wordt, deze ontwikkeling betekent dat het zware vrachtvervoer over de weg richting zero emissie gaat en daarmee op termijn mogelijk zo schoon wordt als spoor en binnenvaart.

Een trend in verschillende sectoren en ook in de logistiek is dat steeds meer digitale matchingsplatformen ontstaan waarop vraag en aanbod van transport automatisch bij elkaar gebracht worden [17]. 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.

Als alle geschetste ontwikkelingen gecombineerd worden dan wordt het zeer aantrekkelijk om meer transport via de weg te gaan vervoeren omdat een deel van het transport naar de nacht verplaatst kan worden. Het wegtransport wordt dan goedkoper; er is geen chauffeur meer nodig, de vrachtwagens worden stiller, trailers kunnen door e-dolly's automatisch in ontvangst genomen worden en in de nacht is er voldoende capaciteit op de weg waardoor congestie kan afnemen. In dit vergaande scenario is de kans groot dat een reversed modal-shift zal optreden van spoor en binnenvaart naar de weg.

Ook minder optimistische scenario's zijn reëel. Zo kan het zijn dat de kosten voor het wegvervoer sterk omlaag gaan door vergaande automatisering, maar dat de CO₂-uitstoot niet of in beperkte mate omlaag gaat omdat elektrificatie van het wegvervoer moeizaam verloopt. Ook kan het zijn dat het wegvervoer door automatisering goedkoper wordt en de verduurzaming ook hard gaat, maar dat het niet lukt om een substantieel deel van het wegvervoer in de nacht te laten plaatsvinden. In beide scenario's is het ongewenst dat er een verschuiving naar de weg plaatsvindt.

Om dergelijke ongewenste situaties te voorkomen is het nodig dat spoor en binnenvaart meer en sneller inzetten op ontwikkelingen op het gebied van digitalisering, automatisering en verduurzaming. De ontwikkeling en implementatie van ATO zal hier een substantiële bijdrage aan leveren.

4 STAND VAN ZAKEN



In Nederland zijn de ontwikkelingen op het gebied van ATO betrekkelijk laat op gang gekomen. De meeste toepassingen zijn vooralsnog bij metrosystemen gerealiseerd, waar in steden in het buitenland metrosystemen al geruime tijd op het niveau van GoA2 en hoger rijden. In Nederland is alleen de Noord-Zuidlijn van de metro in Amsterdam voorbereid voor automatisch rijden. Automatisch rijden op een gemengd spoorwegnet is, vergeleken met een metrosysteem, echter aanzienlijk complexer. In het geval van de metro en sommige lightrailsystemen is er sprake van een uniforme dienstuitvoering met eenzelfde materieeltype op een afgescheiden infrastructuur. Ruime praktijkervaring met ATO heeft men reeds in het buitenland, zoals in de box 3 te lezen is.

Box 3:
OVERZICHT ATO ERVARINGEN IN HET BUITENLAND

- In Tsjechië wordt al bijna 30 jaar op GoA2 niveau onder klassieke beveiliging automatisch gereden.
- In Parijs wordt de dienst op de RER-lijn A sinds enkele jaren op GoA2 niveau geëxploiteerd, maar deze lijn heeft sterke metro kenmerken.
- In China worden de Fuxing Hao hogesnelheidstreinen tussen Beijing en Shanghai op GoA2 niveau automatisch bestuurd.
- Op enkele dedicated goederenlijnen in Australië en Amerika worden ertstreinen volautomatisch (GoA4) bestuurd. In Australië heeft men ook met het gemengde spoornetwerk grootse plannen voor de invoering van ATO op de stedelijke metro- en lightrailverbindingen.
- In Zwitserland neemt DB Cargo proeven met een goederentrein op het gemengde net op GoA2 en GoA4 niveau. In 2021 gaan ProRail en DB Cargo samenwerken op de Betuweroute voor proeven met GoA4.
- De meest recente praktijktoepassing van ATO is de Thameslinkverbinding in London, een verbinding met een zeer hoge capaciteitsvraag waar een specifiek voor deze verbinding aangeschaft materieeltype, de Siemens Class 700, is uitgerust voor ATO (GoA2 onder het ERTMS-deelsysteem ETCS level 2). Deze dienst, die net als de Parijse RER-lijn een metro-karakter heeft, bevindt zich nog in de proeffase, waarbij al wel grootschalig binnen de dienstregeling wordt getest.

Ook in andere landen vinden testen plaats en worden programma's voor de introductie van ATO ontwikkeld, zoals in Rusland waar in 2019 de eerste passagierstesttreinen met GoA2 proefritten hebben gemaakt.

In Nederland worden kleinschalige praktijkproeven uitgevoerd. Daarbij worden vooral de technische aspecten van de verschillende toepassingen van ATO onderzocht en wordt gekeken of de systemen werken zoals verwacht. Het onderscheid van de verschillende toepassingen is van belang bij het vaststellen van de impact en waarde van ATO, zoals ook in de volgende sectie zal worden aangegeven. De toepassingen die in Nederland kunnen worden onderscheiden zijn:

- ATO op een specifiek, druk traject in het gemengde hoofdnet (zoals de Schiphol tunnel);
- ATO op regionale spoorlijnen;
- ATO op een dedicated goederenspoorlijn (de Betuweroute);
- ATO op de hogesnelheidslijn;
- ATO op een rangeerterrein voor goederentreinen;
- ATO op een rangeerterrein voor passagierstreinen;
- ATO op het gehele spoornetwerk.

