



Rapport nr. 2021 - R - 07 - NL

Afleiding achter het stuur: de impact van infotainment

Een verkennende literatuurstudie.

Afleiding achter het stuur: de impact van infotainment

Een verkennende literatuurstudie.

Onderzoeksrapport nr. 2021 - R - 07 - NL

Auteurs: Boets, S. & Teuchies, M.

Verantwoordelijke uitgever: Karin Genoe

Uitgever: Vias institute – Kenniscentrum Verkeersveiligheid

Publicatiedatum: 11/03/2021

Wettelijk depot: D/2021/0779/59

Gelieve naar dit document te verwijzen als volgt: Boets, S. & Teuchies, M. (2019) Afleiding achter het stuur: de impact van infotainment. Een verkennende literatuurstudie. Brussel, België: Vias institute – Kenniscentrum Verkeersveiligheid.

Ce rapport est également disponible en français sous le titre : «Distraction au volant: l'impact des systèmes d'info-divertissement. Une revue de la littérature.»

This report includes a summary in English.

Dit onderzoek werd mogelijk gemaakt door de financiële steun van de Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer.

Dankwoord

De auteurs wensen de volgende personen van Vias institute te bedanken voor hun zeer gewaardeerde bijdrage aan deze studie:

- Peter Silverans voor zijn constructieve suggesties en algemene ondersteuning bij de uitvoering van de studie.
- Wouter Van den Berghe die instond voor de review van dit rapport.
- Nathalie Moreau voor de review van de Franse vertaling van dit rapport.

De exclusieve verantwoordelijkheid voor de inhoud van het rapport ligt bij de auteurs.

Inhoud

Samenvatting	5
Summary	7
1 Inleiding	9
1.1 Wat is infotainment of in-vehicle-infotainment (IVI)?	9
1.2 Literatuurstudie naar effecten van infotainment	9
2 Methode	11
2.1 Literatuurbronnen	11
2.2 Selectiecriteria	11
3 Resultatentabel	12
4 Belangrijkste bevindingen en bespreking	20
5 Conclusie en aanbevelingen	23
Referenties	31
Bijlagen	34

Samenvatting

Infotainment in voertuigen verwijst naar ingebouwde voertuigsystemen die zowel entertainment als informatie voor bestuurders en passagiers aanbieden. Deze systemen maken doorgaans gebruik van aanraakschermen, toetsenborden en audio-/video-interfaces en stellen bestuurders in staat een breed scala aan interactieve secundaire taken uit te voeren (bijv. naar de radio of muziek luisteren, telefoonnummers kiezen, binnenkomende sms'en beluisteren, sms'en opstellen, handenvrij bellen, manipulatie van het navigatiesysteem, spraakcommando's voor het voertuig, toegang tot internet of tot inhoud van de smartphone) tijdens het rijden. Het gebruik van dergelijke systemen zal naar verwachting de komende jaren voortdurend toenemen en mogelijk zelfs de norm worden in auto's.

Deze verkennende literatuurstudie is gericht op het onderzoeken van de effecten van het gebruik van infotainment in voertuigen op verkeersveiligheidsrisico's, voornamelijk op de aandacht van de bestuurder (afleiding).

De belangrijkste resultaten van dit onderzoek zijn:

- De meeste experimentele studieresultaten geven aan dat infotainment in voertuigen over het algemeen matige tot sterke nadelige effecten heeft op bestuurders. Er zijn echter ook aanwijzingen dat bestuurders in meer naturalistische rijtsituaties compensatiestrategieën gebruiken om met de infotainment om te gaan (bijv. ze gebruiken de infotainment niet in complexe verkeerssituaties of ze gebruiken de meer complexe infotainmentfuncties niet).
- De effecten op de bestuurder kunnen enorm verschillen, afhankelijk van verschillende mogelijke combinaties van infotainment-taak (complexiteit, aantal iteraties...), -modaliteit (visueel-manueel, spraakgestuurd...) en -systeem (voertuig, merk).
- Spraakgebaseerde interacties lijken het voordeel te hebben van minder kijktijd weg van de baan, maar de daarmee samenhangende cognitieve belasting kan ook nadelige effecten hebben op het kijkgedrag.
- De kwaliteit van het infotainmentsysteem is zeer bepalend: robuuste, intuïtieve systemen met een lage complexiteit en een kortere taakduur kunnen leiden tot minder afleiding van de bestuurder.
- Oudere bestuurders ervaren over het algemeen meer nadelige effecten van infotainmentgebruik tijdens het rijden.

De belangrijkste aanbevelingen voor de auto-industrie zijn:

- Algemeen kan worden gesteld dat IVI-design interface zodanig moet zijn dat visuele afleiding minimaal is en de tijd nodig om taken uit te voeren zo kort mogelijk is. Het gebruik van IVI-functies zou niet afleidender mogen zijn dan het klassiek veranderen van radiopost.
- Het gebruik van gesproken commando's om met IVI te interageren, kan de objectieve en subjectieve werklast en de tijd die mensen naar het scherm kijken, verlagen vergeleken met IVI die manueel wordt bediend, maar enkel indien het gaat over heel robuuste, intuïtieve en betrouwbare systemen. Foutgevoelige, rigide systemen kunnen daarentegen net tot een sterk verhoogde werklast leiden.
- Het gebruik van lock-out systemen, waarbij een groot deel van de IVI-functionaliteit niet beschikbaar is tijdens het rijden, kan helpen om afleiding te vermijden. Op deze manier wordt het gebruik van de IVI tijdens het rijden gelimiteerd tot de functies zoals de autoradio en navigatie en zijn telefoneren en berichten sturen en lezen niet mogelijk. Een mogelijk nadeel kan echter zijn dat het voor sommige bestuurders onaantrekkelijk is dat een aantal functies niet beschikbaar zijn.
- Gezien het verschil in impact tussen jongere en oudere bestuurders, is het belangrijk om hiermee rekening te houden in de ontwikkeling van IVI design interfaces. Systemen die gebruiksvriendelijk zijn voor oudere bestuurders, zijn dat ook voor jongere bestuurders, maar het omgekeerde is niet noodzakelijkerwijs het geval. Oudere bestuurders kunnen bijvoorbeeld baat hebben bij een design dat hun aandacht zoveel mogelijk op of bij de weg houdt, bijv. door middel van displays die zich dicht bij het blikveld op de weg bevinden, of door een effectief spraakgestuurd systeem. Relevante principes van universeel design voor voertuigmakers houden Gelijkheid, Flexibiliteit, Eenvoud, Waarneembaarheid, Fouterstel en Toegankelijkheid in (Farage et al., 2012). Deze principes kunnen een kader bieden voor de verbetering van IVI-design. Bestuurders van alle leeftijden hebben bijv. baat bij eenvoud. Oudere bestuurders blijken o.a. extra last te hebben met bedieningen in de middenconsole (ruimte tussen de zetels vooraan), dus dient men zorgvuldig na te gaan hoe bestuurders beter ondersteund kunnen worden, zonder het aanbieden van onnatuurlijke interfaces die interfereren met het veilig rijden zoals draaiknoppen, multifunctionele drukknoppen en tekenpads.

Spraakcommando's zullen enkel potentiële problemen van andere bedieningen verminderen als deze snel en accuraat zijn, doch, men dient te beseffen dat geen enkele interface tot op heden vrij van werklast blijkt te zijn. Alle interacties dienen zorgvuldig overdacht en beperkt te worden wanneer mogelijk.

De belangrijkste aanbevelingen voor beleidsmakers en gebruikers van infotainment zijn:

- Het is belangrijk dat gebruikers gesensibiliseerd worden over de mogelijke risico's van het gebruik van infotainment tijdens het rijden. Sensibiliseringscampagnes kunnen helpen om een sociale norm onder de bevolking te bewerkstelligen die tegen afleiding door infotainment tijdens het rijden is.
- Ook werkgevers, bedrijven, organisaties, verzekeringsmaatschappijen e.d. kunnen een rol spelen bij het implementeren van een sociale norm tegen afleiding door nieuwe IVI-technologie in de wagen, door deze norm openlijk en expliciet te onderschrijven en hierover te communiceren (bijv. via ondertekening van een convenant zoals in Nederland).

Dit rapport geeft tot slot een overzicht van enkele internationaal beschikbare richtlijnen voor de auto-industrie, beleidsmakers en gebruikers van IVI:

- USA: "*Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines For In-Vehicle Electronic Devices*" (NHTSA, 2013);
- Nederland:
 - "*Human Factor Guidelines for the Design of Safe in-Car Traffic Information Services*" (Kroon et al., 2016);
 - Smart Mobility aanbevelingen voor gebruikers (Harms et al., 2017).

Summary

In-vehicle infotainment refers to vehicle systems that combine the delivery of entertainment and information for drivers and passengers. These systems typically use touchscreens, keypads, and audio/video interfaces, and allow drivers to perform a broad range of interactive secondary tasks (e.g. listening to the radio, dialling phone numbers, listening to incoming text messages, making hands-free phone calls, manipulating the navigation system, vehicle voice commands, accessing the internet or smartphone content). The use of such systems is expected to continuously increase in the coming years and even to become the norm in cars.

This exploratory literature study aims at investigating the effects of using in-vehicle infotainment on road safety indicators, essentially on driver attention (distraction).

The key results of this study are:

- Most experimental study results indicate that in-vehicle infotainment generally has moderate to strong adverse effects on drivers, but there are also indications that drivers in more naturalistic driving situations use compensation strategies to deal with the infotainment.
- The effects on the driver differ enormously according to different possible combinations of infotainment task (complexity, number of iterations...), task modality and system (provider).
- Speech-based interactions only *seem* to have the advantage of less eyes-off-the road time, but the cognitive workload related to it can also have adverse effects on the looking behaviour.
- The infotainment system's quality is highly determining: robust, intuitive systems with low complexity, and shorter task duration can lead to less driver distraction.
- Older drivers generally experience more adverse effects (distraction) of in-vehicle infotainment.

The most important recommendations for the automotive industry are

- In general it can be said that IVI-design interfaces should be such that visual distractions are minimal and the time needed to perform tasks is as short as possible. The use of IVI functions should not be more distracting than classic radio station tuning.
- The use of voice commands to interact with IVI can reduce the objective and subjective workload and time spent looking at the screen compared to IVI operated manually, but only if the systems are very robust, intuitive and reliable. On the other hand, error-prone, rigid systems can lead to a greatly increased workload.
- The use of lockout systems, where much of the IVI functionality is unavailable while driving, can help to avoid distractions. In this way, the use of the IVI while driving is limited to functions such as the car radio and navigation, and telephoning and message sending and reading are not possible. A possible disadvantage, however, may be that for some drivers it is unattractive that some functions are unavailable.
- Given the difference in impact between younger and older drivers, it is important to take this into account in the development of IVI design interfaces. Systems that are user-friendly for older drivers are also user-friendly for younger drivers, but the reverse is not necessarily the case. Older drivers may benefit, for example, from a design that keeps their attention on or near the road as much as possible, e.g. through displays closer to the field of vision on the road, or through an effective voice-controlled system. Relevant universal design principles for vehicle manufacturers include Equality, Flexibility, Simplicity, Perceptibility, Fault Recovery and Accessibility (Farage et al., 2012). These principles can provide a framework for the improvement of IVI design. For example, drivers of all ages benefit from simplicity. Elderly drivers appear to have additional problems with controls in the centre console (space between the front seats), so one should carefully consider how drivers can be better supported without offering unnatural interfaces that interfere with safe driving such as rotary knobs, multi-function pushbuttons and drawing pads. Speech commands will only reduce potential problems from other controls if they are fast and accurate, but it should be remembered that no interface has so far proved to be free of workload. All interactions should be carefully considered and limited whenever possible.

The main recommendations for policymakers and users of infotainment are:

- It is important that users are made aware of the possible risks of using infotainment while driving. Awareness-raising campaigns can help to create a social norm among the population against distraction caused by infotainment while driving.
- Employers, companies, organizations, insurance companies, etc. can also play a role in implementing a social norm against distraction by new IVI technology in the car by openly and explicitly subscribing this standard and communicating about it (e.g. by signing a commitment like in the Netherlands).

Finally, this report provides an overview of some internationally available guidelines for the automotive industry, policy makers and users of infotainment:

- USA: "Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices" (NHTSA, 2013);
- The Netherlands:
 - o Human Factor Guidelines for the Design of Safe in-Car Traffic Information Services (Kroon et al., 2016);
 - o Smart Mobility recommendations for users (Harms et al., 2017).

1 Inleiding

1.1 Wat is infotainment of in-vehicle-infotainment (IVI)?

Naarmate moderne voertuigen complexer worden, bevatten ze ook steeds vaker ingebouwde apparatuur, waaronder diverse informatiesystemen, die door bestuurders regelmatig bediend worden tijdens het rijden. In-voertuig-infotainment-systemen (Engels: *in-vehicle-infotainment-systems*) combineren *entertainment en informatie* voor bestuurders en passagiers en gebruiken doorgaans audio- en/of video-interfaces, touchscreens en keypads (toetsenborden) om deze diensten te leveren. Een belangrijk IVI-onderdeel is de *connectiviteit met mobiele toestellen*. Heel wat nieuwere voertuigen op de markt voorzien mogelijkheden om de iPhone/smartphone en laptops te verbinden met het voertuig, veelal via bluetooth technologie.

Hoewel elk IVI-systeem anders is, omvatten typische taken:

- beheren en afspelen van audio-inhoud
- gebruik van navigatie voor het rijden
- voorzien van achterbank-entertainment (films, spellen, sociale netwerking enz.)
- spraakcommando's voor het voertuig
- handenvrije telefoonconnecties (bellen en gebeld worden, luisteren naar binnenkomende sms'en en opmaken en verzenden van sms'en)
- checken van beschikbare inhoud op het internet of op de smartphone (bijv. verkeersomstandigheden, sportresultaten, weersvoorspellingen).

IVI-systemen kunnen ook een *beveiliging* bevatten dat bestuurders verhindert om video-gebaseerde en andere afleidende systemen te gebruiken tijdens het rijden (Ziakopoulos et al., 2019; Technopedia, 2019; Webopedia, 2019). Tenslotte kan IVI informatie (bijv. waarschuwingen) geven van geïnstalleerde veiligheidssystemen in een voertuig (bijv. voertuigdiagnostiek).

In deze literatuurstudie ligt de focus op IVI-systemen die geïntegreerd zijn in het voertuig en die informatie en entertainment bieden aan de bestuurder. De focus ligt niet op systemen die specifiek voor passagiers zijn, noch op draagbare informatie- of entertainmentsystemen die niet gekoppeld zijn aan het voertuig (bijv. een bestuurder die luistert naar een losse MP3 speler met oortjes, of een draagbaar navigatiesysteem). Voor aanbevelingen omtrent deze laatste situaties verwijzen we naar een eerdere publicatie van Vias institute (Meesmann et al., 2009).

