

Mogelijke veiligheidseffecten van navigatiesystemen

Ir. Oei Hway-liem

Met financiële bijdrage van:



RAI Vereniging, Amsterdam

D-2001-17

Mogelijke veiligheidseffecten van navigatiesystemen

Een literatuurstudie en enkele eenvoudige berekeningen

Documentbeschrijving

Rapportnummer:	D-2001-17
Titel:	Mogelijke veiligheidseffecten van navigatiesystemen
Ondertitel:	Een literatuurstudie en enkele eenvoudige berekeningen
Auteur(s):	Ir. Oei Hway-liem
Onderzoeksthema:	Telematica en veiligheid in het wegverkeer
Themaleider:	Ir. R.G. Eenink
Projectnummer SWOV:	36.311
Subsidiegever:	Dit onderzoek werd mede mogelijk gemaakt door de jaarlijkse financiële bijdrage van de Nederlandse Vereniging de Rijwiel- en Automobielenindustrie (RAI Vereniging)
Trefwoord(en):	Route guidance, driver information, car, safety, mileage, prevention, injury, cost.
Projectinhoud:	Navigatiesystemen zijn 'in-car' route-informatiesystemen die de bestuurder adviezen geven hoe te rijden naar een opgegeven bestemming. Sedert een aantal jaren zijn ze op de markt en verwacht wordt dat het gebruik hiervan de komende jaren sterk zal groeien. Dit onderzoek gaat in op de mogelijke positieve en negatieve veiligheidseffecten van navigatiesystemen, en op de (veiligheids)eisen die aan deze systemen kunnen worden gesteld. Het rapport bevat een literatuurstudie en enkele eenvoudige berekeningen.
Aantal pagina's:	30 blz.
Prijs:	f 17,50
Uitgave:	SWOV, Leidschendam, 2001

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
Postbus 1090
2260 BB Leidschendam
Telefoon 070-3209323
Telefax 070-3201261

Samenvatting

Navigatiesystemen zijn 'in-car' route-informatiesystemen die de bestuurder adviezen geven hoe te rijden naar een opgegeven bestemming. Sedert een aantal jaren zijn ze op de markt en verwacht wordt dat het gebruik hiervan de komende jaren sterk zal groeien.

Dit onderzoek gaat in op de mogelijke positieve en negatieve veiligheids-effecten van navigatiesystemen, en op de (veiligheids)eisen die aan deze systemen kunnen worden gesteld. Het betreft een eerste, kwalitatieve inschatting; een vervolgonderzoek op basis van gebruikerservaringen is voorzien. Het onderzoek bestaat uit een literatuurstudie en enkele eenvoudige berekeningen.

Uit de literatuur blijkt dat navigatiesystemen vanuit het oogpunt van de interactie tussen mens en machine voor verbetering vatbaar zijn. De wijze van programmeren is niet altijd even logisch en gebruiksvriendelijk, de systemen zijn nog weinig uniform en er is geen (volledige) afstemming met de conventionele route-informatie van bewegwijzering. Het scherm waarop routeaanwijzingen worden gegeven is veelal niet geïntegreerd in het instrumentenpaneel, maar is op de middenconsole geplaatst. Bij de meeste systemen kan men ook *onder het rijden* handmatig programmeren en is het nog niet mogelijk om opdrachten via de stem te geven.

Bij de berekeningen is uitgegaan van een optimaal scenario, waarbij alle personenauto's zouden zijn uitgerust met een perfect ontworpen navigatiesysteem.

Minder omrijkilometers vormen een belangrijk effect van navigatiesystemen. Op basis van buitenlandse gegevens is uitgegaan van een omrijpercentage van 5 tot 7%; voor de Nederlandse situatie kan dit percentage hetzelfde, maar ook kleiner of groter zijn. Minder omrijden zal (onder overigens gelijkblijvende omstandigheden) minder ongevallen en slachtoffers, minder autokosten en minder milieubelasting tot gevolg hebben. Onder optimale omstandigheden kan het effect van vermeden omrijkilometers een besparing van tientallen doden en honderden ziekenhuisgewonden per jaar zijn, alsmede een substantiële financiële besparing.

Er kan worden geconcludeerd dat de huidige route-informatiebronnen zoals bewegwijzering en radioverkeersinformatie in Nederland nog niet optimaal zijn afgestemd met navigatiesoftware.

Navigatiesystemen kunnen positief bijdragen aan de verkeersveiligheid als ze helpen zoekgedrag te vermijden. De systemen hebben vermoedelijk een negatief effect als de bediening van het systeem en het monitoren van de informatie interfereert met de rijtaak bestuurder, en als de presentatie van de informatie niet goed aansluit bij de behoeftes die op dat moment bij de bestuurder bestaan.

Aanbevolen wordt de route-informatiebronnen op elkaar af te stemmen en het ontwerp van de 'human machine interface' van navigatiesystemen te optimaliseren. Tevens wordt een consumententest ten aanzien van de veiligheid van navigatiesystemen aanbevolen. Het navigatiesysteem kan

worden gebruikt voor een eventuele integratie van andere systemen zoals Intelligente Snelheidsaanpassing. Het is aan te bevelen dat de overheid de toepassing en de verdere ontwikkeling van dit soort systemen stimuleert.

Summary

Possible safety effects of navigation systems in cars

Navigation systems are 'in-car' route information systems that advise the driver which route to take to a given destination. For a few years now, navigation systems for cars can be bought. It is expected that, during the coming years, their use will increase considerably.

This study handles the possible positive and negative safety effects of navigation systems, and also the safety demands that can be made for these systems. The purpose of the study was to make a first estimate. The next step will be field research among drivers. The study consists of a literature study and a number of simple calculations of the economic effects.

The literature showed that, as far as the interaction between human and machine is concerned, improvements can be made. The way of programming is not always very logical and user-friendly. The systems show little uniformity and there is no complete harmony with the conventional route information of signposting. The screen on which the route information is given is usually not integrated in the instrument panel, but is situated on the middle console. Most systems have manual programming *while driving*, and it is not yet possible to give verbal instructions.

The calculations are based on an optimal scenario, in which all cars are equipped with a perfectly designed navigation system. An important result of navigation systems is that less detour (i.e. unnecessary) kilometres are driven. Based on foreign data, a detour percentage of 5-7% is used. The percentage in the Netherlands can be the same, but also smaller or greater. Less detours will, under the same circumstances, result in less accidents and victims, less car costs, and less pollution. Under optimal circumstances, the effect of avoided detour kilometres can mean dozens less road deaths and hundreds less in-patients annually. There will also be considerable financial savings.

It can be concluded that in the Netherlands, the present route information sources, such as road signs and on the radio, are not yet harmonized with navigation software.

Navigation systems can have a positive road safety effect if they help avoiding searching. The systems probably have a negative effect if operating the system and monitoring the information a) interferes with the driver's driving task, and b) if the presentation of the information does not answer the needs of the driver at that moment.

It is recommended that the route information systems match one another, and that there is an 'optimization' of the design of the 'human machine interface' of navigation systems. It is also recommended to conduct consumer tests of their safety effects. The navigation system can be used for a possible integration of other systems, such as Intelligent Speed Adaptation. The government is advised to stimulate the application and further development of such systems.