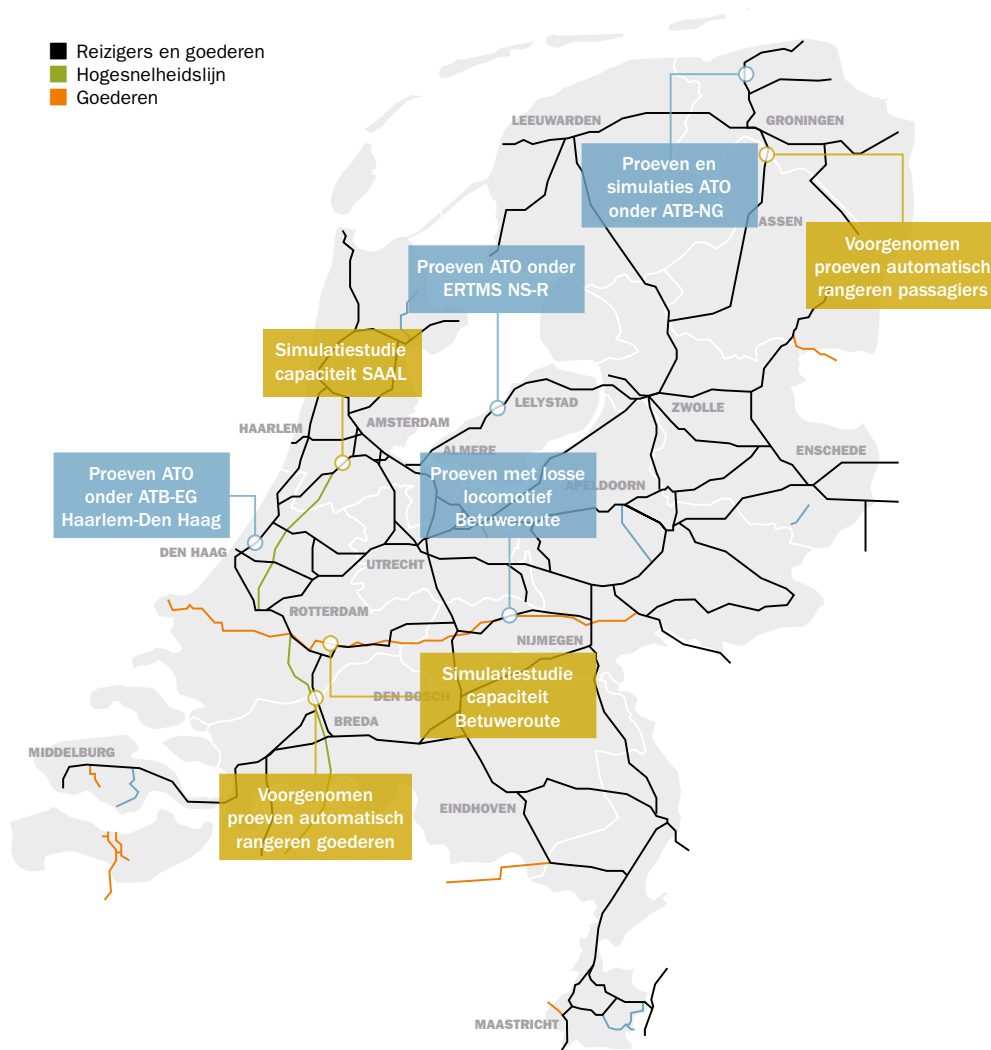
Bij het onderzoeken van de verschillende GoA-toepassingen gebruikt ProRail de methode van de NLR (Nederlands Lucht- en Ruimtevaart Instituut), zodat een geïntegreerde toepassing mogelijk is. Een beknopt overzicht van de proeven en onderzoeken rond ATO is in tabel 1 en figuur 5 weergegeven.

ATO Toepassing	Korte omschrijving status	Verwachte voordelen
Gemengd hoofdrailnet	Proeven met CAF- sprintertreinstellen (SNG) door NS	Capaciteitsverhoging, verbetering dienstuitvoering, kostenreductie
	Simulatieonderzoeken naar mogelijkheden en potentie ATO	Capaciteitsverhoging
Regionaal railnet	Proeven met Arriva GTW-dieseltreinstel	Verbeteren dienstuitvoering
Dedicated goederenlijn	Proef met losse locomotief RRF en DB Cargo proeven	Minder afhankelijk van beschikbaarheid personeel, kostenreductie
	Simulatieonderzoeken naar mogelijkheden en potentie ATO	Capaciteitsverhoging, kostenreductie
Hogesnelheidslijn	Nog geen proeven of onderzoek in Nederland	–
Automatisch rangeren passagiers	Voorgenomen tests met automatisch rangeren van treinstellen op opstel terrein Groningen de Vork/Onnen	Verhogen betrouwbaarheid, capaciteit, flexibiliteit, (sociale) veiligheid, omgevingshinder en efficiëntie.
Automatisch rangeren goederen	Voorgenomen proef met automatische rangeer locomotief op rangeerterrein Oosterhout	Minder afhankelijk van beschikbaarheid personeel, kostenreductie
Algemeen onderzoek	Onderzoek NS voor ATO onder ATB-EG	Inzicht in technische potentie
	Onderzoek naar operationele aspecten ATO GoA2	Inzicht in operationele voordelen
	Onderzoek en tests naar ERTMS-ATO-5G	Inzicht in technische potentie

Tabel 1: Overzicht van verschillende ATO toepassingen en verwachte voordelen

Nederland pakt ATO hiermee in de volle breedte op, zodat alle potentiële voordelen vroegtijdig onderzocht worden. Daarbij sluit ProRail aan bij internationale ontwikkelingen en programma's. Bij deze aanpak kunnen verschillende aspecten van onderzoek en ontwikkeling worden onderscheiden die allen van invloed zijn op een succesvolle invoering van ATO. In het hoofdstuk over de vereiste inspanningen worden deze aspecten verder beschreven.

Het onderzoek in Nederland betreft vooralsnog kleinschalig onderzoek. Om het ATO onderzoek echt verder te brengen is een grootschaliger opzet nodig.



Figuur 5: Overzicht van ATO proeven en simulaties in Nederland

5 DE WAARDE VAN ATO



De in het voorgaande hoofdstuk geschetste proeven en ontwikkelingen zijn gericht op een visie dat de invoering van ATO leidt tot een beter spoorstelsel, waarbij 'beter' vertaald kan worden in hogere efficiency, betrouwbaarheid en capaciteit, tegenover een lager energieverbruik en lagere kosten. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen vijf verschillende categorieën van effecten, waarbij samenhang en trade-offs tussen de effecten mogelijk zijn:

1. Capaciteit
2. Kwaliteit
3. Exploitatiekosten
4. Energieverbruik
5. Veiligheid

1. CAPACITEIT

Het spoorstelsel in Nederland is reeds één van de drukst bereden netwerken ter wereld. Met de ontwikkeling van het Programma Hoogfrequent Spoor (PHS) wordt gestreefd om tussen de grotere steden in Nederland een metroachtige exploitatie in te voeren, en zo meer reizigers te kunnen vervoeren. De druk op de beschikbare capaciteit neemt door PHS toe, temeer daar goederenvervoer op het spoor ook uitbreiding wenst. ATO kan bijdragen aan deze metroachtige exploitatie door meer treinen op spoor mogelijk te maken. Hierdoor kunnen kostbare aanpassingen en uitbreidingen van het spoor op knelpunten waarschijnlijk achterwege blijven.

