

## PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

The following full text is a publisher's version.

For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/210788>

Please be advised that this information was generated on 2021-06-18 and may be subject to change.

vijs arbeid  
data zorg  
onderwijs  
zekerheid  
etenschap  
rg welzijn  
mobiliteit  
jn beleids-

Het ITS maakt deel uit  
van de Radboud  
Universiteit Nijmegen

evaluatie, monitoring, effectonderzoek en data



# Bewegwijzering en navigatiesystemen

Literatuurverslag

Herman Katteler | Eveline Sombekke | Robert van Mieghem

juni 2009



© 2009 ITS, Radboud Universiteit Nijmegen

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, en evenmin in een retrieval systeem worden opgeslagen, zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van het ITS van de Radboud Universiteit Nijmegen.

No part of this book/publication may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

# Bewegwijzering en navigatiesystemen

Literatuurverslag

in opdracht van CROW

definitieve versie

juni 2009





# Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Bewegwijzering en navigatiesystemen	3
2.1	Karakterisering	3
2.2	Bewegwijzering	4
2.3	Routenavigatiesystemen	5
2.4	Verwachtingen	7
3	Behoeft en feitelijk gebruik	11
3.1	Behoeft aan routenavigatie	11
3.2	Gebruik van navigatiesystemen	12
4	Functionaliteiten	15
4.1	Algemeen	15
4.2	Afstemming navigatiesysteem met bewegwijzering	16
4.3	Betrouwbaarheid	19
4.4	Andere functionaliteiten	21
5	Veiligheidseffecten	25
5.1	Routekeuze gerelateerde veiligheidsaspecten	25
5.2	HMI gerelateerde veiligheidsaspecten	30
5.3	Algemene veiligheidsaspecten	33
6	Andersoortige effecten	35
6.1	Bevestiging van aanvankelijke routekeuze	35
6.2	Reistijdwinst	36
6.3	Andere effecten	37
7	Specifieke aspecten	39
7.1	Ouderen	39
7.2	Schermbediening	41
	Afkortingen	43
	Referenties	45



## Samenvattende conclusies en aanbevelingen

### Samenvattende conclusies

#### *Penetratie routenavigatie*

Momenteel ligt de penetratiegraad van routenavigatiesystemen om en nabij de dertig procent van het aantal gemotoriseerde weggebruikers. Dat gaat voor de helft om inbouwsystemen en voor de andere helft om draagbare, meeneembare systemen.

#### *Feitelijk gebruik*

Een hoge penetratiegraad zegt nog weinig over het feitelijk gebruik en daarmee over het navigatie-geleide routekeuze. Het feitelijk gebruik blijkt vooralsnog vrij beperkt. Voorlopige cijfers uit een beperkt onderzoek uit 2003 wijzen op een gebruik door een minderheid (1:5) in het geval van bekende bestemmingen. Het gebruik schiet omhoog bij enigszins bekende bestemmingen (57%) en al helemaal bij onbekende bestemmingen (95%).

Een zeer groot deel van de verplaatsingen op het wegennet bestaat uit herhalingsgedrag, dus ritten met bekende bestemming. Beschikbaarheid staat bij lange na dus niet gelijk met feitelijk gebruik. Bewegwijzering blijft vanuit deze optiek gezien ook wenselijk of nodig voor weggebruikers mét routenavigatie.

#### *Verwacht gebruik*

Er is een ontwikkeling gaande dat navigatiesystemen in toenemende mate dynamische verkeersinformatie meewegen in hun route-advisering. Verwacht mag worden dat naarmate het gebruikelijker wordt dat actuele file-informatie in navigatie-apparatuur wordt meegeleverd, het feitelijk gebruik ook op bekende routes zal toenemen. De dan geboden informatie is dan namelijk een vorm van reistijdinformatie.

#### *Optimum*

Routenavigatiesystemen dragen in eerste instantie bij aan een efficiëntere verdeling van het verkeer over het netwerk. Maar als de penetratiegraad oploopt boven de 25-30 procent – juist de actuele penetratiegraad – neemt, blijktens modelmatige berekeningen, de reistijdwinst voor gebruikers en niet-gebruikers niet meer toe. Vanaf een penetratie van 40 procent bedraagt de winst nul. Echter, voor zover bestuurders de route-adviezen niet opvolgen, schuift het omslagpunt voor het gehele netwerk op naar boven.

#### *Flexibilisering infrastructuur*

Er is een tendens gaande dat infrastructuur versneld wordt geflexibiliseerd (bijvoorbeeld dynamische rijstrookmarkering; wisselstroken). Deze ontwikkeling heeft consequenties voor het gebruik en de betrouwbaarheid/actualiteit van routenavigatiesystemen: de kaarten waarvan deze systemen gebruik maken zullen niet of nauwelijks aangepast zijn aan deze flexibilisering.



### *Kaartmateriaal*

Digitale kaarten verouderen naarmate de tijd verstrijkt en wijzigingen in of flexibilisering van de infrastructuur optreden. In de mate dat dit gebeurt neemt het verschil tussen (kwaliteit van) bewegwijzering en routenavigatie toe.

### *Navigatiestrategie*

Blijkens testen hanteert de meerderheid van de routenavigatiesystemen – inclusief populaire – een navigatiestrategie die ingaat tegen dat wat vanuit verkeersmanagement wenselijk is. Vele navigators laten rijden over woonerven, erftoegangswegen of andere wegen die niet voor doorgaand verkeer bestemd zijn.

### *Imperfecte systemen*

Routenavigatiesystemen vertonen, afhankelijk ook van het type, tekortkomingen. Veel tekortkomingen zullen te zijner tijd opgeheven zijn met het voortschrijden van de technologie. Vooralsnog vormt (bijvoorbeeld bij het nemen van een afslag) de onjuiste selectie van een naam uit het geheel aan namen die voorkomen op het richtingsbord een bron van verwarring.

### *Vrachtverkeer*

Navigatiesystemen zijn veelal ontworpen voor auto's, niet specifiek voor vrachtverkeer. Dit werkt onbedoelde effecten in de hand, met name te denken aan belasting van wegen en woonomgeving waar vrachtverkeer niet gewenst is.

### *Technologie en overdaad*

Er is een ontwikkeling gaande tot steeds geavanceerder navigatie-apparatuur, momenteel bijvoorbeeld het videonavigeren. Dit roept de vraag op of het informatie-aanbod niet zijn doel voorbijschiet en steeds indringender de aandacht opeist van de bestuurder. Dat geldt te meer voor systemen die multimediale toepassingen mogelijk maken tijdens het rijden.

### *Effecten versus functionaliteiten*

Routenavigatiesystemen kunnen diverse effecten hebben. Argumenten pro of contra bewegwijzering dienen veeleer te worden ontleend aan functionaliteiten en hun eventuele implicaties dan aan effecten, zoals effecten voor de verkeersveiligheid.

### *Veiligheid*

In de literatuur krijgt 'veiligheid' de meeste aandacht als mogelijk effect van navigatiesystemen. Het gebruik van routenavigatiesystemen kan zowel positieve als negatieve effecten op de verkeersveiligheid hebben.

De stelling (of: onderzoeksbevinding) dat gebruik van een routenavigatiesysteem veiliger is omdat het tot minder ongevallen leidt als uitvloeisel van het feit dat er minder kilometers gereden worden, moet als schijnresultaat beoordeeld worden. Die bevinding gaat namelijk uit van 'ceteris paribus'-redenering en juist die aanname is niet van toepassing omdat navigatiesystemen bij routegeleiding voor kortere routes onder meer gebruik maken van wegen die daartoe niet geëigend zijn, in tegenstelling tot bewegwijzering. Bewegwijzering levert om die reden omrijkilometers op.

## **Aanbevelingen**

Het valt aan te bevelen de marktpenetratie van off-board navigatiesystemen te bevorderen en wel om twee redenen: de beperkte actualiteit van digitale routekaarten – voor zover bestuurders hun kaart niet actualiseren of kunnen actualiseren – en de toenemende flexibilisering van de infrastructuur.

Bezien kan worden of er in Nederland voldoende wettelijk kader is – en of het bestaande wettelijk kader niet zou moeten worden aangescherpt – om te voorkomen dat routenavigatiesystemen een oneigenlijke routing aanbieden.

Het is wenselijk om te komen tot een forum waarop samenwerking tussen wegbeheerders en navigatie-industrie *pre-competitive* gestalte krijgt.

Lokale autoriteiten kunnen worden gestimuleerd om meer gecoördineerd en uniform te opereren in de aanlevering van informatie richting kaart- en navigatie-industrie.

Het verdient aanbeveling de ontwikkeling van specifiek op vrachtverkeer afgestemde routenavigatiesystemen te bevorderen, zo niet verplicht te stellen. Bezien dient dan te worden in hoeverre het Nationaal Wegenbestand met gegevens over toelaatbare hoogte, breedte en gewicht hiervoor benut kan worden.

Met bijzondere zorg dient de combinatie van routenavigatie met multimediale functies te worden gezien, ook in het perspectief van regelgeving.

## **Onderzoeksaanbevelingen**

Onderzoek naar het gebruikspatroon van routenavigatiesystemen, waaronder detaillering naar type bestemming (bekend/bepaald bekend/onbekend) en opvolgedrag van ontvangen adviezen.

Onderzoek naar de praktijk van het up-to-date houden van de digitale kaart bij gebruikers van routenavigatiesystemen.

Onderzoek naar eventueel nadelige effecten van het herhaald wijzigen van de focus bij afwisselend kijken naar het wegbeeld en het nabije scherm van het navigatiesysteem.

Onderzoek naar de vraag of het wettelijk kader in Nederland voldoende is toegerust om alle aspecten van navigatiesystemen, zoals de routering, af te dekken.



# 1 Inleiding

Deze notitie bevat de voorlopige resultaten van een literatuuronderzoek rond bewegwijzering en navigatiesystemen. Richtinggevend voor het literatuuronderzoek is de behoefte bij het CROW aan inzicht in de overwegingen en standpunten ten aanzien van het bestaansrecht van bewegwijzering naast navigatiesystemen. Dat inzicht biedt vervolgens een basis voor het formuleren van een visie pro of contra het behouden van een systeem van bewegwijzering of op zijn minst voor het paraat hebben van antwoorden op vragen die gesteld kunnen worden rond de al dan niet vermeende overlap tussen de functionaliteit van bewegwijzering en die van navigatiesystemen.

De CROW-onderzoeksvraag komt voort uit de snel groeiende verspreiding van navigatiesystemen onder weggebruikers. Deze in-car informatievoorziening verschaft de bestuurder veelal een op zijn maat toegesneden route-advisering. Het vrij wijd verbreide bezit en de verwachte toename in bezit doet de vraag rijzen of bewegwijzering op termijn nog zinvol is en welke argumenten pleiten voor behoud en onderhoud van dat systeem of juist niet. In het geval bewegwijzering op voorhand een systeem is dat om welke reden dan ook gecontinueerd zou moeten worden, is een opsomming van overwegingen óók zinvol, namelijk om vragen die vanuit de samenleving rijzen min of meer gestandaardiseerd te kunnen beantwoorden. Te denken is aan het opstellen van een FAQ – frequently asked questions.

De literatuurstudie vormt een onderdeel van het onderzoek naar argumenten pro of contra het bestaansrecht van bewegwijzering. Naast kennisneming van de literatuur is een verdiepingfase voorzien door middel van interviews met vertegenwoordigers van relevante marktpartijen. Op basis van de twee elkaar aanvullende onderzoeksactiviteiten volgt een afsluitende visie op het bestaansrecht van bewegwijzering, neergelegd in de vorm van een lijst met gestandaardiseerde vragen met bijbehorende antwoorden, beschikbaar op de website van CROW ([www.crow.nl](http://www.crow.nl)).

## *Leeswijzer*

De paragrafen 2 en 3 zijn informatief bedoeld. Zij geven achtereenvolgens feitelijke informatie over zowel bewegwijzering als navigatiesystemen (2) en over feitelijk gebruik bij bestuurders die over een navigatiesysteem beschikken (3). De daarop volgende paragrafen vormen de kern van de informatie die het literatuuronderzoek moet opleveren. Zij handelen over het verschil in functionaliteit van enerzijds bewegwijzering en anderzijds routenavigatiesystemen (4) en over effecten van het gebruik van met name navigatiesystemen. Onderscheid wordt daarbij gemaakt in effecten voor de verkeersveiligheid (5) en in andersoortige effecten (6). De voorhanden literatuur is in hoofdzaak gericht op veiligheidseffecten. In paragraaf 7 komen enkele meer specifieke vragen aan de orde, met name de vraag in hoeverre aangetroffen feiten een differentiatie vergen naar bepaalde categorieën weggebruikers. Te denken is met name aan de ouderen.



## 2 Bewegwijzering en navigatiesystemen

### 2.1 Karakterisering

Bewegwijzering en navigatiesystemen verschillen sterk van elkaar. Bewegwijzering is per definitie een wegkant-systeem en heeft daarmee onmiddellijk een collectieve functionaliteit: de aanduidingen zijn van toepassing voor alle weggebruikers die de betreffende locatie passeren. Geheel anders is dat bij navigatiesystemen: de faciliteit om herkomst en bestemming in te geven, in combinatie met de aanwezige plaatsbepaling, maakt het systeem individueel. Tabel 2.1 bevat een overzicht van kenmerken van enerzijds bewegwijzering en anderzijds navigatiesystemen. De tabel bevat niet verschillen in functionaliteit (zie daartoe paragraaf 4).

*Tabel 2.1 – Kenmerken bewegwijzering en navigatiesystemen*

Kenmerk	Bewegwijzering	Navigatiesysteem
Locatie	wegkant	in-car
Doelgroep	collectiviteit van weggebruikers	individuele bestuurder
Geleidingscriterium	gelijke monniken, gelijke kappen: geleiding vanuit criterium van algemeen verkeersmanagement	geleiding vanuit privé gesteld zoekcriterium (kortste/snelste route)
Continuïteit van informatie- beschikbaarheid	half-continu (continu op route-niveau; discontinu op locatie-niveau)	vol-continu (op elk moment beschikbaar)
Herstellend vermogen bij afwijking (bij foute afslag)	beperkt	aanpassend aan momentane situatie
Aard informatie	a. informerend mbt plaatsbepaling b. geleiding c. ad hoc adviserend	routegeleiding
Stabiliteit	uniform, permanent en actueel	diversiteit qua kwaliteit en actualiteit kaartmateriaal
Beschikbaarheid	voor alle weggebruikers	voor bestuurders die in-car of pda- device beschikbaar hebben
Vereiste focus van kijken	permanent op wegbeeld	afwisselend wegbeeld – device (afhan- kelijk van wel/niet instelling auditief advies)

Eén van de verschillen betreft de mate van continuïteit: bewegwijzering kan half-continu genoemd worden (discontinu gezien vanuit de positie van tussenliggende trajectgedeeltes waar geen bebording zichtbaar is; continu vanuit het gezichtspunt van verkeersmanagement). Routenavigatiesystemen zijn geheel continu, tenzij het device of de plaatsbepaling in het ongereede raakt.

Het verschil tussen beide systematieken is, zoals gezegd, groot. Des te opmerkelijker is het te constateren dat zij, ondanks die verschillen, per saldo voor de gebruiker min of meer hetzelfde resultaat bieden, namelijk het geleiden van de bestuurder langs een route naar zijn eindbestemming.

## 2.2 Bewegwijzering

### *Richtlijnen Nederland*

Een vlotte, veilige en efficiënte verkeersafwikkeling wordt, naast verkeersintensiteit en gedrag van de weggebruikers, mede bepaald door de bewegwijzering waarmee de weggebruiker zijn bestemming zoekt. Bovendien kan de weggebruiker de bewegwijzering gebruiken om de plaats te bepalen waar hij zich op een gegeven moment bevindt. CROW-publicatie 222 'Richtlijn bewegwijzering' bevat informatie over de bewegwijzering op alle wegcategorieën en beslaat de wegen die in beheer zijn van Rijk, provincies, gemeenten en waterschappen (CROW, 2005). Het doel van de bewegwijzering is het met de grootst mogelijke zekerheid en veiligheid geleiden van de weggebruiker naar de bestemming waarheen hij op weg is. In de 'Richtlijnen bewegwijzering' wordt aangegeven waaraan de bewegwijzering moet voldoen en hoe deze moet worden uitgevoerd. De richtlijn sluit aan op het handboek wegontwerp en hanteert daarom dezelfde categorie-indeling van wegen: stroomwegen (nationale en regionale), gebiedsontsluitingswegen en erftoegangswegen. De richtlijn geldt voor autosnelwegen én niet-autosnelwegen.

Uniformiteit in de bewegwijzeringsystematiek is een belangrijk uitgangspunt. Gestreefd wordt naar een aanduidingenbeleid dat voor Rijk, provincies, gemeenten en waterschappen op elkaar afgestemd is. Er zijn algemene principes waaraan de bewegwijzering moet voldoen, zoals de functionele eisen, en meer technische eisen die aan de bewegwijzering worden gesteld. Daarnaast zijn er wegcategorie-specifieke richtlijnen. De richtlijnen zijn geactualiseerd in 2005. Om te komen tot onderlinge, optimale afstemming van de bewegwijzeringsystematiek voor wegbeheerders en leveranciers bestaat sinds 2005 bij CROW het Platform Bewegwijzering. Doel van het platform is alle kennis en ervaring op het gebied van bewegwijzering in Nederland te bundelen en op basis daarvan actief bij te dragen aan de systematiek, de vormgeving en het aanduidingenbeleid. In het platform zijn alle wegbeherende overheden vertegenwoordigd, naast ANWB en Tebodin. Deze brede samenstelling waarborgt draagvlak voor de output. Het platform is het inhoudelijke aanspreekpunt voor het Nationaal Mobiliteitsberaad.

### *Richtlijnen buitenland*

In het naburige Duitsland bestaan ook centrale richtlijnen. Voor autobanen wordt de bewegwijzering geregeld via de 'Richtlinien für die wegweisende Beschilderung auf Autobahnen' (afgekort RWBA). Deze RWBA is door het Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen eind 2000 ingevoerd. Voor andere wegen dan autobanen geldt de richtlijn voor bewegwijzering buiten autobanen (kortweg de RWB). In Oostenrijk geldt als richtlijn de RVS 05.02.13 Beschilderung und Wegweisung auf Autobahnen (2006) respectievelijk RVS 05.02.12 Gestaltung und Wegweisung (1989) voor andere wegen met openbaar verkeer. Minder uniform is de bewegwijzering in buurland België geregeld. Bij Koninklijk Besluit van 1975 zijn plaatsingsvoorwaarden en minimum afmetingen van verkeerstekens voorgeschreven. Bewegwijzering op autosnelwegen is wettelijk niet vastgelegd, waardoor vrijheid wordt gelaten aan de

uitvoerende organen. Dit resulteert in België in een variatie aan bebording met weinig uniformiteit. In Frankrijk is een inter-ministeriële (ministeries van transport en binnenlandse zaken) instructie uit 1982 bepalend. Er zijn ‘schémas directeurs de signalisation directionnelle’ op nationaal, departementaal en (inter)gemeentelijk niveau; de lagere niveaus moeten zich richten naar het nationale niveau. Er bestaan tien typen borden, met als hoofdoelen respectievelijk bevestiging, (voor)aankondiging en positieaanduiding. Richtinggevend is ook de kleurstelling (blauw; groen; geel). Blauwe borden gelden zowel voor autosnelwegen als gewone wegen.

