

De mogelijkheden van intelligente voertuigen

# Goed voor veiligheid, rijgedrag en milieu

Met intelligente voertuigen is het mogelijk om het verkeer niet alleen op verkeersstroomniveau maar ook op het niveau van individuele voertuigen te begeleiden. Dat biedt zicht op een verbeterd veiligheidsniveau, een betere verkeersprestatie, meer betrouwbaarheid en minder negatieve gevolgen voor het milieu. In het Transumo-project *Intelligent Vehicles* zijn die mogelijkheden nader onderzocht.

**T**ransumo is een platform van bedrijven, overheden en kennisinstellingen die gezamenlijk kennis ontwikkelen op het gebied van duurzame mobiliteit. Die kennisontwikkeling vindt plaats in bijna dertig verschillende projecten. Een zo'n (inmiddels afgerond) project is *Intelligent Vehicles*. De algemene doelstelling was om in-cartelematica als een baanbrekende technologie te gebruiken om de kwaliteit van reizen en duurzaam wegverkeer te verbeteren en de mogelijkheden van in-cartelematica te waarderen in termen van veiligheid, doorstroming, betrouwbaarheid en milieu.

De uitgangspunten van het *Intelligent Vehicles*-project waren als volgt:

- Partnerschap aangaan tussen industrie, overheid en kennisinstellingen.
- Ervaring opdoen met in-carsystemen in interactie met verkeersmonitoring en verkeersmanagementsystemen.
- Leren omgaan met transitities zoals het mengen van oude en nieuwe technologieën en de confrontatie van allerlei – soms tegenstrijdige – belangen van actoren.
- Synergieën bereiken met bestaande (inter)nationale projecten.

Het project richtte zich vooral op de rol van de bestuurder en het modelleren van die rol in een simulatieomgeving voor het ontwerpen, voorspellen en evalueren van effecten, op in-carintelligentie (zowel geïntegreerde autonome regelingen als bestuurdersondersteunende systemen) en op het uitwerken van een voorbeeld businesscase voor in-carintelligentie.

Vanuit de kennisinstellingen hebben TNO, TU Delft, Universiteit Twente en de SWOV deelgenomen aan het project, vanuit het bedrijfsleven ST-Software en STOK (Stichting ter Ontwikkeling

Kilometer-verzekeren) en vanuit de overheid was er samenwerking met het Wegen naar de Toekomst-project *De Rij-Assistent*.

## Opzet project

Het project *Intelligent Vehicles* was opgezet rond twee pilots, de zogenaamde private pilot en de professionele pilot.

De *private* pilot was gericht op effecten en transitie- en implementatieaspecten van toepassingen van Advanced Driver Assistent Systems (kortweg ADAS) voor de private markt. Doel van dit onderdeel was meer inzicht te krijgen in het functioneren van voertuigen die met bestuurdersondersteunende systemen zijn uitgerust: welke effecten heeft dat op doorstroming, leefkwaliteit en verkeersveiligheid? Er rijden wel voertuigen op de weg die zijn uitgerust met Adaptive Cruise Control (ACC) of Lane Departure Warning Assistant (LDWA), maar nog in relatief kleine aantallen. De pilot was gericht op het onderzoeken van combinaties van systemen die niet alleen potentie hebben op het gebied van rijcomfort maar ook op het gebied van verkeersmanagement, veiligheid en milieu. Binnen de pilot zijn combinaties van ACC met Stop & Go onderzocht, ACC met Lane Keeping, ACC met friction monitoring (gladheid) en geavanceerde navigatiesystemen met voertuig-infrastructuur- of voertuig-voertuigsystemen. Als voorbeeld: ACC kan wel comfortabel zijn voor de bestuurder, maar kan het ook helpen de files op te lossen en de lucht schoner te maken? En hoe zorg je ervoor dat zulke systemen op de markt komen?

Het doel van de *professionele* pilot was om te onderzoeken in hoeverre variabele verzekeringskosten kunnen worden ingezet om de routekeuze van professionele bestuurders zodanig te beïnvloeden dat de verkeersveiligheid wordt bevorderd. Dit is uitgewerkt in een 'veiligste route'-functionaliteit die toegevoegd is aan een in-carnavigatiesysteem met een financiële prikkel voor



*Figuur 1: De rijsimulatoropstelling zoals gebruikt bij het testen van de File-assistent en bij onderzoek naar gedrag van bestuurders op kruispunten.*

individuele bestuurders om de veiligste route ook daadwerkelijk te volgen.