Tot op heden zijn er vooral kleinschalige testen en theoretische simulatiestudies uitgevoerd om onder meer de capaciteitseffecten van ATO te bepalen. Op theoretische basis is er wel een substantieel effect te verwachten, zoals ook in box 4 is te lezen.

De verschillende simulaties die in Nederland zijn uitgevoerd [18][19] tonen in alle gevallen een positief effect op de capaciteit aan, waarbij de hoogte van het effect afhankelijk is van een aantal factoren:

- de lay-out van de sporen
- de samenstelling van de treinen op het traject en het dienstregelingpatroon
- het beveiligings- en trafficmanagementsysteem

Uitgangspunt voor de toepassing van ATO op de Thameslink-verbinding in Londen is dat de capaciteit kan toenemen van 20 tot 24 treinen per uur per richting. De simulatiestudies voor de Betuweroute, het Groningse regionale netwerk [20] en de SAAL-corridor rond Schiphol [5] geven ook duidelijke capaciteitsverbeteringen aan. Zo leidt met name de verkleining van de buffer- en opvolgtijden in de simulaties tot een mogelijke toename van de beschikbare spoorcapaciteit van ruim 40%, waarvan een deel (circa de helft) aan de toepassing van ERTMS kan worden toegewezen. De dienstregeling kan met ATO verruimd worden dankzij de verlaging van buffer-, halte- en opvolgtijden en het nauwkeuriger rijden en remmen.

Simulaties voor goederentreinen in het kader van de proeven op de Betuweroute geven aan dat op een gemengd traject in aansluiting op de goederenspoorlijn de compressie van de dienstregeling door ATO kan leiden tot 1 extra goederenpad per uur, wat een verbetering van 14% is. Op de dedicated goederenlijn zelf zijn door ATO geen grote capaciteitswinsten te behalen zolang daar de maximum capaciteit niet gebruikt wordt. Het nauwkeuriger uitvoeren van de dienstregeling kan indirect wel tot capaciteitsverbetering leiden op de aansluitende trajecten, waar vertraagde goederentreinen vaak tot grote vertraging van andere treinen leiden en zelf ook door het missen van toegewezen treinpaden een grote vertraging oplopen.

Wanneer een uitbreiding van bijvoorbeeld de Schipholtunnel kan worden vermeden, zullen de financiële baten hiervan ruim kunnen opwegen tegen de investering in ATO. ProRail heeft een analyse gemaakt van de bijdrage die ATO kan leveren aan de vereiste capaciteitsuitbreiding van de Schipholtunnel, zie ook box 5.

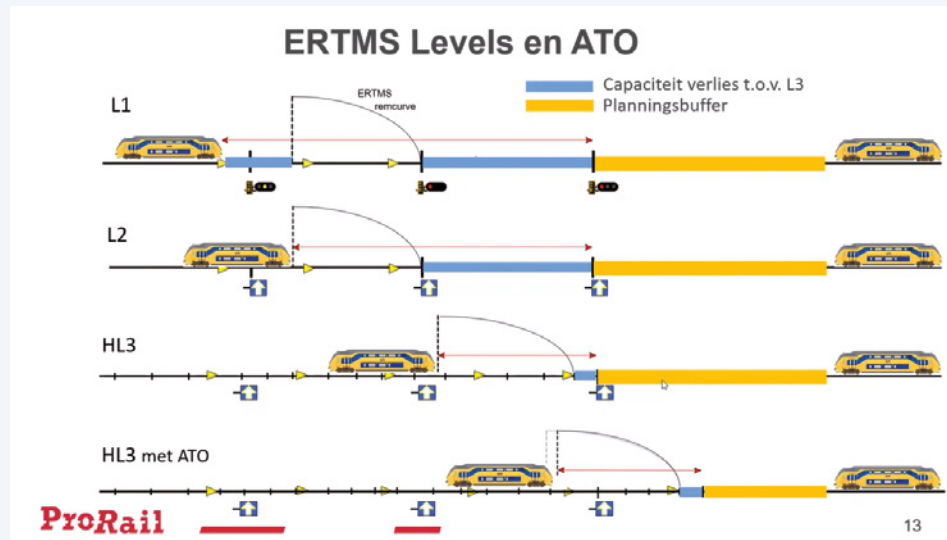
De simulatieonderzoeken zullen nog verder onderbouwd moeten worden met praktijkcijfers. De toepassingen van ATO in het buitenland laten veel potentie zien maar zijn echter nog niet eenduidig.

Uit de onderzoeken en simulaties kan geconcludeerd worden dat door ATO de beschikbare spoorcapaciteit kan toenemen met 20 tot maximaal 40%, afhankelijk van de in het voorgaande genoemde factoren. De combinatie van ATO met het beveiligingssysteem bepaalt een belangrijk deel van het verschil in impact.

Box 4:

DE INVLOED VAN ATO OP DE CAPACITEIT

De belangrijkste bijdrage van ATO aan de capaciteitsverhoging is gelegen in de verlaging van de opvolgtijd tussen twee treinen. Dit wordt met het ERTMS (niveau HL3) al voor een deel bereikt omdat vaste blokafstanden worden vervangen door variabele blokafstanden. De preciezere rijkaracteristieken van ATO maken het mogelijk om de opvolgbuffer te verkleinen. Voorlopige aanname is dat halveren van 60 naar 30 seconden mogelijk zal zijn. Een dergelijke vermindering leidt tot aanzienlijke capaciteitsvergroting. Daarbovenop kan met ATO ook later en harder geremd worden voor extra capaciteitswinst, zoals ook in de onderstaande figuur is weergegeven. De onderste regel geeft weer hoe ATO (onder ERTMS HL3) een additionele winst ten opzichte van alleen ERTMS HL3 levert als gevolg van de kleinere buffer en de kortere remweg.



In de dienstregeling wordt standaard gerekend met een speling op de rijtijden van 8%. Op deze wijze kunnen verschillen in rijkaracteristieken en kleine onregelmatigheden in de dienstuitvoering worden opgevangen. De verwachting is dat de rijtijdspeling met ATO onder ERTMS HL3 verlaagd kan worden naar 4%, wat de capaciteit en reistijden positief zal beïnvloeden. Aandachtspunt bij het verlagen van de rijtijdspeling en planningbuffers is de robuustheid van de dienstregeling, waar wat van de 'lucht' uit wordt gehaald. De verwachting is dat deze robuustheid niet af zal nemen bij een door ATO gerealiseerde rijtijdsplengingsverlaging en opvolgbuffer, omdat ATO mogelijkheden biedt om sneller en preciezer bij te sturen en zo de robuustheid weer te verhogen.