#### *Dynamiek*

Hoewel richtlijnen en praktijk een grote mate van stabiliteit kennen, is bij bewegwijzering ook sprake van voortschrijdend inzicht. In de context van het project FileProof van het ministerie van V&W dat gericht is op de aanpak van files op korte termijn werd in pilotvorm een nieuwe vorm van bewegwijzering beproefd op de A12 (pilot Velperbroek). Het project ‘Aanpassing bewegwijzering’ beoogt bij knooppunten beter aan te geven welke verkeerssituatie kan worden verwacht. Dit maakt beter anticiperen mogelijk. De weggebruiker ziet nieuwe pijlen (naar boven wijzend in plaats van naar beneden wijzend), in combinatie met een symbool voor ‘afslag’ en een toevoeging van afstands-aanduiding. Er is besloten tot een landelijke uitrol op basis van vervanging na einde levensduur.

### **2.3 Routenavigatiesystemen**

#### *Verschillende vorm en inhoud*

Navigatiesystemen zijn er in twee vormen: inbouwsystemen, hetzij af-fabriek geplaatst hetzij achteraf na aanschaf, en meeneembare systemen, doorgaans in de vorm van PDA’s, handhelds, smartphones en mobieltjes. Navigatiesystemen dateren van begin jaren negentig; zij werden ontwikkeld door autofabrikanten. In dat decennium was een hoofdkenmerk van de R&D de ontwikkeling langs zowel het FM-kanaal (RDS-TMC) respectievelijk de GSM-lijn.

Een onderscheidend criterium was en is ook de weergave van de informatie in gesproken vorm (voice) dan wel visuele vorm met gebruikmaking van displays. Nadien bereikten PDA’s de markt die met een separaat plaatsbepalingsstelsel navigatiesoftware ondersteunen. De markt voor navigatiesystemen werd pas goed toegankelijk geacht in circa 2004, met name toen TomTom een geïntegreerd navigatiesysteem aanbood (TNS-Nipo, 2005). De betaalbaarheid in vergelijking met eerdere producten gaf een extra boost aan de marktverovering. Met een marktaandeel van 45 procent (3<sup>e</sup> kwartaal 2008) is TomTom marktleider binnen Europa.

Eind 2007 bereikte een wéér meer geavanceerde vorm van routegeleiding de markt, namelijk een dynamisch systeem. Een dergelijk systeem, ook DNS (dynamisch navigatiesysteem) genoemd, adviseert een route mede op basis van de actuele, beschikbare verkeersinformatie. Dit werd mogelijk door verkeersinformatie te verzamelen met gebruikmaking van de locatie van gebruikers van mobiele telefonie, gemeten op meerdere tijdstippen, en daarmee de gemiddelde snelheid voor een bepaalde sectie in het netwerk. De routeadviesing in dit Mobile Traffic Service systeem (MTS) maakt gebruik van deze actuele informatie. MTS was medio 2003 voor het eerst als proef ingezet in en door de provincie Noord-Brabant, rond Breda en Tilburg. ‘De data-inwinning voor verkeersmanagement in Noord-Brabant heeft zich overigens ontwikkeld van een



innovatieve GSM-technologie naar een wat meer traditioneel, weggebonden camerasysteem. Desondanks is de Brabantse pilot met MTS bepalend geweest voor de markt van verkeersinformatie in Nederland' (de Wolff, 2007). Enerzijds heeft het invloed gehad op ontwikkeling van het Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) en anderzijds heeft het geleid tot een navigatiegericht verkeersinformatiesysteem door TomTom.

### *Penetratiegraad*

Informatie over de penetratie van routenavigatiesystemen is sterk jaar-afhankelijk, gegeven het feit dat het gaat om een groeimarkt. TNS-Nipo geeft op basis van eigen onderzoek aan dat in 2004 8 procent van de Nederlandse automobilisten in het bezit is van een routenavigatiesysteem (TNS-Nipo, 2005). Wellicht is hier bedoeld: een hetzij af-fabriek hetzij nadien ingebouwd systeem. Volgens dezelfde bron is de penetratiegraad in Europa in dat jaar 5,7 procent van het aantal auto's; Nederland zou daar in 2004 iets boven liggen. Een jaar later duikt een percentage van 45 procent op, namelijk als penetratiegraad bij lezers van het Winmagazine, althans personen die op de website van Winmagazine een webenquête invulden ([www.telecomwereld.nl](http://www.telecomwereld.nl)). Dit computerblad wordt mogelijk vooral gelezen door early adopters (en de early majority) van innovatieve producten; het cijfer kan niet representatief geacht worden voor de Nederlandse automobilist. De penetratiegraad van navigatiesystemen in Nederland was eind 2006 gegroeid tot 23% (DGP, Projectteam Beterbenut, 2008). Overigens wordt anno 2008 ook een lagere penetratiegraad gehoord: 'Die markt is de laatste jaren enorm gegroeid, maar de penetratiegraad van navigatiesystemen in het wagenpark is met 20% in Europa en 10% in de Verenigde Staten nog steeds laag' (column op <http://www.beursduivel.be> door G. Schaaij, directeur van Beursgenoten.nl, een beleggers-community met tips en adviezen over ontwikkelingen op de financiële markten). TNO-onderzoek onder 1.144 personen met een autoverzekering (bij Aon) leert dat op dat moment (exact jaar onbekend; jaar van rapportage 2008) 27 procent beschikt over een navigatiesysteem. Interessant is de verdeling naar inbouw en draagbaar: 15 procent heeft een inbouwsysteem en 12 procent beschikt over een 'portable' navigatiesysteem.

Overigens mag worden aangenomen dat er ook een marktaandeel is van al dan niet legale download van navigatiesoftware voor mobieltjes. Die zijn in officiële cijfers wellicht niet meegerekend. Dat zou betekenen dat momenteel sprake is van een penetratie van om en nabij de 30 procent.

### *Systeemoptimum en gebruikersoptimum*

De verspreiding van navigatiesystemen onder de weggebruikers heeft differentiële gevolgen voor enerzijds de individuele weggebruiker en anderzijds het netwerk. In zijn algemeenheid gesteld: een optimale situatie voor individuele gebruikers is niet gelijk aan de optimale situatie voor het netwerk en daarmee voor het verkeersmanagement. Een meer getalsmatige benadering van het gebruikersoptimum en het systeemoptimum is opgenomen in paragraaf 6 die handelt over effecten van het gebruik van navigatiesystemen.

Modelmatig is berekend dat het optimum aan efficiency voor het 'totale systeem' beduidend lager ligt dan bij een 100-procent penetratiegraad. Van der Hoeven en Prins (2008) stellen dat systeemoptimum op 50 procent. Door Van Veluwen (2009) is modelmatig berekend wat de optimale situatie is, waarbij alle gebruikers beter af zijn (ca. 15% in geval van de aanwezigheid van een route-alternatief; 25-30% in een 'normaal' netwerk waar niet steeds een route-

alternatief voorhanden is; zie ook paragraaf 6). Het voordeel in termen van reistijdwinst voor gebruikers én niet-gebruikers van een navigatiesysteem neemt volgens de berekeningen van Van Veluwen overigens af naar nul bij een penetratiegraad van rond de 40 procent in het geval van twee goed uitwisselbare alternatieve routes (Van Veluwen, 2009: iii) en lager bij een meer gebruikelijke netwerksituatie waarin een route-alternatief vaak ontbreekt. Van der Hoeven en Prins komen tot een andere bevinding. Volgens hun berekening is de winst van het gebruik van een navigatiesysteem voor de individuele bestuurder min of meer constant: het neemt niet toe of af met het percentage weggebruikers dat een dergelijk systeem heeft:

“The results show that individual drivers have a benefit from navigation systems that is more or less constant, not increasing or decreasing with the percentage of drivers that have such a system. The total system benefits increasingly up until the level of 50% drivers with navigation systems. With more drivers with navigation the benefit for the system does not increase anymore and may even become less’ (Van der Hoeven en Prins, 2008).

## 2.4 Verwachtingen

### *Industrie*

Voor wat betreft de penetratie van routenavigatiesystemen in de komende jaren kan niet worden afgegaan op officiële of officieuze verwachtingen of berekeningen. De industrie betracht hier terughoudendheid naar buiten toe. Wel wordt aangegeven dat, althans bij TomTom, draagbare navigatie de core business is:

“Maar de core business van TomTom is en blijft draagbare navigatie, zowel voor de auto als motor maar ook in de vorm van software-oplossingen. We liggen aan de basis van draagbare navigatie. Vroeger kostte een inbouwmodel makkelijk 3000 euro. Onze eerste draagbare navigatiesystemen gingen voor zo’n 600 euro over de toonbank. En dat verschil blijft: ons instapmodel de One kost 249 euro, terwijl inbouwsystemen nog steeds 2000 euro en meer kosten. Met een inbouwsysteem loop je bovendien constant achter de feiten aan. Inbouw maakt nooit gebruik van spits technologie, wat veel te maken heeft met de levenscyclus van de automodellen die zo'n drie jaar bedraagt. In het begin ben je up-to-date maar al snel is je navigatiesysteem verouderd.” (M. Schoofs, country sales manager Benelux bij TomTom, juli 2007 op [www.elektrozone.be](http://www.elektrozone.be)).

Recentelijk is er overigens een overeenkomst gesloten tussen TomTom en automobielfabrikant Renault om exclusief in enkele modellen voor een bepaalde periode een navigatiesysteem in te bouwen. De markt voor draagbare navigatie wordt dus aangevuld met een markt voor geïntegreerde systemen.

TNO-Nipo concludeert in zijn onderzoek naar ‘Nederland Wijzer op weg’ (2005) dat het doen van uitspraken over verwachte ontwikkelingen van innovatieve producten lastig blijft. En: ‘in de onderbouwing van de uitgesproken verwachtingen trekken de bronnen vaak de parallel met de adoptiecurve van mobiele telefonie... Een marktpartij als TomTom gaat boven de adoptiecurve van mobiele telefonie zitten en een onafhankelijk bureau eronder.’ De adoptie van mobiele telefonie in Nederland bedroeg in 1996 3,5 procent, in 1999 21,4 en in 2002 92,0 procent.

De feitelijke penetratie is voor het onderhavige onderzoek weliswaar interessant maar niet bepalend. Immers, voor wat betreft de functionaliteit van bewegwijzering wordt per saldo uitgegaan van een min of meer complete penetratie. Dat wil zeggen: alle weggebruikers hebben de beschikking over een routenavigatiesysteem, in welke vorm dan ook.

### *Overheid*

Van overheidswege wordt expliciet de verwachting uitgesproken dat de groei van navigatiesystemen door flankerende maatregelen bevorderd zal worden. Uit de brief van de minister V&W aan de Tweede Kamer, 4 januari 2008, onder 'Bepalende ontwikkelingen': 'De ontwikkeling van ICT toepassingen en navigatiesystemen in het voertuig wordt mogelijk nog verder versneld door een toepassing voor heffing en inning voor beprijzing, afhankelijk van de te kiezen technologie.' En: 'De importantie van voertuigsystemen neemt toe, terwijl wegkantsystemen aan relatieve importantie en omvang inboeten.' Die teneur spreekt ook uit Verkeersmanagement 2020 (Rijkswaterstaat, 2007: 45): 'Na 2010 is verkeersinformatie in het voertuig goed doorgedrongen en vanaf 2015 nemen in-car systemen de verkeersinformatiefunctie over. Vanaf deze tijd kunnen wegkant informatiesystemen worden verminderd'. Even verder (Rijkswaterstaat, 2007: 46) heet het echter dat 'wegkantsystemen noodzakelijk blijven om daarmee verkeer te kunnen waarschuwen, adviseren, geleiden en sturen. Het objectieve informeren van weggebruikers verschuift naar in-car systemen.'. Op dat laatste valt enigszins af te dingen: in-car routenavigatiesystemen doen meer dan objectief informeren en geleiden c.q. sturen de bestuurder wel degelijk.

In een state-of-practise overzicht van dynamisch verkeersmanagement verwacht het ministerie van V&W dat in de komende tien jaar 'nearly all vehicles will feature in vehicle information equipment' (Middelham, 2006: 18). In het beleidskader benutting wordt als positief effect van in-car systemen (hier: van mobiliteitsdiensten waaronder navigatie) verwacht: 'het beter spreiden in de tijd en over het netwerk van het verkeer door beter te informeren over de actuele verkeerssituatie en werkzaamheden...' (Ministerie van V&W, 2008: 68). Ook DRIPs – waarvan er tot en met 2006 111 gerealiseerd waren (V&W, 2007:13) – bieden dynamisch de mogelijkheid tot beïnvloeding van de routekeuze. Zij stellen de weggebruikers in staat een betere routekeuze te maken gebaseerd op de actuele verkeerssituatie. De state-of-practise studie geeft aan dat DRIPs naar verwachting minder van belang zullen worden: 'It is expected that the information function will become less important in the near future, given the rapid development of GSM-GPS based systems, informing the driver in its car' (Middelham, 2006: 6).

In deze context is het ook van belang op te merken dat een versnelde ontwikkeling richting flexibilisering van de infrastructuur in gang is gezet. Infrastructuur wordt planmatig meer en meer flexibel gebruikt, te denken aan dynamische rijstrookmarkering, wisselstroken en het compact rijden door middel van versmalling van de rijstroken. Deze ontwikkeling heeft consequenties voor het gebruik en de betrouwbaarheid/actualiteit van routenavigatiesystemen: de kaarten waarvan deze systemen gebruik maken zullen niet of nauwelijks aangepast zijn aan deze flexibilisering. Alleen off-board systemen die telkenmale vanaf een centrale inladen zouden flexibele infrastructuur adequaat kunnen ondersteunen. Bewegwijzering via DRIPs past zich reeds aan bij deze flexibilisering: 'De huidige dynamische route informatie panelen (DRIPs) worden met onmiddellijke ingang vervangen door flexibele rijbaanbrede vrij-programmeerbare

signaalgevers (VPSen). Deze hebben dezelfde functionaliteit als DRIPs, maar kunnen daarnaast door de LED-technologie gebruikt worden voor flexibele rijstrookgerichte sturing...'. (Rijkswaterstaat, 2007: 46). Overigens wordt ook een verdere ontwikkeling voorzien van GRIPs met grafische weergave die de weggebruiker mogelijk méér informatie tegelijk en 'verwerkbaar' kunnen bieden (Middelham, 2006: 7).

Voor de overheid, Rijkswaterstaat in het bijzonder, is betrouwbaarheid van navigatiesystemen van belang. Globaal gesproken kan die betrouwbaarheid voor het strategische en het tactische deel van de rijtaak positief geacht worden. Echter, voor manoeuvres en op het operationele niveau schieten de meeste navigatiesystemen momenteel te kort. In de optiek van Rijkswaterstaat is bewegwijzering ook bedoeld voor het operationele en het manoeuvre niveau. Het operationele niveau betreft beslissingen die door de bestuurder in de orde van grootte van een seconde genomen worden; bij het manoeuvre niveau gaat het om fracties van een seconde. Juist op die twee niveaus is flexibilisering van bewegwijzering mogelijk.



### 3 Behoeftte en feitelijk gebruik

Deze paragraaf beschrijft allereerst de behoefte bij weggebruikers aan informatie die aanwijzingen geeft over de te volgen route (3.1). Vervolgens staat ter discussie in welke mate een routenavigatiesysteem daadwerkelijk gebruikt wordt indien eenmaal beschikbaar (3.2).

#### 3.1 Behoeftte aan routenavigatie

Het beschikken over een faciliteit voor routenavigatie is anno 2009 min of meer een vanzelfsprekendheid. Weggebruikers kennen in meerderheid althans de mogelijkheid daartoe en weten min of meer dat een routenavigatiesysteem kan worden verkregen, hetzij ingebouwd hetzij in een of andere meeneem-vorm. Hoe anders was die situatie bijvoorbeeld slechts twaalf jaar geleden: op een moment dat R&D voor in-car systemen nog volop gaande was bij met name automobielfabrikanten als Renault en Volvo, terwijl weggebruikers nog vrijwel geheel onwetend van de aanstaande ontwikkelingen waren. In die situatie zijn in 1996 door AGV en ITS in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat zeshonderd automobilisten ondervraagd die elk minstens eens per maand in de file stonden. Dit was de eerste fase van het zogeheten UNEVA-onderzoek (User Needs Evaluation). Het onderzoek betrof de behoefte aan ‘losse’ file-informatie versus netwerkinformatie die in staat stelt een optimale route te kiezen en verder de detaillering of de te bieden informatie beschrijvend, verrijkend of adviserend zou moeten zijn. De advies-modaliteit bevat een advies over de beste te volgen route (niet dynamisch).

Er bleken méér bestuurders die een voorkeur te kennen gaven voor netwerkinformatie boven losse file-informatie (58% versus 33%; 9% geen voorkeur). Expliciet gevraagd of men behoefte had aan een systeem (destijds nog vrij moeilijk voorstelbaar) dat aanwijzingen geeft over de te volgen weg, gaf 70 procent te kennen een dergelijke voorziening voor routegeleiding tamelijk tot zeer nuttig te vinden. De onderzoekers formuleerden naar aanleiding hiervan als volgt: ‘Het moet mogelijk zijn om producten die informeren over de actuele situatie op het (hoofd)wegennet, optioneel uit te breiden met routegeleiding op basis van statische netwerkinformatie (AGV, ITS & Rijkswaterstaat, 1996). Realisatie met dynamische netwerkinformatie leek nog een brug te ver om als suggestie te formuleren. De behoefte aan in-car informatie bleek niet omstandigheden-specifiek: het behoeftepatroon verschilde niet met de aan- of aanwezigheid van routealternatieven of met de mate waarin men gewoonlijk in files terecht kwam.

Het UNEVA-onderzoek is een fraai voorbeeld van een studie dat ook een tijdsbeeld oplevert. Gevraagd naar de voorkeur voor wijze van presentatie van de verkeersinformatie werden als mogelijkheden opgesomd: tekst op een display, een spraaksynthesizer (de toenmalige state-of-the-art van RDS-TMC) of plaatjes op een grafisch beeldscherm. Een meerderheid van de weggebruikers (57%) koos voor ..... een computerstem als medium. ‘De belangrijkste overweging hierbij is veiligheid. Grafische informatie tijdens het rijden werd als gevaarlijk gekwalificeerd.’