Het belang van in-car technologieën neemt de komende jaren alleen maar toe. Bestaande methoden en technieken voor de evaluatie van effecten in termen van verkeersafwikkeling, veiligheid en milieu dienen te worden uitgebreid om effecten van nieuwe in-car technologieën goed en betrouwbaar in te kunnen schatten. De noodzakelijke uitbreiding van methoden en technieken werd gerealiseerd in diverse deelprojecten rondom de twee genoemde pilots, met onder andere rijsimulatorstudies, empirische praktijkproeven, aanpassingen van verkeersstroommodellen (zoals ITS Modeller, een modelleerraamwerk waarmee in-carsystemen en coöperatieve systemen kunnen worden ontwikkeld, uitgetest en geëvalueerd op verkeersstroomeffecten, verkeersveiligheid en milieu - Klunder & Faber, 2009) en stakeholderanalyses met behulp van vragenlijsten en workshops (Walta, Marchau, Walker & Brookhuis, 2007).

### Enkele resultaten

Het is voor dit artikel ondoenlijk om alle resultaten te bespreken. We beperken ons daarom tot enkele interessante highlights.

#### De File-Assistent

Een voorbeeld van een toepassing van nieuwe in-car technologie is de File-Assistent. Deze is ontwikkeld en getest in een rijsimulator (zie Figuur 1) om effecten op rijgedrag, werkbelaasting en acceptatie te onderzoeken. De ITS Modeller is ingezet om de verkeerskundige effecten te evalueren (Van Driel, 2007).

De File-Assistent waarschuwt de bestuurder bij het naderen

van een file, helpt de bestuurder via een actief gaspedaal tijdig snelheid te verminderen en neemt in de file het regelen van de snelheid en van de afstand tot de voorligger over. Verkeerssimulaties laten zien dat als 10% van de voertuigen is uitgerust met een File-Assistent de totale verliestijd in de file (bijvoorbeeld bij een versmalling van 4 naar 3 rijstroken) al met 30% afneemt. Als 50% van de voertuigen is uitgerust, is de afname zelfs 60%. Een File-assistent maakt het verkeer dus daadwerkelijk vlotter, veiliger en comfortabeler.

#### De Rij-Assistent

In de praktijkproef met de Rij-Assistent reden negentien voertuigen uitgerust met Adaptive Cruise Control en Lane Departure Warning Assistant (zie foto 2 en 3) vijf maanden lang op de weg rond (Alkim, Bootsma & Looman, 2007). De praktijkgegevens over onder meer het in- en uitschakelen van de ACC zijn gebruikt om het bestaande microsimulatiemodel ITS Modeller te kalibreren en te valideren. Dit leidde tot een realistischer inschatting van de effecten van ACC-systemen (Pauwelussen & Minderhoud, 2008; Klunder, Li & Minderhoud, 2009).

Het meenemen van het aan- en uitschakelgedrag van de ACC bleek een groot effect te hebben op de verkeersstroom. Dit werd niet eerder meegenomen in verkeerssimulatiestudies. ACC kan, zelfs bij een grotere volgafstand dan bestuurders doorgaans zelf hanteren, de voertuigverliesuren doen afnemen met 45% en de capaciteit laten toenemen met 7%. Zonder file wordt dit resultaat al gehaald bij een 10% ACC-penetratiegraad. Bij gebruik van ACC door alle voertuigen is een CO<sub>2</sub>-reductie van 10-12% haalbaar.