De mogelijke toekomstige aanpassing van de rijspanning van 1.500 naar 3.000 Volt (3kV) heeft tenslotte ook een effect op de rijkaracteristieken, doordat voor 3kV-ontworpen treinen sneller kunnen accelereren. Dit kan in een gemengde dienstregeling tot verkorting van de opvolgtijd leiden. In onderstaande tabel zijn voor de drie verschillende elementen ERTMS, ATO en 3kV de mogelijke winsten samengevat.

winst	minder opvolgtijd	minder halteer-verlooptijd	opvolgbuffer	rijtijdspeling
ERTMS	15 - 30 seconden		van 60 seconden	van 8% naar 4% of
ATO	15 - 30 seconden	10 seconden	naar 30 seconden	mogelijk minder
3kV	5 seconden	15 seconden		

Box 5:
CASE IMPACT ATO OP CAPACITEITSVRAAG SCHIPHOLTUNNEL

De spoortunnel bij Schiphol is één van de belangrijkste capaciteitsknelpunten op het spoornetwerk wanneer de vervoersvraag verder groeit. Een deel hiervan kan worden opgelost door het regionale vervoer Schiphol – Amsterdam op te vangen met het doortrekken van de Noord-Zuidlijn naar Schiphol over nieuwe sporen. Ook met het overhevelen van een deel van het regionale vervoer naar de metro blijft de Schipholtunnel overbelast. Op de relatie Leiden – Schiphol – Utrecht moet het aantal intercity's naar 12 treinen per uur per richting kunnen groeien, net als Rotterdam(Hoofddorp) – Schiphol – Almere/Hilversum via de HSL. Daarnaast zullen een groot aantal sprinters van de tunnel gebruik blijven maken en zijn 4 treinpaden per uur voor de HSL benodigd. De verwachting is dat het maximaal aantal treinpaden dat verwerkt kan worden al binnen 10 jaar kan worden bereikt. Er is onderzocht hoe nieuwe technologische ontwikkelingen, waaronder ATO, kunnen bijdragen aan het oplossen van de extra capaciteitsvraag. Deze vraag is vertaald in benodigde verbeteringen op twee verschillende aspecten: halteerverlies (het tijdsverlies van halteren ten opzichte van het op baanvaksnelheid doorrijden) en opvolgtijd (het aantal treinpaden dat op een spoor gepland kan worden; bijvoorbeeld: als de opvolgtijd op een spoor 3 minuten is, kunnen er $60/3=20$ treinen per uur over dat spoor gepland worden).

Dit heeft de volgende capaciteitseffecten:

- Perronsporen op stations worden korter bezet en er is een betere doorstroming. Stations zijn vaak de plekken waar het eerst tegen de grenzen van de capaciteit wordt aangelopen.
- Het snelheidsverschil tussen sprinters en intercity's wordt kleiner. Daardoor kunnen sprinters en intercity's dichter achter elkaar rijden.

De benodigde verbeteringen op opvolgtijden en halteerverlies volgen uit de aantallen treinen en het spoorgebruik. In totaal zal de Schipholtunnel in het verwachte toekomstscenario 36 treinen per uur per richting moeten kunnen verwerken. Er is gekeken naar wat vereist is aan buffer- en opvolgtijd en wat er met ERTMS (ETCS level 3) haalbaar is en wat de bijdrage is van ATO. De volgende tabel geeft aan dat een extra verkorting van de tijden nodig is:

Type situatie	Voorbeeld	Huidig	ETCS	Benodigd
Opvolgtijd aankomst-aankomst naar ander spoor	buitensporen Shl - buitensporen Asdz toekomstig	3,0 min	2,5 min	2,0 min
Opvolgtijd vertrek-vertrek van verschillende sporen	buitensporen Shl - buitensporen Asdz toekomstig	3,0 min	2,5 min	2,0 min
Opvolgtijd vertrek-aankomst op hetzelfde perronspoor	binnensporen Shl - binnensporen Asdz toekomstig	3,5 min	3,0 min	2,5 min
Halteerverlies		2,2 min	2,2 min	1,2 min

Er zijn twee ATO aspecten die invloed hebben op de capaciteit: preciezer rijden en optimaler remmen/aanzetten. Door het later inzetten van de remming en door preciezer te rijden kan de buffertijd met minimaal 30 seconden worden verminderd met behoud van uitvoeringskwaliteit. Hierdoor levert de combinatie van technische innovaties van ATO, ERTMS, 3kV en TMS de benodigde capaciteitswinst om 36 treinen per uur per richting te kunnen rijden.

Opgemerkt wordt dat deze getallen van toepassing zijn op deze case en dat deze niet direct op andere situaties kunnen worden toegepast vanwege de impact van specifieke omstandigheden op de voordelen bij andere cases.

2. KWALITEIT – REISTIJD, BETROUWBAARHEID EN COMFORT

Kwaliteit omvat verschillende aspecten, waaronder betrouwbaarheid, reistijd en comfort. Een eenduidige kwantificering van de waarde van deze aspecten is niet beschikbaar, maar wanneer reizigers en verladers een betere kwaliteit van het spoorproduct ervaren zal het gebruik ervan toenemen en de kosten per reizigers- en tonkilometer kunnen dalen. De kwaliteitsaspecten hebben onder meer betrekking op de punctualiteit en de robuustheid van de dienstregeling. Als treinen op tijd rijden worden overstaps gegarandeerd en krijgen ontvangers hun goederen op tijd binnen.

Het reduceren van de 30-secondenvertraging is belangrijk voor het vergroten van de capaciteit en voor het verbeteren van de betrouwbaarheid. De simulatiestudies en proeven in Groningen [20] geven aan dat er een verlaging optreedt van 30 tot 40 % van het aantal treinen dat meer dan 30 seconden vertraagd is.

Voor de overstapmogelijkheden is de punctualiteit op 3 minuten het belangrijkste. Deze is in Groningen verbeterd met 1 tot 1,5%. Merk op dat deze waarden sterk kunnen verschillen in andere situaties, wanneer er meer menging van treinsoorten, een andere sporenlayout en dienstregeling is. De punctualiteit in het regionale spoorvervoer is over het algemeen hoger dan in de drukke trajecten in de Randstad, waar het verbeterpotentieel van ATO op de capaciteit en punctualiteit in de randstad navenant groter is.

3. EXPLOITATIEKOSTEN

De exploitatiekosten in de sector zijn opgebouwd uit verschillende onderdelen, die zowel positief als negatief worden beïnvloed door ATO. Voor een belangrijk deel zijn hier nog geen kwantitatieve uitspraken over te doen, er wordt kleinschalig getest en de business cases moeten nog opgesteld worden. In het onderstaande worden de te verwachte besparingen op de exploitatiekosten door de invoering van ATO kort behandeld. De belangrijkste besparingen zijn de kosten per treinkilometer en reductie van personeelskosten.