In een latere fase van het onderzoek werden op basis van de verzamelde informatie drie fictieve producten geformuleerd met oplopende functionaliteit, genaamd filemelder, routezoeker en als meest geavanceerde optie een kaartlezer. Om de marktpotentie te bepalen, werden ook bijpassende prijsstellingen genoemd: 250, 500 en 800 gulden. Per saldo bleek dat 33 procent van de hoofdwegennetgebruikers-met-file-ervaring zeker of waarschijnlijk enig in-car systeem wilde aanschaffen voor minimaal de genoemde prijzen. 'Er is een reële marktpotentie bij één op de drie hoofdwegennetgebruikers die elke maand in de file staan.' En: 'Er is behoefte aan een *reeks* van informatieproducten. Er is dus geen sprake van één enkel product dat de behoefte in de markt afdekt.' Een nadere marktpotentie-analyse gaf aan dat er een aanzienlijk verschil in marktpotentie bestaat tussen marktsegmenten: 'Generally, the market potential of in-car information systems for main road users varies greatly between market segments (between 12 and 57 percent)' (Katteler, 1997). Het grootste potentieel bevindt zich met 41 en 57 procent in de categorieën zakelijk rijders en woon-werkverkeer met een hoog jaarkilometrage.

De hiervoor vermelde gegevens uit de User Needs Evaluation studie zijn inmiddels voorbijgestreefd door de feitelijke implementatie van routenavigatiesystemen in het afgelopen decennium. Routenavigatiesystemen zijn een bekend fenomeen geworden bij veel weggebruikers. Onderzoek in die periode naar specifieke wensen of behoeften rond navigatiesystemen is minder talrijk dan onderzoek naar 'user needs' met betrekking tot, meer algemeen, 'driver support' systemen. Van dat laatste is een door van Driel en van Arem uitgevoerd onderzoek onder ruim 1.000 respondenten een voorbeeld. Dat onderzoek focust op de mate waarin bestuurders 'want assistance from the car during driving' en behelst ondersteunende voorzieningen als het ontvangen van waarschuwing voor verkeerscongestie stroomafwaarts, blinde hoek-waarschuwing en gereguleerde snelheid. Zo wordt door hen geconstateerd dat de behoefte relatief groot is in kritieke situaties (van Driel en van Arem, 2005). Routenavigatie behoorde niet tot de voorgesloten faciliteiten. Onderzoek dat wél routenavigatie insloot vond ook plaats, maar uitkomsten zijn dan van een betrekkelijk algemeen niveau zoals Gregorski die op basis van een internet-enquête constateert dat 75 procent van de respondenten real-time routekeuze-aanwijzingen in de auto wenst (Gregorski, 2000, in: Oei, 2003: 24). Als onderzoeksmethode werd bijvoorbeeld ook gebruik gemaakt van de Delphi-methodiek om bij stakeholders hun verwachtingen omtrent gebruikersbehoeften en implementatiekansen te meten (Marchau en van der Heijden, 1998).

Gegeven de kennelijke vraag naar routenavigatiesystemen, gelet op de marktpenetratie, is inmiddels de vraag relevanter in welke mate dergelijke systemen in de praktijk ook gebruikt worden en in welke mate gebruik ervan veiligheidseffecten of andere effecten heeft. Op het feitelijk gebruik van navigatiesystemen wordt kort ingegaan in de volgende paragraaf, op veiligheidseffecten in hoofdstuk 5.

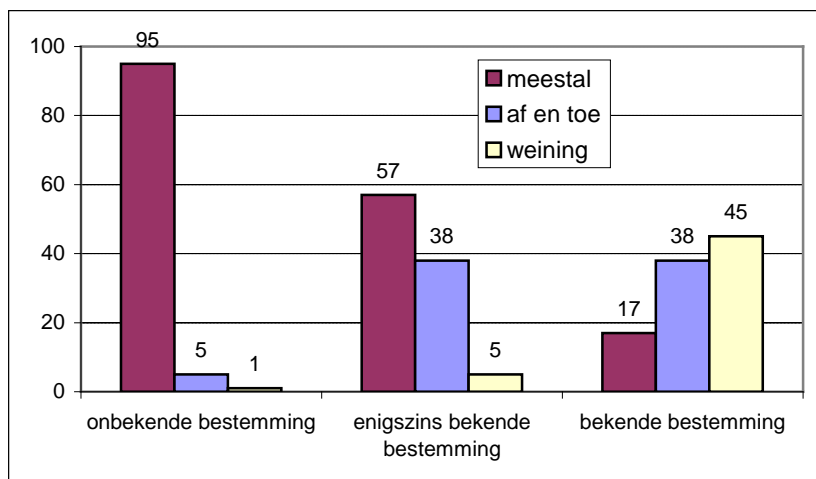
### **3.2 Gebruik van navigatiesystemen**

In de context van Europese onderzoeksprogramma's is sinds eind jaren negentig uitdrukkelijk aandacht besteed aan onder meer dynamic route guidance (DRG). In de fase van R&D betrof dat veelal onderzoek met als focus IVIS: In-vehicle Information Systems. Diverse pilots werden ten uitvoer gebracht. De resultaten waren niet erg bemoedigend blijkt bijvoorbeeld een pilot in Turijn: 'users were not confident enough to rely entirely on the system; only one in five users

followed the suggested route entirely. However, 90% of trial users found the system useful, and around half of participants would buy one themselves.’ (White et al., 2000: ix).

Nu navigatiesystemen een redelijke mate van marktpenetratie hebben, is het interessant te zien in welke mate en hoe deze gebruikt worden. Cijfers over het feitelijk gebruik zijn interessant: een vergaande marktpenetratie houdt nog niet noodzakelijk in dat dat het systeem ook feitelijk gebruikt wordt. Deze constatering is van belang in de discussie over de onderlinge verhouding van bewegwijzering en navigatiesystemen. Naarmate de weggebruikers een aanwezig navigatiesysteem minder, of selectiever gebruiken, is er méér reden de ‘conventionele’ bewegwijzering te handhaven. Immers, volledige penetratie staat dan allesbehalve gelijk aan volledig gebruik. Welnu, er zijn op basis van onderzoek enkele cijfers beschikbaar voor de Nederlandse markt. Oei (2003) ondervroeg 130 gebruikers van een navigatiesysteem. Dit niet per se representatieve onderzoek bevat cijfers over de mate van gebruik van het navigatiedevice. Bijna tweederde van deze devices bevat een geografische kaart. De resultaten van de enquête geven een fraai beeld van het feitelijk gebruik (zie figuur 3.1).

*Figuur 3.1 – Feitelijk gebruik van een beschikbaar routenavigatiesysteem, naar bekendheid met de route*



Bron: Oei (2003), bewerking ITS/Arane.

Zoals verwacht mag worden varieert het gebruik met de mate van bekendheid met de route/de bestemming. Wat minder voor de hand ligt is de lage gebruiksfrequentie in het algemeen:

- Een minderheid van 17 procent gebruikt het device bij bekende bestemmingen; bijna de helft gebruikt het in die gevallen weinig (tot nooit).
- In het geval van ‘enigszins bekende bestemmingen’ ligt de gebruiksfrequentie op een beduidend hoger niveau, maar nog steeds gebruikt 43 procent het device hooguit af en toe (merk op dat het onderscheid tussen ‘af en toe’ en ‘weinig’ gering is).

In acht nemend dat navigatiesystemen vooral ingeburgerd zijn bij weggebruikers in bijvoorbeeld de leasemarkt en bij bestuurders die veelvuldig op de weg zitten, gaat het om een groep



weggebruikers die over het algemeen goed bekend is met de weg, althans zeker het hoofdwegennet. Met andere woorden: het gaat in de meeste gevallen, mag men aannemen, om het rijden op bekende bestemmingen. Dat impliceert dat, uitgedrukt op het totale gebruik, in de meeste verplaatsingen het device niet of spaarzaam wordt gebruikt.

Door TNO verricht onderzoek bevestigt die teneur. In een recent gepubliceerd paper voor ITS-New York zijn met name voor 'less familiar but not unknown situations' volledige cijfers verstrekt<sup>1</sup>. Het aantal respondenten met de beschikking over navigatie-apparatuur was iets meer dan 300. 'Most of the drivers with a navigation system use it in 20% of their trips. Only 4% use it in all their trips. In most cases the navigation system is used for travelling to unknown destinations....In situations in which drivers are less familiar but not unknown, the respondents indicated that they often (34%) or sometimes (33%) use their navigation system. Only 16% indicate that they use their navigation system almost always (van Rooijen et al., 2008). De resterende 17 procent gebruikt het system kennelijk nooit in minder bekende omstandigheden. De 16+34 = 50 procent komt redelijk overeen met de 57 procent bij Oei. In bekende situaties gebruikt volgens het TNO-onderzoek 27 procent het navigatiesysteem. Aangenomen mag worden dat het rijden in bekende situaties juist het meest frequent voorkomt. En in dergelijke omstandigheden blijft het percentage gebruikers dus beperkt tot een kwart. Onderzoek dat het feitelijk gebruik nader detailleert lijkt wenselijk.

Bij 82 procent van de 130 gebruikers in het SWOV-onderzoek is handmatige bediening van het device mogelijk. Van de gebruikers blijkt 23 procent het navigatiesysteem onder het rijden vaak te gebruiken; 41 procent doet dat soms. Dat tweederde deel van de gebruikers het systeem wel eens tijdens het rijden bedient – terwijl 18 procent niet over de mogelijkheid beschikt, dus slechts nog eens 18 procent zou het kunnen maar doet het (vrijwel) nooit! – heeft evident veiligheidsconsequenties (zie hoofdstuk 5).

Hoewel in de huidige constellatie beschikbaarheid dus bij lange na niet gelijkstaat met feitelijk gebruik, past wel de kanttekening dat hierin verandering te verwachten is. Verwacht mag worden dat naarmate het gebruikelijker wordt dat actuele file-informatie in navigatie-apparatuur wordt meegeleverd, het feitelijk gebruik ook op bekende routes zal toenemen. De dan geboden informatie is dan namelijk een vorm van reistijdinformatie.

Belangrijkste conclusie hier is dat marktpenetratie niet gelijk staat met aanwending. Met andere woorden: zelfs bij een 100-procent penetratiegraad is bij lange na geen sprake van 100 procent gebruik. Bewegwijzering blijft vanuit deze optiek gezien ook wenselijk en nodig voor weggebruikers met routenavigatie.

---

<sup>1</sup> Niet duidelijk is of de respondenten in het door TNO besproken onderzoek op de Nederlandse markt is uitgevoerd. Het gaat om verzekerden bij verzekeringsmaatschappij Aon.

## 4 Functionaliteiten

Dit hoofdstuk bespreekt enkele algemene constatering (4.1) gevolgd door aspecten die van doen hebben met de afstemming tussen bewegwijzering en navigatiesystemen (4.2) en betrouwbaarheid (4.3). Vervolgens komen functionaliteiten van elk der beide systemen afzonderlijk aan bod. Het geheel biedt een basis voor een nadere evaluatie van de onderlinge functionaliteit.

### 4.1 Algemeen

#### *Functionaliteiten versus effecten*

Waar het in dit onderzoek gaat om overwegingen ten aanzien van het bestaansrecht van bewegwijzering naast navigatiesystemen is het van belang een centraal onderscheid te maken, en wel tussen functionaliteiten enerzijds en effecten anderzijds. Soms zal dat dicht bij elkaar liggen (te denken aan ‘comfort’: die functie heeft een navigatiedevice maar tegelijk kan het ook gezien worden als effect: de bestuurder voelt zich er zekerder, comfortabeler door). In de literatuur wordt vooral aandacht besteed aan effecten van de implementatie en het gebruik van systemen die de bestuurder in zijn rijtaak ondersteunen. Minder vaak gaat het over functionaliteiten, althans: elk type support system heeft per definitie een bepaalde hoofdfunctionaliteit, zoals routenavigatie, snelheidsregulering, car following, lane keeping of advanced cruise control. Daarbinnen zijn deel-functionaliteiten te onderkennen. Deze deel-functionaliteiten voeren veelal terug op variaties in uitvoering.

#### *Deelfunctionaliteiten*

Waar het gaat over routenavigatiesystemen is er sprake van een breed scala van modaliteiten. Hoofdmodaliteiten zijn met name inbouwsysteem versus draagbaar systeem; dit gaat dan vaak samen met het onderscheid in Bedienbaarheid tijdens het rijden. Een ander functioneel onderscheid betreft de wijze van presentatie van het route-advies, met name te denken aan een grafische kaart of niet en het kunnen schakelen tussen verschillende kaart-schalen. Het onderhavige onderzoek ziet grotendeels af van dergelijke onderscheidingen. Veeleer gaat het om de algemene functionaliteit van het geleiden / sturen van de bestuurder naar de door hem ingegeven bestemming. Een ander hoofdonderscheid als het gaat om deel-functionaliteiten is dat tussen statische en dynamische navigatiesystemen. Zeker vanuit de optiek van verkeersmanagement is dit een majeur onderscheid. Ook dit onderscheid staat in deze studie niet centraal. Wel verdient het speciale aandacht gelet op het verschil in interferentie met verkeersmanagement in het algemeen en bewegwijzering in het bijzonder.

#### *Rijtaak-functionaliteit*

Bewegwijzering wordt doorgaans vooral in relatie gezien tot het tactische rijtaakniveau waarop de bestuurder opereert: het maken van routekeuzes. Bewegwijzering heeft echter niet alleen functionaliteit voor dit tactische niveau. Bewegwijzering wordt in toenemende mate ook van belang geacht en door Rijkswaterstaat benut voor de operationele rijtaak én voor het manoeu-

vreniveau. Het operationele niveau staat met name voor de rijstrookkeuze, terwijl het manoeuvre-niveau gedacht kan worden in de zin van gas geven of remmen. Zo kan bebording behulpzaam zijn bij de rijstrookkeuze bij turbotondes. Dat bewegwijzering van nut is voor het operationele rijtaakniveau blijkt ook uit de toename van belang en omvang van flexibilisering van de infrastructuur (dynamische rijstrookmarkering; wisselstroken).

#### *Voorschrijvend*

Met de komst van routenavigatiesystemen is de informatie die wordt aangeboden ‘prescriptive’ geworden. In feite wordt een route geadviseerd: de gebruiker ziet en/of hoort hoe hij het beste kan rijden. De voorgegeven route wordt min of meer een voorgeschreven route. Wel kan de gebruiker vrijelijk afwijken van het advies, waarna herberekening plaatsvindt. Chorus et al (2006) wijzen overigens op een interessant feit, verwijzend naar Adler en McNally: als weggebruikers meer ervaren worden met het netwerk, krijgen zij meer behoefte aan ‘descriptive’ in plaats van ‘prescriptive’ informatie.

#### *DRIP's*

De functionaliteit van een DRIP en bewegwijzering is verschillend, maar qua routekeuze-impuls overlapt hun functionaliteit. DRIP's hebben als voornaamste doel de bevordering van de doorstroming van het verkeer. Dat gebeurt dan door de routekeuze te beïnvloeden door aan te geven of er file is, hoelang en wat de geschatte reistijd is. Daarmee komt de functionaliteit van een DRIP dicht bij die van bewegwijzering. Strikt genomen echter vallen DRIP's niet onder bewegwijzering.

#### *Aannames*

In eerste instantie is het zaak een aantal premissen te noemen. Welke aannames zijn relevant als het gaat om het beantwoorden van vragen rond de al dan niet vermeende uitwisselbaarheid van bewegwijzering en routenavigatiesystemen? In zijn algemeenheid gesteld verdient de vraagstelling een min of meer ideaal-typische aanname, namelijk:

- Routenavigatiesystemen functioneren in technisch opzicht optimaal; technische gebreken zijn minimaal of komen niet voor. Tekortkomingen, zoals geconstateerd in Autoweek zijn tijdelijk van aard. Te denken valt aan zaken als het niet automatisch terugbrengen van het volume van het audioapparaat bij gesproken adviezen; onvolledige database met adressen; onnauwkeurigheid van plaatsbepaling met GPS (Wild, 2002).
- De onderliggende digitale kaart komt in vergaande mate overeen met de actuele situatie. Echter, in de mate waarin gebruikers hun kaart niet (kunnen) actualiseren respectievelijk kaarten per definitie enigszins achterlopen bij nieuw doorgevoerde infrastructurele wijzigingen, blijft sprake van verschil tussen bewegwijzering en navigatie.

## **4.2 Afstemming navigatiesysteem met bewegwijzering**

Afstemming tussen routenavigatie en verkeersmanagement heeft meerdere aspecten. We bespreken de volgende:

- de routenavigatiestrategie;
- vrachtverkeer – autoverkeer;
- het wettelijke kader.

## *Routenavigatiestrategie*

Leveranciers van navigatiesoftware hanteren uiteenlopende navigatiestrategieën. Onderzoek is verricht naar de mate waarin die afwijken van de door de wegbeheerder gevolgde verkeersmanagementstrategie. Het project Netzausgleich Individualverkehr (NIV) in Duitsland heeft, in dit geval in samenwerking met de gemeente München, onderzocht hoe de door de navigatieapparatuur berekende alternatieve routes verschillen van de door de wegbeheerders gewenste omleidingen. ‘De resultaten van de programmatuur kwamen in hoofdzaak overeen met de aanbevelingen van de wegbeheerders. Waar de navigatieroutes afweken, maakte de routeplanner gebruik van weinig efficiënte netwerkelementen. Deze netwerkelementen hebben de neiging gestremd te raken ...’ (Fischer, 2006: 29). Niet aangegeven wordt in hoeveel gevallen van een dergelijke afwijking sprake is. Ook in Nederland is systematisch getest, en wel door 13 navigatiesystemen te onderwerpen aan basisvaardigheden om de juiste weg van A naar B te vinden. ‘Juist’ in dit verband is gedefinieerd vanuit het Duurzaam Veilig-denken: rijden over woonerven is niet toegestaan evenmin als het geleiden van doorgaand verkeer door de bebouwde kom. De test is uitgevoerd door de Stichting Onderzoek Navigatiesystemen die als statutair doel heeft het verrichten van vergelijkend onderzoek voor de navigatiemarkt. In hoofdstuk 5 staan de testcriteria nader toegelicht gegeven de veiligheidsaspecten. Qua functionaliteit is het van belang te constateren dat slechts één navigatiesysteem voldoet aan de criteria. Alleen Nav4All kan de juiste weg vinden en voldoet aan alle geteste criteria. De (vele) ‘afgekeurde navigators rijden als ‘kidkillers’ over woonerven en wegen die niet voor doorgaand verkeer zijn bestemd. Zij slagen er niet in de rondwegen te vinden. Softwarefouten zijn de oorzaak. De stelling van TomTom dat dit aan de overheid te wijten is, is niet juist, omdat het gratis pakket Nav4All het wel kan.’ (SON, 2007).

