

## Smart vehicles, smart traffic

***Citation for published version (APA):***

Nijmeijer, H., Martens, M., & van Arem, B. (2014). Smart vehicles, smart traffic: naar een nieuwe mobiliteit. In *Agenda voor Nederland* (blz. 14-19). Technische Universiteit Eindhoven.

***Document status and date:***

Gepubliceerd: 01/01/2014

***Document Version:***

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

***Please check the document version of this publication:***

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

***General rights***

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

***Take down policy***

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.





# SMART VEHICLES, SMART TRAFFIC: NAAR EEN NIEUWE MOBILITEIT

Prof.dr. Henk Nijmeijer, prof.dr. Marieke H. Martens, prof.dr.ir. Bart van Arem

In ons kleine en drukke Nederland is vlot en veilig verkeer belangrijk. Daarin is nog veel te verbeteren. Nederlanders staan samen zo'n 43 miljoen uur per jaar in file, het equivalent van 26 duizend full-time banen. Het aantal verkeersdoden neemt af, maar het aantal ernstig gewonden neemt juist toe. Emissies door rijdend en stilstaand verkeer zorgen op veel plaatsen voor een slechte luchtkwaliteit. Afgezien van immateriële schade kost dit jaarlijks zo'n 20 miljard Euro.

De toepassing van innovatieve technologie – de auto wordt meer en meer een 'iPad op wielen' – zal leiden tot ingrijpende veranderingen in het vervoer van mensen en goederen. Te denken valt aan systemen die de bestuurder helpen ongevallen te vermijden, systemen die leiden tot betere afwikkeling van verkeersstromen en de invoering van mobiliteit als dienst.

Onder de noemer **cooperative and autonomous mobility** is een reeks van nieuwe technologische ontwikkelingen ingezet, die de wegcapaciteit, verkeersveiligheid en het comfort zullen verhogen. Coöperatief rijden focust op mobiliteit waarin de weg, voertuigen en weggebruikers onderling informatie uitwisselen. Dit kan een bijdrage leveren aan het verhogen van de wegcapaciteit doordat voertuigen dezelfde snelheid aannemen en dichter op elkaar kunnen rijden in een 'treintje'. Coöperatief rijden is sterk in ontwikkeling en bepaalde vormen worden al grootschalig toegepast, zoals navigatiesystemen die meten hoe snel auto's rijden en zo andere auto's waarschuwen voor files op de route.

## SMART VEHICLES, SMART TRAFFIC: NAAR EEN NIEUWE MOBILITEIT

*Autonomous Mobility* of automatisch rijden is gericht op mobiliteit waarin de beweging van voertuigen steeds verder wordt geautomatiseerd. Automatisch inparkeren en de automatische noodstop zijn bekende voorbeelden. *Adaptive Cruise Control* gebruikt een sensor om automatisch de snelheid en volgafstand van een voertuig te regelen; deze is al op zo'n 5% van de nieuwe voertuigen aanwezig en is een kleine stap richting een verdere automatisering van autorijden. Er bestaan hoge verwachtingen met betrekking tot het veiliger en efficiënter maken van mobiliteit door automatisch rijden.

Coöperatieve en automatische mobiliteit hebben veel met elkaar te maken, maar zijn duidelijk verschillende concepten. Coöperatieve voertuigen kunnen door draadloze communicatie elkaars informatie over snelheid en versnelling gebruiken om op korte afstand van een voorganger te rijden. Autonome voertuigen zoals de Google-car hebben geen draadloze communicatie met andere voertuigen of de wegwijk. De belangrijkste winst is te halen in de combinatie van coöperatieve en automatische mobiliteit; door de sterke punten van beide te combineren. Door coöperatief rijden kunnen auto's heel dicht achter elkaar rijden, waarmee de wegcapaciteit en doorstroming wordt vergroot. Door automatisch rijden kan het comfort en efficiëntie worden vergroot. De mens blijft daarbij de centrale factor: hij of zij kiest zelf waar en wanneer technologie hem of haar zal ondersteunen in het verkeer.

### **Veiliger, sneller en groener**

Nederland is als dichtbevolkt land en belangrijke Europees knooppunt in transport en logistiek gebaat bij een goed functionerend mobiliteits-systeem met zo min mogelijk files en vertraging. Voor de komende jaren liggen er tenminste drie belangrijke uitdagingen.