Het vermijden van snelremmingen, ongeplande stops en het preciezer halteren zal leiden tot minder slijtage aan het materieel en de infrastructuur.

Een besparing op de personeelskosten is te verwachten bij ATO GoA4 of door de inzet van ATO met remote operation (bediening op afstand). Vooralsnog is dit alleen op langere termijn voorzien, o.a. bij goederentreinen op de Betuweroute en bij het automatisch rangeren, waarbij een deel van het werk van de machinist/rangeerder overgenomen wordt door besturing vanaf een centrale locatie. Grootschalige invoering van automatisch rangeren zal dan op de lange termijn tot minder personeelsinzet kunnen leiden.

4. ENERGIEVERBRUIK

De mate waarin ATO het energieverbruik kan terugdringen is afhankelijk van de instelling van de systeemparameters. Wanneer wordt aangestuurd op snel optrekken en afremmen om zo de capaciteit te verhogen zal er een lagere energiewinst te behalen zijn dan wanneer op zuinig rijden wordt aangestuurd. Bij moderne elektrische tractie kan de remenergie worden terug geleverd aan het netwerk, waardoor het negatieve effect van sneller afremmen beperkter is dan bij dieseltractie. Het terugdringen van onnodige stops en snelremmingen heeft in alle gevallen een positieve impact op het energieverbruik.

De grootste energiebesparing kan met ATO bereikt worden wanneer de rijkaracteristieken daarop worden ingesteld. Er is dan wel een trade-off met de capaciteit, want snel optrekken en afremmen is minder energiezuinig. Uit de proeven in Groningen is echter gebleken dat het mogelijk is om zowel sneller als zuiniger te rijden met ATO. De toepassing van ATO in Tsjechië is vooral ingericht op energiezuinig rijden en men rapporteert daar besparingen van 30 tot 40%. Wanneer de instelling ook gericht is op capaciteitsverhoging, zoals in Nederland de bedoeling is, zal de energiebesparing lager zijn.

Een hele globale en voorzichtige inschatting van het energiebesparingspotentieel van ATO in de Nederlandse situatie ligt in de range tussen 5 en 15%, afhankelijk van de in het voorgaande genoemde factoren.

5. VEILIGHEID

De mate waarin ATO kan bijdragen aan de verhoging van de veiligheid op het spoor is afhankelijk van de toepassing en de gebruikte technologieën.

Door gebruik te maken van sensoren, camera's en radar op de trein en langs de baan in combinatie met machine learning zou het mogelijk moeten zijn om sneller obstakels en onregelmatigheden op en rond de spoorlijn te detecteren. Hierdoor kan sneller een noodremming worden ingezet en zal een eventuele aanrijding met een lagere snelheid en dus een lagere impact zijn, of zelfs geheel worden voorkomen. In de automotive industrie hebben dergelijke slimme systemen al hun nut bewezen.

Mogelijk zijn er nog additionele veiligheidsbaten met ATO te behalen onder de verschillende treinbeveiligingssystemen, doordat menselijke fouten kunnen worden uitgesloten. Dit effect geldt met name bij de oudere beveiligingssystemen. Voor de bepaling van de impact hiervan is nog vervolgonderzoek noodzakelijk.

De impact op de verschillende indicatoren wordt in onderstaande tabel samengevat.

Impactcategorie	Elementen/indicatoren	Inschatting impact
Capaciteit	– Halteertijd, opvolgtijd, bufferftijd, rijtjidspeeling	– Afhankelijk van o.a. baanvak, dienstregeling en beveiligingssysteem tussen 10 en 20% meer treinen mogelijk
Kwaliteit	– Punctualiteit – Reizigerscomfort – Reistijd	– Grote verbeteringen in op tijd rijden binnen 30 seconden, kleinere verbeteringen in 3-minuutspunctualiteit – Gelijkblijvend/licht verbeterd reizigerscomfort – Verlaging rijtjidspeeling van 8% naar 4%
Exploitatiekosten	– Onderhoudskosten materieel en infrastructuur – Personeelskosten	– Theoretische besparingen, niet gekwantificeerd – Alleen bij GoA 3 en 4, nog niet gekwantificeerd
Energie	– Elektriciteits- en dieselverbruik	– Afhankelijk van gebruik ATO, tussen de 5% en 15%
Veiligheid	– Snelremmingen – Aanrijdingen	– Afhankelijk van beveiligingssysteem, nog niet bekend – Afhankelijk van toegepaste technieken, nog niet bekend

Tabel 2: Overzicht impact van ATO op verschillende indicatoren

6 INSPANNINGEN VOOR DE REALISATIE



De ontwikkeling en invoering van ATO op het gemengde spoornet is een proces dat lang duurt. ATO GoA2 onder ERTMS is de eenvoudigste implementatie. Hierbij is de snelheid afhankelijk van die van de invoering van dit Europese beveiligingssysteem. In Nederland is ERTMS reeds geïnstalleerd op de Betuweroute, de HSL en twee proefbaanvakken (Amsterdam-Utrecht en de Hanzelijn). De planning is dat in 2032 nog zeven baanvakken met een lengte van in totaal 345 kilometer (ca. 10% van het Nederlandse spoornet) met ERTMS zijn uitgerust. Invoering op de rest van het netwerk zal in de decennia erna plaatsvinden. Voor invoering van ATO onder ATB gelden wellicht andere termijnen. Voor ATO onder ATB zijn meer specifieke inspanningen nodig, waarmee nu begonnen moet worden om van de voordelen van ATO te kunnen profiteren. NS heeft al eerste proeven met ATO onder ATB uitgevoerd.