Anno 2019 zijn er tal van bedrijven op de markt die infotainment aanbieden (bijv. Alpine, Bang & Olufsen, Blaupunkt, Bose (levert exclusief aan diverse autofabrikanten), Boston Acoustics (Chevrolet, Chrysler, Dodge, Jeep), Burmester Audiosysteme (Bugatti Veyron, Mercedes-Benz, Porsche), Dynaudio (Volkswagen), Harman International Industries (Ford, Toyota), Lexicon (Hyundai), Panasonic, Pioneer (GM, Ford, Mazda, Toyota/Lexus, Honda), Polk Audio, Revel (Lincoln) en Sony (Wikipedia, 2019). Het is een groeiende markt die gedreven wordt door de productie van nieuwe auto's, technologische vooruitgang en een toenemende vraag naar luxueuze voertuigen. De oudste voorloper van IVI is de autoradio, die sinds de jaren 30 van de vorige eeuw niet meer weg te denken is uit het dashboard. In de jaren 80 en 90 van de vorige eeuw werden autoradio's uitgerust met cassette- en cd-spelers. Buick was in 1986 de eerste autofabrikant die een touchscreen aanbood in een productiemodel. Toch verovert IVI met touchscreens pas vanaf begin 2000 op grote schaal de markt, met name bedoeld om mp3 bestanden af te spelen of als navigatieapparaat. Vandaag de dag kunnen veel IVI-systemen connectie maken met smartphones en internet.

1.2 Literatuurstudie naar effecten van infotainment

In deze literatuurstudie gaan we na wat het effect is van IVI op de verkeersveiligheid. In de context van verkeersveiligheid zijn deze apparaten een potentiële bron van afleiding tijdens het rijden. Afleiding tijdens het rijden kan worden gedefinieerd als "het wegleiden van de aandacht naar nevenactiviteiten ten koste van activiteiten die essentieel zijn om veilig te kunnen rijden" (Regan et al., 2011; zie ook Engström et al., 2013; Regan & Strayer, 2014). Vergeleken met het gebruik van mobiele telefoons en andere vormen van afleiding tijdens het autorijden, heeft het gebruik van IVI nog relatief weinig aandacht gekregen (Ziakopoulos et al., 2019). Het gebruik van IVI neemt zienderogen toe en biedt bestuurders een brede waaier aan afleidende

taken en inhoud. Afdleiding tijdens het rijden wordt in toenemende mate erkend als een significante oorzaak van doden en gewonden in het verkeer. Geschat wordt dat afleiding de oorzaak is van 25 tot wel 75 procent van alle (bijna)ongelukken (e.g., Dingus et al., 2006; Dingus et al., 2016; Caird et al., 2014). Daarom is het belangrijk om een beter zicht te krijgen op de potentiële impact van infotainment en IVI-gebruik op de verkeersveiligheid.

Het uitvoeren van een tweede, concurrerende taak tijdens het rijden, veroorzaakt een hogere mentale en motorische werklast waardoor het rijgedrag wordt beïnvloed. Om muziek te selecteren en af te spelen tijdens het rijden bijvoorbeeld, kan de bestuurder een knop bedienen aan het stuur, een gesproken commando geven of opties bekijken op een LCD scherm en vervolgens een optie selecteren door op het scherm te drukken.

Zoals dit voorbeeld laat zien, kan de afleiding komen van een combinatie van drie bronnen (Strayer et al., 2011). Ten eerste is er de visuele component waarbij bestuurders hun ogen van de weg afwenden om het apparaat te bedienen. Ten tweede is er manuele interferentie wanneer bestuurders één van beide handen nodig hebben om het apparaat te bedienen en ten derde is er de cognitieve afleiding waarbij de aandacht afdwaalt van de primaire taak: veilig autorijden. Deze bronnen van afleiding kunnen elk afzonderlijk een invloed hebben, maar vaak ook is het een combinatie van deze drie bronnen. Hierdoor reageren bestuurders trager omdat ze meer tijd nodig hebben om te verwerken wat er gebeurt in het verkeer en hier vervolgens adequaat naar te handelen. Zeker wanneer de ingebouwde apparaten beeldschermen bevatten, is het risico op afleiding groot door naar het beeldscherm te kijken in plaats van naar de weg wat vervolgens het risico op ongevallen vergroot (Ziakopoulos et al., 2019). Het Amerikaanse Ministerie van Transport heeft intussen richtlijnen voor de voertuigindustrie opgesteld omtrent visuele en manuele extra taken die tijdens het autorijden kunnen worden uitgevoerd (NHTSA, 2013). Hierin staat onder andere de vereiste dat extra taken, naast het autorijden, er nooit voor mogen zorgen dat bestuurders hun ogen in totaal (gecumuleerd) meer dan 12 seconden van de weg houden om die taak af te ronden, en dat individuele oogbewegingen weg van de baan niet meer dan 2 seconden mogen duren. Ook in Nederland werden reeds in nauwe samenwerking met de overheid initiatieven genomen om afleiding door nieuwe technologie in voertuigen tegen te gaan, door het organiseren van werkgroepen met organisaties uit verschillende disciplines die resulteerden in de ontwikkeling van aanbevelingen voor zowel weggebruikers (gebruik van technologie tijdens het rijden) als voor beleidsmakers en voertuig(technologie)ontwikkelaars ("*Human factor guidelines for the design of safe in-car traffic information services*") (Kroon et al., 2016; Harms et al., 2017). In navolging hiervan worden Nederlandse producenten, werkgevers, overheden, maatschappelijke organisaties en communicatiepartners uitgenodigd zich officieel aan een convenant te verbinden waarmee men aangeeft een actieve bijdrage te zullen leveren om verkeersonveilige afleiding door smartfuncties in het verkeer tegen te gaan (Convenant 'Veilig gebruik smartfuncties in het verkeer', 2017).

De huidige studie beoogt aanbevelingen te formuleren met betrekking tot het gebruik van IVI-systemen. De focus in dit rapport ligt nadrukkelijk op de doelgroep automobilisten. Het doel van deze studie is om wetenschappelijke literatuur over de risico's en voordelen van het gebruik van IVI tijdens het rijden in kaart te brengen en een overzicht te geven van wettelijke voorschriften in andere landen over dit onderwerp. Informatie over de impact van IVI in het verkeer zal worden verzameld door een systematische literatuurstudie in wetenschappelijke databanken, alsook via grijze literatuur (websites en databanken van overheidsinstanties en onderzoeksinstellingen).

2 Methode

2.1 Literatuurbronnen

Wetenschappelijke literatuur voor deze studie werd gezocht in de volgende databases:

- Pubmed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)
- ResearchGate (<https://www.researchgate.net/>)
- Trid database (<https://trid.trb.org/>)
- SWOV database (<https://www.swov.nl/publicaties>)
- UCL Library (<https://ucl-primo.hosted.exlibrisgroup.com/>)

Prioriteit werd gegeven aan peer gereviewde publicaties, maar ook grijze literatuur werd geconsulteerd.

Er werd gezocht op "Infotainment", "Infotainment + distraction", "distraction + car + driving", "IVI", "in vehicle information system". Een eerste screening op titelniveau leverde 130 publicaties op. Een screening op samenvattingsniveau leverde 48 studies op, waarvan er uiteindelijk 20 werden geïncludeerd in de literatuurstudie (zie tabel 1).

2.2 Selectiecriteria

Inclusiecriteria:

- Focus op effecten van geïntegreerde voertuiginfotainment: alle taken en interactiemodaliteiten
- Bij voorkeur inclusie van een controleconditie en/of controlegroep in de studie (enkele studies waarbij verschillende modaliteiten voor één IVI-taak vergeleken werden, zijn ook opgenomen)
- Uitkomstvariabelen gerelateerd aan verkeersveiligheid, o.a. ongevalsdata, rijvariabelen, oogbewegingsdata, afleidingsvariabelen, reactietijden, subjectieve werkbelasting en gebruiksvriendelijkheid.

Exclusiecriteria:

- Technische studies voor en door designers/ingenieurs in het kader van prototype testing en modellering; studies m.b.t. evaluatietools van IVI voor de industrie; ontwikkelingen in het kader van automatisering en actieve voertuigveiligheidssystemen voor bestuurders (ADAS: *advanced driver assistance systems*); gebruik van gsm (los van het voertuig) tijdens het rijden...
- Fundamenteel onderzoek naar afleiding (in de huidige studie gaat het specifiek om afleiding door IVI)
- *Head-up-displays* (HUDs) of systemen waarbij informatie die normaal op een toestel wordt afgelezen, rechtstreeks wordt geprojecteerd in het gezichtsveld. Alhoewel HUD ook onder infotainment kan vallen aangezien enkele IVI-systemen hier gebruik van maken, is ervoor gekozen om deze technologie niet te includeren omdat het gebruik hiervan nog niet wijdverspreid is en qua functionaliteit te ver weg ligt van de momenteel meest gangbare vormen van IVI.

3 Resultatentabel

In totaal werden 20 studies doorgenomen en gecodeerd (auteur, publicatiejaar, steekproef, studiedesign, analysemethode, infotainment (tool, model, interactiemodaliteit, systeem), uitkomstvariabele(n), belangrijkste resultaten, effect(en) op verkeersveiligheid). Dit hoofdstuk bevat een samenvattend overzicht van de belangrijkste resultaten per studie in tabelvorm (3.1) alsook een algemene samenvatting van de belangrijkste resultaten uit deze literatuurstudie (3.2). De gedetailleerde resultatentabel is te vinden in Bijlage 1.

Tabel 1 geeft de referentie en een kort overzicht van de studiemethode in de eerste kolom, een beschrijving van de belangrijkste resultaten in de derde kolom, en een samenvattende evaluatie van het globaal effect op de verkeersveiligheid in kolom 2 waarbij:

- + : positief effect
- - : negatief effect
- 0 : neutraal, geen effect
- NVT : niet van toepassing (bijv. omdat er geen controleconditie 'zonder IVI' was)

De opeenvolgende studies van de AAAFTS (studies 1 t/m 6 in tabel 1) zijn het meest uitgebreid en methodologisch rigoureuus uitgevoerd. Deze zijn bijgevolg iets uitgebreider weergegeven in de tabel.

Tabel 1 Overzicht van de belangrijkste resultaten per studie (n=20)

Referentie (methode)	Belangrijkste resultaten en effect op verkeerveiligheid (+, -, 0, NVT)	
<p>(1) Strayer et al. (2014) (rijnsimulatorstudie en rijstudie op de weg; 8 spraakgestuurde IVI-taken; inclusie van controleconditie; maten: cognitieve afleiding o.b.v. van objectieve en subjectieve maten)</p>	-	<p><i>Studie: Evaluatie van effecten van spraakgestuurde IVI-taken (prototypes): korte/eenvoudige wageninstructies (bijv. verander radiopost, zet airconditioning op), luisteren naar e-mail, menu-gebaseerde navigatie met hoge betrouwbaarheid (geen vertaalfouten van de spraak) en met lage betrouwbaarheid (met vertaalfouten), korte e-mailberichten samenstellen, Siri-interacties (bijv. Facebook updaten, sms'en, kalenderwijzigingen).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - De cognitieve belasting verhoogde systematisch overheen verschillende spraakgebaseerde IVI-taken, op een cognitieve werklastschaal van score 1 (enkeltaak rijden zonder IVI; controle) tot score 5 (referentietask hoge cognitieve complexiteit): (van laag naar hoog) eenvoudige wageninstructies (score 1.88), luisteren naar e-mail (score 2.18), menu-gebaseerde navigatie met hoge betrouwbaarheid (score 2.83), opstellen van korte e-mails (score 3.08), menu-gebaseerde navigatie met lage betrouwbaarheid (score 3.67) en tenslotte Siri-interacties (score 4.15). - Met toenemende cognitieve belasting waren de rijprestaties aanzienlijk slechter (o.a. remreactietijd, gevaarscanning, perifere detectietijd). - Spraakgestuurde IVI-interacties bleken onbedoelde gevolgen te kunnen hebben die de verkeerveiligheid negatief beïnvloeden. Eenvoudige wageninstructies waren ongeveer even veeleisend als luisteren naar een audioboek. De verhoogde werklast van menu-gebaseerde navigatie met hoge betrouwbaarheid suggereert dat spraakgebaseerde menu-navigatie ook met voorzichtigheid moet worden gebruikt. Op basis van de limieten van de werkgeheugencapaciteit mag het aantal items in een bepaald keuzemenu niet groter zijn dan vier of vijf, en er moet grote zorg besteed worden aan overwegingen met betrekking tot de gebruiksvriendelijkheid van het systeem en de betrouwbaarheid van de spraakherkenning (zo weinig mogelijk fouten), aangezien de werklast voor de bestuurder systematisch toeneemt met afnemende subjectieve bruikbaarheid. De natuurlijke taalinterface Siri had een heel hoge cognitieve werklast. In vergelijking met de andere taken kreeg Siri ook de laagste score op intuïtiviteit en de hoogste score op interactiecomplexiteit.
<p>(2) Cooper et al. (2014) (rijstudie op de weg, 8 spraakgestuurde IVI-taken, 5 ingebouwde modellen wagens 2012-2013; inclusie van controleconditie; maten: cognitieve afleiding o.b.v. objectieve en subjectieve maten)</p>	-	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van spraakgestuurde ingebouwde IVI-taken: muziek afstemmen, nummers bellen/kiezen, 10-cijferig nummer bellen, persoon uit de contactlijst bellen, van radiostation veranderen, een nummer van een CD afspelen.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - De gemiddelde cognitieve belasting van de spraakinteracties met ingebouwde voertuigsystemen op de gestandaardiseerde cognitieve werklastschaal (zie (1)) was 3, wat aangeeft dat deze spraakgebaseerde IVI-taken over het algemeen veeleisender bleken te zijn dan gesprekken in de wagen, luisteren naar de radio of luisteren naar een audioboek. - De resultaten tonen echter ook aan dat deze basis-IVI-taken, indien goed ontworpen, met weinig fouten en in een beperkt aantal stappen kunnen worden voltooid, wat leidt tot beperkte extra cognitieve belasting. De cognitieve werklast verschilde aanzienlijk tussen de verschillende voertuigmodellen, bijv. muziekfuncties en contact kiezen met het <i>Toyota's Entune</i> systeem leidde tot een matige verhoging van cognitieve werklast ten opzichte van de controleconditie (geen IVI), terwijl dezelfde taken met de <i>Chevy's MyLink</i> tot een werklast leidden die de veeleisende cognitieve referentietask (score 5) benadert. Eén van de meest kritische elementen bleek de duur van de interactie te zijn, bepaald door systeemverbositeit, aantal stappen om een taak te volbrengen, aantal systeem- en begrips- (vertaal-) fouten. Goed ontwikkelde spraaksystemen kunnen de ogen van de bestuurder op de weg houden zonder een significante cognitieve belasting op te leggen. Slecht ontwikkelde spraaksystemen kunnen het tegenovergestelde effect hebben en een hoge mentale belasting opleggen, wat kan leiden tot lange fixaties weg van de baan om de status van het IVI-systeem te controleren.
<p>(3) Strayer et al. (2015) (rijstudie op de weg; meting voor en 5 dagen na praktijkoefening om het effect van oefening</p>	-	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van spraakgestuurde ingebouwde IVI-taken: nummers bellen, contacten bellen, radio afstemming.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - De IVI-taken gingen gepaard met een matig tot hoog niveau van cognitieve afleiding (op de gestandaardiseerde cognitieve werklastschaal, zie (1) ging de score van 2,37 tot 4,58), terwijl bestuurders op geen enkel moment hun ogen van de weg of hun handen van het stuur hoefden te halen. "Handenvrije" technologieën kunnen cognitief dus heel veeleisend zijn. Veel van de IVI-taken bleken aanzienlijk veeleisender te zijn dan de typische mobiele telefoongesprekken (schaalscore 2,3). De werklast was gelinkt met de intuïtiviteit en de complexiteit van het systeem en met de tijd die nodig is om de interactie af te ronden.