Inhoud

Voorwoord	8
1. Inleiding	9
1.1. Probleemstelling	9
1.2. Doelstelling	9
1.3. Vraagstelling	9
1.4. Aanpak studie en opbouw rapport	10
1.5. Relatie met conventionele route-informatiesystemen	10
2. Eisen vanuit het oogpunt van verkeersveiligheid	12
2.1. Rijtaak	12
2.2. Eisen vanuit mens-machine-interactie	12
2.3. Overige eisen aan een route-informatiesysteem	14
2.4. Mogelijke effecten	14
3. Relevante literatuur	16
3.1. Kaart op het stuur of navigatiesysteem?	16
3.2. Telematics Safety	16
3.2.1. Heeft het gebruik van bestaande informatiesystemen geleid tot ongevallen?	16
3.2.2. Welke taken leiden tot ongevallen?	17
3.2.3. Richtlijnen	17
3.3. Telematics and driver distraction	18
3.4. Driver distraction with route guidance systems	18
3.5. Navigation Ergonomie Test	20
3.6. Afstemming navigatiesysteem met beleid wegbeheerder	21
3.7. SensAble driving	22
3.8. On-line enquête	22
3.9. Navigatiesysteem en ouderen	22
3.10. Palm computer en notebook navigatie	23
3.11. Conclusies ten aanzien van mogelijke veiligheidseffecten	23
4. Mogelijk te besparen kosten	25
4.1. Omrijkilometers	25
4.2. Slachtoffers	25
4.3. Autokosten	26
4.4. Milieuschade	26
4.5. Potentiële besparing aan kosten	26
5. Conclusies en aanbevelingen	27
5.1. Conclusies	27
5.2. Aanbevelingen	27
Literatuur	29

Voorwoord

In het kader van het SWOV-onderzoeksprogramma worden de veiligheids-effecten van navigatiesystemen onderzocht, van dit onderzoek is voorliggend rapport een eerste deelproduct. Hierin wordt op basis van een literatuurstudie en een eenvoudige scenarioberekening een eerste schatting van mogelijke veiligheidseffecten gegeven.

In het vervolg van het SWOV-onderzoek naar navigatiesystemen zullen onder andere de ervaringen van gebruikers van navigatiesystemen worden meegenomen. Door middel van een enquête zal de huidige omvang en wijze van gebruik van navigatiesystemen worden geïnventariseerd en zullen de mogelijke effecten op de veiligheid worden nagegaan.

Dit deelonderzoek is mogelijk gemaakt door de jaarlijkse financiële bijdrage van de RAI Vereniging aan de SWOV.

1. Inleiding

Navigatiesystemen zijn in-car digitale route-informatiesystemen die de bestuurder adviezen geven hoe te rijden naar een opgegeven bestemming. Sinds een aantal jaren zijn navigatiesystemen in Nederland verkrijgbaar.

1.1. Probleemstelling

Het gebruik van navigatiesystemen in personenauto's heeft mogelijke positieve, maar ook negatieve effecten op de verkeersveiligheid. Enerzijds gaat het plannen en volgen van de juiste route veel eenvoudiger en worden er minder omwegen gemaakt. Anderzijds kan de aandacht van de bestuurder door zo'n systeem worden afgeleid.

Het probleem van afleiding van de automobilist stamt van het eerste moment dat er auto's op de weg rijden. In 1913 werd de ruitenwischer als bedreigend gezien voor de verkeersveiligheid vanwege een mogelijke hypnotische werking op de bestuurder. In 1930 hebben twee staten in de VS vergeefs getracht om de autoradio te verbieden. Sindsdien zijn er vele toepassingen in het voertuig gerealiseerd die de aandacht van de bestuurder kunnen afleiden en deze trend zal de komende jaren alleen maar sterker worden.

In Japan, bijvoorbeeld, is de toepassing van navigatiesystemen gegroeid van 8.000 voertuigen in maart 1993, via ruim 1 miljoen in maart 1996, naar bijna 4 miljoen in maart 1999. De verwachting is dat ook in Nederland de toepassing van navigatiesystemen explosief zal stijgen; cijfers ontbreken echter vooralsnog.

In de meeste nieuwe auto's kunnen navigatiesystemen tegenwoordig tegen meerprijs in de fabriek worden ingebouwd. Naar verwachting zal na enige tijd zo'n systeem tot de standaarduitrusting gaan behoren, zoals is gebeurd met vele nieuwe systemen zoals het ABS en airbags.

Bij tijd en wijle verschijnen in de pers berichten over ongevallen als gevolg van het bedienen van navigatiesysteem tijdens het rijden. Er is weinig bekend over de wijze van gebruik van zo'n systeem en de daadwerkelijke effecten op de verkeersveiligheid in Nederland.

1.2. Doelstelling

In dit onderzoek wordt nagegaan wat de mogelijke positieve en negatieve effecten van in-car navigatiesystemen kunnen zijn. Het doel is om een eerste, kwalitatieve inschatting te geven van het veiligheidseffect en van economische besparingen als gevolg van minder omrijkmeters.

1.3. Vraagstelling

De vraagstelling van dit onderzoek is op te splitsen in de volgende concrete deelvragen:

- Wat zijn mogelijke gevaren van navigatiesystemen?
- Waar is veiligheidswinst mogelijk met navigatiesystemen?
- Welke (veiligheids)eisen zijn aan deze systemen te stellen?
- Welke aanbevelingen kunnen worden gegeven aan industrie, overheid, gebruikers en onderzoeksinstellingen?

1.4. Aanpak studie en opbouw rapport

De verkeersveiligheidseisen die aan navigatiesystemen gesteld dienen te worden zijn beschouwd vanuit de rijtaak van de bestuurder en vanuit de interactie tussen mens en machine (Hoofdstuk 2). Verder is een literatuurstudie uitgevoerd (Hoofdstuk 3) en zijn er effectschattingen gedaan in de vorm van eenvoudige scenarioberekeningen. Het scenario hierbij was dat alle personenauto's zouden zijn uitgerust met een optimaal navigatiesysteem; de effecten hiervan op de ongevallencijfers en het aantal omrijkilometers zijn weergegeven in Hoofdstuk 4. In Hoofdstuk 5 zijn de conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

Voor het onderzoek is gebruikgemaakt van parate kennis, kennis uit de literatuur en kennis bij deskundigen in Nederland.

1.5. Relatie met conventionele route-informatiesystemen

Het effect van een navigatiesysteem op het comfort, het verkeersgedrag en de verkeersveiligheid zal naar verwachting des te groter zijn naarmate de kwaliteit van de conventionele informatiebronnen, zoals bewegwijzering, straatnamen, huisnummering, radioverkeersinformatie, minder is.

Een reis waarvan de route niet bekend is, wordt doorgaans thuis gepland met behulp van een wegenkaart en onderweg wordt de juiste route gevolgd met behulp van de bewegwijzeringsborden. Actuele verkeersinformatie kan thuis worden verkregen via internet (ANWB-website) en onderweg via dynamische routeborden of radioverkeersinformatie. Kennis en vaardigheid met het werken met deze informatiebronnen is vereist. De hoeveelheid benodigde topografische voorkennis is mede afhankelijk van de kwaliteit van de informatiebronnen. Ontbreekt deze voorkennis en kent de bestuurder de weg niet, dan ontstaan onzekerheid, stress, onzeker gedrag en worden er kilometers omgereden.

In Nederland wordt als regel een beperkt aantal plaatsnamen op bewegwijzeringsborden gegeven, ter voorkoming van overbelasting van de bestuurder (ANWB, 1993). Plaatsen die niet langs een route liggen worden in principe niet vermeld. De Nederlandse bewegwijzering kent niet een systematiek van *strategische doelen*, dat wil zeggen belangrijke plaatsen zoals bijvoorbeeld Amsterdam, Maastricht, Breda, Hengelo, etc. indien deze niet op de route liggen. Wel is men doende vanaf de Nederlandse grenzen belangrijke plaatsen, zoals bijvoorbeeld Amsterdam en Rotterdam op de borden op te nemen.