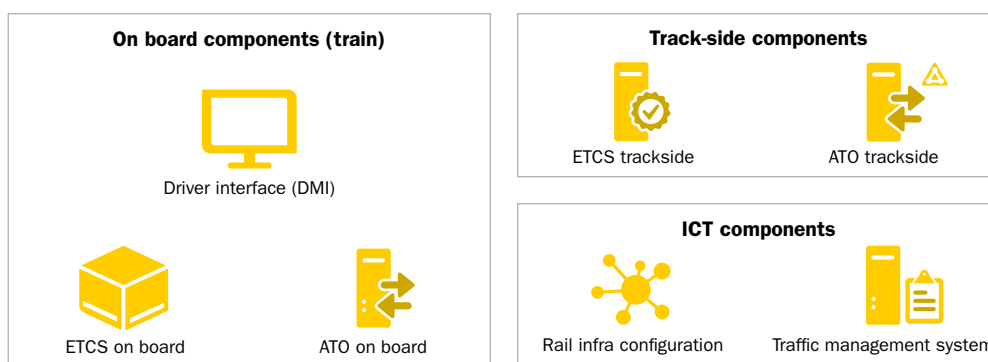
In dit hoofdstuk worden de belangrijkste inspanningen beschreven die nodig zijn voor de invoering van ATO. Daarbij gaat het om zaken als de technische ontwikkeling van systemen, het proces van standaardisatie en certificering, het in kaart brengen van de kosten en baten en aspecten op het terrein van gedrag en wetgeving.

TECHNISCHE ONTWIKKELING VAN SYSTEMEN

Er komen in de wereld meer toepassingen van ATO op het gemengde spoorwegnetwerk in gebruik, maar vanwege de grote diversiteit aan spoor- en beveiligingssystemen kunnen de technieken die zich in de praktijk hebben bewezen niet één-op-één in de Nederlandse situatie worden toegepast.

ATO vereist diverse technische aanpassingen, zoals de installatie van 'kastjes', sensoren, zenders, etc. en veranderingen aan de IT-systemen in zowel de trein als aan de wal. Figuur 6 geeft een vereenvoudigd overzicht van de verschillende technische componenten die in het geval van ATO GoA 2 onder ERTMS benodigd zijn. Wanneer ATO onder ATB wordt toegepast zijn deels andere systemen benodigd. Dat geldt ook voor ATO GoA 3 en GoA 4 en GoA 2 met remote operation, waarbij obstakeldetectie en remote operation functionaliteit moeten worden toegevoegd.

De functionele blokken van ATO worden zo ingericht dat deze in de verschillende toepassingen kunnen worden ingezet, zoals de ATO trackside en ATO onboard componenten en communicatiesystemen tussen trein en infrastructuur.



Figuur 6: Overzicht technische componenten ATO over ERTMS GoA2

De ATO-proeven die tot op heden hebben plaatsgevonden zijn vooral gericht op het beproeven van de verschillende technische componenten om te kijken of de systemen werken zoals bedoeld (*proof of concept*). Alvorens tot invoering op grote schaal over te gaan zal eerst verder moeten worden onderzocht hoe ATO kan worden toegepast binnen de dienstregeling en hoe de koppelingen met de IT-systemen van dienstregeling, infrastructuur en verkeersleiding werken.

Een onderscheid tussen de verschillende ATO-toepassingen is nodig bij prioritering van technische ontwikkeling en de bepaling van de business cases.

STANDAARDISATIE EN CERTIFICERING

Spoorvervoer wordt gekenmerkt door een zeer hoge mate van veiligheid, zeker in vergelijking tot het wegvervoer, waar de bewegingsvrijheid en de menselijke factor veel groter zijn dan in het geval van geleiding van voertuigen op rails. Het spoorstelsel kan alleen veilig functioneren volgens de principes van 'fail safe', wat inhoudt dat in het geval van een storing het stelsel in een veilige modus belandt, wat grote gevolgen heeft voor de capaciteit en betrouwbaarheid. Het proces van standaardisatie en certificering kent een lange doorlooptijd, waarmee rekening gehouden moet worden alvorens tot implementatie kan worden overgegaan.

BUSINESS EN VALUE CASE

ATO kent verschillende voordelen voor de verschillende betrokken partijen, inclusief reizigers en concessieverleners, zoals eerder is beschreven. Voor succesvolle introductie van innovaties is het een voorwaarde dat de baten ook evenredig ten gunste komen aan de partij die de lasten draagt. Als er sprake is van externe baten, zoals bijvoorbeeld het behouden van de concurrentiepositie van de mainports, het verhogen van het aandeel van het spoor vanwege bereikbaarheids- en klimaatdoelstellingen of beperken van het vervoer over de weg, kan de overheid (een deel van) de kosten voor haar rekening nemen. Daarbij is het belangrijk zowel de *business case* voor de individuele marktpartijen als de *value case* voor de samenleving inzichtelijk te hebben. Vanwege de relatie met andere ontwikkelingen en impacts, zoals die van ERTMS, het mogelijk verhogen van de rijspanning naar 3kV en de introductie van een nieuwe traffic management-systeem (TMS), is een maatschappelijke kostenbatenanalyse complex.

Uiteindelijk is voor succesvolle implementatie van ATO een gezamenlijk business model nodig waarin de rollen en belangen van alle direct betrokken partijen voldoende aan bod komen. Hierbij is het belangrijk dat de partijen die een grote rol spelen bij de implementatie en schaling van ATO eigenaarschap nemen.

ACCEPTATIE DOOR MEDEWERKERS EN REIZIGERS

Een ander belangrijk aspect waarmee bij de introductie van ATO rekening gehouden moet worden is niet zozeer gericht op de technische of economische kanten van het systeem, maar op de *human factor*. Het is evident dat de acceptatie van technologie door de gebruikers ervan in hoge mate het succes van de innovatie bepaalt. ATO raakt de werkzaamheden van verschillende spoormedewerkers, zowel op de trein als daarbuiten. De werkzaamheden van de machinist worden het meest beïnvloed door ATO. Zijn/haar taken veranderen in het geval van GoA2 al substantieel ten opzichte van niet-automatisch rijden. Zo verschuift de focus naar meer monitoren in plaats van actief sturen. Er worden op diverse plaatsen onderzoeken gedaan naar de impact van ATO op de werkzaamheden van de machinist. Veel aandacht gaat hierbij uit naar de wisselwerking (interface) tussen mens en machine, die op verschillende manieren kan worden ontwikkeld. Bij ATO op GoA4 niveau is er geen rol meer voor een machinist op de trein, terwijl ook de functie van conducteur daarbij anders wordt wanneer de deurbediening bijvoorbeeld automatisch plaatsvindt. Daarnaast veranderen de werkzaamheden van de operationele medewerkers bij de infrabeheerder en vervoerders, zoals bij de verkeersleiding.