<p>na te gaan; bijkomende vergelijking op basis van leeftijd: 21-34- vs. 35-53- vs. 54-70-jarigen; 6 spraakgestuurde IVI-taken; 10 ingebouwde modellen wagens 2015; inclusie van controleconditie; maten: cognitieve werklast o.b.v. objectieve en subjectieve maten)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Korte termijn ervaring/oefening (5 dagen) met het IVI-systeem nam de cognitieve afleiding die door de interactie wordt veroorzaakt niet weg. IVI-interacties die op de eerste dag gemakkelijk waren, waren ook gemakkelijk na vijf dagen oefenen, en IVI-interacties die op de eerste dag moeilijk waren, waren na vijf dagen oefenen nog steeds relatief moeilijk uit te voeren. - Oudere bestuurders (54-70 jaar) ervoeren een hoger niveau van cognitieve afleiding door de IVI-taken vergeleken met jongere bestuurders (21-34 jaar) en bestuurders van middelbare leeftijd (35-53 jaar). Oudere bestuurders vonden de IVI-taken ook complexer dan de jongere groepen. - Er waren aanzienlijke verschillen in de cognitieve belasting door de verschillende ingebouwde IVI-systemen (bijv. <i>Chevy Equinox MyLink</i> had de laagste belasting, terwijl de <i>Mazda 6 Connect</i> de hoogste belasting had). Robuuste, intuïtieve systemen met een lagere complexiteit en een kortere taakduur leidden tot minder cognitieve afleiding, in tegenstelling tot meer rigide, foutgevoelige en tijdrovende systemen. - Er waren residuele effecten na de IVI-interacties, met prestatieverminderingen die tot 27 seconden na voltooiing van de IVI-taak kunnen duren. - De interactie met de spraakgestuurde systemen veranderde de frequentie van oogfixaties naar de voorruit en de zij- en achteruitkijkspiegels. Deze bevindingen maken duidelijk dat natuurlijk visueel scangedrag fundamenteel gekoppeld is aan cognitieve verwerkingseisen. Het is onjuist om aan te nemen dat "praten met de auto" een "ogen-vrije" activiteit is.
<p>(4) Strayer et al. (2017) (rijstudie op de weg; 4 IVI-taken; 3 interactiemodi; 30 ingebouwde modellen wagens 2017; inclusie van controleconditie; maten: cognitieve/visuele afleiding o.b.v. objectieve en subjectieve maten)</p>	-	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van verschillende ingebouwde IVI-taken en interactiemodi. Taken: nummers bellen/kiezen, sms'en, afstemmen van de radio, programmering van navigatie. Interactiemodi: spraakcommando's, touchscreen scherm in de middenconsole, bedieningsinstrumenten in de middenconsole.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - De algemene taaklast (totaal van visuele, auditieve, cognitieve en fysieke vereisten om de primaire rijtaak en de secundaire IVI-taak uit te voeren) werd significant voorspeld door het type IVI-taak: navigatieprogrammering was het meest veeleisend en ook sms'en had nog een significant hogere totale werklast dan het afstemmen van de radio en het bellen van nummers. - Alle taken gingen gepaard met hogere niveaus van cognitieve (manuele) taaklast. Radio afstemming en navigatie leidden tot een hogere visuele (ogen-van-de-weg) belasting dan bellen en sms'en. Sms'en en navigeren namen aanzienlijk meer tijd in beslag dan het afstemmen van de radio en bellen. - Alle interactiemodi leidden tot een erg hoge algemene taaklast: interacties met het scherm in de middenconsole (aanraakscherm) waren minder veeleisend dan spraakcommando's, die minder veeleisend waren dan interacties met de middenconsole (bijv. draaiknop/schrijfwiel). Spraakcommando's resulteerden in een lagere visuele belasting dan de andere modi, maar de voordelen van een verminderde visuele belasting werden gecompenseerd door langere interactietijden. - Er was een significant interactie-effect van de IVI-taak en de interactiemodus (bijv. sms'en was aanzienlijk veeleisender in de spraakgestuurde interactie dan in de manuele modi). - Er waren significante verschillen tussen de IVI-systemen van voertuigmodellen: 23 wagens hadden een hoge of heel hoge totale belasting, 7 hadden een matige belasting en geen enkele had een lage totale werklast.
<p>(5) Strayer et al. (2018) (rijstudie op de weg; 4 IVI-taken; 2 interactiemodi; 5 ingebouwde modellen wagens 2017-2018 vs. hybride systemen CarPlay en Android Auto; inclusie van controleconditie; maten: cognitieve/visuele</p>	-	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van verschillende IVI-taken en interactiemodi: ingebouwde versus hybride systemen. Taken: nummers bellen/kiezen, sms'en, programmeren van audio-entertainment, programmeren van navigatie. Interactiemodi: auditief-vocale commando's, scherm in de middenconsole (touchscreen), andere bedieningsinstrumenten (knoppen, toetsen).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vergelijking van IVI-systemen: Hybride systemen CarPlay & Android Auto waren minder veeleisend (matige totale belasting) en boden meer functionaliteit dan de ingebouwde IVI (zeer hoge totale belasting). De totale taaklast met CarPlay en Android Auto verschilde niet en beide lagen significant onder de hoogste referentiewaarde (hoogcomplexiteit cognitieve taak). - Vergelijking van IVI-taken: Voor de meeste taken waren zowel de CarPlay als Android Auto systemen minder veeleisend dan de ingebouwde infotainmentsystemen. CarPlay had een lagere algemene taaklast dan Android Auto voor het verzenden van sms-berichten. Anderzijds had Android Auto een lagere totale taaklast dan CarPlay voor het programmeren van navigatie en was het veel minder veeleisend dan de ingebouwde infotainmentsystemen.

<p>belasting afgeleid van objectieve en subjectieve maten)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Vergelijking van IVI-interactiemodi: De visuele taaklast van CarPlay en Android Auto was lager voor zowel auditief/vocale als middenconsole (scherm) interacties in vergelijking met de ingebouwde systemen. Bij CarPlay was de taaklast (niet significant) lager bij middenconsole interacties dan bij auditief/vocale interacties. Omgekeerd was de taaklast bij auditief/vocale interacties met Android Auto lager dan bij interacties met de middenconsole. - Vergelijking van voertuigmerken/modellen: twee van de vijf geteste ingebouwde systemen leidden tot een heel hoge totale belasting en drie leidden tot een matig hoge totale belasting. Met CarPlay en Android Auto hadden drie voertuigen een hoge taaklast en twee voertuigen een matig niveau. De CarPlay- en Android Auto-systemen varieerden ook in totale taaklast wanneer ze in verschillende voertuigen werden gebruikt. - De totale taaklast voor auditief/vocale interacties was in de huidige studie lager (in vergelijking met (4) Strayer et al., 2017), wat kan worden toegeschreven aan de superieure auditief/vocale interface van Android Auto (en van CarPlay, maar in mindere mate), in vergelijking met de ingebouwde IVI-systemen.
<p>(6) Cooper et al. (2019) (rijstudie op de weg; vergelijking van jongere en oudere bestuurders; 4 IVI-taken; 2 interactiemodi; 6 ingebouwde modellen wagens 2018; inclusie van een controleconditie; maten: visuele en cognitieve taaklast o.b.v. objectieve en subjectieve maten)</p>	-	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van verschillende ingebouwde IVI-taken en -interactiemodi. Taken: nummers bellen/kiezen, een sms versturen, muziek selecteren, navigatie programmeren. Interactiemodi: auditieve spraakcommando's, touchscreens in de middenconsole, bedieningsinstrumenten in de middenconsole.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vergelijking van IVI-taken: Oudere bestuurders deden er algemeen langer over om IVI-taken uit te voeren dan jongere bestuurders. Oudere bestuurders hadden langere interactietijden bij de navigatietaken dan bij de andere taken. Gemiddeld voltooiden zowel jongere als oudere bestuurders de muziekselectie en het bellen/kiezen sneller dan sms'en of navigeren (dit laatste duurde bij beide groepen meer dan 24s). Over het algemeen ervoeren oudere bestuurders een hogere cognitieve en visuele taaklast dan jongere bestuurders, zowel voor IVI-taken als voor basistaken. Alle bestuurders meldden dat het bellen/kiezen en het sms'en minder veeleisend aanvoelden dan de navigatie- en muziekselectietaken, en oudere bestuurders vonden alle IVI-taken veeleisender dan jongere bestuurders. - Vergelijking van IVI-interactiemodi: Taken die werden uitgevoerd met behulp van auditief/spraakgestuurde commando's duurden het langst, gevolgd door de manuele bediening op de middenconsole en de scherminteracties op de middenconsole waren gemiddeld het kortst. Alle bestuurders vonden de spraakcommando's wel minder veeleisend dan de manuele interacties. Oudere bestuurders deden er met alle interactiemodi langer over om taken af te ronden dan jongere bestuurders en ook hun visuele taaklast was over alle interactiemodi heen hoger. - Vergelijking van voertuigmerken/modellen: De taakinteractietijd en visuele taaklast varieerde aanzienlijk per voertuigtype. In sommige voertuigen konden jongere en oudere bestuurders de taken voltooien in minder dan 24s; in andere voertuigen duurde het gemiddeld langer. Leeftijdsgelaten verschillen in subjectieve werklast hingen af van het voertuigmodel: voor sommige voertuigen was de beoordeling van beide groepen vergelijkbaar, maar voor andere voertuigen verschilde dit.
<p>(7) Lee et al. (2012) (rijsimulatorstudie; 1 IVI-taak; 2 tools (ingebouwde MP3 vs. aftermarket afstandsbediening); vergelijking van 3 lijstlengtes; inclusie van controleconditie; maten: rijden, IVI-taak, oogbewegingen)</p>	0/-	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van IVI-taakvariëaties: scrollen door muziekljst om een doellied te vinden in een korte (20 nummers), een middellange (75 nummers) en een lange lijst (580 nummers), radiobedieningstaak.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - De impact van scrollen door korte afspeellijsten verschilde niet van de controleconditie en het bedienen van de radio. Het scrollen door lange lijsten had wel negatieve effecten op het rijden en de visuele aandacht: slechtere rijprestaties en meer lange fixaties (>2s) naar het toestel. Bestuurders pasten hun gebruik van het apparaat niet voldoende aan de vereisten van de baan aan. - Het <i>aftermarket</i> model leidde tot nog slechtere in plaats van verbeterde prestaties (meer lange fixaties). - IVI moet bestuurders ondersteunen bij het omgaan met afleiding (<i>distraction management</i>). Aftermarket controllers kunnen het onbedoelde effect hebben dat toestellen die in de wagen worden meegenomen minder compatibel zijn met het rijden.
<p>(8) Mitsopoulos-Rubens et al. (2011)</p>	-	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van een visueel-manuele IVI-taak en variaties: muziekselectie op visueel scherm met 3 lay-outs.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Er was een algemeen negatief effect van de IVI-taak, onafhankelijk van de lay-out: in vergelijking met de controleconditie was er een aanzienlijke vermindering van de rijprestaties.

(rijprestatiestudie; 1 visueel-manuele IVI-taak; vergelijking van 3 lay-outs; inclusie van controleconditie; maten: rijden, werklast, IVI-taak, cognitieve taak)		- Hoewel er aanzienlijke verschillen werden gevonden in de subjectieve werklast en de prestaties op de muziekselectietaak over de lay-outconcepten heen, werden de rijprestaties niet verschillend beïnvloed door de lay-outconcepten.
(9) Platten et al. (2013) (rijsimulatorstudie; IVI visuele/handmatige taken; inclusie van controleconditie; maten: rijden, IVI-taak)	0	<i>Studie: Evaluatie van de effecten van visueel-manuele IVI-taken: een telefoongesprek voeren, een audiotrack wijzigen.</i> - Bestuurders bleken vaak in staat om zich aan gevaarlijke situaties aan te passen, zelfs als ze infotainment gebruiken. De rijprestatie verschilde niet significant tussen de conditie met en zonder IVI. In beide groepen werden dezelfde aantallen rijfouten gemaakt. - Aangenomen kan worden dat de reden hiervoor was dat de bestuurders in deze studie de keuze hadden om het gebruik van de IVI te onderbreken. Bestuurders onderbraken hun IVI-taak afhankelijk van het moment waarop zij informatie kregen over de ontwikkeling van een wegsituatie. Bestuurders pasten m.a.w. hun gedrag met succes aan de vereisten van kritische verkeerssituaties aan.
(10) Tardieu et al. (2015) (experimentele detectietaak; 1 IVI-taak; 2 interactiemodi: toetsenbord met vs. zonder geluids-ondersteuning; inclusie van een controleconditie; maten: detectietaak, IVI-taak, oogbewegingen)	-	<i>Studie: Evaluatie van de effecten van een visueel-handmatige IVI-taak en verschillende -interactiemodi (toetsenbord met en zonder geluidsondersteuning): hiërarchische menunavigatie.</i> - Deze studie suggereert dat de geluidsondersteuning bij IVI-taken tijdens het rijden de visuele aandacht van de bestuurder kan verbeteren. De resultaten geven aan dat door geluidsondersteuning het aantal visuele afleidingen en de duur hiervan aanzienlijk afnemen. Met andere woorden, de IVI kon bijna uitsluitend op het gehoor worden gebruikt. - De reactietijden in de primaire detectietaak waren echter zowel in de conditie met als zonder geluidsondersteuning verhoogd in vergelijking met de conditie zonder secundaire IVI-taak (controle).
(11) Reimer & Mehler (2013) (rijstudie op de weg; 4 IVI-taken; spraakgestuurd; inclusie van een basisreferentietask (manueel radiopost veranderen); maten: rijden, werklast, fysiologisch, visuele aandacht)	-	<i>Studie: Evaluatie van de effecten van spraakgestuurde IVI-taken: bediening van de radio, muziekkeuze via een aangesloten MP3-speler, kiezen van een opgeslagen telefoonnummer, invoeren van een volledig adres in het navigatiesysteem.</i> - De resultaten benadrukken dat spraakinterfaces zeer multimodaal kunnen zijn en niet noodzakelijkerwijs vrij zijn van visueel-manuele afleiding. Het meest opvallende was een hoog niveau van visuele afleiding tijdens bepaalde taken, zoals bij de spraakcommando's voor het invoeren van adressen in het navigatiesysteem. - Ook bleek dat verschillende leeftijds-/generatiegroepen de neiging hadden om op verschillende manieren met het spraaksysteem te interageren. - Indien men de richtlijnen van de "National Highway Transportation Safety Administration" (NHTSA, 2013) zou toepassen op de betreffende IVI-taken, dan zou een aantal "spraak" interacties niet voldoen aan de criteria. Het is duidelijk dat bij het ontwerp van multimodale spraakinterfaces rekening gehouden moet worden met visuele afleiding.
(12) Kidd et al. (2017) (rijstudie op de snelweg; vergelijking met officiële richtlijnen voor IVI-gebruik en -evaluatie; 4	-	<i>Studie: Evaluatie van de effecten van verschillende IVI-taken en -interactiemodi. Taken: contact bellen makkelijk/moeilijk, radio voorkeuzeknop gebruiken, handmatig afstemmen van de radio. Interactiemodi: spraakgestuurd, visueel-manueel.</i> - Het bedienen van de voorgeprogrammeerde radio (knop) was de enige taak waarbij de totale duur van niet-op-de-weg-gerichte visuele fixaties minder dan of gelijk aan 12s was. Volgens de NHTSA-richtlijnen (2013) zou dit dan ook de enige taak zijn die aan de criteria voldeed.