De afstemming van navigatiesystemen met het beleid van wegbeheerders is ook reeds aan de orde gesteld door Oei. Deze verwijst naar Beckmann et al. die stellen dat het evident is dat het wenselijk is om zowel de statische als de dynamische de navigatiestrategie af te stemmen op die van de wegbeheerder. Oei memoreert hun aanbevelingen, onder andere dat het wenselijk is dat beheerders van collectieve route-informatiesystemen op zijn minst een data- en informatieovereenkomst sluiten met beheerders van individuele systemen. Ook het omleiden van voertuigen naar het onderliggend wegennet dient te worden vermeden.

De ‘zelfsturing’ door automobilisten door gebruik te maken van hun routenavigatiesysteem wordt ook door Fischer onwenselijk genoemd. Het kan het netwerkmanagement in de wielen rijden, met name als het navigatiesysteem ongewenste alternatieve routes suggereert. Het doel moet zijn dat het navigatiesysteem in zijn routeplanning het verkeersmanagement van wegbeheerders ondersteunt. ‘Voertuignavigatiesystemen daarentegen zijn erop gericht de gebruiker te dienen en dat betekent een korte reistijd voor één gebruiker en één combinatie van begin- en eindpunt’ (Fischer, 2006: 29). Het eerder genoemde NIV project – een initiatief van het Duitse Federale Ministerie voor Onderwijs en Onderzoek – stelt de instelling voor van een strategische laag (‘strategic layer’) die als instrument (omleidings)informatie geschikt maakt voor en beschikbaar stelt aan de voertuignavigatiesystemen. Deze samenwerking tussen wegbeheerders en aanbieders van routenavigatiesystemen kan de ongewenste verschillen voorkomen. Zo’n strategische laag is in het NIV-project ontwikkeld. Het bevat de technische vertaalslag van wegafslui-

tingen en omleidingen naar een voor navigatieprogrammatuur begrijpelijke vorm. De programmatuur kan binnen de beperkingen van het nieuwe netwerk een route uitstippelen.

Ook als het gaat om de selectie van namen op richtingborden is kennelijk sprake van onbevredigende afstemming. ‘De Nokia navigator en vele andere in de test hebben de techniek om de hoofdrichting te selecteren van het richtingsbord volstrekt niet onder controle. Zij plaatsen veelal alle voorkomende namen die op het richtingsbord staan, op de display....Opmerkelijk is dat buiten Nav4All geen van de geteste systemen er in geslaagd is om in de testcase op een afrit van de snelweg, waar op het richtingbord meerdere namen staan, de juiste te selecteren. Deze naam moet overeenstemmen met de richting waarin men gaat rijden na het verlaten van de afrit. In de relevante testcase kiezen ze allemaal de verkeerde richting’ (SON, 2007).

### *Vrachtverkeer*

Het Britse Department of Transport wijst er in zijn verslag (DfT, 2007) van een consultatieronde langs meer dan 100 stakeholders op dat navigatiesystemen met name ontworpen zijn voor auto’s terwijl vrachtverkeer er intensief gebruik van maakt. ‘The main problem with such devices stemmed from their inappropriate use in heavy vehicles.’ Niettemin is in het onderzoek 43 procent het erover eens dat een navigatiesysteem ook voor vrachtverkeer significante voordelen heeft. Gepleit wordt voor een afzonderlijk systeem voor vrachtverkeer: ‘The assumption has been that a separate type of satellite navigation, with a dataset specifically for trucks, is therefore needed. We understand that such systems are being developed, but are not yet widely available.’ De grootste barrière voor een dergelijke ontwikkeling wordt het gebrek aan route informatie voor vrachtverkeer geacht. Ook is een dergelijk systeem complexer en duurder gelet op de zwaardere eisen, namelijk informatie over toelaatbare hoogte, breedte en gewicht. Ook in Nederland is als probleem geconstateerd ‘dat er geen systeem beschikbaar was waarin alle relevante wegkenmerken voor vrachtverkeer zijn verwerkt’ (brief van de minister van Verkeer en Waterstaat aan de Tweede Kamer, 3 maart 2008). In die brief wordt er melding van gemaakt dat ‘kaartenmakers hard aan het werk [zijn] om gegevens voor vrachtverkeer te verzamelen’. Eerder is in het kader van het Nationaal Mobiliteitsberaad aan lokale wegbeheerders om informatie gevraagd over gewenste en ongewenste routes (bron: brief 30 mei 2007 van de minister aan de Tweede Kamer). Dergelijke informatie creëert de mogelijkheid voor opname van gewenste en ongewenste routes voor vrachtverkeer in navigatiesystemen.

De industrie anticipeerde reeds op de behoefte aan dedicated informatie voor vrachtverkeer. Speciale satellietnavigatie voor truckers is gereed voor introductie op de Europese markt. De zogeheten ‘ProNav’ berekent een route die de vrachtwagenbestuurder ervan verzekert niet voor verrassingen te komen staan gegeven zijn hoogte, gewicht en breedte, soort vervoerde goederen én de hellingsgraad van de weg (bron: Intertraffic E-Newsletter, maart 2009).

### *Wettelijk kader*

Het Department for Transport in Groot-Britannië heeft vanuit zijn zorg voor een onvoldoende wettelijk kader een rondgang gemaakt langs stakeholders zoals lokale autoriteiten, industriële actoren betrokken bij routegeleidingsdiensten, politie en vrachtverkeersector. De zogeheten IVIS-consultatie kwam voort uit de constatering en zorg dat ‘there is no all-encompassing system for assessing the ‘Human Machine Interface’ (HMI) and routing aspects of all devices on

the market' (DfT, 2007). Deze 'non-statutory consultation' startte eind oktober 2006 en verliep aan de hand van een consultatie-document dat vier mogelijkheden voor actie bevatte, variërend van 'niets doen' tot 'extend the licensing regime to cover all static and dynamic systems'. Naast HMI-zaken was de voornaamste zorg het zeker stellen dat de te bieden routegeleiding zodanig is ontworpen dat oneigenlijke routing wordt vermeden. De beschikbare rapportage verschaft een overzicht van visies maar trekt geen conclusie voor de meest geëigende opstelling van het DfT. Wel noemt het paper drie steeds terugkerende tendenties in de visies:

- de behoefte om een evenwicht te vinden tussen regelgeving en niet-wettelijke methoden om de veiligheid van IVIS devices te garanderen;
- de zorg om de gebrekkige communicatie tussen lokale autoriteiten en de kaart-industrie – met name gelet op degenen die direct door 'misrouted drivers' worden belast;
- de behoefte aan betere consumenteninformatie om hen te informeren bij de aankoopbeslissingen rond navigatieapparatuur.

### 4.3 Betrouwbaarheid

Een algemene functionaliteit van informatiesystemen is hun betrouwbaarheid. Gesteld kan ook worden dat betrouwbaarheid een randvoorwaarde is voor de acceptatie door de gebruiker van welk informatiesysteem ook. Een navigatiesysteem is bij uitstek een informatiesysteem dat betrouwbaar geacht moet worden omdat met het weergeven van informatie direct het routekeuzegedrag en in toenemende mate, bij de meer geavanceerde systemen, ook de rijbaankeuze wordt aangestuurd. Een weggebruiker verliest vertrouwen indien hij over lage-orde-wegen wordt geleid die niet passen bij zijn verwachtingspatroon gegeven zijn herkomst-bestemming en al helemaal indien hij, bijvoorbeeld als vrachtwagencombinatie, in smalle straten komt 'vast te zitten'. 'Routenavigatiesystemen zijn in hun (transportondernemers) ogen een welkom hulpmiddel, maar werken niet zo feilloos dat er blindelings op kan worden vertrouwd' (Den Hoed, 1998: 27).

Betrouwbaarheid is bij informatiediensten doorgaans een evaluatiecriterium. Zoals in een onderzoek onder een kleine 600 gebruikers van het Rotterdamse wegennet inzake de informatie geboden door DRIPs: 'Driekwart van de ondervraagden (76 procent) vertrouwt de informatie die een DRIP geeft. 12 Procent vertrouwt de aangeduide filelengte niet en ongeveer 6 procent vertrouwt de informatie niet omdat ze elders slechte ervaringen hebben opgedaan met DRIP's. Dit is een belangrijk punt, omdat het aangeeft dat de informatie die wordt getoond accuraat moet zijn, en dat foutieve informatie het vertrouwen in DRIP's in het algemeen beschadigt'. .... 'Zeer belangrijk is dat de informatie die wordt getoond, ook echt klopt. Als de informatie onjuist is, zal het vertrouwen in het systeem, en daarmee het potentiële effect, afnemen. Dit heeft niet alleen gevolgen voor de eigen systemen, maar ook voor die van andere wegbeheerders. Een aantal weggebruikers geeft namelijk aan geen vertrouwen te hebben in de informatie omdat ze elders slechte ervaringen hebben opgedaan met DRIP's' (Deckers & Martens, 2005: 53). Dit laatste punt is bij in-car routenavigatiesystemen minder aan de orde: de bestuurder heeft een oordeel over zijn eigen in-car equipment; andere doen voor hem niet ter zake.

Op Europees niveau wordt betrouwbaarheid steevast ook als indicator voor 'user acceptance' aanbevolen en verlangd (Zhang et al., 1998). Over betrouwbaarheid van routenavigatie-



apparatuur zijn diverse algemene noties voorhanden. Onderscheid kan worden gemaakt in *technische* betrouwbaarheid, *inhoudelijke* betrouwbaarheid en *efficiëntie*-betrouwbaarheid.

*Technische* betrouwbaarheid is bijvoorbeeld geadresseerd door Den Hoed: 'De zakelijke bruikbaarheid van een navigatiesysteem hangt in hoge mate af van de betrouwbaarheid. Geen mens zit er op te wachten dat een systeem dat vanwege de efficiëntie is gekocht bij een storing voor langere tijd buiten bedrijf is' (Den Hoed, 1998: 27). Over het fail-safe zijn van navigatiesystemen is weinig informatie voorhanden.

*Inhoudelijke* betrouwbaarheid is vaker aan de orde. Soms in randvoorwaardelijke termen, zoals bij Davidse (2006): 'Knowing which types of ADAS have the most potential to improve the safety of older drivers is not enough to actually improve their safety. The systems will have to be accepted by the user, they will have to be bought, used and trusted ...' (Davidse, 2006: 14). Wat vaker wordt inhoudelijke betrouwbaarheid in algemene zin geadresseerd, zoals bij van Driel en van Arem (2005): 'The general accepted notion in literature was that systems should be 100% reliable', of zoals: 'Relevant studies also found out other factors affecting route choices, such as quantitative real-time traffic information (Jou et al., 2004), travellers' perception on the reliability of traffic information and their attitude in complying the traffic signs' (Madanat et al., 1995; NG et al., 1995; Chen et al., 1999; Abdel-Aty and Abdalla, 2004; Jou et al., 2005)' bij Choi & Choi (2008). De inhoudelijke betrouwbaarheid is in het geding voor zover de weggebruiker gebruik maakt van verouderd, niet geupdated kaartmateriaal.

Inhoudelijke betrouwbaarheid is verwant met een term als accuraatheid, of met het Engelse 'preciseness'. Chorus et al merken in navolging van Petrella en Lappin op dat het belangrijker is dat de ontvangen informatie 'precise' is dan dat de informatiedienst geavanceerde functionaliteiten heeft (Chorus et al, 2006: 343). Zij constateren daarbij dat juist in situaties waarin reizigers hun eigen informatie onbetrouwbaar achten – bijvoorbeeld wanneer er een ongeluk heeft plaatsgevonden – zij óók verkeersinformatie onbetrouwbaar achten.

*Efficiëntie*-betrouwbaarheid heeft voor de gebruiker wellicht de meeste relevantie: hij verwacht immers de kortste c.q. snelste manier om van A naar B te komen. Voor zover die efficiëntie niet geboden wordt, doet het systeem afbreuk aan de betrouwbaarheid. Met name bij het kiezen van de snelste route kan de betrouwbaarheid in het geding zijn. Dat geldt in toenemende mate indien de actuele verkeerssituatie niet in het advies wordt meeberekend. Reistijdbetrouwbaarheid – met name relevant in de meer geavanceerde routenavigatiesystemen – was onderwerp van studie door Bogers en Koopmans. TU Delft heeft samen met de ANWB een experiment uitgevoerd naar de routekeuze van automobilisten. De onderzoekers waren onder meer geïnteresseerd in het effect van de betrouwbaarheid van reisinformatie op het gedrag van automobilisten. De respondenten werd tijdens de routekeuze-analyse gevraagd om 40 keer één van drie mogelijke routes te kiezen. Op deze manier konden ze door ervaring de routes leren kennen. De drie routes verschilden duidelijk van elkaar wat betreft gemiddelde reistijd en reistijdbetrouwbaarheid. De conclusie luidde 'dat het belangrijk is dat de informatie die wordt gegeven, correct is. Is dat niet het geval, dan kunnen de zeer onvoorspelbare reacties tot onvoorspelbaar en onbetrouwbaar verkeer leiden. Los daarvan leidt het natuurlijk ook tot verwarring en stress bij de automobilist. Beter geen on-trip informatie dan onbetrouwbare on-trip informatie' (Bogers & Koopmans, 2006: 45). Het eerder genoemde onderzoek van Oei onder 130 gebruikers van een routenavigatiesysteem ging na hoe vaak het voorkwam dat 'naar uw oordeel de aangewezen route niet de

optimale route was (snelste of kortste)' (Oei, 2003). Weliswaar bleek dat bij slechts een minderheid van 18 procent 'vaak' voor te komen, maar dit cijfer kan ook geïnterpreteerd worden als: veelvuldige tekortkoming in de beleving van één op de vijf gebruikers. Daarnaast gaf 42 procent aan dat het wel eens voorkwam dat een niet-optimale route werd aangeboden. Gevraagd naar de wenselijkheid de 'betrouwbaarheid van het systeem te verbeteren – juistheid route-informatie, volledigheid stratenbestand' –, geeft een beduidend grotere groep aan dat zeer gewenst (48%) of gewenst (35%) te vinden.

Een actueel inzicht in de door gebruikers beleefde betrouwbaarheid van routenavigatiesystemen op basis van onderzoek lijkt niet voorhanden. Een dergelijk overzicht zou overigens in zekere mate gedetailleerd moeten zijn voor de verschillende producten die op de markt zijn: aangenomen mag worden dat de betrouwbaarheid enigermate uiteenloopt per product. Voor een belangrijk deel zal dat ook gerelateerd zijn aan de onderliggende kaart: zowel het type kaart als de 'ouderdom' van de kaart. Uit ervaring is bekend dat weggebruikers niet stelselmatig hun software vervangen. De mate waarin gebruikers in de praktijk up-to-date (willen) blijven met hun kaartmateriaal zou voorwerp van onderzoek kunnen zijn. Bij ingebouwde navigatie-apparatuur is het extra moeilijk te updaten.

#### **4.4 Andere functionaliteiten**

##### *Aanvullende, deels navigatie-vreemde functionaliteiten*

Er is een ontwikkeling, niet alleen denkbaar maar ook reeds in gang gezet, om routenavigatiesystemen uit te rusten met aanvullende functionaliteiten. Deze aanvullende functionaliteiten zijn deels verkeer-/weggerelateerd maar deels ook niet weggerelateerd. Nog min of meer consistent met de rijtaakopdracht aan de bestuurder is de tendens om een navigatiesysteem uit te rusten met verkeersbordherkenning. Zo heeft elektronicafabrikant Blaupunkt in 2008 op de IFA-beurs een nieuwe Travelpilot gedemonstreerd die beschikt over een camera om informatie uit de omgeving van de auto te combineren met route-aanwijzingen. De camera wordt aan de voorzijde van het voertuig gemonteerd om real-time beelden door te geven aan het navigatiesysteem<sup>2</sup>. De gebruiker kijkt dan als het ware naar een TV-uitzending van zijn route. Het Blaupunkt-systeem toont vervolgens de route-aanwijzingen over de videobeelden heen. Verkeersbordherkenning maakt het mogelijk om de ter plaatse vigerende maximumsnelheid in het display weer te geven. Deze ontwikkeling roept de vraag op of het informatie-aanbod niet ver zijn doel voorbij schiet. De wenselijkheid van dit zogeheten videonavigeren kan vanuit verschillende overwegingen betwijfeld worden. Naast onveiligheid (blikafwendings: het risico onverwachte 'ontwikkelingen' op de weg te missen, bijvoorbeeld een inhalend voertuig of een remmende voorganger) roept dit een frequente, onnodige afwisseling op van de blik op de weg en op het scherm.

---

2 'Door middel van een aantal innovatieve functies weet dit systeem zich te onderscheiden van de rest. De Blaupunkt maakt namelijk gebruik van een videosysteem om u zo goed mogelijk naar uw bestemming te loodsen. U plakt de Blaupunkt in de houder op de ruit, vervolgens stuurt de camera op de achterkant van het navigatiesysteem beelden naar het scherm. Deze beelden worden vervolgens voorzien van pijlen en andere informatie. U kijkt tijdens het navigeren dus niet naar een kaart, maar naar de echte weg.' Bron: [www.gpsshop.nl](http://www.gpsshop.nl)



Nog verdergaand is de mogelijkheid om de Travelpilot te voorzien van multimediale functies, zoals wifi-ondersteuning, een browser en een mailcliënt. Voor zakelijk gebruikers is het mogelijk om bestanden in Word, Excel en pdf op de navigatie-apparatuur te bekijken. De bewuste Travelpilot (700) zou in het tweede halfjaar van 2008 op de markt gebracht worden. Commercieel levert dit onderscheidende waarde op: 'De Blaupunkt TravelPilot 700 tilt navigatie op een hoger niveau'... Dankzij WLAN-ondersteuning en Internet Explorer zit u met de Blaupunkt TravelPilot moeiteloos te surfen over het internet. Zoek een toegangspunt of maak verbinding via de Bluetooth en geniet van uw favoriete sites. Het navigatiesysteem is ook voorzien van een mobiele versie van Office' ([www.gpsshop.nl](http://www.gpsshop.nl)). Evenals bij de introductie van het mobiel telefoneren vanuit een voertuig kan het wenselijk zijn deze ontwikkeling te omgeven met regulerende bepalingen. De Consumentenbond heeft dit videonavigeren in december 2008 aan een test onderworpen. De combinatie van statische pijlen, weergegeven op het dynamische, actuele wegebeeld, wordt in die test niet als positief beoordeeld.

### *Bevestiging*

Routenavigatiesystemen hebben impliciet ook een bevestigings-functionaliteit. Dit mechanisme werkt in twee richtingen: informatie op het navigatiedisplay blijkt te kloppen met de werkelijkheid en, andersom, langs of boven de weg verschijnen borden die qua inhoud (route-aanduiding) overeenstemmen met datgene wat de navigatie aangeeft. Het is wellicht ook dit dubbele mechanisme dat de bestuurder een gevoel van zekerheid en comfort geeft. 'Bevestiging' is, naar mag worden aangenomen, voor de bestuurder een expliciete, relevante functie van het routenavigatiesysteem, zij het dat deze functionaliteit geenszins een oorspronkelijk bedoelde functionaliteit is.