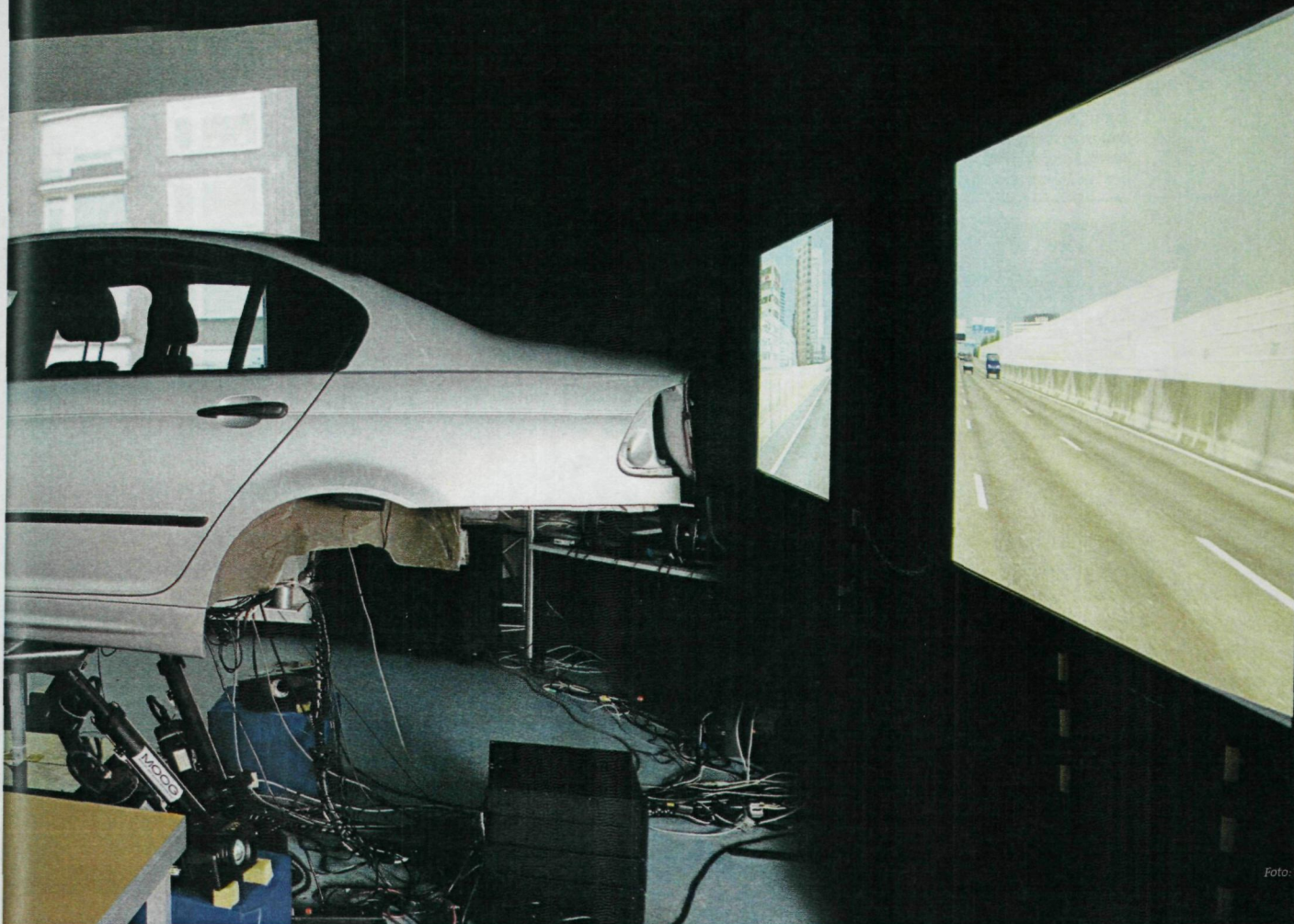


Foto: TNO

### Decentraal regelen met intelligente voertuigen

Er zijn ook meer toekomstige scenario's onderzocht, waarin alle voertuigen intelligent geregeld worden, in een studie naar next level/next generation- verkeersregelingen en -verkeersmanagement. De verwachting is dat er een verschuiving zal plaatsvinden van tamelijk lokaal wegkantgerelateerd verkeersmanagement naar verkeersmanagement dat meer voertuiggeoriënteerd en (gebruikersspecifiek) netwerkgebaseerd is, onder andere door het gedrag van platoons van intelligent vehicles te optimaliseren. Dit leidt tot een betere benutting van de wegcapaciteit en tot meer vloeiende verkeersstromen (Baskar, De Schutter & Hellendoorn, 2007). Simulaties laten zien dat op netwerkniveau het aantal voertuigverliesuren met wel 25% kan worden teruggedrongen.