<p>IVI-taken; 2 interactiemodi; 2 modelsystemen; maten: oogbewegingen)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Het handmatig bedienen van de radio slaagde er niet in om te voldoen aan de richtlijnen (Alliance of Automobile Manufacturers (2006) en NHTSA (2013)), ondanks het feit dat beide richtlijnen deze taak gebruiken als een referentietaak voor het bepalen van aanvaardbare niveaus van visuele afleiding. Dit wijst er misschien op dat de huidige radio's moeilijker te bedienen zijn dan de radio's die de basis vormden voor de richtlijnen. Naturalistische rijstudies hebben echter niet aangetoond dat het risico van het bedienen van modernere radio's groter is geworden. - In de officiële richtlijnen moet (meer) rekening worden gehouden met verschillende situaties op de baan. De visuele eisen van het rijden op de snelweg (zoals in deze studie) zijn waarschijnlijk anders dan de visuele eisen van de situaties waar beide richtlijnen op gebaseerd zijn. Bestuurders veranderen vaak hun kijkgedrag of voertuigsnelheid om aan de visuele eisen van de verkeerssituatie te kunnen voldoen.
<p>(13) Mehler et al. (2015) (rijstudie op de weg; 2 IVI-taken; 2 interactiemodi; 2 spraakgestuurde modelsystemen vs. handmatige smartphone; inclusie van een controleconditie; maten: rijden, IVI-taak, oogbewegingen, fysiologisch, werklast)</p>	-	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van IVI-taken en -interactiemodi. Taken: bellen van een contact, invoeren van een adres in het navigatiesysteem. Interactiemodi: spraakgestuurd en handmatig.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Het gebruik van spraakinterfaces voor de interactie met een infotainmentsysteem kan de subjectieve werklast en de visuele vereisten aanzienlijk verminderen in vergelijking met het gebruik van een manuele interface. - De hier bestudeerde ingebouwde spraakinterfaces verminderden de gemiddelde fixatietijd, het percentage lange blikken (>2s) en de totale tijd van een niet-op-de-weg-gerichte blik aanzienlijk ten opzichte van de visueel-handmatige bediening. Bij het bellen met stemcommando's rapporteerden de deelnemers een aanzienlijk lagere subjectieve werklast, waren blikken die niet op de weg waren gericht korter, waren er minder blikken weg van de baan die langer waren dan 2s, en werd minder lang weggekeken van de voorwaartse rijweg, in vergelijking met de handmatig invoer om te bellen. - Hoewel de deelnemers een aantal duidelijke voordelen ondervonden van het gebruik van spraakcommando's ten opzichte van de handmatige invoer voor de telefoontaken, bleek het voordeel afhankelijk van de specifieke taak, bijv. afhankelijk van de aard van de taak en de implementatie, kunnen spraakcommando's langer duren dan het gebruik van een handmatige interface. - Een goed ontworpen en correct gebruikt IVI-systeem kan de tijd die nodig is om van de baan weg te kijken aanzienlijk verkorten en zo de veiligheid verhogen, hoewel geen van de hier bestudeerde spraakgebaseerde IVI de visuele afleiding volledig kon elimineren.
<p>(14) Kim & Song (2014) (rijsimulatorstudie; 4 IVI-taken; 4 aanrakings-interactiemodi; maten: visuele aandacht, IVI-taak, buigen van de pols, werklast)</p>	NVT	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van verschillende IVI-interactiemodi. Taken: bladeren door een lijst, bewegen van een kaart, in/uitzoomen op een kaart. Interactiemodi: aanraakbewegingen (wrijven, scrollen, knijpen en tikken).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Het wrijfgebaar bleek het enige aanraakgebaar te zijn zonder negatieve gevolgen bij het bedienen van de IVI tijdens het rijden. Het knijpende gebaar bleek geen geschikte methode om de IVI te bedienen tijdens het rijden in de verschillende onderzochte scenario's. - Bij het bladeren door een lijst vergden de scrollende gebaren meer tijd dan tikken op het scherm. Interessant is dat zowel de scrollende gebaren als het eenvoudige tikken op het scherm iets meer visuele aandacht nodig hadden. - Bij het verplaatsen van een kaart verschilde de gemiddelde tijd die nodig was per handeling en de visuele aandachtsbelasting die nodig was voor de wrijfgebaren niet van de eenvoudige tikkende gebaren die in bestaande autonavigatiesystemen worden gebruikt. - Bij het in- en uitzoomen van een kaart was de gemiddelde tijd die nodig was per knijpend gebaar vergelijkbaar met die van het tikken op het scherm, maar vereiste het knijpen een hogere visuele aandacht. Bovendien moesten de deelnemers door middel van knijpbewegingen onder een weergavehoek van 75° hun polsen ernstig buigen. Omdat de weergavehoeken van veel autonavigatiesystemen over het algemeen meer dan 75° zijn, kunnen knijpbewegingen ernstige vermoeidheid op de polsen van de gebruikers veroorzaken.
<p>(15) Peng & Boyle (2015) (rijsimulatorstudie; 6 IVI-taken; maten: kijkgedrag)</p>	-	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van IVI-gebruik over de tijd (meerdere dagen). Visueel-manuele IVI-taken en -variëties: tekstinvoer en lezen van tekst - kort (4 tekens), middellang (6 tekens) en lang (12 tekens).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - De kijkduur naar de IVI nam toe met de tijd – overheen meerdere dagen, naarmate bestuurders meer gewend waren aan de IVI – bij het invoeren van tekst, maar niet bij het lezen van tekst. - Hoge-risico bestuurders (op basis van de antwoorden op een vragenlijst naar rijgewoonten en opinies) hadden bij het uitvoeren van lange tekstinvoertaken minder oog voor de weg dan bestuurders met een laag risico, en dit verschil nam zelfs toe in de loop van de tijd.

		<ul style="list-style-type: none"> - De verkeerssituatie had ook een aanzienlijke invloed op het kijkgedrag van de bestuurders. De positieve aanpassing die werd waargenomen als het verkeer drukker werd, suggereert dat bestuurders het verhoogde risico van het uitvoeren van IVI-taken kunnen herkennen wanneer de rijvereisten groot zijn en zo dit risico kunnen compenseren door meer op de weg te kijken. Bij mannelijke bestuurders met verhoogd risico kon de maximale kijkduur bij het intypen van een lange tekst in deze verkeersstoestand echter nog steeds 4s zijn, wat een potentieel gevaar betekent voor zowel de bestuurder als de andere weggebruikers. - Deze studie suggereert dat bestuurders een negatieve gedragsaanpassing kunnen vertonen naarmate ze zich in de loop van de tijd meer op hun gemak voelen bij het gebruik van technologie in de wagen.
<p>(16) Perez (2012) (naturalistische rijstudie 4 weken / bijna-ongevallen; 2 IVI-systemen: wagen modellen 2002/2005; maten: IVI-gebruik, rijparameters, oogbewegingen)</p>	0	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van hoogfunctionele visueel-manuele infotainmentsystemen (touchscreen) (geen specifieke taken)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Binnen deze naturalistische rijstudie werd weinig verband gevonden tussen het gebruik van IVI en bijna-ongevallen: 5 van de 46 bijna-ongevallen vertoonden gebruik van het infotainmentsysteem. - Bestuurders die IVI gebruikten tijdens bijna-ongevallen vertoonden specifiek kijkgedrag, dat algemeen een lager bewustzijn van de rijomgeving suggereerde.
<p>(17) Perez et al. (2015) (zelfde dataset als (16); naturalistische rijstudie 4 weken / bijna-ongevallen; 2 IVI-systemen 2002/2005 modellen; vergelijking met gematchte baseline segmenten zonder IVI; mater: IVI-gebruik, rijparameters, oogbewegingen)</p>	-	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van hoogfunctionele visueel-manuele infotainmentsystemen (touchscreen) (geen specifieke taken)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Uit de naturalistische gegevens bleek dat de bestuurders over het algemeen hun interacties met het infotainmentsysteem op een strategische manier beheerden, waardoor de meeste handelingen en interacties gemiddeld kort en zeldzaam bleven. - De deelnemers maakten regelmatig gebruik van de infotainmentsystemen en brachten het grootste deel van hun tijd in het onderzoek door met het luisteren naar een entertainmentfunctie (99%). Meer dan 90% van de interacties in meerdere stappen duurde in totaal 24,6s of minder, met 50% van de interacties die 2,2s of minder duurde. De gemiddelde totale kijktijd weg van de baan was lager dan 10s voor alle interacties. De mediane deelnemer gebruikte één keer per 4 uur de IVI (of 0,25 interacties per uur) (90^{ste} percentiel: 6,1 interacties/uur). In meer dan 50% van de interacties werd het volume aangepast. Hoewel er een paar lange interacties waren, was de mediane duur 2,2s (90^{ste} percentiel: 24,6s), wat duidelijk meer vereiste visuele aandacht is in vergelijking met gematchte basiswaarden (zonder IVI). De mediane totale ogen-van-de-weg-af tijd overheen de interacties was 1s (90^{ste} percentiel: 11,4s) en verschilde significant naargelang het type systeeminteractie. - Er was een duidelijke visuele belasting van de visueel-manuele interacties met de infotainmentsystemen. Vergeleken met de basisobservaties richtten de deelnemers 28,5 keer meer blikken per minuut naar de interface terwijl ze in interactie waren met het infotainmentsysteem. Deze blikken duurden 0,8s langer dan in de controlesegmenten (controleconditie).
<p>(18) Graichen et al. (2019) (rijstudie op de weg; 2 IVI-modi; geen controleconditie; maten: kijkgedrag, werklast, subjectief)</p>	NVT	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van verschillende IVI-interactiemodi. Visueel-handmatige taken: inzoomen op een navigatiekaart, volume verhogen, radio dempen, navigatie-instructie herhalen, verkeersinformatie oproepen, naar een adres navigeren. Interactiemodi: aanraken (touchscreen) vs. gebaren.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Met behulp van op gebaren gebaseerde interactie richtten de deelnemers beduidend minder blikken naar het scherm en waren de blikken veel korter. Bovendien hadden de deelnemers de indruk dat het rijden veiliger was: de aanvaarding en de aantrekkelijkheid waren hoger en de subjectieve werkdruk lager. - Gebaren kunnen een positief alternatief zijn voor interacties in het voertuig, aangezien de effecten op de afleiding van de bestuurder minder significant zijn in vergelijking met interacties op basis van aanraking.
<p>(19) Kim et al. (2014) (rijsimulatorstudie; 1 IVI-taak; 1 IVI-interactiemodus met 5</p>	NVT	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van variaties in IVI-interactiemodus. Visueel-handmatige taak: invoer van een 5-cijferig nummer. Variaties in de interactiemodus: 5 afmetingen van de aanraaktoetsen op het scherm.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Zowel de rijveiligheid als de subjectieve bruikbaarheid van de IVI namen toe naarmate het formaat van de aanraaktoetsen toenam tot een bepaald formaat: 17,5 mm (andere afmetingen waren: 7,5 mm, 12,5 mm, 22,5 mm en 27,5 mm).

<p>variaties: aanraakscherm met 5 toetsmaten; geen controle; maten: rijden, oogbewegingen, IVI-taak, subjectief)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Naarmate de omvang van de aanraaktoetsen toenam, nam de subjectieve bruikbaarheid toe en nam de snelheidsvariatie tijdens het rijden af (stabielere snelheid). Ook de tijd die aan het IVI-systeem werd besteed, nam af naarmate de grootte toenam.
<p>(20) Larsson & Niemand (2015) (rijnsimulatorstudie snelweg; 6 IVI-taken; 2 visueel-handmatige interactiemodi; 2 geluidsconcepten; inclusie van basiswaarde 'geen geluid'; geen controle zonder IVI; maten: oogbewegingen, zelfevaluatie rijden)</p>	<p>NVT</p>	<p><i>Studie: Evaluatie van de effecten van variaties in IVI-interactiemodus. Visuele-manuele IVI-taak: zoek een lied, bel een contactpersoon, zoek een bericht in het systeem, zoek meetgegevens, zoek een bericht over ruitensproeimiddel, zoek de reset-opdracht. Variatie op de interactiemodus: touchscreen met spraakgeluid vs. met muziekgeluid.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Extra spraakgeluiden leken de visuele afleiding bij het zoeken op het visuele scherm (touchscreen) efficiënt te verminderen, terwijl muziekgeluiden de afleiding niet verminderden en de subjectieve rijprestaties niet verbeterden. - De toegevoegde spraakklanken verminderden de totale kijktijd en het aantal blikken naar het scherm significant in vergelijking met de controle (geen geluid). De muziekgeluiden resulteerden niet in dergelijke effecten. - Bovendien beoordeelden de deelnemers hun rijprestaties als significant beter in de spraakgeluidconditie dan in de controleconditie (zonder geluid) en de muziekgeluidconditie.

4 Belangrijkste bevindingen en bespreking

Dit rapport betreft een verkennende internationale literatuurstudie met als focus de impact van het gebruik van infotainment of IVI bij automobilisten, de grootste gebruikersgroep. Een ruim aantal empirische studies naar de afleidende effecten van infotainment werd onderzocht, waarin aan bod kwamen:

- een brede waaier aan secundaire IVI-taken (niet direct gerelateerd aan de rijtaak buiten ev. het ingeven van een bestemming voor navigatie; bijv. bellen, contact kiezen, nummer ingeven, sms'en lezen en schrijven, muziek zoeken, radiopost veranderen, doorheen menu's scrollen, instellen van navigatie, opzoeken van informatie op internet...),
- diverse mogelijke interactiemodaliteiten (auditief-vocale of spraakgestuurde interacties dan wel visueel-manuele interacties met bijv. aanraking (*touchscreens*) of andere bedieningsvormen)
- verschillende systemen (voertuigen, modellen, merken).

Deze verscheidenheid impliceert dat er heel wat combinaties van taken en interactiemodaliteiten mogelijk zijn, met elk specifieke afleidende effecten op het rijden. Bijkomend blijkt dat het IVI-systeem (*design interface* van een specifiek voertuigmerk of -model) voor gelijke taken en interactiemodaliteiten een sterk verschillende afleidende impact kan hebben. Dit bemoeilijkt het trekken van generieke conclusies.