Deze 'beperkte' bewegwijzering brengt met zich mee dat relatief veel topografische voorkennis is vereist, hetgeen bij een (belangrijk) deel van de automobilisten, zeker bij buitenlandse bestuurders, niet aanwezig is. Op de bewegwijzering en op de kaarten worden routenummers (A- of N-nummers), afritnamen, afritnummers en knooppuntnamen vermeld. De plaatsnamen op de bewegwijzering worden niet volledig op de kaarten vermeld. Voorbeeld: komende uit de stad Utrecht op de A 28 richting verkeersplein Rijnsweerd en de A27 met bestemming Amsterdam, vermeldt het bord 'Hilversum' en 'Breda', 'Amsterdam' ontbreekt. Op de autokaart is niet af te lezen dat aldaar alleen 'Hilversum' en 'Breda' en niet 'Amsterdam' wordt vermeld.

In bosrijke gemeentes en stedelijke nieuwbouwwijken is het zoeken naar de juiste straat en huisnummer soms een grote opgave, zeker bij duisternis. De straatnaamborden staan niet consequent op de straathoeken en deze zijn bij duisternis niet goed te lezen. Verder worden huisnummers lang niet altijd weergegeven.

Onvoorspelbaarheid, onzekerheid en twijfel zal volgens de principes van Duurzaam Veilig de verkeersveiligheid niet ten goede komen (CROW, 1997). In de SWOV-publicatie *Naar een duurzaam veilig wegerkeer* (1992) worden deze basisprincipes nader omschreven.

Voor zover bekend is er geen gebruikersonderzoek verricht dat specifiek gericht is op de bewegwijzering. De Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV, 2000) heeft een algemeen gebruikersonderzoek verricht naar de kwaliteit van de autosnelwegen en de voorzieningen. Eén vraag betrof de bewegwijzering: 60% is tevreden en 32% zeer tevreden over de duidelijkheid van de 'blauwe borden'.

Het belang van de beschikbaarheid van radioverkeersinformatie wordt met een 7,5 beoordeeld op een schaal van 1 tot 10. Van de respondenten informeert 6% zich consequent voor vertrek; 18% doet dit regelmatig en 42% soms. Tijdens de reis zegt 13% zich altijd op de hoogte te houden en 26% zegt dit regelmatig te doen. Hoe groter de verkeersprestatie per jaar hoe meer men naar de verkeersinformatie luistert. Over de betrouwbaarheid van de radioverkeersinformatie is 41% tevreden en 11% zeer tevreden; 33% is tevreden noch ontevreden en 14% is (zeer) ontevreden. De ontevredenheid over de radioverkeersinformatie is groter in de Randstad en bij dagelijkse gebruikers.

Over de betrouwbaarheid van de dynamische route-infopanelen is men gemiddeld beduidend beter te spreken: 60% is (zeer) tevreden.

Dit verschil in beoordeling van de betrouwbaarheid wordt wellicht verklaard door de wijze van meting van een congestie: deze methode is deels visueel voor de radioverkeersinformatie, en wordt gedaan met detectielussen voor de dynamische routeborden.

Janssen & De Roos (1987) stellen met betrekking tot het conventionele Nederlandse bewegwijzeringssysteem: "enige winst is waarschijnlijk nog te behalen met het - voorzichtig - vergroten van het aantal aanduidingen op borden." Het aantal aanduidingen langs snelwegen is sinds 1993 vergroot tot maximaal acht.

De informatie op wegenkaarten en gedigitaliseerde route-informatie thuis kunnen nog meer op die van de bewegwijzering worden afgestemd.

De verkeersinformatie op de ANWB-website is gebaseerd op lusmetingen en is zeer actueel (slechts enkele minuten oud).

Relevant is verder dat in Nederland over het algemeen een alternatieve route via secundaire wegen ontbreekt op de wegwijzers. Duitsland kent deze wel: langs de snelweg wordt met genummerde U-borden (U van 'Umleitung') verwezen naar een alternatieve route via de secundaire weg en vervolgens stroomafwaarts weer terug naar de snelweg.

2. Eisen vanuit het oogpunt van verkeersveiligheid

2.1. Rijtaak

De bestuurder heeft informatie nodig om zijn rijtaak naar behoren te kunnen vervullen. De rijtaak kan als volgt hiërarchisch worden onderscheiden (Allen, Lunenfeld & Alexander, 1971):

- a. Strategisch niveau: ritplanning en routekeuze;
- b. Manoeuvreniveau: uitvoeren van manoeuvres zoals inhalen, oversteken, keren, naderen van een kruising, enzovoort;
- c. Operationeel niveau: gas geven en sturen.

Met deze hiërarchie wordt tevens een onderscheid in cognitieve belasting en tijdschaal weergegeven.

Niveau a) heeft een sterk cognitieve taakbelasting, zoals het lezen van een kaart en abstracte symbolen. Bij niveau b) komen zowel cognitieve als ook op ervaring gestoelde vaardigheden aan bod. Niveau c) kan door ervaring nagenoeg automatisch en zonder denkwerk gebeuren.

Wat betreft de tijdschaal zijn sturen en gas geven (c) continue taken die fracties van seconden in beslag nemen, manoeuvreren (b) vergt seconden, terwijl routeplanning en -keuze minuten of zelfs uren kan vergen.

Het is voor de veiligheid van cruciaal belang dat de aard en de presentatie van de informatie goed aansluit op de rijtaak.

2.2. Eisen vanuit mens-machine-interactie

De volgende basiseisen kunnen aan een bestuurder worden gesteld:

- de beide handen moeten aan het stuur zijn;
- de zintuigen moeten gericht zijn op de weg en het verkeer;
- de aandacht en het denken moeten gericht zijn op de weg en het verkeer.

Een navigatiesysteem kan interfereren met deze drie eisen, bijvoorbeeld bij handbediening van het navigatiesysteem onder het rijden.

Het presenteren van route-informatie in complexe situaties bijvoorbeeld, kan interfereren met de manoeuvreertaak.

Bij de systematische presentatie van informatie door het navigatiesysteem aan de bestuurder zal het volgende in acht genomen moeten worden (Allen, Lunenfeld & Alexander, 1971):

1. 'First things first': geef een juiste prioritering aan de informatie.
2. Geef voldoende informatie vooraf - er is een zekere a-priorikennis nodig.
3. Spreid de informatie: voorkom overbelasting, maar ook onderbelasting in de informatieverwerking.
4. Verras de bestuurder niet: voldoe aan zijn/haar verwachting.

Ad 1. Prioriteiten

Gezien de tijdschaal van de drie niveaus van de rijtaak dient de hoogste prioriteit te worden gegeven aan informatie op stuurniveau: continue informatie door middel van wegmarkeringen. Hierna volgt informatie op manoeuvreniveau. Bij de uitvoering van diverse manoeuvres dient informatie ten behoeve van waarneming, beoordeling, beslissing en handeling door de bestuurder gegeven te worden. De laagste prioriteit heeft informatie op strategisch niveau. De presentatie van informatie ten behoeve van het navigeren is vatbaar voor uitstel. Een groot deel van de informatiebehoefte op dit niveau dient voor aanvang van de reis reeds vervuld te worden. Informatie onderweg kan door middel van borden worden gegeven.

Ad 2. A-priorikennis

Er mag van uitgegaan worden dat een bestuurder in het bezit is van de basiskennis en -vaardigheden om een voertuig te kunnen besturen. Op de volgende gebieden kunnen de kennis en vaardigheden van bestuurders echter sterk variëren:

- algemene geografische kennis;
- vaardigheid in kaartlezen;
- begrip van kompasrichting;
- vermogen om weerrapporten te begrijpen;
- vermogen om afstand om te zetten in reistijd;
- bekendheid met kenmerken van de hoofdwegen.

Ad 3. Spreiding

Tijdens het rijden zijn er momenten waarbij de informatieverwerkingscapaciteit overbelast of juist onderbelast is.