De impact van ATO op de reiziger en omgekeerd is ook onderwerp van studie. In Groningen zijn bij de proeven ook vragen gesteld aan de reizigers over comfort en veiligheidsbeleving. De verwachting is dat ATO op GoA2 niveau nog geen grote wijzigingen in de reizigersbeleving gaat geven, maar wanneer treinen machinistloos zouden gaan rijden kan dat anders zijn, omdat reizigers nog niet gewend zijn aan treinen zonder machinist. Verder onderzoek naar deze gedragsaspecten is van belang bij het vervolg van de proeven en implementatie van ATO, waarbij mogelijk geleerd kan worden van al in bedrijf zijnde volledig autonome metrosystemen

JURIDISCHE ASPECTEN

Voor de toepassing van ATO is mogelijk aanpassing van de wetgeving nodig omdat er in de huidige wet- en regelgeving nog onvoldoende rekening mee is gehouden en er momenteel alleen op basis van tijdelijke ontheffingen proeven gedaan worden. Vanuit Noord-Nederland is er het verzoek gedaan aan de rijksoverheid om bij wet- en regelgeving te verschuiven van ontheffing ('rule based'; niks mag, tenzij...) naar regulering ('risk based'; alles mag, mits...).

ATO kan leiden tot verandering van de verantwoordelijkheden tussen infrabeheerder en vervoerders, wat ook aanpassing van wetgeving, zoals de regeling spoorverkeer en de WP2000, met zich mee kan brengen. Bij de invoering van ATO GoA 3 en 4 op het spoor is, net als bij de andere modaliteiten, ook aandacht nodig voor de wettelijke inkadering van de aansprakelijkheid. Bijvoorbeeld in het geval van een aanrijding op een overweg dient vooraf bepaald te worden wat de juridische consequenties kunnen zijn. Voor een deel zal deze op jurisprudentie worden gebaseerd, maar voordat deze aanwezig is zullen in nationale en internationale wet- en regelgeving aanpassingen nodig zijn om automatisch rijden te faciliteren. Hiertoe zullen in het vervolgprogramma, parallel aan de technische ontwikkelingen, ook acties in gang gezet dienen te worden.



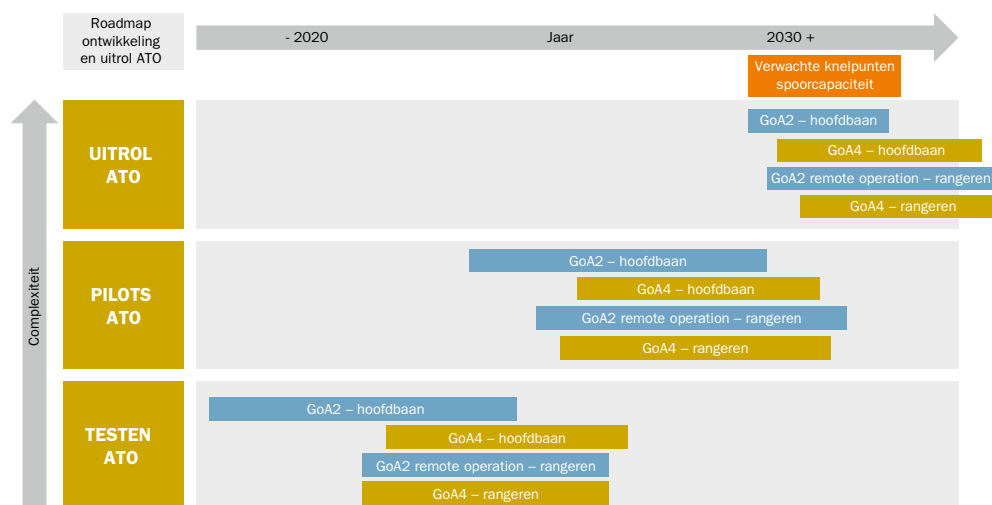
© ProRail/Stefan Verkerk

7 ROADMAP



Zoals in dit paper aangegeven zijn recent in Nederland verschillende testen met ATO GoA level 2 uitgevoerd. Deze testen waren met name gericht op de vraag of ATO technisch goed werkt en welke directe impact het gebruik van ATO heeft bij het gebruik ervan op de hoofdbaan, zowel met reizigerstreinen als met goederentreinen. Enkele voorgenomen testen zijn nu in ontwikkeling, deze richten zich op de inzet van ATO voor het rangeren van reizigerstreinen en goederentreinen.

Om tot volledige uitrol en implementatie van ATO te komen zal naast ontwikkeling van nieuwe concepten verder getest en geëxperimenteerd moeten worden. In eerste instantie via testen van (onderdelen van) ATO in vereenvoudigde situaties voor korte periodes, in tweede instantie via pilots voor de (volledige) toepassing van ATO over langere periodes in steeds meer complexe situaties die de reguliere omstandigheden benaderen. In deze testen en pilots wordt kennis opgebouwd rond alle elementen (technologie, organisatie, acceptatie, wet- en regelgeving) die nodig zijn voor de succesvolle implementatie van ATO. In figuur 7 is de globale roadmap voor de verwachte ontwikkeling van ATO met een overzicht van testen, pilots en uitrol opgenomen.



Figuur 7: Roadmap voorziene testen, pilots en uitrol van ATO

Uit de capaciteitsanalyses blijkt dat de inzet van ATO rond 2030 nodig is om de huidige beschikbare capaciteit beter te benutten. Ook voor een goede concurrentiepositie van het spoor is de inzet van ATO rond 2030 nodig, gegeven verwachte innovatieve ontwikkelingen de komende tijd bij het wegvervoer. Dit lijkt nog lang te duren. Uit vergelijkbare innovatieve trajecten, zoals die rond ontwikkeling en implementatie van ERTMS op het spoor of autonoom rijden op de weg, blijkt dat dit soort trajecten vaak veel langer duren dan gepland. Daarom is essentieel dat de huidige activiteiten rond ATO in stevig tempo doorgezet worden om ATO ook daadwerkelijk rond 2030 te kunnen implementeren.

De roadmap laat de ontwikkelingen op het gebied van testen, pilots en de uitrol op korte en lange termijn zien. Voor de uiteindelijk succesvolle implementatie van ATO op de lange termijn is één specifieke ontwikkeling op de korte termijn cruciaal: de ontwikkeling van een collaboratief business model [21]. Zoals bij veel innovatieve ontwikkelingen zijn er ook rond ATO veel potentiële barrières: onzekerheden rond technologie, verschillende mogelijke ontwikkelingen, focus op eigen organisatie bij partijen, onduidelijkheid over voordelen en kosten en verdeling hiervan, te veel focus op succes van pilot in plaats van op implementatie in de praktijk [22], verandering in omstandigheden en veranderingen in beleid. De ontwikkeling van een collaboratief business model met alle betrokken stakeholders (bedrijven en overheden) helpt om deze barrières te voorkomen, gezamenlijke waarde van ATO tussen en voor al deze partijen te creëren en betrokkenheid en eigenaarschap te realiseren. De gezamenlijke ontwikkeling van een collaboratief business model met alle relevante stakeholders moet op korte termijn gebeuren en helpt om de vervolgstappen op de roadmap te realiseren.