De meeste studies maakten gebruik van bestaande infotainmentsystemen in automodellen; in enkele studies werden prototypes gebruikt. Het merendeel van de studies evalueerde infotainment tijdens het rijden, meestal op de rijweg, maar ook in rijsimulatoren, met inbegrip van een controleconditie of controlegroep zonder IVI, waardoor op studieniveau duidelijke conclusies getrokken kunnen worden met betrekking tot de effecten van infotainmentgebruik. In een minderheid van de studies werden afleidingseffecten van IVI geëvalueerd in een experimentele setting met andere taken dan rijtaken. Daarnaast werden ook enkele studies opgenomen met louter een onderlinge vergelijking van IVI-interactiemodaliteiten en -variëaties (zonder controle), wat een aangepaste interpretatie vereist. Studies van over de hele wereld (o.a. de Verenigde Staten, Australië, Zuid-Korea, Frankrijk, Duitsland, Zweden) werden opgenomen en samen illustreren ze dat de bevindingen omtrent afleiding door IVI vrij universeel zijn en dus naar alle waarschijnlijkheid ook representatief zijn voor Belgische autobestuurders.

De vaakst gebruikte parameters voor het meten van effecten zijn:

- rijgedragsmaten (bijv. variatie in positie op de baan, variatie in snelheid, reactietijden, bijna-ongevallen)
- oogbewegingen (bijv. scanning, aantal en duur van fixaties op de baan en op de IVI)
- subjectieve werklust (bijv. NASA-TLX)
- IVI-taakprestatie (bijv. interactieduur, interactiestappen)
- psychofysiologische maten (bijv. hartslag)
- cognitieve taakmaten (reactietijden en nauwkeurigheid)
- subjectieve evaluaties (o.a. intuïtief karakter, gebruiksgemak).

In de (opeenvolgende) studies van de AAFTS zien we een (steeds) verder gevorderde aanpak. Zij ontwikkelden een methode om de effecten van afleidingsbronnen tijdens het rijden (op een combinatie van relevante afhankelijke variabelen) weer te geven op een schaal van (cognitieve, visuele en algemene) 'belasting' (*demand*). Deze taaklastschaal gaat van 1 tot 5 waarbij 1 een controleconditie "rijden zonder afleiding/IVI" betreft en 5 een "hoogcomplexe cognitieve of visuele benchmarktaak" (los van rijden; als kalibratie) betreft. Via deze schaal kan de werklust van nieuwe IVI-taken gemeten en vergeleken worden met elkaar alsook met een aantal frequente secundaire taken zoals luisteren naar de radio of naar een audioboek, praten met een passagier, (niet) handenvrij bellen etc. (zie Tabel 1: 1, 2, 3, 4, 5). In hun meest recente studie ((5) 2019) besluiten ze dat een mogelijk vereenvoudigde maat voor het afleidingspotentieel en de werklust van IVI-taken gevat kan worden met taakafrondingstijd (interactieduur) en een visuele aandachtsmaat aangezien elke IVI-taak, los van modus, tot visuele afleiding leidt.

In drie studies werd het rijgedrag over een langere tijdsperiode geëvalueerd in een naturalistische opzet, waarbij de bestuurders zelf hun IVI-gebruik konden regelen tijdens het rijden, zowel wat betreft de taken, de modaliteiten als de timing (3, 16, 17). In de meeste andere studies dienden specifieke IVI-taken met specifieke interactiemodi op bepaalde momenten uitgevoerd te worden, wat minder ruimte liet voor strategische zelfregulatie.

De resultaten van de experimentele studies met controleconditie geven algemeen weer dat de rijtaak negatief beïnvloed wordt door de afleiding die gepaard gaat met het gebruik van IVI tijdens het rijden. De veelal multimodale belasting door infotainmentgebruik (manueel, cognitief, visueel en/of subjectief) is voor heel wat IVI-taken en -interactiemodi matig tot sterk verhoogd, **waarbij de specifieke taaklast systematisch varieert naargelang de combinaties van taken, modi en systemen** (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 17). Daarnaast zijn er indicaties dat bestuurders naarmate ze meer wennen aan de IVI (over enkele dagen heen) ook meer negatieve gedragsaanpassing gaan vertonen, zoals een toenemende kijktijd naar de IVI (15). Oefening met IVI (5 dagen) zou de interferentie ook niet verminderen en er kunnen zelfs blijvende verminderingen in alertheid zijn tot bijna een halve minuut na een IVI-interactie (3).

De effecten van IVI-gebruik verschillen sterk naargelang de **taak**, bijv. het instellen van navigatie en sms'en zijn over het algemeen veeleisender dan een contact bellen of het zoeken naar een radiostation (4). Binnen de spraakgestuurde systemen zijn de taken in stijgende werklast: eenvoudige wagencommando's, luisteren naar e-mails, menu-gebaseerde navigatie met hoge betrouwbaarheid, opstellen van berichten, menu-gebaseerde navigatie met lage betrouwbaarheid, en tenslotte Siri-interacties (Siri is de spraakassistent van Apple en kan gebruikt worden om handenvrij bijv. sms'en te schrijven en verzenden, Facebook te checken, kalenderafspraken te veranderen etc.) (1).

Wat het effect van **interactiemodi** betreft, variëren de resultaten in de bestudeerde studies, waarin meestal verschillende en steeds verder geëvolueerde systemen opgenomen zijn (13, 4, 6). Toch lijken momenteel interacties met het centraal dashboard rechts van de bestuurder (meestal met scherm waarop tekst of grafische informatie getoond wordt en waarbij visueel-manuele interactie vereist is op basis van aanraken (*touchscreen*), schuifbalken (*slider bars*) en/of drukknoppen) algemeen minder belastend te zijn dan auditief-vocale/spraakgestuurde interacties en interacties in de middenconsole tussen de bestuurderszetel en voorste passagierszetel (bijv. met draaiknop om doorheen menu's te scrollen of met schrijf- of tekenblok (*writing/drawing pad*)) (4, 6).

Spraakgestuurde systemen hebben schijnbaar het voordeel van verminderde visuele belasting, maar daartegenover staat dat de interactietijd vaak langer is, wat nadelig is voor de veiligheid. Hoewel bestuurders in principe de ogen op de weg en de handen op het stuur kunnen houden, blijkt uit meerdere studies dat de cognitieve belasting bij spraakcommando's een negatief effect kan hebben op het kijkgedrag. Veel hangt af van de kwaliteit van het systeem: robuuste, intuïtieve systemen met een lagere complexiteit (weinig vertaal- of interpretatiefouten van de spraakcommando's) en een kortere taakduur (beperkt aantal stappen tijdens de interactie) kunnen tot minder cognitieve afleiding leiden, in tegenstelling tot meer rigide, foutgevoelige en tijdrovende systemen (1, 2, 3, 4, 6, 11, 13).

Tenslotte verschilt de impact van het gebruik van infotainmentsystemen ook sterk naargelang het voertuig (model, merk). Heel wat ingebouwde IVI-kenmerken en -functies blijken een omslachtige *Human-Machine Interface* (HMI) te hebben met inconsistenties in het design die tot een sterk verhoogde werklast kunnen leiden (4, 17). Hybride systemen zoals CarPlay & Android Auto (in één studie) scoorden beter dan ingebouwde systemen; deze laatste bleken functioneler te zijn maar leidden toch ook nog tot een verhoogde werklast (5).

Studies naar leeftijds- of generatieverschillen in de impact van IVI-gebruik tijdens het rijden, tonen aan dat nieuwe IVI-toepassingen extra belastend kunnen zijn voor **oudere bestuurders**. Over het algemeen hebben oudere bestuurders meer tijd nodig om taken af te ronden (langere interactietijd), is hun cognitieve en visuele afleiding groter en melden zij een grotere subjectieve werklast. Zij vinden IVI-taken algemeen complexer en veeleisender dan jongere bestuurders (5, 6). Ook andere (niet socio-demografische) bestuurders-karakteristieken kunnen een effect hebben op het gebruik van IVI, bijv. sommige bestuurders hebben een groter risico dan andere bestuurders om lang naar de infotainment te kijken, en dit verschil is kijktijd blijkt zelfs toe te nemen naarmate men langer met de infotainment rijdt (15).

Op basis van deze bevindingen blijken recent ontwikkelde IVI-technologieën¹ vaak veeleisend en moeilijk te zijn in gebruik, zeker voor ouderen. Voertuiginterfaces worden algemeen steeds complexer. Traditionele toetsen en knoppen in de wagen evolueren steeds meer naar aanraakschermen en spraakcommando's, met steeds verdergaande elektronica. Voor de oudere bestuurdersgroep is het (algemeen) extra belangrijk dat huidige en toekomstige voertuigtechnologieën gebruik maken van een toegankelijk *human-centered design*. De oudere gebruikersgroep dient in rekening gebracht wordt bij het uitwerken van designvereisten en bij het uittesten van de criteria met als doel de aandacht op de weg maximaal te behouden. Een meer continue aandacht op de weg kan ondersteund worden door uitgekende *interface designs* zoals bijv. schermplaatsing

¹ De infotainmenttechnologie evolueert snel. Dit betreft de technologieën die in de studies van deze literatuurstudie opgenomen zijn, met de meest recente studie in 2019.

dichter bij het voorwaartse zicht, zorgvuldige plaatsing van manuele bediening, effectieve spraakcommando's ...) (5, 19). De auto-industrie en technologie-ontwikkelaars kunnen gebruik maken van dergelijke onderzoeksresultaten om de grootste bronnen van taaklast/afleiding door hun producten te identificeren en hun designs te optimaliseren.

Gezien de algemeen negatieve impact van het gebruik van (huidige) infotainment op de verkeersveiligheid, niet enkel voor oudere bestuurders, lijkt het beter om dergelijke systemen zo beperkt mogelijk te gebruiken tijdens het rijden, en om een aantal taken zelfs onmogelijk te maken tijdens het rijden (bijv. lock-out systemen) aangezien bestuurders er veelal (verkeerdelijk) van uitgaan dat beschikbare IVI-opties tijdens het rijden ook veilig en makkelijk bruikbaar zijn (4). Toch is uit de naturalistisch opgezette studies, waar bestuurders zelf hun infotainmentgebruik tijdens het rijden konden bepalen, gebleken dat bestuurders strategische compensatiestrategieën gebruikten die de risico's kunnen inperken. Bestuurders zouden langer durende interacties, zoals navigatiehandelingen, vaker in stilstaande situaties volbrengen, en zich er zelf van weerhouden om complexe, foutgevoelige en tijdrovende infotainmenttaken (bijv. rigide spraakgebaseerde systemen) uit te voeren, door de frustratie die deze teweegbrengen. In dergelijke situaties zijn de risico's verbonden aan het gebruik van de meest omslachtige infotainmenttaken in feite beperkt omdat ze uiteindelijk amper of niet gebruikt worden.

In dergelijke gevallen is het echter wel mogelijk dat bestuurders terugvallen op hun smartphone om bepaalde taken – in een aantal eenvoudigere stappen – uit te voeren. Dit fenomeen geeft de "bruikbaarheidsparadox" (*usability paradox*) weer (Lee & Strayer 2004) waarbij afleiding stijgt omwille van de toegenomen bruikbaarheid. Dit geeft aan dat bestuurders ook als actieve managers van hun werklastcapaciteit gezien kunnen worden, waarbij zij actief een rij situatie mee bepalen, rij situaties actief beïnvloeden en hun rijgedrag aanpassen aan de omgeving (9, 16, 17).

5 Conclusie en aanbevelingen

In de huidige literatuurstudie werd gekeken naar de invloed van infotainment op verkeersveiligheid. Het in kaart brengen van de afleidende effecten ervan is belangrijk en relevant met het oog op de verkeersveiligheid, aangezien er in België nog geen specifieke regelgeving² bestaat omtrent het gebruik van IVI tijdens het rijden en deze systemen steeds vaker voorkomen in voertuigen.

Met infotainment in voertuigen hebben bestuurders vandaag de dag toegang tot een brede waaier aan taken tijdens het rijden. Deze taken zijn vaak complex en vereisen vaak meerdere modaliteiten zoals zicht, motorische handelingen om toetsen of aanraakschermen te bedienen, dan wel gesproken commando's. De interacties met IVI kunnen de veiligheid in het gedrang brengen wanneer bestuurders hun blik of aandacht niet op de weg houden of wanneer ze manuele handelingen moeten verrichten die interfereren met het besturen van het voertuig.

Op basis van de uitgevoerde literatuurstudie formuleren we een aantal aanbevelingen, zowel voor gebruikers van IVI als voor de auto-industrie en technologische ontwikkelaars.

Aanbevelingen voor de auto-industrie

Onder de noemer auto-industrie vallen alle partijen die IVI produceren of diensten aanbieden die met het IVI-systeem kunnen worden gebruikt. Dit zijn onder andere autofabrikanten, producenten van aftermarket systemen, producenten en/of aanbieders van diensten en informatie die op het IVI-systeem kan worden geraadpleegd. Deze doelgroep wordt aangeraden rekening te houden met evidentie-gebaseerde aanbevelingen voor veilige en toegankelijke *human-centered design interfaces* voor IVI, met als voornaamste uitgangspunt de aandacht van de bestuurder zo min mogelijk van de wegsituatie af te leiden.

Aanbevelingen aan de auto-industrie op basis van de bestudeerde literatuur zijn:

- Algemeen kan worden gesteld dat IVI-design interface zodanig moet zijn dat visuele afleiding minimaal is en de tijd nodig om taken uit te voeren zo kort mogelijk is. Het gebruik van IVI-functies zou niet afleidender mogen zijn dan het klassiek veranderen van radiopost. Voor de evaluatie hiervan kan ev. de gevalideerde methode van AAFTS (zie bijv. Cooper et al., 2019) gebruikt worden.
- Het gebruik van gesproken commando's om met IVI te interageren, kan de objectieve en subjectieve werklust en de tijd die mensen naar het scherm kijken, verlagen vergeleken met IVI die manueel wordt bediend, maar enkel indien het gaat over heel robuuste, intuïtieve en betrouwbare systemen. Foutgevoelige, rigide systemen kunnen daarentegen net tot een sterk verhoogde werklust leiden.
- Het gebruik van lock-out systemen, waarbij een groot deel van de IVI-functionaliteit niet beschikbaar is tijdens het rijden, kan helpen om afleiding te vermijden. Op deze manier wordt het gebruik van de IVI tijdens het rijden gelimiteerd tot de functies zoals de autoradio en navigatie en zijn telefoneren en berichten sturen en lezen niet mogelijk. Een mogelijk nadeel kan echter zijn dat het voor sommige bestuurders onaantrekkelijk is dat een aantal functies niet beschikbaar zijn.
- Gezien het verschil in impact tussen jongere en oudere bestuurders, is het belangrijk om hiermee rekening te houden in de ontwikkeling van IVI design interfaces. Systemen die gebruiksvriendelijk zijn voor oudere bestuurders, zijn dat ook voor jongere bestuurders, maar het omgekeerde is niet noodzakelijkerwijs het geval. Relevante principes van universeel design voor voertuigmakers houden Gelijkheid, Flexibiliteit, Eenvoud, Waarneembaarheid, Fouterstel en Toegankelijkheid in (Farage et al., 2012). Deze principes kunnen een kader bieden voor de verbetering van IVI-design. Bestuurders van alle leeftijden hebben bijv. baat bij eenvoud. Oudere bestuurders blijken o.a. extra last te hebben met bedieningen in de middenconsole (ruimte tussen de zetels vooraan), dus dient men zorgvuldig na te gaan hoe bestuurders beter ondersteund kunnen worden, zonder het aanbieden van onnatuurlijke interfaces die interfereren met het veilig rijden zoals draaiknoppen, multifunctionele drukknoppen en tekenpads. Spraakcommando's zullen enkel potentiële problemen van andere bedieningen verminderen als deze snel en accuraat zijn, doch, men dient te beseffen dat geen enkele interface tot

² In België kan afleiding tijdens het rijden bestraft worden via drie wetsartikelen uit de Wegcode. Artikel 8.4 zegt dat het verboden is om te telefoneren tijdens het rijden. Artikelen 7.2 en 8.3 bepalen dat een bestuurder altijd in staat moet zijn te sturen en met zijn gedrag geen andere weggebruikers in gevaar mag brengen. Deze twee laatste wetsartikelen kunnen gebruikt worden om andere vormen van afleiding, zoals het gebruik van infotainment, te bestraffen (Slootmans & Desmet, 2019).

op heden vrij van werklast blijkt te zijn. Alle interacties dienen zorgvuldig overdacht en beperkt te worden wanneer mogelijk.