Bij *overbelasting* kan de bestuurder informatie missen, of onvoldoende tijd hebben om de juiste beslissingen te nemen. Bij een hoge taakbelasting zal de aandacht gericht dienen te worden op het rijtaakniveau met de hoogste prioriteit en niet op een niveau met een lagere prioriteit. Bij een gevaarlijke verkeerssituatie zal de bestuurder niet moeten worden lastiggevallen met route-informatie; deze kunnen de bestuurder afleiden van zijn dringende behoefte aan manoeuvre- en operationele informatie.

Het probleem bij *onderbelasting* is dat bestuurders de neiging hebben om onnodige manoeuvres uit te voeren. Ook kan het attentieniveau worden verlaagd, waardoor informatie wordt gemist. Bij een lage taakbelasting op het operationele niveau, kan de aandacht worden gericht op taken op een ander niveau, zoals het volgen van de route.

Door een evenwichtige spreiding van de informatie in ruimte en tijd kunnen de problemen van over- en onderbelasting worden voorkomen.

Ad 4. Verwachtingen

De verwachtingen van de bestuurder zijn afhankelijk van zijn ervaring en zijn a-priorikennis.

Op operationeel niveau betreft het de plaats van de auto op de weg. De bestuurder heeft hierover bepaalde verwachtingen. Gladheid leidt tot voertuigbewegingen die niet in overeenstemming zijn met de verwachting van de bestuurder.

Op manoeuvreniveau is de rol van verwachtingen het grootst. Bestuurders met enige ervaring hebben over het algemeen verwachtingen over (veranderingen in) alignment op verschillende wegtypen. Waarschuwing-borden kunnen structuur geven aan deze verwachtingen. Er zullen weinig

bestuurders zijn die bijvoorbeeld een plotselinge vermindering van het aantal rijstroken verwachten. Derhalve dient hierbij een waarschuwing te worden gegeven.

Op het niveau van routekeuze verwacht de bestuurder onderweg informatie die aansluit bij zijn a-priorikennis en bij zijn routeplanning voorafgaand aan de rit.

Wat de respons van het voertuig op stuurbewegingen en op snelheidsregulering betreft, heeft de bestuurder verwachtingen die zijn gebaseerd op zijn ervaring. Dit geldt ook ten aanzien van de scherppte van de bogen in de weg waarop hij rijdt, de snelheid van andere voertuigen, de verkeersborden en de bewegwijzering.

Indien op welk niveau dan ook niet wordt voldaan aan deze verwachtingen, kan de uitvoering van de taak op dat niveau en mogelijk ook die op andere niveaus in het gedrang komen en tot een gevaarlijke situatie leiden.

2.3. Overige eisen aan een route-informatiesysteem

Naast eisen die vanuit de mens-machine-interactie zijn te stellen zijn er ook eisen die op de machine alleen betrekking hebben.

De ritplanning wordt doorgaans voor aanvang van de reis gemaakt. Onderweg wordt de geplande route zo goed mogelijk gevolgd. Behalve bestuurdergericht en bruikbaar voor alle bestuurders dient de machine ook het volgende te zijn (Allen, Lunenfeld & Alexander, 1971):

- toepasbaar op het bestaande hoofdwegenstelsel;
- fail-safe;
- compatibel en evolutionair, dat wil zeggen dat stapsgewijze uitbreiding met toekomstige systemen mogelijk moet zijn;
- economisch haalbaar.

Alle elementen van het informatiesysteem dienen aan deze eisen te voldoen, maar zij zijn vanuit verkeersveiligheid bezien minder relevant.

2.4. Mogelijke effecten

Navigatiesystemen kunnen positief bijdragen aan de verkeersveiligheid als ze helpen om zoekgedrag te vermijden en leiden tot minder omrijkilometers (zie hoofdstuk 4). Een bijkomend effect van de toepassing en ontwikkeling van navigatiesystemen is dat deze een platform voor verdere ontwikkeling kunnen zijn. Gedacht wordt aan integratie met vrijwillige Intelligente Snelheidsaanpassing (ISA) door ook informatie over de snelheidslimiet op de navigatie-CD-ROM op te nemen. Ook zou bijvoorbeeld de bestuurder automatisch kunnen worden gewaarschuwd bij een te snelle nadering van kritische locaties zoals een scherpe bocht. Informatie over de kritische naderingssnelheid is op de CD-ROM opgeslagen.

De systemen 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 geven tijdens een manoeuvre;
- in het algemeen afleiden van de primaire rijtaak;
- niet aansluiten bij de verwachting (inconsistentie).

In het volgende hoofdstuk worden diverse studies behandeld die ingaan op bovengenoemde aspecten.

3. Relevante literatuur

In dit hoofdstuk wordt een opsomming van literatuur gegeven waarin de mogelijke effecten van navigatiesystemen op gedrag en verkeersveiligheid worden behandeld. Er zijn zeer veel factoren die invloed kunnen hebben op gedrag en veiligheid. In het kader van deze eerste fase is er niet veel ruimte om de vele invloedsfactoren ook uitgebreid te behandelen, volstaan zal worden met een korte beschouwing.

3.1. Kaart op het stuur of navigatiesysteem? (Groenewegen, 1999)

Groenewegen (1999) heeft een inventarisatie verricht van navigatiesystemen zoals die in Nederland verkrijgbaar zijn. Groenewegen behandelt de functies, de wijzen waarop de informatie wordt gegeven aan de bestuurder, de gebruiksvriendelijkheid van het systeem voor en tijdens de reis, de handmatige bediening en eventuele voice control, enzovoort. Verder is er een beschouwing gewijd aan de verkeersveiligheid, waarin de vermindering van files aan de orde komt en het daaruit volgende gebruik van minder veilige lagere-ordewegen. Ook werden proefritten gemaakt met drie systemen.

De aanbevelingen uit deze studie zijn een cursus 'navigeren', een optimale plaatsing van richtingaanwijzingen in de auto vlakbij de snelheidsmeter, het onmogelijk maken van handmatig programmeren tijdens de rit, voice control in plaats van handmatige bediening, het mogelijk maken van een ritplanning voor vervoerders met meerdere bestemmingen.

3.2. Telematics Safety (Green, 2001)

3.2.1. Heeft het gebruik van bestaande informatiesystemen geleid tot ongevallen?

Afgezien van zo nu en dan een krantenbericht over ongevallen als gevolg van het gebruik van de mobiele telefoon of een navigatiesysteem, zijn er in de VS en Europa geen (statistische) gegevens voorhanden over dit type ongeval. In Japan wordt dit soort ongevalsgegevens door The Japanese National Police Agency Traffic Planning Department geregistreerd. *Tabel 1* geeft deze ongevalsgegevens voor het eerste halfjaar van 1998. Een kwart tot een derde van deze ongevallen gebeurde tijdens de bediening van het navigatiesysteem, en bijna driekwart tijdens het kijken naar het systeem.

Ernst	Ongevallen	Slachtoffers
Dodelijk	58	93
Letsel	1	1
Totaal	59	94

Tabel 1. *Ongevallen in Japan tijdens het gebruik van een navigatiesysteem, januari-juni 1998 (Japanese National Police Agency Traffic Planning Department).*

3.2.2. Welke taken leiden tot ongevallen?

Uit de Japanse ongevalsgegevens blijkt dat van de navigatietaken het kijken - waarschijnlijk naar een plattegrond - het meest wordt gerelateerd aan ongevallen. Voor de Japanse situatie zijn plattegronden noodzakelijk, daar het wegennetwerk niet een rechthoekig patroon heeft en straatnamen ontbreken. In de VS kan de informatie vanwege een rechthoekig stratenpatroon en nummering van straten, eenvoudiger worden gegeven door middel van pijlen en stem.