### *Andere functionaliteiten*

Andere functionaliteiten waarop bewegwijzering én routenavigatiesystemen kunnen worden beoordeeld zijn:

- *Vermijding van zoekgedrag.* Dit criterium scoort positief bij navigatiesystemen die zoekgedrag juist voorkomen. Uitzondering vormen al die situaties waar de gebruiker letterlijk de weg kwijt is en de navigatie niet (meer) kan assisteren. In die gevallen levert een navigatiesysteem zelfs hulpvraag bij derden op (vgl. ANWM Lyon).
- *Statische of dynamische informatievoorziening.* Bewegwijzering is overwegend statisch, uitzonderingen in de zin van aanwijzingen bij bijvoorbeeld stremmingen daargelaten. Routenavigatie is overwegend statisch, in toenemende mate dynamisch, zij het momenteel nog beperkt.
- *Efficiëntie in termen van kortste route.* TNO verrichtte een experiment met behulp van een geïnstumenteed voertuig, waarbij de 36 testdeelnemers een bepaalde route in de omgeving van Amersfoort reden zonder en mét een routenavigatiesysteem. 'The results showed that with navigation (compared to free) the mean distance travelled to reach the destination was shorter (16%), the time needed to reach the destination was shorter (18%)...' (van Rooijen et al., 2008:10). Aangetekend dient te worden dat de testdeelnemers níet bekend waren met de omgeving. In de 'vrije conditie', zonder navigatiesysteem, dienden zij gebruik te maken van

kaartmateriaal of een print van een internet routeplanner. Deze conditie van onbekendheid flatteert naar alle waarschijnlijkheid het aandeel omrijden. Beduidend eerder, in 1987, concludeerden onderzoekers op basis van een literatuurstudie dat 5 tot 7 procent van de afgelegde weg omrijkilometers zijn, soms oplopend tot 20 procent (Janssen & de Roos, 1987). Er kan evenwel niet gesteld worden dat een routenavigatiesysteem omrijkilometers vermijdt. Een snelste route kan, evenals bij bewegwijzering, een route kiezen die kilometers omrijden impliceert teneinde stedelijk gebied te mijden.

- *Herstellend vermogen* bij verkeerde routebeslissingen. Een routenavigatiesysteem is bij uitstek erop berekend dat de gebruiker afwijkt van de geadviseerde route. Onmiddellijk na die afwijking herberekend het systeem de route en verschaft aan de bestuurder een correctie-route. In dit opzicht is een routenavigatiesysteem superieur aan bewegwijzering die na een foute afslag de bestuurder niet of slechts gedeeltelijk op het juiste spoor zet.
- *Benodigde vooraf-kennis* van de geografische situatie. Voor het gebruik van een routenavigatiesysteem is het kennen van de geografische situatie met ligging van begin- en eindpunt én tussenliggende (grote) steden niet strikt noodzakelijk. Kennis van de geografische situatie is wél nodig bij weggebruikers die geheel afgaan op de bewegwijzering, namelijk daar waar een ‘*remote focal point*’-systeem in de bewegwijzering ontbreekt. Een remote focal point, ook wel afgekort als RFP, is een doel-op-afstand dat een hoofdrichting aangeeft (bijvoorbeeld: Maastricht, terwijl nog rijdend in de nabijheid van Utrecht), niet te verwarren met een steeds wisselend tussendoel op weg naar het einddoel van de verplaatsing.
- *Overmatig vertrouwen*. Er bestaat het risico op een overmatig vertrouwen in de navigatieadviezen. De bestuurder kan geneigd raken tot een te grote mate van passiviteit, zich concentrerend op de route-aanwijzingen op het scherm en met te weinig alertheid op omringende gebeurtenissen of situaties op de weg. Naast dit overmatig vertrouwen in zijn algemeenheid is er ook het risico van overmatig vertrouwen op detailniveau: de bestuurder kan geneigd zijn ogenblikkelijk een geadviseerde afslag te nemen (‘ga nú rechtsaf’) terwijl het nog slechts gaat om een ingang of oprit die door de bestuurder abusievelijk wordt aangezien als een weg. Illustratief, zij het een uitzonderingsgeval, is de bestuurder die tijdens een vorstperiode op het ijs belandde via een hellingbaan voor boten (ANP-bericht 13 januari 2009).

Tabel 4.1 vat het geheel aan functionaliteiten samen en scoort zowel bewegwijzering als routenavigatie kort op deze functionaliteiten.

Tabel 4.1 – Beoordeling van functionaliteiten van bewegwijzering en navigatiesystemen

Functionaliteit	Bewegwijzering	Navigatiesysteem
Technische betrouwbaarheid	positief	negatief in geval van in ongerede raken
Inhoudelijke betrouwbaarheid		kaartafhankelijk
Efficiëntie-betrouwbaarheid	beperkt bij statische bewegwijzering (geen file-informatie)	beperkt bij statische systemen (ontbreken actuele informatie)
Toevoeging van niet-weggerelateerde functionaliteit		negatief bij multimediale functies
Bevestiging	positief, nl. bevestigend t.o.v. wegenkaart, navigatiesysteem en persoonlijke verwachting	
Vermijding zoekgedrag		in beginsel positief, maar negatief in geval van uitval
Statisch/dynamisch	in beginsel statisch, maar door flexibilisering toenemend dynamisch	overwegend (nog) statisch maar in toenemende mate dynamisch
Efficiency in termen van kortste route	normaliter +/- 5-7% omrijden	positief: bij experiment op onbekend traject minder kms vergeleken met vrij rijden
Herstellend vermogen bij het kiezen van een foute afslag	beperkt	positief, nl. herberekening aangepast aan nieuwe situatie
Overmatig vertrouwen		Negatief
Benodigde a priori kennis, geografisch	negatief, nl. kennis nodig	positief, nl. geen kennis nodig, tenzij systeem uitvalt

## 5 Veiligheidseffecten

### 5.1 Routekeuze gerelateerde veiligheidsaspecten

#### *Navigatiesystemen*

De Stichting Onderzoek Navigatiesystemen testte navigatiesystemen en stelt dat deze systemen aan vier basisvaardigheden moeten voldoen om de juiste weg van A naar B te kunnen berekenen. Ten eerste is rijden over woonerven niet toegestaan. Daarnaast mag doorgaand verkeer in de bebouwde kom niet door woonwijken, en buiten de bebouwde kom niet over wegen die daarvoor niet bestemd zijn. Tot slot mag het verkeer op de snelwegen regionale wegen niet als vluchtroute gebruiken. Andere eisen waaraan de navigatiesystemen moeten voldoen zijn: op het juiste moment de juiste instructie aan de bestuurder geven, de navigatie instructies moeten volledig gesproken beschikbaar zijn en beeldscherm instructies moeten in één oogopslag kunnen worden geïnterpreteerd (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 6). De laatste, HMI-gerelateerde aspecten komen aan de orde in paragraaf 5.2. Vooral telefoon navigatiesystemen zijn getest, daarnaast ook Nokia en TomTom. De vier basisvaardigheden staan hierna inhoudelijk toegelicht, gevolgd door het testresultaat.

#### *Navigatiesystemen getest aan Duurzaam Veilig-criteria*

De Stichting Onderzoek Navigatiesystemen conformeert zich aan de uitgangspunten van het ‘Duurzaam Veilig’ beleid. Door dit beleid wordt het wegennetwerk ingedeeld in drie soorten wegen: erftoegangswegen, stroomwegen en verbindingswegen tussen erftoegangswegen en stroomwegen (ook wel gebiedsonsluitingswegen genoemd) (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 7). De routekeuze is veiliger wanneer de Duurzaam Veilig methode wordt gehanteerd. De route laat dan een verloop zien dat alle wegcategorieën in de juiste volgorde en in de juiste lengteverhoudingen bevat (Dijkstra & Drolenga, 2007: 3; SWOV, 2009a: 3). De juiste weg begint en eindigt meestal op een erftoegangsweg via een verbindingsweg. Indien een route over een lange afstand gaat dan wordt deze afstand afgelegd via een stroomweg. Hierdoor wordt het aantal kilometers op de wegen met de hoogste ongevalkans automatisch geminimaliseerd (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 7).

Wanneer een navigatiesysteem automobilisten op een doorgaande route over een woonerf stuurt wordt dit gezien als een ontoelaatbare softwarefout. ‘In de volksworld wordt een systeem dat onnodig over de speelplaats van kinderen leidt een ‘kidkiller’ genoemd. Roekelozer kan het niet! De navigator brengt de rijder bewust in een situatie van onaanvaardbaar sociaal gedrag’ (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 8). Het is bekend dat door deze softwarefout ongevallen en verkeersslachtoffers toenemen en dit type fout wordt aangeduid als een gebrek aan sociale responsiviteit (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 8).

De tweede basisvaardigheid is dat doorgaand verkeer binnen de bebouwde kom niet over erf-toegangswegen mag worden geleid. Wettelijk gezien mogen automobilisten rijden waar ze willen, maar van een navigator wordt verwacht dat het de norm laat prevaleren boven het berekenen van de kortste route. Het afsluiten van erftoegangswegen voor doorgaand verkeer kan uitgevoerd worden op basis van beschikbare netwerkgegevens. Gebeurt dat niet dan is er sprake van een softwarefout. 'De navigator brengt de rijder bewust in een situatie van onaanvaardbaar sociaal gedrag. De toename van ongevallen en verkeersslachtoffers die hiervan het gevolg is, is op statistische gronden ongeveer vier keer hoger en gezien het causale verband met de softwarefout direct toerekenbaar aan de fabrikanten en leveranciers van de navigators' (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 9).

Ook buiten de bebouwde kom mag doorgaand verkeer niet over erftoegangswegen. Deze wegen zijn buiten de bebouwde kom met 238 ernstige ongevallen per miljard voertuigkilometers de gevaarlijkste wegen. 'De oorzaak hiervan is dat kinderen, voetgangers, fietsers, bromfietzers en gemotoriseerd verkeer, inbegrepen landbouwverkeer, allemaal op dezelfde smalle rijweg zitten met een maximale toegestane rijsnelheid van 60 km per uur. Daarnaast speelt een rol dat de aansluiting op de gebiedsonsluitingswegen meestal een voorrangskruispunt is in plaats van de geadviseerde rotonde. Het spreekt dan ook voor zich dat over deze wegen, gezien hun aard door navigators geen doorgaande routes mogen worden gepland' (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 10). Wanneer dat wel gebeurt, had dat voorkomen kunnen worden door goede software. Door verkeerde software worden automobilisten gestuurd over wegen die niet geschikt zijn voor doorgaand verkeer.

Het oosten van Groningen is een voorbeeld waar vrachtverkeer op wegen rijdt die daar niet op berekend zijn. 'De kortste route die navigatiesystemen aangeven is sowieso vaak niet de handigste. Veel polderwegen zijn niet berekend op zwaar vrachtverkeer. De vrachtwagens komen vast te zitten in de berm en moeten worden losgetrokken. Of ze stuiten op geparkeerde auto's en moeten achteruit rijden en dan is de kans op schade groot. ... Het gaat vooral om vrachtwagen die niet bekend zijn in de streek en zich door hun TomTom laten (ver)leiden' (Lingsma, 2006: 11). Ook in andere delen van het land weten steeds meer vrachtauto's de rustige wegen door het platteland te vinden om files op hoofdwegen te ontwijken. 'Dat zou tot overlast en onveilige verkeerssituaties leiden' (NM Magazine, 2006: 4).

Tot slot mag verkeer op snelwegen niet een kortere route zoeken door de snelweg tijdelijk te verlaten. Wanneer automobilisten dit doen leidt dat tot extra manoeuvres waardoor vertraging ontstaat. 'Daarnaast komt men op verbindingswegen die gemaakt zijn met een ander doel, namelijk de afhandeling van het regionale verkeer. Deze wegen zijn bovendien veel onveiliger dan de snelwegen' (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 11). De regionale infrastructuur kan vastlopen.

Het omleiden van voertuigen naar het onderliggend wegennet dient vermeden te worden. Wanneer wel alternatieve routes via secundaire wegen worden geadviseerd, dan kan een optimaal gebruik van het wegennet in de toekomst niet meer worden gewaarborgd, wanneer het aandeel auto's met een navigatiesysteem in het verkeer groot is (Beckmann et al., 2001 in: Oei, 2003: 23).

De Stichting Onderzoek Navigatiesystemen heeft deze vier basisvaardigheden getest op 13 navigatiesystemen. Bij de eerste drie basisvaardigheden voldoet slechts één navigatiesysteem aan de

criteria. Alleen Nav4All kan de juiste weg vinden en voldoet aan alle geteste criteria. De (vele) 'afgekeurde navigators rijden als 'kidkillers' over woonerven en wegen die niet voor doorgaand verkeer zijn bestemd. Zij slagen er niet in de rondwegen te vinden. Softwarefouten zijn de oorzaak. ..Een direct gevolg van deze softwarefouten is dat de automatische file omleiding van TomTom e.a. de lokale wegen die daarvoor niet bestemd en geschikt zijn, volpropt met fileverkeer. Dit vergroot het aantal verkeersongevallen en slachtoffers en verstoort de rust en het milieu in woonomgevingen.' In een reactie van de minister van V&W stelt hij 'dat navigatiesystemen in sommige specifieke gevallen [weliswaar] minder gewenste adviezen kunnen geven, maar dat hier nog niet uit kan worden afgeleid dat navigatiesystemen per saldo onveilig zijn' (brief aan Tweede Kamer, 3 maart 2008). Hij verwijst dan naar onderzoek van TNO waaruit aanwijzingen komen dat navigatiesystemen door het beperken van omrijden en zoekgedrag juist een positieve invloed kunnen hebben op de verkeersveiligheid. SON wijst er echter juist op dat reductie van het omrijden door het voertuig via lagere-orde wegen te geleiden de onveiligheid eerder vergroot dan vermindert. Paragraaf 5.3 gaat nader in op het TNO-onderzoek dat zich beperkt tot navigatiesystemen die de bestuurder tijdens het rijden niet kan bedienen.

#### *Andere algemene veiligheidsaspecten*

Positieve effecten van navigatiesystemen zijn dat het tot minder gereden kilometers leidt en dat in een aantal situaties het zoekgedrag afneemt. Dit blijkt uit andere onderzoeken. Echter volgens Stichting Onderzoek Navigatiesystemen gaan deze onderzoeken (impliciet) uit van goed functionerende navigatiesystemen. Er wordt dan geen rekening gehouden met het onvermogen van navigators om de juiste weg te vinden. De belangrijkste negatieve effecten op de veiligheid die uit dit onderzoek naar voren komen zijn:

- Dat automobilisten onnodig als 'kidkillers' over woonerven en wegen gestuurd worden die niet voor doorgaand verkeer zijn bestemd.
- Dat ondeugdelijk navigatie advies tot zoekgedrag leidt op het moment dat het voertuig met hoge snelheid rijdt.
- Dat er een toename van het aantal ongevallen verwacht wordt door de file-optimalisatiesystemen die ten gevolge van het niet kunnen vinden van de juiste weg minder veilige lagere-orde wegen volproppen met verkeer dat er niet voor bestemd is. Deze wegen hebben reeds een hoger ongevallencijfers, dat ten gevolge van de overbelasting nog verder zal stijgen (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 19).

Janssen en De Roos (1987) stellen op basis van een literatuurstudie dat 5 tot 7 procent van de afgelegde weg omrijkilometers zijn. Hiervan is bij circa eenderde bewust omgereden. Ze concluderen een potentiële besparing van 5 tot 7 procent van het aantal gereden kilometers bij een volledige invoering van elektronische navigatiesmiddelen. Minder omrijden vanwege een navigatiesysteem zal minder ongevallen en slachtoffers tot gevolg hebben. Dit effect is alleen te verwachten op ongevallen waarbij minimaal één personenauto is betrokken (Oei, 2003: 28).

Het is gunstig voor de verkeersveiligheid indien omrijkilometers worden voorkomen. Verwacht mag worden dat de meeste omrijkilometers gemaakt worden bij onbekende routes. Uit de enquête blijkt dat het navigatiesysteem in dat geval bijna altijd wordt gebruikt (Oei, 2003: 33).

'Een navigatiesysteem dat rekening houdt met de actuele verkeerssituatie kan soms een snelste route adviseren via binnenwegen. Op de snelste route brengt de gebruiker zo min mogelijk tijd door in het verkeer en op de kortste route legt de gebruiker de minste kilometers af. In beide

gevallen is er sprake van minder expositie (blootstelling) aan 'gevaar'. Dit heeft een positief effect op de verkeersveiligheid' (SWOV, 2009a: 2). Echter wanneer de route geen rekening houdt met de Duurzaam Veilig Methode en automobilisten het grootste deel van de route doorbrengen op relatief gevaarlijke wegen kan dit negatieve effecten hebben op de verkeersveiligheid. 'Zo'n 86% van de (ondervraagde) automobilisten met een navigatiesysteem gebruikt de instelling 'snelste route'; slechts enkelen kiezen voor de kortste route' (DVS, 2008 in: SWOV, 2009a: 2).

Volgens DVS (2008) zeggen gebruikers dat ze mét een navigatiesysteem vaker over autosnelwegen (32%) en autowegen (28%) rijden dan zonder systeem. Ook rijdt men vaker over erftoegangswegen (16% buiten de bebouwde kom, 15% binnen de bebouwde kom); deze wegen zouden volgens de gebruikers onderdeel uitmaken van de geadviseerde snelste route. Van de gebruikers die TNO ondervroeg (Vonk et al., 2007) zegt 18% meer over 'highways' te rijden, 17% meer over 'secondary roads' en 6% meer over 'urban roads'. Voor de verkeersveiligheid is het goed als er meer kilometers over de autosnelweg gaan en minder over de overig genoemde wegtypen (SWOV, 2009a: 3).

Uit de enquête van Oei (2003) komt naar voren dat de geadviseerde routes niet altijd als optimaal worden beoordeeld door de respondenten. Daarnaast is de database niet altijd goed afgestemd op andere informatiebronnen zoals het telefoonboek. Deze bevindingen kunnen een ongunstige invloed hebben op de verkeersveiligheid (Oei, 2003: 33-4). Volgens 39 procent van de gebruikers komt het weinig voor dat een niet-optimale route wordt geadviseerd; 42 procent vindt dat dit wel eens voorkomt en 18 procent ondervindt dat dit vaak voorkomt. De gegeven aanwijzingen zijn volgens 61 procent heel vaak in overeenstemming met de ANWB-borden; 39 procent vindt dat dit redelijk vaak voorkomt.

Verbetering van de betrouwbaarheid, juistheid en volledigheid van het systeem vindt 83 procent gewenst tot zeer gewenst. Afstemming met ANWB-routeborden acht 71 procent gewenst tot zeer gewenst (Oei, 2003: 32-3).