De literatuur in deze studie verwijst frequent naar de (niet bindende) **NHTSA (2013)** richtlijnen voor een veilig design en de evaluatie van IVI, nl. de "*Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines For In-Vehicle Electronic Devices*". Deze richtlijnen bevatten aanbevelingen om de mogelijke afleiding door het gebruik van geïntegreerde voertuigtechnologie te beperken en te verminderen, o.a. met betrekking tot:

- Geen obstructie van het zicht
- Makkelijk te zien en aan te raken
- Maximale neerwaartse hoek van schermen
- Laterale positie van visuele schermen
- Minimale grootte van gepresenteerde tekstuele informatie
- Noodzakelijke lock-outs (vergrendelingen)
- Acceptatietest-gebaseerde vergrendeling van taken
- Geluidsniveau
- Bediening met één hand
- Onderbreekbaarheid
- Responstijd van het apparaat
- Uitschakeling
- Onderscheid tussen taken of functies die niet bedoeld zijn voor gebruik tijdens het rijden
- Apparaat status

De NHTSA stelt tevens een testmethode voor om oogbewegingsgedrag tijdens secundaire taken tijdens het rijden te meten. Deze data kan vervolgens vergeleken worden met aanvaardingscriteria om te bepalen of een taak al dan niet te veel interfereert met de aandacht van de bestuurder. Wanneer deze criteria overschreden worden, is de aanbeveling de taak onbeschikbaar te maken tijdens het rijden.

De NHTSA oogbewegingscriteria (op basis van een rijnsimulatortest) zijn:

- Maximaal aanvaardbare totale ogen-van-de-baan-weg tijd om een taak te volbrengen is 12s
- Bij 21 van 24 testpersonen is de gemiddelde individuele fixatieduur minder dan of gelijk aan 2s EN 85% van de fixaties moet 2s of minder lang duren

De NHTSA beveelt verder aan vier leeftijdsgroepen te includeren in de testprocedures: 18-32, 33-44, 45-57 en 58+, maar gezien de duidelijke verschillen tussen jongere en oudere bestuurders wordt aanbevolen om toch meer prioriteit te geven aan evaluaties bij ouderen, want systemen die bruikbaar zijn voor ouderen, zullen ook bruikbaar zijn voor jongeren, maar het omgekeerde is niet altijd het geval (Cooper et al., 2019).

We kunnen verder ook verwijzen naar de **Smart Mobility** aanbevelingen. In Nederland hebben een aantal organisaties (TNO, SWOV, Universiteit van Groningen en Connecting Mobility, in samenwerking met de Dutch Integrated Testsite for Cooperative Mobility) zich verenigd onder de noemer "*the Smart Mobility Round Tables*" en zij formuleerden een aantal aanbevelingen rond het ontwerp en gebruik van IVIS (breder dan infotainment, nl. "*in-vehicle information systems*") met als onderliggende basisprincipe dat het gebruik van IVIS de verkeersveiligheid nooit in het gedrang brengt (Kroon et al., 2016).

Deze aanbevelingen betreffen een bredere context dan het infotainmentbereik in dit rapport en zijn voornamelijk gericht op 'smart mobility'-toepassingen waarbij bestuurders tijdens het rijden informatie ontvangen, of geven, over omstandigheden op de route (bijv. wegwerkzaamheden, objecten op de weg, verkeersborden, parkeeradvies). Zij maken verder een onderscheid naar toepassingen voor entertainment/infotainment (niet bedoeld voor het verkeer of communicatie en gevaarlijk bij gebruik tijdens het rijden, bijv. spelletjes, film- en serie-kanalen) en communicatietoepassingen (telefoneren, sms'en en diensten als Whatsapp). Algemeen wordt gesteld dat interacteren met een communicatiedienst tijdens het rijden, onder voorwaarden, acceptabel kan zijn, maar dat interactie met een entertainment- of infotainmentdienst niet aanvaardbaar is (Harms et al., 2017).

Desalniettemin zijn de Smart Mobility richtlijnen ook op een deel van de infotainmentdiensten die in dit rapport aan bod kwamen, zoals navigatie, van toepassing.

Allereest formuleerden zij een tiental *human factor* criteria (Kroon et al., 2016):

1. "Werkbelasting"

- De extra werkbelasting door het gebruik van IVIS dient zo laag mogelijk te zijn.

- *Informatie kan het beste worden gepresenteerd wanneer de belasting van de primaire rijtaak laag is, bijv. wanneer de bestuurder op een rustige weg rijdt met weinig verkeer.*
- *Wanneer de verkeerssituatie complex is, bijvoorbeeld door complexe infrastructuur, druk verkeer, of een hoge snelheid (naarmate de snelheid toeneemt, moet informatie in minder tijd worden verwerkt, aangezien de afstand die wordt afgelegd in een bepaalde tijd hoger is), dient de informatie die gepresenteerd wordt zo minimaal mogelijk te zijn en te worden beperkt tot informatie die noodzakelijk is voor de primaire rijtaak. Informatie die niet dringend is, kan beter worden uitgesteld tot een rustiger moment.*
- *Layout en informatiepresentatie dienen idealiter aanpasbaar te zijn aan de wensen van de bestuurder, zoals bijv. de lettergrootte. Daarnaast kan het voor sommige bestuurders handiger te zijn specifieke navigatieaanwijzingen te krijgen over waar ze moeten afslaan (bijv: sla af op de hoek bij bakkerij X, in plaats van, sla af over 600 meter).*
- *Sommige applicaties of services hebben een 'rijmodus' die kan worden aangezet voor vertrek, waardoor bepaalde items of services niet beschikbaar zijn tijdens het rijden (bijv. berichten ontvangen en versturen). Een meer geavanceerde vorm kan bestaan uit een IVIS die de informatie die wordt gepresenteerd aanpast aan de situatie door bijvoorbeeld vereenvoudigde informatie te geven bij drukke knooppunten.*

2. Tijdige presentatie

- *Informatie dient tijdig te worden aangeboden, niet te vroeg en niet te laat. Concreet betekent dit dat informatie idealiter ongeveer 36 seconden voordat de bestuurder actie moet ondernemen op basis van de informatie of 200 meter voor het eerste verkeersbord, zodat er voldoende tijd is om ook deze borden te lezen en de IVIS informatie te verwerken. Het absolute minimum is 9 seconden voordat de bestuurder actie moet ondernemen. Informatie te vroeg presenteren kan als een vals alarm worden beschouwd en verwarring veroorzaken.*
- *Informatie die doorlopend relevant of belangrijk is voor de primaire rijtaak, zoals bijvoorbeeld de snelheidslimiet, kan het beste continu in beeld worden weergegeven, op een vaste positie op het scherm.*

3. Prioritering op basis van context en urgentie

- *Informatie wordt idealiter geprioriteerd op basis van hoe belangrijk die informatie is in de huidige context van de rijtaak en op basis van urgentie.*
- *Veiligheidswaarschuwingen dienen geprioriteerd te worden over informatie die niet aan veiligheid gerelateerd is.*
- *Veiligheidswaarschuwingen dienen alleen te worden gegeven als er actie dient te worden ondernomen door de bestuurder of als de bestuurder acuut alert moet zijn.*

<i>Urgente veiligheidswaarschuwingen</i>	<i>Niet-urgente informatie</i>
<i>a) Spookrijder b) Ongevalsite c) Dieren of obstakels op de weg d) Gladde weg e) Wegblokkade f) Verminderde zichtbaarheid g) Uitzonderlijke weersomstandigheden h) Werkzaamheden</i>	<i>a) Navigatie b) Algemene verkeersinformatie c) Feedback en advies over verkeersstromen (bijv. snelheids- en rijbaan advies om een groen stoplicht te halen) of economisch rijgedrag (om brandstof te sparen) d) Tankstations (bijv. Het goedkoopste tankstation aanbevelen).</i>

- *Informatie die een verandering in gedrag vereist, dient te worden geprioriteerd over informatie die dit niet vereist.*
- *Binnen de rijtaak zijn er ook nog verschillende niveaus die elk een andere prioriteit hebben. Zo is er het strategische niveau (navigeren binnen en netwerk van wegen), het niveau van manoeuvreren (wisselen van baanvak, positie binnen het rijvak behouden, snelheid aanpassen aan de omstandigheden) en tot slot is er het niveau van controle (constante snelheid houden, afstand houden ten opzichte van voorliggers). Informatie die gerelateerd is aan het niveau van manoeuvreren en het controleren van de primaire rijtaak dient te worden geprioriteerd over strategische informatie die bijvoorbeeld navigatiegerelateerd is.*

4. Visuele afleiding

- *Visuele afleiding door IVIS dient te worden vermeden. De presentatie van informatie mag niet leiden tot bliken die langer dan 2 seconden weg van de rijbaan zijn gericht.*
- *Emotionele inhoud dient te worden vermeden.*
- *De display mag niet meer dan 4 informatie units tegelijk tonen, bovenop continue navigatie informatie. Zo dient een waarschuwing voor wegwerkzaamheden bijvoorbeeld maximaal een snelheidsbord, een wegwerkzaamhedenbord, een bord met de weg-layout en de afstand tot de werkzaamheden te bevatten (fig. X).*



Fig. x. Voorbeeld van 4 informatie units die waarschuwen voor wegwerkzaamheden.

- *Indien de bestuurder dit wenst, dient informatie ook auditief te worden voorzien.*

5. Auditieve afleiding

- *Net als visuele afleiding, dient auditieve afleiding te worden vermeden.*
- *Veiligheidsgerelateerde waarschuwingen dienen altijd gepaard te gaan met een auditieve cue.*
- *Een neutraal geluid heeft hierbij de voorkeur, met name in gevaarlijke situaties. Het is hierbij ook van belang dat er geen verwarring kan ontstaan tussen de verschillende IVIS en voertuig geluiden. Daarnaast dienen geluiden die met acuut alarm worden geassocieerd zoals sirenes van prioritaire voertuigen te worden vermeden. Tevens dienen waarschuwingen niet te luid te klinken, omdat ze de bestuurder kunnen doen schrikken. Uit onderzoek bleek dat het woord 'gevaar' rustig uitgesproken op een volume van 70 dB het beste werkten om ongevallen te vermijden. Voor minder urgente situaties werkte het gesproken 'pas op' op 85 dB het beste om effectief de aandacht van de bestuurder te trekken.*

6. Duidelijkheid, validiteit en betrouwbaarheid

- *De gepresenteerde informatie mag niet ambigu zijn en mag niet op verschillende manieren worden geïnterpreteerd.*
- *De informatie moet betrouwbaar en valide zijn. Valse alarmen of het ontbreken van een alarm in een gevaarlijke situatie dient zo weinig mogelijk voor te komen.*
- *De informatie moet relevant zijn voor de verkeerssituatie waarin de bestuurder zich op dat moment bevindt.*

7. Herkenbaarheid en consistentie

- *Informatie moet herkenbaar zijn en overeenkomen met de officiële verkeersborden en signalisatie die op die locatie gelden. Discrepancies tussen wat in de IVIS wordt aangeboden en de lokale signalisatie in een land of regio dienen te worden vermeden. Hoewel een buitenlandse bestuurder borden kan tegenkomen die deze niet kent van zijn eigen land, is het beter om deze voor de bestuurder onbekende borden te tonen in het IVIS. Het omzetten van borden uit een ander land naar borden die de bestuurder kent van zijn eigen land, leidt doorgaans tot meer fouten en verwarring.*
- *Tekst en audio dienen in een taal naar keuze van de bestuurder te worden aangeboden.*

8. Geloofwaardigheid, acceptatie en naleving

- *Dynamische informatie zoals het plots veranderen van de snelheidslimiet of het sluiten van een baanvak dient te worden vergezeld van een argument.*
- *Informatie moet zinvol zijn gegeven de situatie.*

9. Fysieke interactie

- *Fysieke interactie met de IVIS dient minimaal te zijn.*
- *De IVIS dient geen manuele handelingen te vereisen van de bestuurder tijdens het rijden.*
- *De bestuurder kan idealiter met gesproken commando's ten allen tijde een applicatie uitschakelen, de helderheid van het scherm aanpassen of het volume regelen.*
- *Het bedienen van toetsen dient minimale visuele aandacht te vereisen.*
- *Idealiter bevindt het display zich binnen handbereik, op zo'n 10 a 20 cm.*
- *Er dient ook duidelijke aan/uit knop te zijn op een vaste plaats.*

10. Negatieve neveneffecten

- *Een advies mag nooit leiden tot hogere snelheden en dient ook grote snelheidsverschillen met andere weggebruikers te minimaliseren (niet meer dan 20km/h).*
- *Stads- en dorpskernen en schoolzones dienen te worden vermeden indien dit niet de eindbestemming is.*

Daarnaast werden een aantal ergonomische criteria bepaald:

- 1. De helderheid en het contrast van het systeem zijn instelbaar afhankelijk van de lichtcondities (bijv. dag/nacht, zon/bewolkt) zodat het display optimaal leesbaar blijft. Idealiter gebeurt dit automatisch. Daarnaast dient de contrast ratio tussen 3:1 en 10:1 te liggen. Het contrast kan idealiter met een knop binnen handbereik worden aangepast door de bestuurder.*
- 2. Lettergrootte en -type moet goed leesbaar zijn voor de bestuurder (rekening houdend met verschillende leeftijdsgroepen). Lettergrootte moet worden bepaald door de afstand tussen de ogen en het display, met een minimale visuele hoek van 15° (optimaal 24°). Tekst en symbolen mogen ook niet te dicht bij elkaar staan. Informatie die zowel door de IVIS als door externe borden wordt gegeven, dient in hetzelfde lettertype te zijn (bijv. verkeersborden, wegwijzers).*
- 3. Gebruik woorden van maximum 10 letters en niet meer dan 2 regels van 4 tot 5 woorden per boodschap, waardoor de boodschap met 2 blikken van maximaal 2 seconden kan worden gelezen.*
- 4. Het volume van auditieve informatie mag maximaal 95 dB-115 dB zijn. Idealiter wordt het volume automatisch aangepast aan de achtergrondruis, zodat het IVIS volume 15 dB luider dan de achtergrond is. Het volume dient ook eenvoudig met een knop binnen handbereik aangepast te kunnen worden door de bestuurder.*
- 5. Kleuren moeten overeenkomen met de kleuren die ook in het verkeer gebruikt worden. Gebruik redundante kleurcodering voor mensen met kleuren blindheid alsook combinaties van kleuren die zichtbaar zijn voor hen. Ondersteun kleuren met extra informatie zoals vorm, positie, formaat, tekst, geluid. Zo staat het rode licht altijd bovenaan bijvoorbeeld. Daarnaast kan in plaats van rood een oranje-rode kleur worden gebruikt en in plaats van groen een blauw-groene tint, zodat het verschil duidelijker is voor mensen met kleurenblindheid. Tevens kunnen sommige mensen met kleurenblindheid geen rode objecten op een zwarte achtergrond zien. Gebruik in plaats hiervan oranje-rode objecten.*
- 6. Gebruik zo min mogelijk afkortingen. Uitzonderingen zijn km/u, m en min."*

Naast de design/interface gerichte aanbevelingen, wordt tenslotte aanbevolen dat de auto-industrie en aanbieders van IVI-systemen werk maken van duidelijke handleidingen en (online) demo's of trainingen over het gebruik en de mogelijke risico's van specifieke IVI-systemen.