Prestatiegegevens van navigatiesystemen gaven het volgende te zien:

- Een relatief eenvoudige taak als het invoeren van een bestemming duurt meer dan een minuut; dit is drie keer langer dan het intoetsen van een 11-cijferig telefoonnummer.
- Bestuurders kijken tijdens het programmeren niet op de weg; dit is vaak gedurende tweederde of driekwart van de programmeertijd het geval.
- Bij stembediening hebben bestuurders de neiging om naar de microfoon of luidspreker te kijken.

Ongeveer eenderde van navigatiegerelateerde ongevallen heeft te maken met de instelling van het apparaat. Het invoeren van de bestemming is de belangrijkste handeling. Onder het rijden is het invoeren van de bestemming niet toegestaan volgens het uit 1996 daterende reglement van JAMA - Japanese Automobile Manufacturers Association. Het is waarschijnlijk dat de genoemde ongevallen plaatsvonden met later ingebouwde systemen, die niet voldoen aan de JAMA-richtlijnen. Bij 50% van de systemen is dit het geval.

3.2.3. Richtlijnen

In Japan voldoen alle OEMs - original equipment manufacturers - aan de JAMA-richtlijnen voor het interface-ontwerp van navigatiesystemen. Deze richtlijnen verbieden onder meer tv-beelden of video-playback, berichten langer dan 31 tekens, en complexe handelingen.

In de VS is de belangrijkste (concept-)richtlijn de zgn. '15-secondenregel' (SAE J2364). Deze regel specificeert taken die niet zijn toegestaan in rijdende voertuigen, in het bijzonder navigatietaken met visuele displays en manuele handelingen die in een stilstaand voertuig meer dan 15 seconden vergen. Deze richtlijn omvat niet het draaien van een telefoonnummer of het gebruik van stem-interface. Gesteld wordt dat uit de literatuur is gebleken (niet nader vermeld) dat de ongevalsfrequentie gecorreleerd is aan de totale duur van de afleiding en deze weer aan de totale duur van de taak.

Beoogd wordt om van deze regel een algemene SAE-richtlijn te maken (SAE is de Society of American Engineers). Een volgende stap is dat voor stem-interface een vergelijkbare richtlijn wordt gegeven.

In beginsel is het mogelijk om de informatie in de auto in tijd te spreiden met software die gedetailleerde wegkenmerken zoals rijbaanbreedte, scherpte van de bogen, nadering kruisingen e.d. bevat, en met informatie over weer en verkeer van een regionale verkeerscentrale. Hierdoor zou de bestuurder geen informatie gepresenteerd hoeven krijgen gedurende de momenten waarop de rijtaak complex is. Presentatie van informatie wordt dan afhankelijk gemaakt van de urgentie van de informatie en de complexiteit van de rijtaak. Hiervoor zal nog veel onderzoek nodig zijn.

De inzet op het gebied van telematica-ontwikkeling (de techniek) is op dit moment echter nog veel groter dan die op het terrein van veiligheid en 'human factors' (het gebruik).

3.3. **Telematics and driver distraction (Feindt, 2001)**

Feindt (2001) pleit voor educatie en regelgeving en niet voor uitbanning van Intelligente Transportsystemen (ITS) in de auto. Ervaring opdoen vormt een onderdeel van een leerproces. Hij vergelijkt de introductie van ITS met die van de autoradio, waar de bestuurder aanvankelijk ook door werd afgeleid. Gewezen wordt op de gevaren van een te groot vertrouwen in Intelligente Transportsystemen; dit kan leiden tot verslapping van de aandacht. Bij een falend systeem kan dit tot ongevallen leiden.

3.4. **Driver distraction with route guidance systems (Tijerina et al, 2000)**

Tijerina et al. (2000) hebben een literatuurstudie verricht naar de afleiding van de bestuurder van zijn rijtaak door apparatuur in het voertuig, zoals een mobiele telefoon en een navigatiesysteem.

De mening van deskundigen op het gebied van mens-machine-interactie (the 'human machine interface') is algemeen dat het handmatig invoeren van de bestemming tijdens het rijden te veel afleiding geeft om dit veilig te kunnen uitvoeren. Voor zover bekend is bij systemen van Volvo en Sony het programmeren tijdens het rijden onmogelijk gemaakt.

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. Verder hebben oudere bestuurders meer moeite met het programmeren onder het rijden.

Stembediening vormt een alternatief voor handbediening; er is echter geen literatuur over het effect hiervan. Dit vereist een dialoog tussen bestuurder en systeem, wat minder kijken in de achteruitkijkspiegel met zich mee kan brengen. Hierdoor zou de bestuurder zich minder goed bewust kunnen zijn van de verkeerssituatie.

Door gebruik van codes, bijvoorbeeld 'huis', 'kantoor' of 'ouders', kan de opdracht worden verkort tot één woord, hetgeen de belasting voor de bestuurder minimaliseert. Voor nieuwe bestemmingen dient een eenvoudige methode te worden gehanteerd om een stemopdracht te geven.

Voor navigatiesystemen is een concept-richtlijn, de 15-secondenregel ('15'), geformuleerd (SAE J2364; zie § 3.2), die stelt dat indien het programmeren van een bestemming bij stilstand binnen 15 seconden kan gebeuren, het toegestaan is om de genoemde taak onder het rijden te verrichten. Deze richtlijn werd onderworpen aan een test, met vier mogelijke uitkomsten:

1. Juiste positieven: '15' overschreden en negatief effect op rijtaak;
2. Valse negatieven: '15' niet overschreden, wel negatief effect op rijtaak;
3. Juiste negatieven: '15' niet overschreden, geen negatief effect op rijtaak;
4. Valse positieven: '15' overschreden, geen negatief effect op rijtaak.

De belangrijkste uitkomsten van de test waren:

1. Het programmeren van de bestemming vereiste in alle gevallen meer dan 15 sec. en werd gerelateerd aan problemen met het koershouden.
2. Het afstemmen van de radio (Clarion) duurde minder dan 15 sec., echter werd gerelateerd aan problemen met het koershouden op een testterrein.
3. Het afstellen van de airconditioning duurde korter dan 15 sec. en had geen negatief effect op het koershouden.
4. Het draaien van een nummer op de mobiele telefoon, steminvoer van een bestemming en het afstemmen op FM-radio duurden alle langer dan 15 sec. Op het testterrein gaven deze taken echter geen negatief effect op het koershouden.

Hieruit kan worden afgeleid dat de 15-secondenregel als diagnostisch instrument niet zeer betrouwbaar was: de regel gaf vele valse positieven en ook valse negatieven.

De basisinformatiebehoefte bij het navigeren bestaat uit:

- Richtingverandering: de beslissing dient te worden genomen bij een kruising, splitsing, rotonde of afrit.
- Afstand tot deze richtingverandering: op de richtingverandering dient geanticipeerd te worden.
- Straat die ingeslagen moet worden: wanneer diverse kruisende wegen dicht op elkaar liggen is deze informatie van belang.
- Referentiepunten: naast straatnamen zijn bepaalde referentiepunten van belang, zoals een park, een benzinestation, specifieke gebouwen, e.d. Sommige recent uitgebrachte software toont 3-D-informatie van deze referentiepunten op de display.

De belasting voor de bestuurder wordt bepaald door het gemak waarmee hij de gegeven informatie relateert aan de werkelijke situatie. De belasting kan bijvoorbeeld worden afgemeten aan de oogbewegingen, het aantal keren dat gekeken wordt naar het route-informatiedisplay, naar verkeersborden of in de spiegel.

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.

Een secundaire taak geeft in alle gevallen een verslechtering van de uitvoering van de primaire taak. De vraag is echter of, en in welke mate dit acceptabel is.

Toepassing van stemtechnologie bij de uitvoering van een secundaire taak geeft minder interferentie met de primaire taak dan wanneer hiervan niet gebruik wordt gemaakt.