In het kader van het 'Duurzaam Veilig Verkeer' beleid van de overheid moet de navigatie gericht zijn op het 'voorkomen van zoekgedrag'. In dit kader gezien, geeft het extra zekerheid dat de hoofdrichting die men op de borden ziet, overeenkomt met hetgeen de navigator op de display zet, zo stelt de Stichting Onderzoek Navigatiesystemen. 'De Nokia navigator en vele andere in de test hebben de techniek om de hoofdrichting te selecteren van het richtingsbord volstrekt niet onder controle. Zij plaatsen veelal alle voorkomende namen die op het richtingsbord staan, op de display. Deze wijze van informatieverstrekking leidt gezien de kleine letters op de display, tot extra zoekgedrag met alle gevolgen van dien. Van het waarnemen van de informatie van het beeldscherm in 'een flits' kan geen sprake meer zijn. Het oog moet zich instellen voor een leesoperatie. Hierdoor is het oog niet meer op de weg' (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 25).

'Een navigatiesysteem met informatie over de actuele verkeerssituatie kan de gebruiker vroegtijdig attent maken op toekomstige verkeerssituaties. Echter, als er veel voertuigen met een dergelijk navigatiesysteem op de weg zijn, kan dit de verdeling van het verkeer over het wegennet merkbaar beïnvloeden en zelfs onbeheersbaar maken. Volgens DVS (2008) gebruikt een vijfde van de ondervraagden de optie om automatisch de route aan te passen op grond van fileinformatie. Ruim een derde van de ondervraagden kiest een route zonder verder rekening te



houden met (potentieel) beschikbare) informatie over actuele of regelmatig voorkomende files' (SWOV, 2009a: 2).

#### *Dynamische route-informatiepanelen (DRIP's)*

DRIP's hebben niet direct tot doel de verkeersveiligheid te vergroten. In theorie zouden de borden daar wel effect op kunnen hebben, zowel positief als negatief:

- negatief of positief: automobilisten kiezen een andere, veiligere of onveiligere route;
- negatief of positief: automobilisten gaan zich veiliger of onveiliger gedragen in het verkeer;
- positief: automobilisten kunnen beter anticiperen op aangekondigde files en stremmingen;
- negatief: automobilisten worden afgeleid door de informatie (SWOV, 2008:1-3).

'Er is weinig empirisch onderzoek naar de effecten van DRIP's op het aantal ongevallen. In Nederland is eind jaren negentig de werking van DRIP's op het Amsterdamse hoofdwegenet geëvalueerd en daar werd over het geheel genomen geen effect op de verkeersveiligheid aangetoond (Goudappel Coffeng, 1999 in: SWOV, 2008: 3). In het buitenland zijn er enkele studies gedaan in rijssimulatoren. Deze onderzoeken laten over het algemeen kleine afnamen in ongevallen zien als gevolg van dynamische route-informatie' (Elvik & Vaa, 2004 in: SWOV, 2008: 3).

In Nederlands onderzoek naar de effecten van DRIP's worden over het algemeen bescheiden effecten op routekeuze gevonden (AGV & Arane, 2004 in: SWOV, 2008: 3; Deckers & Martens, 2005). Deze toch relatief kleine effecten (maximaal zes procent van de automobilisten wijzigt daadwerkelijk zijn route door DRIP-informatie) op de routekeuze van automobilisten is kennelijk voldoende om effect te hebben op de filevorming. 'Als de keuze voor een andere route over een autosnelweg ertoe leidt dat er minder files ontstaan, zal dit naar verwachting leiden tot minder achteraanrijdingen in de staart van files. Verder heeft het kiezen van een andere route op het autosnelwegennet naar verwachting weinig effect op de veiligheid, omdat alle autosnelwegen een relatief laag risico hebben' (SWOV, 2008: 3).

DRIP's kunnen een effect hebben op het gebruik van het onderliggend wegennet. Uit onderzoek blijkt dat dit effect bescheiden is. 'Wanneer files langer zijn dan gebruikelijk kan het onbedoeld gebruik van het onderliggend wegennet (sluipverkeer) toenemen. Wanneer files korter zijn dan verwacht kan daarentegen juist een afname van onbedoeld gebruik van dit wegennet worden bereikt' (SWOV, 2008: 3).

Wat betreft de snelheid van automobilisten kan verwacht worden dat op sommige trajecten wat sneller wordt gereden omdat de drukte afneemt en op andere trajecten wat minder snel wordt gereden omdat de drukte juist toeneemt. Uit onderzoek naar effecten van DRIP's in Amsterdam en Breda bleek dat het snelhedenbeeld homogener was geworden (Goudappel Coffeng, 1999 en 2002). 'Lagere en homogenere snelheden leiden tot minder en minder ernstige ongevallen; hogere snelheden tot meer en ernstigere ongevallen. Verder kan verwacht worden dat DRIP's leiden tot een betere anticipatie op files en andere stremmingen, waardoor het aantal kopstaartbotsingen vermindert. Dit kan echter niet met objectieve gegevens worden onderbouwd' (SWOV, 2008: 4).

Het is mogelijk dat DRIP's de aandacht afleiden van de verkeerstaak. Er is echter geen Nederlands onderzoek dat een dergelijk effect aantoonst (SWOV, 2008: 4).



Een nadeel van DRIP's is dat buitenlandse truckers de borden niet begrijpen. Dit kan levensgevaarlijke situaties opleveren. Onderzoek van DHV in opdracht van Rijkswaterstaat-Limburg heeft dat aangetoond. Als oplossing wordt aangedragen meer gebruik te maken van pictogrammen die internationaal bekend zijn. De zogenaamde 'berm-DRIP's' zijn hier geschikt voor (NM Magazine: 2007).

## 5.2 HMI gerelateerde veiligheidsaspecten

Het is van belang dat de bestuurder zijn aandacht op de weg houdt. 'Hij mag nooit twifelen over 'hoe te rijden', omdat dat zoekgedrag veroorzaakt. ... Voor de bevestiging dat de bestuurder op de juiste route zit, is het van belang, dat de navigator van het richtingsbord de hoofdrichting noemt die overeenkomt met de route naar het bestemmingsplan' (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 12).

Ook een tijdig rijbaanadvies is van belang om insluiting te voorkomen. 'Een onjuist rijbaanadvies zal tevens leiden tot een niet efficiënt gebruik van de beschikbare rijbanen en overbodige rijbaanwisselingen. Dit belemmert de doorstroming en de verkeersveiligheid' (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 12). De meeste geteste navigatiesystemen geven geen adequate informatie over het aantal rijbanen, zodat de bestuurder onnodig links gaat rijden of veelvuldig van baan wisselt.

'De presentatie van het navigatie advies op de display is bij nagenoeg alle systemen gedeeltelijk of volledig onleesbaar en een bron voor het genereren van zoekgedrag' (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 19).

Het niet voldoen aan bovenstaande criteria veroorzaakt zoekgedrag van de bestuurder. Bij zoekgedrag wordt onmiddellijk alle weggebruikers die de bestuurder omringen ook geraakt. De gevolgen komen tot uiting in filevorming, verkeersongevallen en slachtoffers (Stichting Onderzoek Navigatiesystemen, 2007: 19).

Voor een zo veilig mogelijk gebruik van navigatiesystemen moet programmeren onder het rijden onmogelijk worden gemaakt, moet het display eenvoudig en snel af te lezen zijn zonder dat de blik sterk afgewend hoeft te worden, moet de informatie ook auditief worden gegeven en zal via de stem opdrachten gegeven moeten kunnen worden.

Navigatiesystemen werken nu nog op verschillende wijze (Wild, 2002): uniformering en vereenvoudiging zijn gewenst, evenals afstemming met de strategie van de wegbeheerder (Oei, 2003: 26-7).

Navigatiesystemen hebben een negatief effect als de bediening van het systeem interfereert met de rijtaak en als de aard en presentatie van de informatie niet goed aansluit bij de behoeftes die de bestuurder op dat moment heeft. Te denken valt aan:

- programmeren tijdens de rit;
- blik afwenden om naar het navigatiescherm te kijken;
- cruciale informatie krijgen tijdens een manoeuvre;
- in het algemeen afgeleid worden van de primaire rijtaak;
- informatie krijgen die niet aansluit bij de verwachting (inconsistentie)' (Oei, 2003: 17).

Aspecten die te maken hebben met het scherm en de bediening ervan worden grotendeels verder toegelicht in paragraaf zeven. Hieronder gaan we in op de (on)mogelijkheid onder het rijden de

bestemming in te voeren, de (on)mogelijkheid om het systeem met stemcommando's te bedienen en de plaats van het schermje / display in de auto.

### *Invoering bestemming*

Uit een oogpunt van verkeersveiligheid is het invoeren van de bestemming onder het rijden ongewenst (SWOV, 2009a: 2). Van de gebruikers (n=130) bedient 23 procent het systeem vaak onder het rijden, 41 procent doet dit soms en 36 procent doet dit bijna nooit. Bediening van het systeem onder het rijden wordt door 34 procent heel gevaarlijk ingeschat; 45 procent vindt dit redelijk gevaarlijk en 19 procent acht dit weinig gevaarlijk. Het onmogelijk maken van handmatig programmeren onder het rijden acht 60 procent van de respondenten ongewenst (Oei, 2003: 32).

Een handsfree bediening van het navigatiesysteem komt de veiligheid ten goede; naar verwachting zal deze mogelijkheid in de toekomst sterk toenemen. De mogelijkheid om stemcommando's te geven acht 83 procent (n=130) gewenst tot zeer gewenst (Oei, 2003: 32). Slechts een tiende van de respondenten uit de enquête beschikt over een systeem dat met stemcommando's bediend kan worden.

### *Spraak/visueel*

Een specifiek aspect van navigatiesystemen is de wijze waarop de informatie aan de bestuurder wordt gepresenteerd. Bedoeld wordt hier via spraak of via beeld. Het al dan niet gebruiken van spraak is ook aan de orde als het gaat om de activering van het navigatiesysteem: ook dat kan in principe via spraak. 'Volgens DVS (2008 in: SWOV, 2009a: 2) gebruikt 85 procent van de automobilisten de mogelijkheid om aanwijzingen zowel auditief als visueel te verkrijgen. Een groep van 12 procent gebruikt alleen het display, en slechts 3 procent alleen het stemgeluid. Bij Oei (2002) preferereert 83% van de ondervraagden de mogelijkheid om ook via stemgeluid aanwijzingen te krijgen. De visuele informatie zal de aandacht van de bestuurder meer afleiden van de rijtaak dan de auditieve informatie (Verwey & Janssen, 1988)' (SWOV, 2009a: 2).

### *Stemgeluid / beeld*

In een test met navigatiesystemen bleek het stemgeluid niet altijd optimaal is. ook kwam het voor dat het volume van het audioapparaat niet altijd automatisch wordt teruggebracht bij het geven van gesproken adviezen (Wild, 2002).

Voor wat betreft de grafische weergave zijn er diverse modaliteiten. In het onderzoek van Oei in 2002 had 61 procent een geografische kaart in het systeem. Dat kan intussen toegenomen zijn. De kaartweergave en het visuele beeld varieert sterk tussen applicaties. Ook detailfunctionaliteiten als het kunnen inzoomen.

### *Activering*

'It has generally been agreed that voice-activation is a safe and effective interface, and should introduce less distraction to the driving task, especially for in-vehicle systems involved in complicated operation commands like destination entry for navigation devices. However, operation of traditional voice-activation systems is usually not very intuitive as voice-recognition systems have usually been designed with a limited contextual vocabulary in order to reduce complexity

and errors in the speech recognition system' (Zheng et al., 2008: 2). En: 'Based on evaluation results, it can be concluded that properly designed intuitive voice interfaces are easier to use and will not introduce significant visual workload. Especially, the intuitive voice interface with cluster display is identified to have relative advantage over the intuitive voice interface with central display, as the cluster is within the direct line of view of drivers and the text prompts introduce less additional visual workload. If being properly deployed, this intuitive voice interface may overcome the problem of low use rate of traditional voice interface and provide a promising solution for complex in-vehicle operations while driving' (Zheng et al., 2008: 11).

### *Positie van het display*

Hoe verder het display uit het normale blikveld van de bestuurder is verwijderd hoe ongunstiger voor de verkeersveiligheid. In 26 procent van de gevallen (n=130) is het display onderin op de middenconsole gesitueerd; dit noodzaakt een sterk afgewende blik van de bestuurder. Weergave van bepaalde informatie in het display van de snelheidsmeter zou een mogelijke verbetering zijn (Rössger et al., 2001 in: Oei, 2003: 22). 48 procent van de gebruikers heeft het display bovenin de middenconsole en slechts in 7 procent van de gevallen zijn de visuele aanwijzingen (ook) geïntegreerd in de snelheidsmeter, hetgeen de minste visuele afleiding geeft (Oei, 2003: 32). Van de respondenten acht 46 procent het gewenst de visuele aanwijzingen te integreren in de snelheidsmeter, 53 procent acht dit ongewenst. Het wordt als wenselijk genoemd dat programmeren onder het rijden mogelijk blijft, met name door een voorpassagier, maar ook door de bestuurder in een langzaam rijdende file.

Een bijzonder aspect betreft de lichtgevoeligheid van bestuurders die wordt aangesproken door een relatief fel licht dat afstraalt van het display bij duisternis. Van het licht van het scherm kan door zijn overstraling een licht verblindend effect uitgaan. Op zijn beurt kan dit ten koste gaan van de waarneembaarheid van de informatie in de omgeving. Dit onwenselijke effect kan mogelijk gereduceerd worden door het instellen van een nachtstand.

### *Afleiding*

Afleiding van de rijtaak is elders een onderwerp van zorg. We beperken ons hier met te verwijzen naar de Britse consultatieronde door het Department for Transport: 'The vast majority (87%) of consultation respondents were concerned to some extent about the potential for driver distraction caused by satellite navigation.....consultees made reference to the potential of such devices leading to distraction similar to mobile telephone use. One suggestion was that it should be made physically impossible to interact with the system while the vehicle is moving' (DfT, 2007).

Twee onderdelen (studie met geïnstumenteerde voertuigen en gebruikerssurvey) van het onderzoek van Van Rooijen (2008) zijn ook uitgevoerd in andere landen (de survey werd uitgevoerd in Duitsland, Groot-Brittannië, Frankrijk, de Verenigde Staten, Spanje en Italië). Uitkomst was nogmaals dat navigatiesystemen positieve effecten hebben op de verkeersveiligheid (TomTom & TNO, 2008).

Meer dan 65 procent van de gebruikers in alle landen stemmen in met de stelling dat ze meer controle hebben sinds ze een navigatiesysteem gebruiken. Ook een meerderheid van de gebrui-

kers (tussen de 60 en 80 procent) geeft aan dat ze minder stress ervaren wanneer ze het navigatiesysteem gebruiken. Rond de 70 procent geeft aan dat ze zich kalmer voelen in de auto wanneer ze een navigatiesysteem gebruiken.

Voor een meerderheid van de gebruikers van navigatiesystemen geldt dat het systeem het makkelijker maakt hun aandacht op de weg te houden en dat de objectieve werkdruk verlaagt (TomTom & TNO, 2008).

### 5.3 Algemene veiligheidsaspecten

Van Rooijen et al. (2008) zijn positief over navigatiesystemen. Op basis van een literatuurstudie, een database analyse, een gebruikerssurvey en een studie met geïnstrumenteerde voertuigen constateren zij dat 'navigatiesystemen een positief effect hebben op de verkeersveiligheid'. Uit de analyse van schade in een database van een car-lease bedrijf blijkt dat automobilisten waarvan geregistreerd is dat ze een navigatiesysteem hebben gemiddeld 9,14 schades per miljoen kilometers hebben vergeleken met 10,24 schades voor automobilisten waarvan niet geregistreerd is dat zij een navigatiesysteem hebben. De kosten van de schade zijn gemiddeld 5 procent hoger voor automobilisten zonder navigatiesysteem dan voor automobilisten met navigatiesysteem. Er valt echter niets te zeggen over of de automobilisten op het moment dat ze schade rijden het navigatiesysteem aan hebben staan. Bovendien kan door de opkomst van draagbare navigatiesystemen het feitelijk gebruik van navigatiesystemen hoger liggen dan uit het onderzoek blijkt (Van Rooijen et al., 2008: 6).

In de gebruikerssurvey geven automobilisten die met een navigatiesysteem rijden, aan minder stress te voelen, meer controle te hebben en meer alert zijn. Bijna 70 procent is het niet eens met de stelling dat een navigatiesysteem hen meer afleidt (over 'afleiding' later meer). Iets meer dan een kwart geeft aan zich veiliger te voelen door het gebruik van een navigatiesysteem, maar ook 28 procent denkt dat zij een hogere kans hebben om betrokken te raken bij een ongeluk. Ruim 60 procent is het eens met de stelling dat een navigatiesysteem het makkelijker maakt de aandacht op de weg te houden (Van Rooijen et al., 2008: 7).

Uit de studie met een geïnstrumenteerd voertuig bleek dat vergeleken met conventionele hulpmiddelen (kaart, uitgeprinte routeplanner) de bestemming eerder werd bereikt met minder gereden kilometers, dus strikt genomen minder kans op ongevallen. Daarnaast was de werkdruk van de bestuurder verlaagd (Van Rooijen et al., 2008: 11).

Beperking van het TNO-onderzoek is dat tijdens het rijden het navigatiesysteem niet bediend kon worden. Dit wordt wel genoemd als één van de redenen waarom bestuurders afgeleid worden van het verkeer en ongelukken veroorzaken. Ook het kiezen van alternatieve routes om opstoppingen te vermijden is niet onderzocht (Van Rooijen et al., 2008: 11).

Het is de vraag of op basis van de informatie uit de diverse deelonderzoeken door van Rooijen et al. zo stellig geconcludeerd kan worden dat navigatiesystemen een positief effect hebben op de verkeersveiligheid. Wij hebben hier sterke twijfels bij, niet alleen omdat er verschillende, hiervoor genoemde tekortkomingen in het onderzoek zijn maar ook omdat de onderzoeksmatige constatering niet rechtstreeks leiden tot de conclusie dat een en ander tot grotere veiligheid leidt. Zo mag een meerderheid van de gebruikers van mening zijn dat het navigatiesysteem hen

niet afleidt, dit impliceert geenszins dat het navigatiesysteem een *positief* op de veiligheid heeft. Het zou, afgaand op dit gegeven, eerder veiligheids-neutraal zijn. Overigens, de 30 procent die wél aangeeft dat van afleiding sprake is: zou die groep niet een minder rooskleurige of zelfs niet een negatieve conclusie rechtvaardigen?