### Bestuurdersgedrag op kruispunten

Tot nu toe zijn er vooral bestuurdersmodellen beschikbaar die zich richten op een enkel niveau van de rijtaak (óf strategisch niveau, óf manoeuvreniveau, óf regelniveau). Het innovatieve in dit deelproject is het modelleren van het proces waarbij bestuurders schakelen tussen de verschillende niveaus, wat juist op kruispunten in stedelijk gebied van belang is. In een rijnsimulatorstudie zijn de effecten van onverwachte gebeurtenissen op het bestuurdersgedrag onderzocht, zoals het plotseling afremmen van een voorligger of een voertuig dat van links komt en geen voorrang verleent. De momentane werkbelasting blijkt van invloed op de duur van het effect van onverwachte gebeurtenissen. Bij hoge werklast keren bestuurders eerder naar hun oorspronkelijk rijgedrag terug (Schaap, van Arem & van der Horst, 2008). Afleiding en werklast blijken dus een belangrijke component waarmee bij de interactie

tussen Advanced Driver Assistant Systems en bestuurders rekening gehouden moet worden.

### Snelheidsondersteuning met intelligente voertuigen

Innovatieve voertuigmaatregelen hebben een toegevoegde waarde ten opzichte van meer traditionele maatregelen voor snelheidsbeheersing als infrastructuur, handhaving en voorlichting. Het intelligente voertuig maakt het immers mogelijk om informatie over zowel statische als dynamische snelheidslimieten altijd en overal aan de bestuurder kenbaar te maken. Morsink et al. (2007) geven een goed overzicht van onderzoek naar positionering, effecten, acceptatie en implementatiemechanismen van intelligente-voertuigmaatregelen gericht op snelheidsbeheersing. ISA-systemen (Intelligent Speed Adaptation) kunnen in de informerende versie een reductie in dodelijke ongevallen van 20% bewerkstelligen. Schattingen van effecten voor een snelheidsafdwingende ISA gaan wel tot 50% reductie in dodelijke ongevallen, maar de acceptatie van dergelijke ISA systemen ligt een stuk lager. Misschien wordt er overall een beter resultaat bereikt met een informerende ISA die op grote schaal geaccepteerd wordt, dan met een dwingende ISA die maar door een kleine groep weggebruikers geaccepteerd wordt. Een typisch implementatievraagstuk.

### Veiligste-routealgoritme STOK-pilot

De voormeting voor deze pilot is eind 2008 gestart bij een vloot van dertig onderhoudsmonteurs van een groot energiebedrijf. STOK deed de praktische uitvoering van de pilot en heeft de deelnemende overige partijen gecommitteerd aan het project: de vervoerder, verzekeraar (Univé), de leverancier van de navigatiesys-



Figuur 2: Volkswagen Passat uitgerust met ACC en LDWA zoals gebruikt bij de praktijkproef van het WnT-project de Rij-Assistent.



Foto: TNO

temen en de ontwikkelaar van de navigatiesoftware inclusief veiligste-routeadvies (Falk). De uiteindelijke implementatie van het veiligste-routealgoritme in een bestaand navigatiesysteem heeft in de praktijk de nodige uitdagingen gekend, waardoor de daadwerkelijke proef maar een beperkte periode van twee maanden kon beslaan. Deze professionele pilot heeft in elk geval een duidelijk inzicht gegeven in de mogelijkheden en onmogelijkheden van de momenteel beschikbare techniek voor een dergelijk real-time systeem voor route-advies en beloning. In 78% van de gevallen bleek het veiligste routealternatief overeen te komen met de snelste route (Feenstra e.a., 2009).

Daarnaast is een web survey opgezet om het routekeuzege-drag van een grotere groep proefpersonen vast te leggen. In een voor- en na-vragenlijst zijn keuzes voorgelegd met en zonder financiële incentive en een veiligheidsscore. De resultaten laten zien dat het veiligheidsadvies niet van invloed is op de routekeuze van de bestuurders, maar de financiële incentive wel. Op basis van de voorkeur die weggebruikers uitspreken, lijken incentives een bruikbaar en efficiënt hulpmiddel om hen een bepaalde route te laten volgen, maar dit kon in de praktijkproef vanwege de beperkte omvang nog niet voldoende worden aangetoond.