In de praktijk wordt door de bestuurder gebruikgemaakt van referentiepunten, zoals bijzondere gebouwen. Er is nog weinig software ontwikkeld op dit terrein.

Het aantal onjuist genomen richtingveranderingen en de reistijd kunnen met een navigatiesysteem worden gereduceerd. Een optimaal ontworpen navigatiesysteem kan een verbetering van de verkeersveiligheid met zich meebrengen door vermindering van stress, zoekgedrag en omwegen.

Geconcludeerd werd dat er een grote variatie is in structuur, ordening, inhoud en timing van de navigatie-instructies.

3.5. **Navigation Ergonomie Test (Rößger, Metternich & Smyrek, 2001)**

Rößger, Metternich & Smyrek (2001) verrichtten twee soorten tests:

1. Gebruikers werden bevraagd naar wijze van gebruik en ervaringen met navigatiesystemen (subjectief)
2. Het daadwerkelijk gebruik van navigatiesystemen en de frequentie van de daarbij gemaakte fouten werd bepaald (objectief). Deze laatste test wordt hier beschreven.

Een groep van 44 proefpersonen beproefde het route-informatiesysteem in een automerk A, B en C. Merken A en B waren Europese automerken, en merk C was een Japans merk. Iedere deelnemer kreeg zes opdrachten, zonder schriftelijke of mondelinge ondersteuning:

1. een bestemmingsadres programmeren;
2. een radiozender zoeken en in het geheugen opslaan;
3. de airconditioning instellen;
4. de kortste route naar het centrum van Hamburg instellen;
5. een bepaald lied op een CD zoeken;
6. de balansinstelling van het audiosysteem verstellen.

Vervolgens moesten de proefpersonen een vragenformulier invullen voordat ze naar het volgende voertuig gingen. Aan het einde van de proef kregen ze gelegenheid in een interview hun laatste bevindingen te vertellen.

Een videocamera legde de handelingen van de proefpersonen gedurende de gehele test vast en ten dele zijn de opnamen beeld voor beeld geanalyseerd. Het aantal onderbrekingen en de duur van iedere opdracht werd nagegaan, en vervolgens ook het aantal en het type fouten, evenals het aantal voltooide opdrachten.

Over het geheel genomen werd 50% van alle opdrachten voltooid. De variatie per specifieke opdracht en per merk voertuig was vrij groot. Bij merk A was het aantal afbrekingen bij de invoer van de bestemming het grootst: in 55% van de gevallen, terwijl dit 25% was bij merk C en 30% bij merk B. Slechts een gering percentage slaagde er bij merk A in om de kortste route naar het centrum van Hamburg in te voeren; dit heeft te maken met de structuur van het keuzemenu.

De benodigde tijd voor uitvoering van de opdrachten verschilde sterk tussen de automerken. Bij merk A duurde het programmeren zelfs bijna zes minuten. Ook dit heeft te maken met de structuur en zichtbaarheid van de menu's. De touch screen by merk C reageerde niet altijd even goed en snel.

Gezien de grote variatie in de uitkomsten kan geconcludeerd worden dat er verbeteringen mogelijk zijn.

De volgende typen fouten werd onderscheiden:

- kennisgebrek: de benodigde kennis over het functioneren van het systeem is onvolledig of het systeemmodel stemt niet overeen met het mentale model.

- denkfouten: hoewel er kennis aanwezig is over hoe te handelen (bijvoorbeeld langdurig indrukken van een knop om de gegevens in het geheugen op te slaan), gebeurt het indrukken niet lang genoeg.
- beoordelingsfouten: de reactie van het systeem wordt foutief beoordeeld of niet waargenomen, waardoor bijvoorbeeld 'Königinplatz' in plaats 'Königsplatz' wordt ingetoetst.

Kennelijk verschillen de verschillende navigatiesystemen in gebruiksvriendelijkheid en daarmee in de benodigde tijd voor juiste programmering. Voor een deel worden cultuurverschillen tussen Japan en Europa als verklaring van de verschillen tussen de Japanse en Europese automerken gegeven. Ouderen scoren slechter en hebben vaak geen ervaring met computers. Het is derhalve van belang dat ook voor ouderen systemen gebruiksvriendelijk zijn.

De plaats van de display is in alle drie auto's ongunstig: het is ingebouwd in de middenconsole, waardoor de blik vrij sterk afgewend dient te worden. Weergave van bepaalde informatie in het display van de snelheidsmeter zou een mogelijke verbetering zijn.

Tabel 2 geeft een kort overzicht van enkele sterktes en zwaktes die blijken uit deze studie van Rößger, Metternich & Smyrek.

Eigenschap	Merk A	Merk B	Merk C
Positief	Goede groepering van de knoppen; Draaibare display; Kleurvormgeving ondersteunt gebruik.	Goede groepering van de knoppen; Centrale en consistente draai-druk-knop.	Sneller en directer bereikbaar door touch screen; Intuitief te gebruiken.
Negatief	Onduidelijke menu-structuren; Te veel knoppen.	Audiofuncties te weinig geïntegreerd.	Touch screen werkt te snel; Onduidelijke menu-structuren; Gebrekkige haptische feedback.

Tabel 2. Sterktes en zwaktes van een drietal navigatiesystemen (gebaseerd op Rößger, Metternich & Smyrek, 2001).

3.6. Afstemming navigatiesysteem met beleid wegbeheerder (Beckmann, Serwill & Wehmeier, 2001)

De leveranciers van navigatiesoftware hanteren verschillende navigatiestrategieën. Het is evident dat het wenselijk is om de statische en dynamische navigatiestrategie af te stemmen op die van de wegbeheerder (Beckmann, Serwill & Wehmeier, 2001). Hiervoor is het noodzakelijk om dezelfde weg- en verkeersgegevens te hanteren, gegevens die juist en nauwkeurig zijn.

Er worden aanbevelingen gedaan aan zowel de beheerders van collectieve (A) als aan die van individuele (B) route-informatiesystemen:

- Collectieve dynamische routegeleidingssystemen zullen voorlopig nog noodzakelijk zijn, daar slechts een zeer gering aandeel voertuigen voorzien is van een navigatiesysteem. De komende jaren zal dit percentage weliswaar stijgen maar zal het aandeel nog steeds relatief gering blijven.

Verbeterde radioinformatie zal de acceptatie hiervan vergroten en zal leiden tot het beter volgen van de adviezen.

Het is wenselijk dat beheerders van collectieve route-informatie-systemen op zijn minst een data- en informatieovereenkomst sluiten met beheerders van individuele systemen.

- B. Aanbieders en beheerders van individuele dynamische routegeleidings-systemen zullen een data- en informatieovereenkomst met beheerders van collectieve systemen dienen te sluiten.

Het maken van kortetermijnverkeersprognoses kan de routeaanbevelingen verbeteren.

Het omleiden van de voertuigen naar het onderliggend wegennet (routes via secundaire wegen) 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.

Wanneer er sprake is van verschillende software-aanbieders, dan is een strategie en sturingsovereenkomst wenselijk.

De Technische Universiteit van Aken heeft een onderzoeksproject lopen, met als doel om mogelijke discrepanties en conflicten tussen genoemde strategieën en de wensen van de gebruiker te achterhalen.

3.7. **SensAble driving (GM Media Bureau, 2001)**

De staat Michigan en General Motors Corporation zijn een pilot 'SensAble driving' gestart om door middel van educatie en voorlichting de aandacht van bestuurders op de weg en in het verkeer te houden. Dit om de risico's te verkleinen die verbonden zijn aan afleiding van de bestuurder. 'Hands on the wheel and eyes on the road' is kort en bondig de boodschap. Beweerd wordt dat ongeveer een kwart van de verkeersongevallen komt door afleiding van de bestuurder. Hierbij wordt aan allerlei soorten afleiding gedacht: kinderen achterom kijkend vermanend toespreken, radio, CD-speler of navigatiesysteem instellen of programmeren, kaartlezen, roken, mobiel telefoneren, enzovoort.