‘Verouderde of onjuiste gegevens in het navigatiesysteem kunnen tot verkeerde beslissingen leiden: routes die ongewenst of niet geschikt zijn (doorgaand verkeer via woonstraten, zwaar verkeer door stadscentra) of zelfs onjuiste routes (alleen eenrichtingsverkeer, fysieke afsluitingen, wegwerkzaamheden, beperkte doorrijhoogte, te lage draagkracht viaduct of brug). Bijna de helft van de ondervraagden in het onderzoek van DVS (2008) weet hoe lang geleden de eigen kaart is geactualiseerd. Ongeveer 60% heeft de kaartgegevens al twee jaar niet meer ververst. Belangrijke redenen om dit niet te doen zijn kosten (36%) en te veel moeite (19%). Belangrijke redenen om het wel te doen zijn een mededeling van een beschikbare update (ruim 15%) en ‘vind het tijd’ (ruim 25%). Dat men wel eens verkeerd is gereden of een verkeerd advies krijgt, noemt men nauwelijks als redenen voor actualisatie’ (SWOV, 2009a: 2).

Oei (2003) geeft aan dat volgens de bestudeerde literatuur het gebruik van navigatiesystemen zowel positieve als negatieve effecten op de verkeersveiligheid kan hebben. Als positieve effecten noemt hij de volgende:

- minder omrijkilometers (Groenewegen, 1999; Tijerina et al., 2000; zie paragraaf 5.1);
- minder stress voor bestuurder (Tijerina et al., 2000);
- minder twijfelgedrag op kritische beslispunten, zoals bij knooppunten, rotondes en kruisingen (Groenewegen, 1999; Tijerina et al., 2000);
- hulp voor ouderen bij het anticiperen op moeilijke situaties (Entenmann & Küting, 2000).

Aan de andere kant kan de veiligheid in het gedrang komen door:

- gebruik van onveiligere lagere-ordewegen (Groenewegen, 1999; Beckmann, Serwill & Wehmeier, 2001) of van routes door woonwijken (Wild, 2002; zie paragraaf 5.1);
- manuele invoering of wijziging van de bestemming onder het rijden; dit veroorzaakt naar schatting een kwart tot eenderde van aan navigatiesystemen gerelateerde ongevallen (Groenewegen, 1999; Green, 2001; Tijerina et al, 2000; Rößger, Metternich & Smyrek, 2001; GM Media Bureau, 2001);
- aflezing en interpretatie van informatie op scherm; dit veroorzaakt naar schatting driekwart tot tweederde van aan navigatiesystemen gerelateerde ongevallen (Groenewegen, 1999; Green, 2001; Tijerina et al., 2000);
- slechte afstemming tussen bewegwijzering en navigatiesysteem of aanbieders onderling (Beckmann, Serwill & Wehmeier, 2001; Rößger, Metternich & Smyrek, 2001);
- niet-actuele of onvolledige route-informatie (Wild, 2002);
- extra problemen bij ouderen (Tijerina et al, 2000, in: Oei, 2003: 26-27).

## 6 Andersoortige effecten

Deze paragraaf gaat in op andere effecten dan veiligheidseffecten. De literatuur over deze andersoortige effecten is spaarzamer dan die over veiligheidseffecten. Eén zo'n effect betreft de bevestiging voor de bestuurder van de juistheid van de door hem voorgenomen route (6.1). Reistijdwinst is een ander, voornam type effect, zowel voor de individuele gebruiker als uit oogpunt van verkeersmanagement. Recentelijk is een modelstudie verschenen over de invloed van dynamische routegeleidingsystemen. Het resultaat ervan op reistijdwinst staat in paragraaf 6.2 weergegeven. Andere denkbare effecten staan in paragraaf 6.3 genoemd.

### 6.1 Bevestiging van aanvankelijke routekeuze

Er zijn in de voorbije jaren diverse studies verricht over de invloed van in-car verkeersinformatie. Een bijzonder aspect van het ontvangen van verkeersinformatie is de bevestiging die ervan kan uitgaan voor wat betreft de route die men tijdens het rijden voornemens is te volgen. Voor bestuurders is dit een niet te onderschatten element en het betreft een weinig onderzocht aspect van geïnformeerd worden. Door Katteler en Broeders is in een onderzoek onder nagenoeg 500 automobilisten nagegaan in hoeverre route-aanpassing c.q. route-bevestiging plaatsvond op basis van een kaartbeeld in het voertuig waarop files in kleur weergegeven werden. In dit zogeheten Realisatie-In-Car (RIC)-project handelde het om een ontvanger in het middensegment die juist voor een breed publiek – en daarmee voor het beleid van het ministerie van V&W – interessant zou kunnen zijn. Duizend ritten mét gebruik van de ontvanger konden worden vergeleken met 900 ritten waarin die faciliteit niet beschikbaar was. Twee bevindingen zijn in dit verband interessant:

- In het eerste geval, dus mét in-car filebeeld voor het gebied waar men reed, vonden beduidend meer route-aanpassingen plaats dan in het tweede geval waarbij de bestuurder moest volstaan met algemene (radio)verkeersinformatie. Uitgedrukt op ritten waarin men file-informatie ontving over het nog te volgen traject bedroeg de aanpassings-rate 34 procent tegenover 22 procent (Katteler & Broeders, 2002: 43).
- Het percentage bestuurders dat op grond van de geboden informatie positief besloot tot het aanhouden van hun oorspronkelijk voorgenomen route (omdat het voorgenomen traject kennelijk filevrij was of althans minder tijdverlies opleverde dan het route-alternatief waarover óók file-informatie zichtbaar was) was aanmerkelijk (Katteler & Broeders, 2002: 45).

Die laatste constatering verbreedde het blikveld van betrokkenen en onderzoekers die de relevantie van in-car informatie voor verkeersmanagement geneigd waren en zijn vooral af te meten aan het percentage opgewekte route-áanpassingen. Voor de weggebruiker is een bevestiging van de efficiëntie van de voorgenomen route evengoed een betekenisvol feit. Bij de huidige generatie routenavigatiesystemen is die bevestiging van de eigen, aanvankelijke routekeuze evenzeer een relevant effect.



## 6.2 Reistijdwinst

Van Veluwen ontwikkelde een model dat de verkeerskundige gevolgen in kaart brengt van uiteenlopende penetratiegraden van een dynamisch routenavigatiesysteem. Omdat de effecten nogal kunnen verschillen afhankelijk van de vraag of de weggebruiker route-alternatieven voorhanden heeft, werden simulaties uitgevoerd in twee soorten situaties: een theoretische situatie waarbij twee goed uitwisselbare alternatieve routes werden vergeleken en in een uitgebreidere netwerksituatie waarbij uitgegaan is van 60 procent weggebruikers die geen of slechte alternatieve routes hebben. Een centrale uitkomst van het model in de situatie van goed uitwisselbare routes is, dat er een optimale situatie is, waarbij alle gebruikers beter af zijn.

‘De voordelen voor de gebruikers van het dynamisch navigatiesysteem nemen af naarmate de penetratiegraad oploopt, maar door de efficiëntere keuze van deze gebruikers ontstaan er voordelen voor de niet gebruikers. In het geval van het theoretisch netwerk en indien er vanuit wordt gegaan dat alle gebruikers het advies van het dynamisch navigatiesysteem opvolgen, ligt dat optimum rond een penetratiegraad van 15% en levert het een reistijdwinst van rond de 10% op. Voor de gebruikers van het dynamisch navigatiesysteem is de maximale reistijdwinst bij lage penetratiegraden rond de 20% en die winst neemt min of meer lineair af naar nul bij een penetratiegraad van rond de 40%. Ook voor de niet gebruikers ligt het punt waarop geen winst meer wordt behaald rond een penetratiegraad van 40%.’ (Van Veluwen, 2009: iii).

Van Veluwen onderkent dat de cijfers gevoelig zijn voor de accuraatheid van de verkeersinformatie en voor het al dan niet opvolgen van het advies door de gebruiker. Het optimum schuift wat op naar circa 30 procent als gevolg van het feit dat een significant deel van de weggebruikers het geboden advies niet opvolgt.

In een uitgebreidere netwerksituatie – waar dus niet steeds een route-alternatief voorhanden is – blijken de voordelen van een dynamisch navigatiesysteem lager te zijn, zowel voor de gebruikers als voor de niet-gebruikers. Velen kunnen dan immers, ondanks de actuele verkeersinformatie die file aangeeft, hun route niet aanpassen. ‘Hierdoor verschuiven de optimale percentages naar hogere penetratiegraden. Daarom komt het optimale maatschappelijke punt bij een penetratiegraad van rond de 25-30% te liggen en is er zelfs een marginale reistijdwinst bij penetratiegraden van 95-100%.’ (Van Veluwen, 2009: iv). Een en ander betekent voor Rijkswaterstaat dat dynamische routenavigatiesystemen ‘in eerste instantie bijdragen aan een efficiëntere verdeling van het verkeer over het netwerk, hoewel er op individueel niveau uiteraard reizigers zijn die slechter af zijn. Naarmate de penetratiegraad oploopt neemt de maatschappelijke winst eerst toe, er is echter een optimum waarna deze winst gaat afnemen.’ (Van Veluwen, 2009: iv). Systeemoptimum en gebruikersoptimum zijn niet aan elkaar gelijk.

Zoals ook reeds in paragraaf 2 opgemerkt, lijkt de modelmatige bevinding van Van Veluwen dat de reistijdwinst voor individuen afneemt naar nul boven een bepaald optimum niet geheel overeen te komen met de constatering van Van der Hoeven en Prins. Deze laatsten stellen dat de winst van het gebruik van een navigatiesysteem voor de individuele bestuurder min of meer constant is: het neemt niet toe of af met het percentage weggebruikers dat een dergelijk systeem heeft: het systeemoptimum ligt op 50 procent (Van der Hoeven en Prins, 2008).

### 6.3 Andere effecten

#### *Effecten vaak (te) optimistisch ingeschat*

Het is niet ongebruikelijk dat de teneur van beschouwingen over het te verwachten effect van een nieuw systeem, service of product positief is. Interessant is het inzicht dat Chorus, Molin en Van Wee ontleen aan hun literatuurstudie. Zij geven aan dat onze verwachtingen met betrekking tot de effecten van informatievoorziening op keuzen van de weggebruiker in het algemeen ‘mildly optimistic’ zijn, in het bijzonder wat betreft gedragsaanpassing voor zover het niet gaat om vervoermiddelkeuze. ‘Many empirical studies suggest that information provision on alternative routes to the one currently chosen or intended does lead to more changes towards these alternatives. However, several potential barriers exist’ en vervolgens noemen de auteurs een reeks van factoren die maken dat de weggebruiker toch níet zo snel geneigd is een alternatieve route te kiezen (Chorus et al, 2006: 351).

Als het gaat om het effect van routenavigatie, zijn de door hen genoemde barrières, zoals de geneigdheid alternatieve routes negatief te waarderen, wellicht minder van toepassing. Bij het gebruik van een routenavigatiesysteem ontvangt de bestuurder immers vaak slechts één route, zonder alternatief. Er is in die situatie minder gauw sprake van een keuze-set. Het gaat er méér om of de bestuurder wel of niet gebruik maakt van het systeem dan om de vraag of hij geneigd is de aangereikte route te volgen. Onderzoek zou die stelling overigens dienen te bevestigen.

#### *Leefbaarheid*

Voor zover routenavigatiesystemen bestuurders van motorvoertuigen over daartoe niet ontworpen en bedoelde wegen leidt, moet uitgegaan worden van een negatief effect van navigatiesystemen op de leefbaarheid van de woonomgeving. Een dergelijk effect treedt op in de volgende gevallen:

- bij het rijden over woonerven; dit kan geadviseerd worden indien de bestuurder kiest voor de kortste route of in het geval van navigatiefouten in de software (zie voor dit laatste met name SON, 2007);
- het geleiden van doorgaand verkeer door woonwijken over erftoegangswegen;
- het geleiden van verkeer over wegen buiten de bebouwde kom die daartoe niet bestemd zijn.

Voor de bewoners en aanwonenden gaat van het onbedoeld geconfronteerd worden met doorgaand, niet-bestemmingsgericht verkeer een negatief effect uit op de leefbaarheid van hun woonomgeving. Dit geldt des te meer voor zover het gaat om vrachtverkeer.

#### *Verouderd kaartmateriaal*

Een deel van de navigatiesystemen die door weggebruikers gebruikt worden zijn vast ingebouwd in het voertuig, doorgaans af-fabriek. De autofabrikant heeft het navigatieproduct van de ‘original equipment manufacturer’ (OEM) verwerkt. Navigatiesystemen die OEM geïntegreerd zijn in het voertuig bieden veelal niet de mogelijkheid de digitale kaart die als basis dient voor de routegeleiding te verversen. Per saldo betekent dit dat de betreffende weggebruikers na verloop van tijd met verouderd kaartmateriaal rijden. Voor zover dat het geval is, heeft dat een negatief effect: het leidt tot zoekgedrag, onzekerheid en irritatie.



## *Comfort en stress*

Een niet onbelangrijk aspect van routegeleid rijden is het comfort dat de rijder geboden wordt en de dienovereenkomstige positieve beleving. Dit kan tot uiting komen in uiteenlopende beoordelingen. Zo rapporteert TNO in termen van het gevoel hebben zaken onder controle te hebben, alerter te zijn, minder stress te ervaren en in de zin van werklastvermindering. Het TNO-onderzoek bestond onder meer uit een analyse van testritten gemaakt door 36 personen en uit een gebruikersonderzoek onder ruim 1.000 gebruikers van een routenavigatiesysteem (Aon et al, 2007; Van Rooijen et al, 2008). In eerstgenoemd onderzoeksdeel reden proefpersonen in proefritten naar een bestemming in een gebied waarmee zijn in het geheel niet bekend waren. 'In het experiment werd zowel in de objectieve als in de subjectieve werklast vermindering gemeten. De objectieve werklast was lager bij het rijden met een navigatiesysteem. Uit de PDT test bleek dat bij het rijden met een navigatiesysteem 20% minder stimuli werden gemist' (Aon et al, 2007). Hierbij past de kanttekening dat deze conclusie van werklastvermindering niet getransfereerd zou mogen worden naar het gebruik van een navigatiesysteem in het algemeen, omdat in een zeer groot deel van de verplaatsingen van weggebruikers geen sprake is van het rijden naar een onbekende bestemming in een onbekend gebied. Bovendien was de proefpersonen gevraagd tijdens het rijden het navigatiesysteem niet te bedienen, hetgeen de taakbelasting gunstig beïnvloedt.

Het TNO-gebruikersonderzoek onder 1.144 gebruikers van een navigatiesysteem (Aon-verzekerden) is ruimer interpreteerbaar gelet op het feit dat het om het gebruik van een navigatiesysteem meer in zijn algemeenheid gaat, dus niet beperkt tot het rijden in een omgeving waarmee men niet vertrouwd is. Aan die weggebruikers zijn attitude-vragen voorgelegd. De teneur is positief: '...drivers with a navigation system indicate they feel less stress (67% agrees), have more control (78%) and are more alert (45%)'. Gesteld kan worden dat dit duidt op een meer zelfverzekerde rij-conditie. Het lijkt waarschijnlijk dat met name ouderen in deze zin positief staan tegenover ondersteuning van hun rijtaak (zie ook paragraaf 7).

Deze gegevens, in combinatie met de subjectieve, positieve waardering in termen van veiligheid ('feels more safe (27%)', staan mede aan de basis van de conclusie van de TNO-onderzoekers ten aanzien van de veiligheidseffecten van een routenavigatiesysteem: 'All the results of the different analysis of this study together make that we conclude that navigation systems have a positive effect on traffic safety' (Van Rooijen et al, 2008: 12). Bij deze conclusie vallen enkele kanttekeningen te plaatsen. (A) Een kwart van de gebruikers bevestigt dat zij een hoger ongevalrisico ervaren: '28% indicate they feel they have a more chance of being involved in an accident' (Van Rooijen et al, 2008: 7). Dit is te meer een opmerkelijk percentage omdat het andere, positieve veiligheidsindicaties sterk relativeert. (B) De continue ondersteuning door een navigatiesysteem kan ook minder alert maken en een té groot gevoel van comfort oproepen. Van deze conditie kan een te laag 'arousal-niveau' (alderheidniveau) het gevolg zijn. Voor zover bekend is dit laatste nog geen voorwerp van onderzoek geweest.

## 7 Specifieke aspecten

Dit hoofdstuk bespreekt enkele specifieke aspecten van het omgaan met navigatiesystemen. Op de eerste plaats is dat een nadere detaillering naar leeftijdscategorie, met een focus op de oudere weggebruiker (paragraaf 7.1). Vervolgens komen specifieke bedieningsaspecten aan de orde (paragraaf 7.2).

### 7.1 Ouderen

Het aandeel van ouderen in de bevolking stijgt in de komende jaren. Volgens een prognose van het CBS stijgt het aandeel van ouderen (65 jaar en ouder) van 13,8 procent in 2004 tot 23,6 procent in 2040 (CBS, 2004 in: Davidse, 2006: 6). Daarnaast neemt binnen deze groep het aantal mensen, vooral oudere vrouwen, met een rijbewijs toe (Pohlmann & Traenkle, 1994: 689). Uit onderzoek van Engeln en Schlag (2002) blijkt dat bijna tweederde van de ouderen de auto als vervoersmiddel gebruikt. De auto voorziet voor deze groep in behoeften zoals comfort, stelt mindere lichamelijke eisen en geeft bescherming tegen criminele hinder (Engeln & Schlag, 2002: 150-1). Of ouderen in staat zijn om te gaan met een navigatiesysteem en of het de veiligheid van deze groep in het verkeer vergroot zijn dan ook belangrijke vragen die gesteld moeten worden.

Ouderen zijn relatief vaker betrokken bij ongelukken dan het overige deel van de bevolking (met uitzondering van de groep bestuurders onder de 24 jaar) (Williams & Carsten, 1988; Traenkle, 1994 in: Pohlmann & Traenkle, 1994: 689). De veiligheid van ouderen wordt vooral bepaald door twee factoren: functionele beperkingen en fysieke kwetsbaarheid (Davidse, 2006: 6). Ouderen hebben te kampen met fysiologische gebreken en hebben daarom meer moeite bij de uitvoering van de rijtaak. Een belangrijk gebrek is dat de cognitieve capaciteiten afnemen. Het gezichtsvermogen is vooral beperkt wanneer het donker is. Goed kunnen zien is erg belangrijk voor veilig rijden. Automobilisten moeten andere voertuigen kunnen herkennen en in kunnen schatten hoe hard ze gaan, maar ze moeten ook van voertuigen vlak voor hen verschillen in snelheid kunnen waarnemen.

Andere gebreken van ouderen zijn de afnemende perceptie en gehoor, selectieve en verdeelde aandacht, de verminderde snelheid van het verwerken van informatie, minder sterke spieren en verminderde vaardigheid met de handen (Davidse, 2006: 8; Küting & Krüger, 2002: 162). Echter, oudere automobilisten kunnen deze gebreken door hun jarenlange ervaring met rijden compenseren. Zij zijn bijvoorbeeld minder bereid om risico's te nemen en hanteren een defensieve rijstijl. Daarnaast vermijden zij 's nachts of tijdens de spits te rijden (Pohlmann & Traenkle, 1994: 690; Davidse, 2006: 8; Küting & Krüger, 2002: 163). Uit Dingus et al. (1997) bleek dat ondanks dat ouderen compenseren voor de navigatietask door voorzichtiger en langzamer te rijden zij toch meer veiligheidgerelateerde fouten maakten dan jonge bestuurders (Dingus et al., 1997 in: Oei, 2003: 24). Het is mogelijk dat beperkingen van ouderen in het verkeer opgevan-

gen kunnen worden door Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). Een navigatiesysteem is overigens zelf ook een voorbeeld van ADAS.