8 CONCLUSIE



De mobiliteit in Nederland groeit de komende decennia fors. Met de huidige ontwikkelingen op het spoor kan deze groei niet gefaciliteerd worden vanwege verwachte capaciteitsknelpunten. Automatisch rijden met treinen is een veelbelovende ontwikkeling die rond 2030 nodig is om de beschikbare spoorinfrastructuur beter te benutten en de concurrentiepositie van het spoor voor zowel reizigers als goederen te verbeteren. Om ATO op deze termijn te realiseren en knelpunten te voorkomen moet op korte termijn stevig worden ingezet op deze ontwikkeling.

Het belang van ATO voor de mobiliteit is groot:

- Uit capaciteitsanalyses blijken op diverse trajecten – zoals Schiphol en Utrecht-Arnhem – rond 2030 capaciteitsknelpunten te ontstaan. Met ATO kan de huidige beschikbare capaciteit beter benut worden en kunnen deze knelpunten opgelost worden zonder dure en tijdrovende uitbreidingen van de infrastructuur.
- De concurrentiepositie van het spoor komt onder druk te staan door innovaties in het wegvervoer op het gebied van digitalisering, automatisering en verduurzaming.
- Vanuit duurzaamheidsambities in de Europese Green Deal en het Klimaatakkoord in Nederland is er veel aandacht voor een modal-shift van de weg naar het spoor. Deze verschuiving vindt echter alleen plaats als spoor een aantrekkelijk alternatief is ten opzichte van het wegvervoer.
- Inzet van ATO leidt onder andere tot verlaging van de kosten, meer capaciteit en een verhoging van de betrouwbaarheid, waardoor de concurrentiepositie van het spoor verbetert.

Zowel in Nederland als in het buitenland wordt hard gewerkt aan de ontwikkeling van ATO. De potentiële waarde van ATO op bovenstaande punten wordt door ProRail, vervoerders en andere stakeholders in binnen- en buitenland onderschreven.

Tegelijkertijd zijn er nog verschillende onzekerheden rond de ontwikkeling en implementatie van ATO. Daarom is op korte termijn verder onderzoek nodig. Op basis van simulaties, testen en pilots zal de optimale werking van ATO bepaald moeten worden. Tevens zullen deze analyses gebruikt worden om de waarde voor alle stakeholders steeds concreter aan te tonen.

Het is belangrijk met alle relevante stakeholders, waaronder ProRail, het ministerie van I&W, concessieverleners en vervoerders (reizigers en goederen), een gezamenlijk business model te ontwikkelen. Hiermee wordt o.a. de gezamenlijke waarde van ATO voor alle partijen inzichtelijk. Dit is cruciaal voor een succesvolle implementatie van ATO in een complexe multi-stakeholder omgeving.

Kortom, met Automatic Train Operation wordt een cruciale stap gezet op het gebied van automatisering in het spoor waarmee:

- de capaciteit verhoogd wordt met minder grote infrastructurele uitbreidingen;
- een bijdrage wordt geleverd aan de klimaatdoelstellingen;
- de concurrentiepositie van het spoor verbetert door o.a. lagere kosten, betere betrouwbaarheid en minder energieverbruik.

Daarmee lijkt ATO met recht een gamechanger en een noodzakelijke verbetering voor de toekomst van het spoor!

BRONNEN

- [1] The logistics trend radar, DHL, 2020
- [2] Rail Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA), ERRAC, 2020
- [3] Joint declaration of intent on the cooperation in promoting rail freight operations, JDol, 2019
- [4] Automatic train operation, Driving the future of rail transport, 2018
- [5] Het capaciteitseffect van ATO, Uitwerking casus Schiphol die de capaciteitsvraag en de ATO capaciteitseffecten bij elkaar brengt, ProRail, 2020
- [6] Macro-economische verkenning, van sociaaleconomische scenario's naar een toekomstvast spoornet, ProRail, publicatie verwacht in 2021
- [7] Waarom ATO, wat is het en wat verwachten we ervan, ProRail, 2020
- [8] <https://www.delaatstemeter.nl/kennisnetwerken/vlw-ronde-tafel-over-corona-en-goederenvervoer-optimistisch-maar-voorzichtig/>
- [9] Connected Automated Driving Roadmap, ERTRAC, 2019
- [10] Impactstudie autonome voertuigen, Provincie Noord-Holland, Vervoerregio Amsterdam, TNO en Arcadis, 2018
- [11] The impact of emerging technologies on the transport system, European Parliament, CE Delft and TNO, 2020
- [12] Succesvolle mobiliteitstransitie met adaptieve reisbegeleiding, mobiliteitstransitie vraagt om beleidsmatig navigeren naar gewenste maatschappelijke bestemming, TNO, 2020
- [13] Truck platooning, Driving the future of transportation, TNO, 2015
- [14] <https://www.reuters.com/article/us-einride-autonomous-sweden/driverless-electric-truck-starts-deliveries-on-swedish-public-road-idUSKCN1SL0NC>
- [15] Route 2030: The fast track to the future of the commercial vehicle industry, McKinsey, 2018
- [16] <https://www.ad.nl/auto/zware-trucks-op-waterstof-gaan-in-los-angeles-de-weg-op~a9548009/>
- [17] <https://www.accenture-insights.nl/en-us/articles/uberization-logistics-uber-platform-transport>
- [18] How to optimize train performance during delays with the use of intelligent automation, N.A.K. de Mooij, Eindhoven 2018
- [19] ERTMS/ETCS Hybrid Level 3 and ATO, R. Vergroesen, Delft 2020
- [20] Eindrapportage ATO-verkenning Groningen, ProRail 2020
- [21] Collaborative business models for transition, TNO, 2020
- [22] Paradox van de proef, verbinden van leren met reguliere in- en uitvoering, Twynstra Gudde, 2017

WOORDENLIJST

ATB	Automatische Trein Beïnvloeding
ATO	Automatic Train Operation
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System
GoA	Grades of Automation
ITS	Intelligent Transport Systems
JDol	Joint Declaration of Intent
PHS	Programma Hoogfrequent Spoor
TEV	Tractie-energievoorziening
TMS	Traffic Management Systemen
WLO	Welvaart en Leefomgeving
3kV	3.000 Volt

› AUTEURS

Jaco van Meijeren
Paul van de Lande

Commissioned by ProRail:
Johanna Knijff