### Tot slot

Gezien de huidige problematiek in het wegverkeerssysteem wordt veel heil verwacht van ICT-toepassingen. Een combinatie van intelligente voertuigen en intelligente wegen zal uiteindelijk de meest optimale en effectieve oplossingen geven. De potentie van *co-operative road-vehicle systems* is inmiddels zowel nationaal als internationaal onderkend. De partners in het Transumo-project Intelligent Vehicles nemen actief deel aan allerlei samenwerkingsverbanden waarbij diverse functionaliteiten vanuit het intelligente voertuig op hun merites ten aanzien van doorstroming, veiligheid en milieu worden onderzocht. Het Transumo-project Intelligent Vehicles heeft meer inzicht verschaft in hoe in-car technologie in de context van co-operatieve systemen kan bijdragen aan het terugdringen van congestie, het verminderen van schadelast, nieuwe mogelijkheden voor accurate beprijzing van mobiliteit, verbetering in verkeersmanagement en, uiteindelijk ook, vermindering van CO<sub>2</sub>. Op weg dus naar een duurzame mobiliteit! 



Figuur 3: In-car interface van de proef Rij-Assistent met ACC en LDWA.

### Referenties

- Alkim, T., Bootsma, G. & P. Looman (2007). *De Rij-Assistent: Systemen die het autorijden ondersteunen*. Delft: Rijkswaterstaat Wegen naar de Toekomst.
- Arem, B. van (2009). *Coöperatieve Systemen: Wat zijn het en wat kunnen we ermee?* NM Magazine, 2009 #1, p.18-20.
- Driel, C.J.G. van (2007). *Driver support in congestion: an assessment of user needs and impacts on driver and traffic flow*. TRAIL Thesis Series T2007/10; CTIT Ph.D. thesis Series No 07-106. Delft: TRAIL Research School.
- Feenstra, P.J., Klunder, G.A., Paau, S. & L. Walta (2009). *Professional Pilot Transumo IV - Study on a Safest-route Functionality with Financial Incentive for Professional Drivers*. TNO report TNO-DV 2009 C. Soesterberg: TNO Human Factors (in preparation).
- Klunder, G.A., Faber, F., Li, M. (2009). *Transumo Intelligent Vehicles - subproject Modelling Framework. Implementation and results of extended models for the ITS modeller: Cooperative driver behaviour, ACC and route choice model*. TNO report TNO-034-DTM-2009-03819. Delft: TNO Mobility and Logistics.
- Klunder, G., Li, M. & M. Minderhoud. (2009). *Traffic Flow Impacts of ACC Deactivation and (re)Activation with Cooperative Driver Behaviour*. TRB-Paper 09-2789. Paper presented at 88th TRB Annual Meeting 11-15 January 2009, Washington, D.C.
- Morsink P., Goldenbeeld Ch., Dragutinovic N., Marcheau V., Walta L., Brookhuis K. (2007). *Speed Support through the Intelligent Vehicle: perspectives, estimated effects and implementation aspects*. SWOV Report R-2006-25. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- Pauwelussen, J. & M. Minderhoud (2008). *The effects of de-activation and (re)activation of ACC on driving behaviour analyzed in real traffic*. 2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands, June 4-6, 2008, 257-262.
- Schaap, T.W., Arem, B. van & A. R. A. van der Horst (2008). *Drivers' behavioural reactions to unexpected events. Influence of workload, environment and driver characteristics*. In: H. J. van Zuylen, A. J. van Binsbergen (eds). *TRAIL In Perspective, Selected Papers 10th International TRAIL Congress*, 213-231.
- Walta, L., Marchau, V., Walker, W. & K. Brookhuis (2007). *Methodologies to Investigate Stakeholder Prioritization of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Policies*. 11th World Congress on Transportation Research, Berkeley, CA.

### De auteurs



Dr. ir. A. Richard A. van der Horst is Business Developer Verkeer en Vervoer bij TNO.

Ir. Gerdien A. Klunder is Onderzoeker Verkeer bij TNO.