3.8. **On-line enquête (Gregorski, 2000)**

Volgens een on-line enquête van E-valuations zou 94% van de respondenten real-time locatiespecifieke Internettoepassingen in de auto willen hebben; 75% had interesse in routekeuzeaanwijzingen. 6% had geen interesse in welke vorm van Internetvoorziening in de auto dan ook.

3.9. **Navigatiesysteem en ouderen (Entenmann & Küting, 2000; Dingus et al., 1997)**

Het is bekend dat ouderen meer moeite hebben bij de uitvoering van de rijtaak. Een navigatiesysteem zal bij het navigeren voor ouderen - mits gebruiksvriendelijk geconcipieerd - een grote ondersteuning zijn.

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. Van groot belang is ook een optimale 'Man Machine Interface'. In de toekomst kan gedetailleerdere informatie, zoals het aantal rijstroken, de aanwezigheid van voetgangers-

oversteekplaats, enzovoort, ouderen verder helpen bij het anticiperen op (kritische) verkeerssituaties. De potentiële winst van een navigatiesysteem zal voor deze groep mogelijk een onevenredig groot zijn.

Uit Dingus et al. (1997) is gebleken dat de navigatietask voor ouderen een extra belasting vormde bij de uitvoering van de rijtaak. Ze compenseerden dit door voorzichtiger en langzamer te rijden. Desondanks maakten ouderen meer veiligheidgerelateerde fouten dan jongere bestuurders.

Van een *goed ontworpen* navigatiesysteem hebben ouderen volgens Dingus et al. echter heel veel baat en de extra belasting voor de rijtaak was dan niet groter dan voor jonge bestuurders

3.10. Palm computer en notebook navigatie (Braimaister, 2001)

Braimaister (2001) beschrijft een goedkopere manier een navigatiesysteem samen te stellen. Deze bestaat uit het toevoegen van een GPS-ontvanger, een RDS/TMC (Radio Data System / Traffic Message Channel) en een CD-ROM-driver aan een bestaande palmcomputer of notebook. Nadeel van deze systemen is dat de display niet kan worden geïntegreerd in het instrumentenpaneel. Wel kan door middel van de stem opdrachten worden gegeven. Ook is integratie met toekomstige systemen zoals ISA minder goed mogelijk. Een notebook kan, indien deze niet botsveilig wordt bevestigd, als een projectiel werken bij een botsing. De nauwkeurigheid van een dergelijk systeem is ook geringer, daar er geen gebruik wordt gemaakt van de snelheid van de auto en van traagheidsensoren.

3.11. Conclusies ten aanzien van mogelijke veiligheidseffecten

Volgens de literatuur kan het gebruik van navigatiesystemen zowel positieve als negatieve effecten op de verkeersveiligheid hebben. De positieve effecten zijn de volgende:

- minder omrijkilometers (Groenewegen, 1999; Tijerina et al., 2000);
- 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);
- 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);
- extra problemen bij ouderen (Tijerina et al, 2000)

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: uniformering en vereenvoudiging zijn gewenst, evenals afstemming op de doelen van de wegbeheerder.

4. Mogelijk te besparen kosten

Bij de berekening van te besparen kosten is in dit hoofdstuk uitgegaan van het volgende scenario: een volledige uitrusting van het personenautopark in Nederland met een optimaal, dat wil zeggen een veilig en gebruiksvriendelijk ontworpen navigatiesysteem, waarmee reeds ervaring is opgedaan. Dat wil dus zeggen dat er geen rekening is gehouden met een mogelijke verzwarende of verlichtende van de rijtaak, zoals in hoofdstukken 2 en 3 is geschetst. Voor het effect daarvan is nader onderzoek nodig. Wel is duidelijk dat de verschillende huidig verkrijgbare systemen niet alle even goed rekening houden met die rijtaak.

4.1. Omrijkilometers (Janssen & De Roos, 1987)

Janssen & De Roos (1987) stellen op basis van een literatuurstudie dat ongeveer 7% van de afgelegde weg omrijkilometers zijn. Hiervan is bij circa één derde bewust omgereden. Op sommige moeilijke routes kan het omrijpercentage oplopen tot 20%. Ze concluderen een potentiële besparing van 5 tot 7% van het aantal gereden kilometers bij een volledige invoering van elektronische navigatiemiddelen.

Janssen & De Roos verwijzen naar Collins & Sacker (1986), die stellen dat voor Groot-Brittannië een mogelijke besparing van 2,4 miljard pond per jaar kan worden verkregen.

De kwaliteit van een bewegwijzeringsstelsel kan worden afgemeten aan het percentage verdwaalde automobilisten in voor de bestuurder onbekende steden (30%); Janssen & De Roos (1987) verwijzen hierbij naar King & Lunenfeld (1974).

Er wordt naar Schoppert verwezen (1966) als vermeld wordt dat 0,2% van het volume een goede schatting is van de 'normale' van in staat van verwarring verkerende bestuurders op een willekeurig keuzepunt op een autoweg.

De auteurs verwijzen naar King (1986) als zij voor de Verenigde Staten bij een omrijkilometrage van 7% en proportionele omrekening komen tot een potentiële besparing van 130 miljard voertuigkilometers, 3.000 verkeersdoden, 2,6 miljoen ongevallen en 914.000 manjaren/jaar.

Janssen & De Roos (1987) leiden af, dat voor de - toenmalige - Nederlandse situatie de potentiële besparing in de orde ligt van circa f 2 miljard per jaar.

Aangetekend dient te worden dat voor de Nederlandse situatie (voor zover bekend) geen onderzoek is verricht naar het percentage omrijkilometers. De hieronder gehanteerde percentages kunnen derhalve mogelijk ook lager of hoger uitvallen.

4.2. Slachtoffers

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.

Als voor de 5 à 7% vermeden omrijkilometers een vergelijkbaar risico per voertuigkilometer geldt als voor de kilometers die wél worden gereden, dan is aan de hand van *Tabel 3* de volgende slachtofferbesparing te berekenen.

- reductie in het aantal doden: 38 tot 53, af te ronden tot 40 tot 50 doden;
- reductie in het aantal ziekenhuisgewonden: 426 tot 596, afgerond 400 tot 600 ziekenhuisgewonden.
- reductie in het aantal niet in een ziekenhuis opgenomen gewonden: 1.292 tot 1.809, afgerond: 1.300 tot 1.800 lichtgewonden.
- De verwachte reductie in het totaal aantal slachtoffers ligt tussen 1.750 en 2.500 slachtoffers.

Totaal aantal slachtoffers	Doden	In ziekenhuis opgenomen gewonden	Niet in ziekenhuis opgenomen gewonden
35.118	761	8.515	25.842

Tabel 3. *Verdeling van het aantal geregistreerde slachtoffers in het jaar 2000, gevallen in ongevallen waarbij minimaal één personenauto was betrokken.*

Wordt de vermindering in het aantal slachtoffers omgerekend naar materiële en immateriële kosten dan kom dit globaal neer op een besparing van f 600 tot f 750 miljoen gulden (Wesemann, 2000).

4.3. Autokosten

Minder omrijkilometers betekenen ook minder autokosten. Een omrijpercentage tussen de 5 en 7% houdt tussen de 4,5 en 6,3 miljard omrijkilometers in (CBS, 2001). Bij een kilometerprijs van f 0,97 (ANWB, 2001) zou jaarlijks f 4,4 tot f 6,1 miljard bespaard kunnen worden wanneer dit omrijden door personenauto's voorkomen kan worden.