- **Veiligheid:** hoe kunnen we het aantal verkeersdoden en -gewonden verder omlaag brengen; daarbij is met name aandacht nodig voor bescherming van kwetsbare verkeersdeelnemers zoals voetgangers en fietsers en jongeren en ouderen in het vernieuwende verkeer.
- **Doorstroming:** hoe kunnen we met een gelijkblijvende capaciteit aan wegen een betere en snellere verplaatsing realiseren?
- **Emissies en brandstofverbruik:** hoe kan zowel in steden als daarbuiten een groenere mobiliteit gerealiseerd worden?

In de afgelopen decennia lag de nadruk op aanpassingen in de infrastructuur: meer en bredere wegen voor wegcapaciteit, overzichtelijke situaties en ongelijkvloerse kruisingen voor veiligheid, betere geleiding van verkeer langs hoofdadars, busbanen en beperking van autoverkeer in binnensteden voor betere doorstroming en beperking van emissies. Het aanpassen van de infrastructuur kent echter veel beperkingen: het is kostbaar en legt beslag op schaarse ruimte. De maatregelen van de toekomst moeten gezocht worden in het slimmer gebruiken van de bestaande capaciteit.

Toenemende verstedelijking en metropoolvorming, het economisch belang van mainports als Schiphol en de Rotterdamse haven, de toenemende vraag naar mobiliteit door groei van de economie en schaarse middelen en ruimte voor het uitbreiden van de fysieke infrastructuur onderstrepen de cruciale betekenis van een slimme, efficiënte en veilige mobiliteit van personen en goederen. Coöperatieve en automatische mobiliteit worden internationaal gezien als dé manier om daarin duurzaam te voorzien. De uitdaging om dit daadwerkelijk te realiseren is groot. Auto's worden slimmer, maar het slimmer maken van auto's is maar één onderdeel van

de oplossing. Een aantal belangrijke vraagstukken zal in ieder geval opgelost moeten worden:

Door voertuigen onderling en met de wegwagent te laten communiceren kan de kans op ongelukken sterk worden gereduceerd. Zeker wanneer voertuigen dicht op elkaar 'platoonen', een treintje vormen, kan de wegcapaciteit aanmerkelijk worden vergroot. Zaken als 'coöperatieve adaptive cruise control (CACC)' zijn hierin het begin. Zeker wanneer niet alleen het voertuig, maar ook de wegwagent 'slim' wordt, kan deze ontwikkeling worden versterkt.

In tegenstelling tot coöperatieve voertuigen, is een autonoom voertuig niet afhankelijk van informatie van andere weggebruikers of de wegwagent. Autonome systemen als 'Traffic Jam Assistant' en automatisch inparkeren verhogen het comfort en veiligheid van de reizigers, maar omdat deze systemen niet communiceren en nog niet zo snel en adequaat als mensen kunnen reageren, kunnen ze in druk verkeer tot instabiliteit leiden. Dit geldt ook voor een camera-gebaseerd systeem van 'adaptive cruise control (ACC)', dat op basis van beelden de afstand tot de voorligger regelt.

De eisen die de gebruiker en ook de overheid aan personenauto's, bedrijfswagens en vrachtwagens stellen, veranderen voortdurend. Deze vraag is een belangrijke motor voor innovatie, zeker als het gaat om comfort en milieuvriendelijkheid. Bij de ontwikkeling van automatische en coöperatieve mobiliteit is het nodig dat de overheid een belangrijke facilitator is door de juiste eisen te stellen. De eis van de EU dat in 2016 in elke vrachtwagen een noodstop is ingebouwd, is een voorbeeld daarvan. Ook in het slimmer maken van de wegwagent is de overheid, als beheerder van de wegeninfrastructuur, een bepalende partij.

De komende decennia zal 'oude' en nieuwe technologie naast elkaar bestaan. Dit brengt extra uitdagingen met zich mee. Coöperatieve en automatische voertuigen zullen de weg delen met handbestuurde auto's, brommers en fietsen, en voetgangers. Naast de technische uitdaging om die complexiteit aan te kunnen, is nog niet bekend hoe andere weggebruikers reageren op deze nieuwe voertuigen. Daarbij ontstaan ook nieuwe ethische en juridische vragen: wie is aansprakelijk bij ongevallen? In hoeverre mag van het systeem worden verwacht dat het anticipeert op onjuist weggebruik van anderen?