Aanbevelingen voor gebruikers van infotainment

- Bestuurders moeten zich voldoende vertrouwd maken met hun infotainmentsysteem alvorens het tijdens het autorijden te gebruiken. Indien beschikbaar wordt idealiter een training gevolgd.
- Bestuurders kunnen via algemene sensibilisering en via informatie van IVI-aanbieders bewust gemaakt worden van de gevaren van afleiding in het algemeen en van IVI in het bijzonder. In Nederland bijv. wordt met de Mono campagne (<https://www.daarkunjemeethuiskomen.nl/rijmono>) afleidingsvrij autorijden gepromoot. Het idee is niet dat mensen hun IVI helemaal niet zouden mogen gebruiken – navigeren of radio luisteren kan op een veilige manier. Het gaat erom dat bestuurders zich niet laten

verleiden om onderweg sociale media te gebruiken of berichten te sturen. Hiervoor kunnen ook praktische oplossingen geboden worden. Zo zijn er bijv. 'niet storen' functies of applicaties voor de smartphone waardoor de bestuurder geen meldingen en berichten binnenkrijgt terwijl hij/zij aan het rijden is. Verder worden bestuurders geadviseerd om hun navigatiesysteem op voorhand in te stellen. Bestuurders moeten ook bewust gemaakt worden van het feit dat het gebruik van IVI potentieel erg onveilig is, ook al zit het ingebouwd in het voertuig. Daarnaast kan benadrukt worden dat IVI-functies tijdens het rijden vooral gebruikt dienen te worden voor rijgerelateerde taken zoals navigatie.

Ook hier kan verwezen worden naar de Smart Mobility aanbevelingen voor gebruikers (Harms et al., 2017):

- *"Voorkom het invoeren van tekst op IVI tijdens beweging in het verkeer.*

Idealiter heeft een dienst tijdens het rijden helemaal geen manuele of gesproken invoer nodig. Het typen van tekst (berichten, telefoonnummer of adres bijvoorbeeld) is een van de gevaarlijkste bronnen van afleiding tijdens verkeersdeelname en risicovoller dan telefoneren tijdens het rijden of fietsen bijvoorbeeld (Brookhuis, De Vries, & De Waard, 1991; Pilgerstorfer, & Boets, 2017; Gauld, Lewis, & White, 2014; Stavrinou et al., 2013). Het typen van tekst terwijl je actief deelneemt aan het verkeer vraagt veel mentale inspanning en het haalt de aandacht te lang van de verkeerstaak. Het typen van tekst is ook risicovoller op een touchscreen in vergelijking met een keyboard met fysieke toetsen (Orphanides, & Nam, 2017). Het invoeren van tekst kan enkel veilig gebeuren tijdens stilstand en wanneer er geen sprake meer is van actieve verkeersdeelname, bijvoorbeeld door de auto te parkeren. Het invoeren van tekst terwijl de bestuurder wacht voor een verkeerslicht is ongewenst omdat de bestuurder niet zelf kan kiezen wanneer deze terug deelneemt aan het verkeer. Dit wordt aangegeven door het verkeerslicht dat groen wordt. Dit brengt het risico met zich mee dat de bestuurder nog volop met de secundaire taak bezig is, terwijl deze de aandacht weer aan de primaire verkeerstaak moet besteden. Stembesturing kan enkel als alternatief worden gebruikt voor het typen van tekst wanneer er geen afleidende visuele controles meer nodig zijn (Orphanides, & Nam, 2017). Tot op heden zijn er echter nog veel verschillen in de kwaliteit van stembesturingssystemen, waardoor stembesturing niet altijd een veilig alternatief is. Let wel, het invoeren van een discrete beslissing, zoals het indrukken van een "akkoord"-knop, wordt niet beschouwd als "tekst invoeren". Dit is minder risicovol dan het invoeren van teksten, zolang het de 1.6 tot 2 seconden niet overschrijdt.

- *Voorkom de verleiding om verkeersongereleerde diensten te raadplegen.*

Het grootste risico hier is dat wanneer de bestuurder relevante informatie raadpleegt, deze ook de melding(en) van niet-relevante informatie ziet. Het kost doorgaans moeite om de neiging te onderdrukken om ook deze niet-relevante informatie te bekijken. Bovendien vereist het bekijken van de niet-relevante informatie doorgaans handelingen die de aandacht afleiden van de primaire verkeerstaak. Het is dus van belang dat het systeem relevante aanvullende informatie direct toont aan de bestuurder en dat niet-relevante verborgen blijft tijdens het rijden, zelfs niet na het drukken op een knop. Bestuurders moeten hierbij worden geholpen. Alleen al het ontvangen van notificaties zonder er op te reageren leidt al af (Stothart, Mitchum, & Yehnert, 2015). Met name informatie die de aandacht lang vasthoudt en die de aandacht geheel of grotendeels absorbeert zoals filmpjes, spelletjes en lange berichten dient ontoegankelijk te zijn tijdens het rijden. Uiteindelijk blijft de regel dat hoe langer de blik van de weg is, hoe hoger het ongevalsrisico wordt (Oviedo-Trespalacios, Haque, King, & Washington, 2016).

- *Houd de ogen zoveel mogelijk op de weg: beperk informatie tot wat in één oogopslag kan worden waargenomen.*

Een van de gevaarlijkste afleidingen door apparatuur gebruik tijdens het rijden is het lezen van lange teksten. Bij matige mentale afleiding blijft deelname aan het verkeer goed mogelijk zolang de verkeersdeelnemer de blik op de weg en de handen aan het stuur houdt. Tevens is autorijden grotendeels gebaseerd op automatismen waardoor een matige hoeveelheid afleiding doorgaans wel kan worden opgevangen. Mentale afleiding wordt wel een probleem als veel inspanning moet worden gedaan om informatie van het infotainmentsysteem te begrijpen, een instelling te veranderen of een route goed in beeld te krijgen. Om de mentale inspanning te verminderen en de blik zoveel mogelijk op de weg te kunnen houden, is het van belang dat informatie in één oogopslag kan worden waargenomen. Ook om deze reden is het belangrijk dat, zoals vermeld in het voorgaande punt, alle overbodige informatie die niet met de primaire rijtaak te maken heeft, moet weggelaten worden.

Naast visueel, kan informatie ook op andere manieren worden overgedragen. Een alternatief is bijvoorbeeld gesproken instructies te gebruiken. Het nadeel van gesproken instructies is dat ze niet altijd even duidelijk zijn, terwijl visuele informatie doorgaans inzichtelijker en sneller te begrijpen is. Ook zijn er mogelijkheden om bijvoorbeeld haptische feedback te gebruiken. Meer onderzoek naar geschikte manieren (interfaces) om informatie verkeersveilig over te dragen is hierbij nodig.

- *Houd zoveel mogelijk de handen aan het stuur van het voertuig: minimaliseer manuele bediening van het device.*

Autorijden met twee handen aan het stuur is het veiligste en het stabielste. Als met een hand gestuurd wordt en met de andere hand een secundaire taak wordt uitgevoerd dan kunnen problemen ontstaan voor het op koers houden van de auto, zeker als ook de blik niet meer op de weg is gericht. Het veiligste is om tijdens het autorijden infotainmentsystemen zo min mogelijk manueel te bedienen. Op het vlak van het manueel invoeren van informatie is er een verschil tussen het invoeren van teksten of het maken van een discrete beslissing zoals "ja" of "nee". Het gebruik van bijvoorbeeld een touchscreen voor het invoeren van tekst tijdens het rijden leidt in vergelijking met stembediening tot het langduriger wegstijven van de weg, waarbij de drempel van 'maximaal 2 seconden de blik van de weg' wordt overschreden (Orphanides, & Nam, 2017). Een veiligere vorm van manuele bediening, mits de verkeerssituatie het toelaat, is bediening waarbij slechts een discrete beslissing zoals "ja" of "nee" moet worden ingevoerd en de blik minder dan 2 seconden van de weg is. Het obstakel hier is dat het moment waarop het systeem om een dergelijke input vraagt, op dit moment vaak niet is afgestemd op de hoeveelheid aandacht die op dat moment nodig is voor het verkeer. Hierdoor is uiteindelijk het gebruik van een goed functionerende stembediening of een andere ergonomisch correcte oplossing bij discrete beslissingen nog steeds veiliger dan manuele bediening.

- *Draag de sociale norm uit.*

Bij gebruik van infotainmentsystemen is het risico op afleiding groot, ook als de bestuurder de intentie heeft zich niet af te laten leiden. Een van de manieren om dit risico te verkleinen is het versterken van de sociale norm. Via de sociale norm begrijpen we welk gedrag mensen uit onze omgeving van ons verwachten en aanvaarden en hebben we een verwachting van wat anderen doen in een bepaalde situatie. Wanneer de sociale norm is dat afleiding tijdens het autorijden onwenselijk is, beïnvloedt dat de intentie van bestuurders om zich veilig te gedragen in het verkeer. Aangeven wat sociaal acceptabel is, zorgt er tevens voor dat mensen anderen sneller aanspreken op ongewenst gedrag. Een sociale norm rond afleiding in het verkeer is een belangrijk ingrediënt om verantwoord om te gaan met infotainmentsystemen tijdens het rijden. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat 18 tot 30-jarigen momenteel de leeftijdsgroep zijn waarin afleiding het meeste voorkomt (Vollrath, Huemer, Teller, Likhacheva, & Fricke, 2016; Lennon, Oviedo-Trespalacios, & Matthews, 2017). Juist bij deze leeftijdsgroep is het dus belangrijk een duidelijke sociale norm te creëren.

- *Infotainmentsystemen moeten een toegevoegde waarde bieden.*

Bestuurders zouden kritisch op infotainmentsystemen moeten zijn en alleen diensten gebruiken die iets toevoegen aan de verkeersinformatie waarover ze al beschikken (zoals langs, boven of op de weg). Deze toegevoegde waarde kan bijvoorbeeld zitten in het bieden van meer tijdige informatie, het attenderen op urgente informatie, het wegnemen van onzekerheid, het bieden van handelingsperspectief of het geven van feedback op het eigen verkeersgedrag. Hiermee kan de autobestuurder zich beter aanpassen aan de actuele verkeersomstandigheden. Het duidelijk tonen van snelheidslimieten kan bijvoorbeeld voor automobilisten van toegevoegde waarde zijn (wegnemen van onzekerheid)."

Verder onderzoek

Pistes voor verder onderzoek op basis van deze literatuurstudie zijn:

- Belgische cijfers:
 - Omvang van de beschikbaarheid en het gebruik van infotainment in wagens, met bijkomend onderzoek naar socio-demografische verschillen (leeftijd, geslacht ...) in IVI-gebruik.
 - Impact van infotainmentgebruik op verschillende autobestuurdersgroepen (incl. oudere bestuurders).

- Effecten en aanvaarding van beveiligingssystemen zoals "lock-outs" (vergrendelingen) die bepaalde infotainmentfuncties uitschakelen wanneer het voertuig rijdt. Hierbij kunnen verschillende vergrendelingsmodi geëvalueerd worden.
- Naturalistische rijstudies over langere termijn (maanden) om de evolutie en risico's van IVI-gebruik in de tijd te kunnen evalueren, waarbij de rol van zelfregulatie en compensatiemechanismen ook beter in kaart gebracht kunnen worden.
- Impact van Head-up-displays (HUDs) of systemen waarbij informatie die normaal op een toestel wordt afgelezen, rechtstreeks wordt geprojecteerd in het gezichtsveld. Alhoewel HUD ook onder infotainment kan vallen aangezien enkele IVI-systemen hier reeds gebruik van maken, werd deze technologie niet geïncorporeerd omdat het gebruik hiervan nog niet wijdverspreid is en qua functionaliteit te ver weg ligt van de momenteel meest gangbare vormen van IVI.
- Zoals eerder vermeld werden in de huidige literatuuronderzoek studies omtrent het ontwerp en het design van IVI (prototypes) buiten beschouwing gelaten, aangezien de focus lag op afleiding door beschikbare IVI. Desalniettemin is onderzoek rond design en ontwerp van IVI sterk aanbevolen, in de eerste plaats voor de auto-industrie en IVI-aanbieders zelf (zie aanbevelingen voor auto-industrie) maar eveneens voor andere onderzoeksgroepen. In de ontwerpfase dient nl. reeds rekening gehouden te worden met afleidende factoren, waardoor men systemen kan ontwikkelen die gebruiksvriendelijker en minder afleidend zijn tijdens het rijden of waarvan bepaalde functies niet beschikbaar zijn tijdens het rijden. De bevindingen van de huidige literatuurstudie kunnen ook een uitgangspunt vormen voor vervolgonderzoek op dit vlak door bijv. in kaart te brengen in hoeverre fabrikanten en ontwerpers van IVI zich bewust zijn van het afleidingspotentieel van hun producten en in welke mate ze hier rekening mee houden.