4.4. Milieuschade

De schade door luchtverontreiniging van het personenverkeer bedraagt in 1993 f 5.728 miljoen (Dikmans, Lijesen & De Groot, 1994). De kosten van geluidshinder door het personenverkeer is f 187 miljoen. In totaal is dit ongeveer f 5.915 miljoen. Wanneer dit bedrag wordt opgehoogd voor het jaar 1997 komt het op f 7.157 (Wesemann, 2000). Een vermindering van 5 tot 7% milieuschade zou dan een besparing van f 360 tot f 500 miljoen per jaar betekenen.

4.5. Potentiële besparing aan kosten

Alles bij elkaar genomen bedraagt de potentiële besparing van een volledige invoering van het navigatiesysteem maximaal tussen f 5,3 tot f 7,3 miljard gulden per jaar.

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1. Conclusies

De huidige route-informatiebronnen in Nederland zoals de bewegwijzering en radioverkeersinformatie zijn nog niet optimaal afgestemd met navigatiesoftware.

Navigatiesystemen kunnen positief bijdragen aan de verkeersveiligheid als ze helpen om zoekgedrag te vermijden en omrijkilometers te verminderen. Onder optimale omstandigheden (alle personenauto's uitgerust met een perfect navigatiesysteem) kan het effect van vermeden omrijkilometers een besparing van tientallen doden en honderden ziekenhuisgewonden per jaar zijn, alsmede een substantiële financiële besparing.

Navigatiesystemen hebben een negatief effect als de bediening van het systeem en het monitoren van de informatie interfereert met de rijtaak en als de aard en presentatie van de informatie niet goed aansluit bij de behoeftes die op dat moment bij de bestuurder bestaan.

5.2. Aanbevelingen

Het is gewenst om alle informatiebronnen optimaal op elkaar af te stemmen. Dat wil zeggen dat wegenkaarten, bewegwijzering, radioverkeersinformatie en navigatiesoftware op elkaar dienen te worden afgestemd en dat alle informatiebronnen daarbij rekening dienen te houden met de duurzaam-veilige wegcategorie-indeling.

Voor een zo veilig mogelijk gebruik van navigatiesystemen dient handmatig programmeren onder het rijden onmogelijk worden gemaakt. Het display dient eenvoudig en snel af te lezen te zijn, zonder dat de blik sterk afgewend hoeft te worden. De informatie dient ook auditief gegeven te worden en moet ook herhaald kunnen worden. Eenvoudige opdrachten dienen via de stem gegeven te kunnen worden (voice control).

Het is gewenst om de werking en programmering van navigatiesystemen te uniformeren en te vereenvoudigen.

Een consumententest van navigatiesystemen, in het bijzonder ten aanzien van de gebruiksvriendelijkheid en veiligheid, zal bevorderen dat consumenten veilige systemen zullen aanschaffen en dat fabrikanten hun systeem verbeteren.

Het navigatiesysteem kan worden gebruikt als platform voor de ontwikkeling en toepassing van andere hiermee te integreren systemen, zoals vrijwillige Intelligente Snelheidsaanpassing ISA. Dit kan gebeuren door informatie over snelheidslimieten op de navigatie-CD-ROM op te nemen; ISA zou dan door het indrukken van één knop kunnen worden ingeschakeld. Een andere mogelijke toepassing is waarschuwing van de bestuurder bij een te snelle nadering van kritische locaties, zoals bogen, rotondes en kruispunten. Informatie over de kritische snelheid zou op de navigatie-CD-

ROM opgeslagen moeten zijn. Het is aan te bevelen dat de Nederlandse overheid de ontwikkeling en toepassing van deze aanvullende systemen stimuleert.

Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of en in welke mate systemen het geschetste optimum benaderen. Ook moet verder worden bekeken in hoeverre deze systemen zoekgedrag weten te voorkomen en waar de omrijkilometers met name worden vermeden.

Literatuur

- Allen, T.M., Lunenfeld, H. & Alexander, G.J. (1971). *Driver information needs*. In: Highway Research Record, Nr. 366, pp. 102-115.
- ANWB (1993). *Richtlijnen bewegwijzering. Deel Aanduidingsbeleid*. Koninklijke Nederlandse Toeristenbond ANWB, Afdeling Bewegwijzering. SDU Uitgeverij, 's-Gravenhage
- ANWB (2001). Telefonische informatie van heer Paul Engel, 11 juli 2001.
- AVV (2000). *Gebruikersonderzoek Nederlandse autosnelwegen*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.
- Beckmann, K.J., Serwill, S. & Wehmeier, Th. (2001). *Aspekte zum Zusammenwirken von Zielführungssystemen und Netzbeeinflussungsanlagen*. In: Straßenverkehrstechnik, Jaargang 2001, Nr. 4, pp. 168-177.
- Braimaister, L. (te verschijnen). *Inventarisatie telematica-applicaties. In-car mobiele multimedia informatie- en communicatiesystemen en verkeersveiligheid*. SWOV, Leidschendam.
- CBS (2001). *Statistisch Jaarboek 2001*. Centraal Bureau voor de Statistiek CBS, Voorburg/Heerlen.
- CROW (1997). *Handboek Categorisering wegen op duurzaam veilige basis. Deel I (Voorlopige) Functionele en operationele eisen*. Publicatie 116. Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur CROW, Ede.
- Dikmans, J.A.A., Lijesen, M.G. & Groot, H. de (1994). *De prijs van mobiliteit in 1993*. Onderzoeksreeks Nr. 75. Instituut voor Onderzoek van Overheidsuitgaven IOO, 's-Gravenhage.
- Dingus, T.A., Hulse, M.C., Mollenhauer, M.A., Fleischman, R.N., McGehee, D.V. & Manakkal, N. (1997). *Effects of age, system experience, and navigation technique on driving with an Advanced Traveller Information System*. In: Human Factors, Vol. 39, Nr. 2, pp. 177-199.
- Entenmann, V. & Küting, H. (2000). *Safety deficiencies of elderly drivers and options provided by additional digital map content*. In: 'From vision to reality'. Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Transportation Systems ITS, Turin, Italy, 6-9 November 2000.
- Feindt, U. (2001). *Telematics and driver distraction. Must we take the bad with the good?* In: ITS World, January-February 2001, pp. 12-13.
- GM Media Bureau (2001). *SensAble driving*. Internet: www.gm.com. General Motors Corporation.
- Green, P. (2001). *Telematics safety. International incidents. Crashes induced by driver information systems and what can be done to reduce them*. In: ITS World, January/February 2001, pp. 20-23.

Gregorski, T. (2000). *A look back at the year in ITS*. In: ITS World, November/December 2000: 12-14.

Groenewegen, A. (1999). *Kaart op het stuur of navigatiesysteem? Een overzicht van de mogelijke/verwachte effecten van navigatiesystemen op de verkeersveiligheid*. Stageverslag Nationale Hogeschool voor Toerisme en Verkeer NHTV, Breda.

Janssen, W. H. & Roos, F. de (1987). *Elektronische navigatiemiddelen in de auto: een verkennende studie*. IZF 1987 C-12. TNO Technische Menskunde, Soesterberg.

Rößger, P., Metternich, B. & Smyrek, U. (2001). *Stunde der Abrechnung*. In: Tele Traffic 2001, Nr.1-2, pp. 22-25.

SWOV (1992). *Naar een duurzaam veilig wegverkeer. Nationale Verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 1990/2010*. SWOV, Leidschendam.

Tijerina, L., Johnston, S., Palmer, E., Winterbottom, M.D. & Goodman, M. (2000). *Driver distraction with wireless telecommunications and route guidance systems*. Report No. DOT HS 809 069. U.S. National Highway Traffic Safety Administration NHTSA, Department of Transportation DOT Washington, D.C.

Wesemann, P. (2000). *Kosten van de verkeersonveiligheid in Nederland, 1997*. D-2000-17. SWOV, Leidschendam.