Mensen zijn adaptieve wezens die zich aanpassen aan veranderende omstandigheden. Omdat dit ook geldt bij de invoering van coöperatieve en automatische mobiliteit, is het van belang hier goed naar te kijken. Zo zal men bijvoorbeeld risico's anders inschatten en wellicht meer risico's nemen, omdat men in een 'slim' voertuig rijdt. Naarmate men minder 'zelf' doet in de auto, kunnen vaardigheden verloren gaan en zijn juist nieuwe vaardigheden nodig bij het overschakelen van en naar een automatisch systeem. Ook spelen hier issues rondom acceptatie en awareness: worden de nieuwe mogelijkheden omarmd en begrijpt men goed wat het systeem wel en niet kan, en waar de eigen verantwoordelijkheid liggen?

Verkeersproblemen als files, slechte luchtkwaliteit en onveiligheid ontstaan voor een belangrijk deel op de interface tussen het stedelijke en landelijke wegennet. Coöperatief en automatisch rijden moeten dus niet alleen voor de snelweg ontwikkeld worden, maar moeten ook in omgevingen met een enorme complexiteit en diverse weggebruikers kunnen presteren, zoals op knooppunten en in de stad.

## SMART VEHICLES, SMART TRAFFIC: NAAR EEN NIEUWE MOBILITEIT

### Mobiliteit als business

Vanzelfsprekend is een veilige, schone en snelle mobiliteit een voorwaarde voor het functioneren van de open economie en het logistieke knooppunt dat Nederland is. Daarnaast heeft Nederland een aantal cruciale spelers in de ontwikkeling van technologie voor coöperatieve en automatische mobiliteit binnen de landsgrenzen: NXP (sensoren), TomTom, HERE (navigatie en kaarten), ImTech (coöperatief verkeersmanagementsystemen) en gespecialiseerde software providers (software/algoritmen). Samen met andere toeleveranciers in de automotive industry kunnen deze bedrijven een vooraanstaande rol spelen in de ontwikkeling van smart vehicles en smart traffic.

Met de sterke traditie van publiek-private samenwerking is er sprake van een sterk innovatie-ecosysteem dat de toepassing van coöperatieve en automatische voertuigen en methodieken tot een succes kan maken. Nauwe banden met de grote automotive bedrijven zoals DAF, Volkswagen, Toyota, Ford, en BMW maken Nederland bij uitstek geschikt om als *proeftuin* te fungeren. Ook de Nederlandse overheid en wegbeheerders hebben een belangrijke en actieve rol in de uitdagingen rond een goed en duurzaam mobiliteitssysteem, o.a. door het weren van zwaar vrachtverkeer in binnensteden, stimulering van elektrische voertuigen, verbetering van openbaar vervoer etc. Nederland heeft bovendien een sterke traditie in het beter benutten van het bestaande mobiliteitssysteem door het gebruik van geavanceerde technologie.

De voorwaarden om een leidende rol te spelen in de ontwikkeling van slim vervoer en banen te scheppen zijn dus aanwezig. Daarbij hebben we dan nog niet de talrijke mogelijke vernieuwingen in de logistieksector meegenomen, zoals efficiënt beheer van wagenparken,

'just-in-time'-transport, nieuwe businessmodellen en een hogere productiviteit per vervoermiddel.

### ICT en mechatronica vormen een sterke kennisbasis

Binnen het sterke innovatie-ecosysteem speelt het hoogwaardig onderzoek aan de drie technische universiteiten, TNO en elders een belangrijke rol. Dit onderzoek kenmerkt zich door een sterke traditie van samenwerking en richt zich op vrijwel alle terreinen die nodig zijn voor het ontwikkelen van de benodigde technologie:

- Sensoren en actuatoren in voertuigen en infrastructuur
- Intelligente algoritmen in voertuigen/software
- Intelligente algoritmen voor verkeersmanagement, mobiliteitsmanagement, vraagafhankelijk vervoer, goederenvervoer en logistiek
- ICT, big (en open) data en beveiligingstechnieken
- Man-machine interaction in smart vehicles en smart traffic voor optimale systeemprestatie