In de studie van Pohlmann en Traenkle (1994) werden door middelbare (35-50 jaar) en oudere (61-70 jaar) automobilisten een navigatiesysteem getest. Uit de resultaten bleek dat er weinig verschillen waren tussen de leeftijdsgroepen in het uitvoeren van rij- en navigatietaken en de mentale werkdruk. Het geconstateerde verschil tussen de leeftijdsgroepen in het uitvoeren van taken met betrekking tot het instellen van het navigatiesysteem (ouderen maken hierbij meer fouten) kan gebaseerd zijn op leeftijdsverschillen, maar het is ook mogelijk dat ervaring met innovatieve technologieën een rol speelt. Er zijn geen verschillen tussen de groepen in het terugnemen van snelheid (om bijvoorbeeld op het navigatiescherm te kijken), maar middelbare automobilisten overtreden vaker de snelheidslimiet dan de oudere automobilisten. Ook voor de kleine of grotere afwijkingen van de baan waarin je rijdt (doordat je op het scherm van het navigatiesysteem kijkt) werden geen verschillen tussen de groepen geconstateerd (Pohlmann & Traenkle, 1994: 692-99). Het destijds geteste navigatiesysteem is niet meer te vergelijken met de huidige systemen. De aanbevelingen die de auteurs in de studie doen om het systeem te verbeteren zijn allen in praktijk gebracht. Wat overeind blijft is echter dat zelfs met een kwalitatief minder goed navigatiesysteem er dus nauwelijks verschillen zijn tussen oudere en middelbare automobilisten.

Ook uit een studie van Tijerina et al. (2000 in: Oei, 2003) en Rössger et al. (2001 in: Oei, 2003) bleek dat oudere bestuurders meer moeite hebben met het programmeren (van het navigatiesysteem) voor of onder het rijden. Het handmatig invoeren van de bestemming tijdens het rijden liet een significante afwijking van de rijstrook zien (in de studie van Pohlmann en Traenkle kwamen automobilisten tijdens het rijden niet aan het navigatiesysteem) (Tijerina et al., 2000 in: Oei, 2003: 19).

Entenmann en Küting (2000) wijzen op de positieve effecten die navigatiesystemen kunnen hebben. 'Veilig rijden voor ouderen kan worden versterkt door deze bestuurders vroegtijdig te informeren over komende verkeerssituaties. De mogelijkheid om visuele én auditieve informatie en/of waarschuwingen te geven en om gesproken aanwijzingen – op weinig belaste momenten – te herhalen, vormt een geruststellend hulpmiddel, zeker voor ouderen' (Entenmann & Küting, 2000 in: Oei, 2003: 24). Daarnaast kan nog meer gedetailleerde informatie in de toekomst ouderen helpen nog beter te anticiperen op (kritische) verkeerssituaties. 'De potentiële winst van een navigatiesysteem zal voor deze groep mogelijk onevenredig groot zijn' (Entenmann & Küting, 2000 in: Oei, 2003: 24). In vergelijking met jongere automobilisten staan oudere bestuurders positiever tegenover systemen die bij de rijtaak ondersteunen (CRA, 1998; TRG, 1998; Chambers, 2001; Piao et al., 2004 in: Van Driel & Van Arem, 2007: 299).

### *Overige groepen*

Over het algemeen staan vrouwen positiever tegenover hulp van de auto tijdens het rijden dan mannen (TRG, 1998; Chalmers, 2001 in: Van Driel & Van Arem, 2005: 299). Echter, mannen hebben een positievere houding tegenover het in zijn geheel overnemen van of assisteren bij de rijtaak terwijl vrouwen liever gewaarschuwd willen worden.

Vrachtwagenchauffeurs en beheerders van wagenparken vinden systemen die de bestuurder ondersteunen bij de rijtaak aantrekkelijker dan overige bestuurders (Marchau et al., 2001 in: Van Driel & Van Arem, 2005: 299). Chalmers (2001) rapporteert dat bus- en vrachtwagenchauffeurs ook een grotere behoefte hebben aan deze systemen dan particuliere bestuurders.

Ervaren gebruikers van navigatiesystemen zijn sneller in het plannen en rijden dan onervaren automobilisten. Bovendien had het navigatiesysteem voor ervaren gebruikers minder bemoeienis met de rijtaak (Van Rooijen et al., 2008: 3). Automobilisten die kennis hebben van het netwerk hebben minder moeite met het vinden van hun bestemming en rijden kortere routes dan automobilisten die niet bekend zijn met het netwerk (Van Rooijen et al., 2008: 3).

## 7.2 Scherm/bediening

Oudere automobilisten hebben meer tijd nodig om secundaire taken uit te voeren tijdens het rijden (Davidse, 2006: 15). Belangrijk is dat voor ouderen de werkdruk door navigatiesystemen niet vergroot wordt en de informatie op het scherm zo simpel mogelijk gehouden wordt (Liu, 2000: 167). In het algemeen geldt dat de leesbaarheid van het scherm groter wordt naarmate de lettergrootte groter is. Dit geldt voor automobilisten van alle leeftijden en zowel wanneer het scherm in een frontale als in een diagonale richting opgesteld is. De leesbaarheid wordt ook vergroot wanneer het scherm frontaal is opgesteld (Fujikake, 2007: 507-9). Oudere mensen kunnen beter systemen bedienen met de stem (spraakherkenning) dan manueel want ouderen reageren sneller op veranderingen met de stem dan manueel (Küting & Krüger, 2002: 163). Richtlijnen van de ergonomie van het scherm zijn vanuit de psychologie:

- Pictogrammen moeten illustratief en realistisch zijn.
- Mondelinge typering is vooral bruikbaar wanneer er geen pictogrammen zijn.
- Bij het systeem door de techniek waarborgen dat de informatie in langzame volgorde verfrist wordt.
- Het aantal berichten moet tot een minimum beperkt worden.
- De reductie van informatie kan ook door geïntegreerde informatieberichten plaatsvinden.
- Auditieve displays belasten opmerkzaamheidsprocessen minder. Ze moeten niet in regelmatige afstand afgelezen worden (Küting & Krüger, 2002: 167-8).

Door het systeem laten uitspreken van berichten ontlast het visuele kanaal. Deze berichtgeving heeft een duidelijke signaalwerking en is ook plaatsonafhankelijk. Geluid wordt namelijk ook waargenomen zonder je tot de bron te wenden. Nadelen van deze methode kunnen ontstaan wanneer het geluid niet alleen de bestemde gebruiker bereikt.

De snelheid van het opnemen van informatie dat uitgesproken wordt is minder snel dan wanneer informatie visueel aangeboden wordt, maar het interpreteren van de informatie gaat wel 1,5 tot 2 keer zo snel als in vergelijking met visuele informatie. Wanneer het bericht uit slechts één woord bestaat (bijvoorbeeld stop) wordt de informatie wel snel opgenomen.

Het bericht moet bestaan uit korte, concrete en veel voorkomende woorden. Zinnen moeten weinig woorden bevatten die uit weinig lettergrepen bestaan en zinnen moeten volgens een standaardschema opgebouwd zijn. Het belangrijkste is, zowel bij woorden en als bij zinnen, de lengte; die moet zo kort mogelijk zijn (Küting & Krüger, 2002: 168).

Enkele aanbevelingen die Groenewegen (1999, in: Oei, 2003: 17) doet zijn dat een optimale plaatsing van de richtingaanwijzingen bij de snelheidsmeter is, dat het onmogelijk moet zijn het systeem handmatig te programmeren en dat voice control in plaats van handmatige bediening mogelijk moet zijn (Groenewegen, 1999 in: Oei, 2003: 17).

Uit Japanse ongevalsgegevens blijkt dat het kijken (naar het scherm) het meest wordt gerelateerd aan ongevallen. Ongeveer eenderde van navigatiegerelateerde ongevallen heeft te maken met de instelling van het apparaat. Het invoeren van de bestemming is de belangrijkste handeling (Green, 2001 in: Oei, 2003: 18). In Japan is het verboden onder het rijden bestemmingen in te voeren. In de VS zijn navigatietaken met visuele displays en manuele handelingen die langer dan 15 seconden vergen in een stilstaand voertuig niet toegestaan in rijdende voertuigen (Green, 2001 in: Oei, 2003: 18). Green stelt dat de ongevalsfrequentie gecorreleerd is aan de totale duur van de afleiding en deze weer aan de totale duur van de taak. De 15-secondenregel is getest en blijkt als diagnostisch instrument niet zeer betrouwbaar; de regel gaf vele valse positieven en ook valse negatieven (Tijerina et al., 2000 in: Oei, 2003: 20).

Tijerina et al. (2000) constateren ook dat het handmatig invoeren van de bestemming tijdens het rijden te veel afleiding geeft om veilig te kunnen uitvoeren. ... De werkbelasting voor de bestuurder hangt samen met de afstand die hij tot de bedieningsorganen van het systeem heeft. Voorkomen moet worden dat de bestuurder zijn blik te veel moet afwenden. Het handmatig invoeren van de bestemming gaf een significante afwijking van de rijstrook. ... Stembediening vormt een alternatief voor handbediening (Tijerina et al., 2000 in: Oei, 2003: 19).

Een geografische kaart op een display is voor vele bestuurders moeilijk af te lezen en daarmee te belastend. Richtingaanduidingen (zoals straatnamen en pijlen) en afstandaanduidingen tot een richtingverandering (in meters of door middel van een balkje in het display) voldoen goed, evenals stemaanwijzingen (Tijerina et al., 2000 in: Oei, 2003: 20). Een secundaire taak geeft in alle gevallen een verslechtering van de uitvoering van de primaire taak. ... Toepassing van stemtechnologie bij de uitvoering van een secundaire taak geeft minder interferentie met de primaire taak dan wanneer hiervan niet gebruik wordt gemaakt (Tijerina et al., 2000 in: Oei, 2003: 21).

De plaats van het display is van invloed op de veiligheid (zie ook paragraaf 5). Wanneer deze is ingebouwd in de middenconsole, dient de blik vrij sterk van de weg afgewend te worden om de informatie op het display te lezen. Weergave van bepaalde informatie in het display van de snelheidsmeter zou een mogelijke verbetering zijn (Rössger et al., 2001 in: Oei, 2003: 22).

## Afkortingen

ADA	Advanced Driver Assistance Systems
DNS	Dynamische Navigatie Systeem
DRG	Dynamic Route Guidance
DRIP	Dynamische Route Informatie Panelen
GPS	Global Positioning System
GRIP	Grafische Route Informatie Panelen
HMI	Human Machine Interface
IVIS	In-Vehicle Information Systems
MTS	Mobile Traffic Service
NDW	Nationale Databank Wegverkeersgegevens / Nationaal Data Warehouse
OEM	Original Equipment Manufacturer
PDA	Personal Digital Assistant
R&D	Research and Development
RDS-TMC	Radio Data System – Traffic Message Channel
RFP	Remote Focal Point
RWBA	Richtlijnen für die wegweisende Beschilderung auf Autobahnen
VPS	vrij-programmeerbare signaalgevers



## Referenties

- AGV, ITS & Rijkswaterstaat (1996). *Gebruikerswensen verkeersinformatie; eindrapport UNE-VA-project*. AGV: Nieuwegein.
- Aon, Delta Lloyd, Athlon, TNO, TomTom (2007). *Onafhankelijk onderzoek toont aan dat navigatiesystemen een positieve invloed hebben op verkeersveiligheid. Belangrijkste resultaten*. Zonder plaats.
- Bogers, E. & Koopmans, W. (2006). Wondere wegen naar een routekeuze. *Verkeerskunde*. Vol. 57, nr. 6, 42-47.
- Choi, Y. H. & Choi, K. (2008). *Influence of traffic information media on drivers' en-route diversion behaviors*. World Congress on Intelligent Transport Systems, October 2008, New York, USA.
- Chorus, C., Molin, E. & Wee, B. van (2006). Travel information as an instrument to change car-drivers' travel choices: a literature review. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. Vol. 6, nr. 4, 335-364.
- CROW (2005). Richtlijn bewegwijzering. Publicatie 222. Ede.
- Davidse, R. (2006). Older Drivers and ADAS – Which systems improve road safety? *International Association of Traffic and Safety Sciences Research*. Vol. 30, nr 1, 6-20.
- Deckers, L. & Martens, G. (2005). Weggebruiker wijkt niet snel af van route. Stedelijke DRIP-evaluatie: comfortabel, maar weinig effectief. *Verkeerskunde*. Vol. 56, nr. 2, 51-53.
- Department for Transport (2007). In-vehicle information systems initial consultation: summary of responses. <http://www.dft.gov.uk/consultations/archive/2007>.
- Driel, van, C. & Arem, van, B. (2005). Investigation of users needs for driver assistance: results of an Internet questionnaire. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. Vol. 5, nr. 4, 297-316.
- Dijkstra, A., & Drolenga, J. (2007). *Verkeersveiligheidsevaluaties van routekeuze*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV): Leidschendam.
- Engeln, A. & Schlag, B. (2002). Anbildung: Mobilitätsanforderungen und Präferenzen. In: Schlag, B., K. Megel (eds). *Mobilität und gesellschaftliche Partizipation im Alter*. Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. W. Kohlhammer GmbH: Stuttgart.



- Fischer, P. (2006). Interactie tussen verkeersmanagementsystemen en routeplanners. *NM Magazine*. Vol 1, nr. 1, 28-30.
- Fujikake, K., Hasegawa, S., Omori, M., Takada, H. & Miyao, M. (2007). Readability of Character Size for Car Navigation Systems. *Lecture notes in computer science*. Vol. 4558, 503-509.
- Hoed, F. den (1998). Software bepaalt succes routenavigatiesystemen. *Transport en Logistiek: weekblad voor het goederenvervoer*. Vol. 6, nr. 7, 22-27.
- Hoeven, van der, W. & Prins, P. (2008). Is knowledge from navigation systems always profitable? A modelling evaluation. World Congress on Intelligent Transport Systems, October 2008, New York, USA.
- Janssen, W. & Roos, F. de (1987). *Elektronische navigatiemiddelen in de auto: een verkennende studie*. IZF 1987 C-12. TNO Technische Menskunde, Soesterberg.
- Katteler, H., Soeteman, H. & Stoelhorst, H. (2007). *The market perspective of in-car information products*. World Congress on Intelligent Transport Systems, October 2008, Berlijn.
- Katteler, H. & Broeders, W. (2002). *Weggebruikers en on-line verkeersinformatie in de auto. Gebruikersonderzoek RIC, UNEVA-2*. ITS/DHV: Nijmegen.
- Küting, H.J. & Krüger, K. (2002). Zukünftige Automobilität ältere Menschen. In: Schlag, B., K. Megel (eds). *Mobilität und gesellschaftliche Partizipation im Alter*. Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart.
- Lingsma, T. (2006). TomTom tergt dorpskernen. *VNG-Magazine*. Vol. 60, nr. 22, 11.
- Liu, Y. (2000). Effect of advanced traveller information system displays on younger and older drivers' performance. *Displays*. Vol. 21, nr. 4, 161-168.
- Marchau, V. & Heijden, R. van der (1998). Policy aspects of driver support systems implementation: results of an international Delphi study. *Transport Policy*. Vol. 5, 249-258.
- Middelham, F. (2006). *State of practise in dynamic traffic management in the Netherlands*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat: Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007). *Aanpassen bewegwijzering*. Project van A naar Beter. Projectorganisatie FileProof: Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2008). *Beleidskader Benutting; achtergronddocument*. DGP: Den Haag.
- NM Magazine (2006). RWS in gesprek met Tomtom over 'dorpsroutes'. *NM Magazine*. Vol. 1, nr. 4, 4.

- NM Magazine (2007). Buitenlandse truckers snappen borden niet. *NM Magazine*. Vol. 2, nr. 3, 4.
- Oei, H. (2003). *Mogelijke veiligheidseffecten van navigatiesystemen*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV): Leidschendam
- Pohlmann, S. & Traenkle, U. (1994). Orientation in road traffic. Age-related differences using an in-vehicle navigation system and a convention map. *Accident Analysis and Prevention*. Vol. 26, nr. 6, 689-702.
- Rijkswaterstaat (2007). *Verkeersmanagement 2020; de verkeersmanagementambitie van Rijkswaterstaat voor hoofdwegen*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat: Den Haag.
- Rooijen, van, T., Vonk, T., Hogema, J. & Feenstra, P. (2008). The impact of navigation systems on traffic safety. World Congress on Intelligent Transport Systems, October 2008, New York, USA.
- Stichting Onderzoek Navigatiesystemen (2007). *Navigatiesystemen levensgevaarlijk. Softwarefouten worden genegeerd*. Stichting Onderzoek Navigatiesystemen: 's-Gravenhage.
- SWOV (2008). *SWOV-Factsheet. Verkeersveiligheidseffecten van dynamische route-informatiepanelen (DRIP's)*. Leidschendam.
- SWOV (2009a). *SWOV-Factsheet. Veiligheidseffecten van navigatiesystemen*. Leidschendam.
- SWOV (2009b). *SWOV-standpunt Nut en noodzaak van verkeersborden*. Leidschendam.
- TNS-NIPO Consult (2005). *Wanneer is Nederland Wijzer op weg? Deskresearch naar de adoptiesnelheid en succes & faalfactoren van innovatieve producten*. Amsterdam.
- TomTom & TNO (2008). *Independent research proves the positive influence of satellite navigation devices on driving and traffic safety*.
- Veluwen, A. van (2009). *The influence of dynamic route guidance systems on traffic management*. ITS EduLab, Rijkswaterstaat/TU Delft: Delft.
- White, C., Kompfner, P., Katteler, H. & Zhang, X. (2000). *Synthesis of validation results: performance, impacts, costs/benefits and user acceptance of Transport Telematics Applications*. CONVERGE, Deliverable 3.4.2, Brussels.
- Wild, R. (2002). Nooit meer de weg kwijt. Navigatiespecial. *Autoweek*. Vol. 26 (13), 30-46.
- Wolff, de, P. (2007). *Van MTS tot NDW*. Verkeerskunde Symposium Dynamisch Verkeersmanagement (DVM): Rotterdam.

Zhang, X., Kompfner, P., White, C. & Sexton, B. (1998). *Guidebook for assessment of transport telematics applications: updated version*. Converge, Deliverable D2.3.1: Brussel.

Zheng, P., McDonald, M. & Pickering, C. (2008). *Evaluation of voice interfaces for in-vehicle navigation operations*. World Congress on Intelligent Transport Systems, October 2008, New York, USA.