Binnen de 3TU en TNO worden de uitdagingen op deze vlakken integraal benaderd, gekoppeld aan concrete problemen en met ruime aandacht voor theoretische en methodische aspecten. Met een intensieve interactie tussen kennisinstellingen en industriële partijen, en waar nodig met voldoende stimulering vanuit de overheid, heeft Nederland ideale condities om bij te dragen aan de ontwikkeling en uitrol van smart vehicles en smart traffic. Internationale samenwerking vindt plaats via internationale organisaties zoals IEEE, 's werelds grootste organisatie voor technologieontwikkeling, de Amerikaanse Transportation Research Board (TRB) en via projecten met andere internationale kennispartners.

Zoals gezegd, liggen er op niet-technologisch gebied ook grote uitdagingen: hoe gedragen de gebruikers zich en hoe is de interactie met andere weggebruikers? Wat betekent het voor planning van infrastructuur en welke invloed heeft het op verkeersmanagement? Ook deze vragen zullen in de toekomst opgepakt moeten worden.

### **Coöperatieve en autonome mobiliteit**

In 2030 zal de verkeersinfrastructuur van Nederland er anders uitzien: onze auto's en vrachtwagens communiceren met elkaar en met de wegkant, we plannen efficiënt onze reis, houden het overzicht, doen moeilijke manoeuvres, behoeden ons voor ongelukken en zorgen samen voor minder files en uitstoot. De matrixborden zijn niet meer nodig: het aantal files zal lager zijn en bovendien krijgt men de informatie rechtstreeks in de auto. Het stuur en het gaspedaal kunnen losgelaten worden als de auto zich aansluit in een treintje van auto's die dezelfde route volgen. Betrouwbaar, schoon, veilig en efficiënt, dat is het mobiliteitssysteem in 2030.

Om daar te komen zijn al flinke stappen gezet: het technologisch onderzoek heeft al veelbelovende concepten in ontwikkeling en Nederland heeft zich opgeworpen als test-site voor nieuwe mobiliteitsconcepten. Naast test-sites in Nederland wordt de 'ITS-corridor' Rotterdam-Frankfurt-Wenen samen met Duitsland en Oostenrijk ontwikkeld als living lab voor coöperatief rijden.

Maar er zijn nog veel stappen te zetten. Allereerst in het onderzoek zelf: sensortechnologie, communicatiemechanismen, big data, algoritmes voor verkeersmanagement en interactie tussen mechanica en datastromen. Kortom: de beheersing van de complexiteit van datastromen, de vertaling daarvan in de aansturing van het voertuig en het bieden van een

goed werkend mobiliteitssysteem op het niveau van het voertuig, groepen van voertuigen en het systeem als geheel.

Daarnaast liggen er buiten de technologie nog vele urgente vragen, variërend van de noodzakelijke keuzes voor standaarden in de industrie en op te leggen regels voor communicatie tussen auto's, tot aan juridische kaders voor aansprakelijkheid en privacy. Worden deze zaken niet gerealiseerd, dan zullen grote investeringen in innovatie niet gerealiseerd worden.

De mens blijft centraal staan. Ook op dat vlak liggen nog vele fundamentele vragen. Hoe gaan we om met automatische "robotauto's"? Zal het ons gedrag sterk beïnvloeden en onze kijk op mobiliteit doen veranderen? De gebruiker zal voor een belangrijk deel de innovatie aansturen. Ook daarom is het nodig om de burger en maatschappelijke organisaties in deze ontwikkelingen te betrekken.

In de komende 15 jaar zal er hard gewerkt moeten worden aan deze vernieuwingsopgave. Vormen van coöperatief rijden en automatisch rijden zullen hand in hand moeten gaan om tot optimale oplossingen te komen. Een slimme combinatie van technologische ontwikkeling, industriële productie, maatschappelijke regelgeving en acceptatie door gebruikers kan dat bewerkstelligen. Hoe snel de ontwikkeling ook zal gaan, het transitieproces is een uitdagend een langdurig proces: de levensduur van voertuigen is immers zo'n 17 jaar.