Referenties

- Brookhuis, K.A., De Vries, G., & De Waard, D. (1991). The effects of mobile telephoning on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 23(4), 309-316.
- Caird, J.K., Johnston, K.A., Willness, C.R., Asbridge, M. & Steel, P. (2014). A meta-analysis of the effects of texting on driving. *Accident Analysis & Prevention*, 71, 311-318.
- Convenant "Veilig gebruik smartfuncties in het verkeer", September 2017. Geraadpleegd op: <https://verkeersveiligheidscoalitie.nl/wp-content/uploads/2018/09/Convenant-Veilig-gebruik-smartfuncties-in-het-verkeer-DEF.pdf>
- Cooper, J.M., Ingebretsen, H. & Strayer, D.L. (2014). Mental Workload of Common Voice-Based Vehicle Interactions across Six Different Vehicle Systems. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2014, AAA Foundation for Traffic Safety.
- Cooper, J.M., Wheatley, C.L., McCarty, M.M., Motzkus, C.J., Lopes, C.L., Erickson, G.G., Baucom, B.R.W. & Strayer, D.L. (2019). Age-Related Differences in the Cognitive, Visual and Temporal Demands of In-Vehicle Information Systems. University of Utah. ©2019, AAA Foundation for Traffic Safety.
- Dingus, T.A., Guo, F., Lee, S., Antin, J. F., Perez, M., Buchanan-King, M., & Hankey, J. (2016). Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201513271.
- Dingus, T.A., Klauer, S.G., Neale, V.L., Petersen, A., Lee, S.E., Sudweeks, J., Knippling, R.R. (2006). The 100-car naturalistic driving study: phase II - Results of the 100-car field experiment. Washington, DC: DOT HS 810 593.
- Engström, J., Victor, T., & Markkula, G. (2013). Attention selection and multitasking in everyday driving: A conceptual model. In M. A. Regan, J. D. Lee, & T. W. Victor (Eds.), *Driver distraction and inattention. Advances in research and countermeasures*. Farnham, UK: Ashgate.
- Farage, M.A., Miller, K.W., Ajayi, F., & Hutchins, D. (2012). Design principles to accommodate older adults. *Global Journal of Health Science*, 4(2), 2.
- Gauld, C. S., Lewis, I., & White, K. M. (2014). Concealing their communication: Exploring psychosocial predictors of young drivers' intentions and engagement in concealed texting. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 285–293. doi:10.1016/j.aap.2013.10.016
- Graichen, L., Graichen, M., & Krems, J.F. (2019). Evaluation of Gesture-Based In-Vehicle Interaction: User Experience and the Potential to Reduce Driver Distraction. *Human Factors*.
- Harms, I.M., Dicke, M., Rypkema, J.A., & Brookhuis, K.A. (2017). Verkeersveilig gebruik van smart devices én Smart Mobility: Toegang tot Smart Mobility-diensten met aandacht voor het verkeer. Utrecht, Nederland: Smart Mobility Community for Standards and Practices, thema Human Behaviour. Geraadpleegd op: https://verkeersveiligheidscoalitie.nl/wp-content/uploads/2018/09/CommunitySP-HB_2017_Position-paper-Verkeersveilig-gebruik-van-Smart-Mob....pdf
- Jung, T., Kaß, C., Zapf, D., & Hecht, H. (2018). Effectiveness and user acceptance of infotainment-lockouts: A driving simulator study. *Transportation Research Part F*, 60, 643–656.
- Kidd, D.G., Dobres, J., Reagan, I., Mehler, B., & Reimer, B. (2017). Considering Visual-manual tasks Performed During Highway Driving in the Context of Two Different sets of Guidelines for Embedded in-vehicle Electronic Systems. *Transportation Research part F*, 47, 23-33.
- Kim, H., Kwon, S., Heo, J., Lee, H., & Chung, M.K. (2014). The Effect of Touch-key Size on the Usability of In-vehicle Information Systems and Driving Safety During Simulated Driving. *Applied Ergonomics*, 45, 379-388.
- Kim, H., & Song, H. (2014). Evaluation of the safety and usability of touch gestures in operating in-vehicle information systems with visual occlusion. *Applied Ergonomics*, 45, 789-798.

- Kroon, E.C.M., Martens, M.H., Brookhuis, K.A., Hagenzieker, M.P., Alferdinck, J.W.A.M., Harms, I.M., and Hof, T. (2016). *Human Factor Guidelines for the Design of Safe in-Car Traffic Information Services*, 2nd edition. Utrecht, The Netherlands: Dutch Round Tables for Smart Mobility.
- Larsson, P., & Niemand, M. (2015). Using Sound to Reduce Visual Distraction from In-vehicle Human–Machine Interfaces. *Traffic Injury Prevention*, 16, 25–30.
- Lee, J.D., Roberts, S.C., Hoffman, J.D., & Angell, L.S. (2012). Scrolling and Driving: How an MP3 Player and Its Aftermarket Controller Affect Driving Performance and Visual Behavior. *Human Factors*, 54, 250–263.
- Lee, J.D. & Strayer, D.L. (2004). Preface to the special section on driver distraction. *Human Factors*, 46(4), 583–586.
- Lennon, A., Oviedo-Trespalacios, O. & Matthews, S. (2017). Pedestrian self-reported use of Smart phones: positive attitudes and high exposure influence intentions to cross the road while distracted. *Accident Analysis and Prevention*, 98, 338–347.
- Meesmann, U., Boets, S. & Tant, M. (2009). MP3 players and traffic safety “State of the Art”. BIVV, Belgian Road Safety Institute, Brussels. Beschikbaar op: <https://www.vias.be/publications/MP3%20players%20and%20traffic%20safety%20State%20of%20the%20art/MP3%20players%20and%20traffic%20safety%20State%20of%20the%20art.pdf>
- Mehler, B., Kidd, D., Reimer, B., Reagan, I., Dobres, J., & McCartt A. (2015). Multi-modal Assessment of On-road Demand of Voice and Manual Phone Calling and Voice Navigation Entry Across Two Embedded Vehicle Systems. *Ergonomics*, 59, 344–367.
- Mitsopoulos-Rubens, E., Trotter, M.J., & Lenné, M.G. (2011). Effects on driving performance of interacting with an in-vehicle music player: A comparison of three interface layout concepts for information presentation. *Applied Ergonomics*, 42, 583–591.
- National Highway Traffic Safety Administration - NHTSA. (2013). *Visual-manual NHTSA driver distraction guidelines for in-vehicle electronic devices*. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Department of Transportation (DOT). Available at: [file:///C:/Users/Sofie/Downloads/distracted_guidelines-FR_04232013%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Sofie/Downloads/distracted_guidelines-FR_04232013%20(1).pdf)
- Orphanides, A.K., & Nam, C.S. (2017). Touchscreen interfaces in context: a systematic review of research into touchscreens across settings, population and implementation. *Applied Ergonomics*, 61, 116–143.
- Oviedo-Trespalacios, O., Haque, M.M., King, M., and Washington, S. (2016). Understanding the impacts of mobile phone distraction on driving performance: a systematic review. *Transportation Research Part C*, 72, 360–380.
- Peng, Y., & Boyle, L.N. (2015). Driver’s adaptive glance behavior to in-vehicle information systems. *Accident Analysis and Prevention*, 85, 93–101.
- Perez, M.A. (2012). Safety implications of infotainment system use in naturalistic driving. *Work*, 41, 4200–4204.
- Perez, M.A., Angell, L.S., & Hankey, J.M. (2015). Assessment of Naturalistic Use Patterns of Advanced Infotainment Systems. *Human Factors*, 57, 674– 688.
- Pilgerstorfer, M., & Boets, S. (2017). The impact of distraction on driving behaviour in urban traffic. Results of a simulator-based study. *Sicher Leben. Band #7*. Vienna: KfV (Kuratorium für Verkehrssicherheit).
- Platten, F., Milicic, N., Schwalm, M., & Krems, J. (2013). Using an infotainment system while driving – A continuous analysis of behavior adaptations. *Transportation Research Part F*, 21, 103–112.
- Reimer, B. & Mehler, B. (2013). The effects of a production level “voice-command” interface on driver behavior: summary findings on reported workload, physiology, visual attention, and driving performance. MIT AgeLab White Paper No. 2013-18A. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Regan, M.A., Hallett, C. & Gordon, C.P. (2011). Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1771–1781.
- Regan, M.A. & Strayer, D.L. (2014). Towards an understanding of driver inattention: taxonomy and theory. *Annals of Advances in Automotive Medicine*, 58, 5–13.

- Slotmans, F. & Desmet, C. (2019). Themadossier Verkeersveiligheid nr. 5. Afleiding, Brussel, België: Vias institute – Kenniscentrum Verkeersveiligheid. Beschikbaar op: [https://www.vias.be/publications/Themadossier%20verkeersveiligheid%20n%C2%B05%20-%20Afleiding%20in%20het%20verkeer%20\(2018\)/Themadossier_Verkeersveiligheid_nr5_-_Afleiding.pdf](https://www.vias.be/publications/Themadossier%20verkeersveiligheid%20n%C2%B05%20-%20Afleiding%20in%20het%20verkeer%20(2018)/Themadossier_Verkeersveiligheid_nr5_-_Afleiding.pdf)
- Stavrinos, D., Jones, J.L., Garner, A.A., Griffin, R., Franklin, C.A., Ball, D., Fine, P.R. (2013). Impact of distracted driving on safety and traffic flow. *Accident Analysis & Prevention*, 61, 63–70. doi:10.1016/j.aap.2013.02.003
- Stothart, C., Mitchum, A., & Yehner, C. (2015). The Attentional Cost of Receiving a Cell Phone Notification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(4), 893-897.
- Strayer, D.L., Cooper, J.M., Goethe, R.M., McCarty, M.M., Getty, D. & Biondi, F. (2017) Visual and Cognitive Demands of Using In-Vehicle Infotainment Systems. ©2017, AAA Foundation for Traffic Safety.
- Strayer, D.L., Cooper, J.M., McCarty, M.M., Getty, D.J., Wheatley, C.L., Motzkus, C.J., Mackenzie, K.L., Loveless, S.M., Esplin, J., Goethe, R.M. & Biondi, F. (2018) Visual and Cognitive Demands of Using Apple's CarPlay, Google's Android Auto and Five Different OEM Infotainment Systems. University of Utah ©2018, AAA Foundation for Traffic Safety.
- Strayer, D.L., Cooper, J.L., Turrill, J., Coleman, J.R. & Hopman, R.J. (2015) Measuring Cognitive Distraction in the Automobile III: A Comparison of Ten 2015 In-Vehicle Information Systems. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2015, AAA Foundation for Traffic Safety
- Strayer, D.L., Turrill, J., Coleman, J.R., Ortiz, E.V. & Cooper, J.M. (2014) Measuring Cognitive Distraction in the Automobile II: Assessing In-Vehicle Voice-Based Interactive Technologies. AAA Foundation for Traffic Safety, Washington, DC 20005
- Strayer, D.L., Watson, J.M., & Drews, F.A. (2011). Cognitive distraction while multitasking in the automobile. In B. Ross (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory* (Vol 54) (pp. 29-58). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Tardieu, J., Misdariis, N., Langlois, S., Gaillard, P., & Lemerrier, C. (2015). Sonification of in-vehicle interface reduces gaze movements under dual-task condition. *Applied Ergonomics*, 50, 41-49.
- Technopedia (2019) In-vehicle-infotainment – IVI. Available at: <https://www.techopedia.com/definition/27778/in-vehicle-infotainment-ivi>
- Vollrath, M., Huemer, A. K., Teller, C., Likhacheva, A., & Fricke, J. (2016). Do German Drivers Use Their Smartphones Safely?-Not Really! *Accident Analysis and Prevention*, 96, 29–38.
- Webopedia (2019) In-vehicle-infotainment – IVI. Available at: <https://www.webopedia.com/TERM/I/in-vehicle-infotainment-ivi.html>
- Wikipedia (2019). List of car audio manufacturers and brands. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_car_audio_manufacturers_and_brands (18/12/2019)
- Ziakopoulos, A., Theofilatos, A., Papadimitriou, E. & Yannis, G. (2019). A meta-analysis of the impacts of operating in-vehicle information systems on road safety, IATSS Research.

Bijlagen

Bijlage 1: Ruwe resultatentabel (Engels)

Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety + positive - negative 0 neutral NA not applicable
<p>(1) Strayer, D.L., Turrill, J., Coleman, J.R., Ortiz, E.V. & Cooper, J.M. (2014) Measuring Cognitive Distraction in the Automobile II: Assessing In-Vehicle Voice-Based Interactive Technologies. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2014, AAA Foundation for Traffic Safety</p>	<p>3x9 within-subject design: 3 conditions x 9 tasks (8 IVI + 1 control) (counter-balanced):</p> <p>1) Baseline (only tasks)</p> <p>2) Combined with simulator driving (multilane freeway, car following (2s), aperiodic brakes)</p> <p>3) Combined with on-road driving (ND)</p>	<p>Multivariate and meta-analytic analyses (Repeated measures ANOVA; linear mixed models, MANOVA) that integrate the different dependent measures across the three conditions to provide an overall standardized cognitive distraction metric (1-5) with the single task on the low end and Ospan task on the high end for each of the voice-based interactive technologies</p> <p>The scale (1 - single task to 5 - Ospan high mental load) allows comparison of workload levels for other secondary tasks (benchmark for cognitive workload)</p>	<p>Three conditions: 1)N45 2)N41 3)N40</p> <p>(age 18-40, males/females)</p>	<p>8 voice-based IVI tasks (+ control no IVI)</p> <ul style="list-style-type: none"> - simple car commands, - listen to e-mail/sms (natural voice) - listen to e-mail/sms (synthetic voice), - listen and compose replies to e-mail/sms (natural voice), - listen and compose replies to e-mail/sms (synthetic voice), - interact with auditory menu-based system (high reliability) (<i>find a POI, listen to a review, make reservation</i>) - interact with a menu-based system (low reliability), - use "hands-free" Siri to listen to and send text messages, update Facebook or Twitter status, and modify and review calendar appointments. 	<p>Cognitive distraction:</p> <p>indices of mental workload in the 3 conditions:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simulator driving (exp 2): brake RT, following distance - ND (exp 3): eye glances to critical locations/hazards - DRT – Detection Response Task (peripheral head-mounted light detection) (ISO, 2012): RT, accuracy - Subjective workload: NASA TLX (Hart & Staveland, 1988): 6 scales - Psychophysiological: electro-encephalographic (EEG): ERP-P300 Peak latency and electrocardiographic (ECG) activity: BPM <p>Subjective evaluation of tasks: usability, intuitiveness, complexity</p>	<p>The patterns observed in the three experiments are consistent: systematic increase in cognitive workload as participants performed different in-vehicle activities. The data suggest that voice-based interactions in the vehicle may have unintended consequences that adversely affect traffic safety.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simple car commands ranks close to listening to an audio-book. - Menu-based interactions: when even the high reliability scenario is associated with a relatively high level of workload, it suggests that the menu-based approach should be used with caution. Based on the limits of working memory capacity, the number of items in any given menu shouldn't exceed four or five, and great care should be given to considerations of the usability of the system and the reliability of speech recognition, as workload increased systematically with 	<p>-</p> <p>Average effect size estimates cognitive workload (overall) compared to single task (scale 1 single task to 5 Ospan):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Car commands: 1.88 - Listening to e-mail: 2.18 (natural vs synthetic voice: p=ns) - Compose messages: 3.08 - Menu-based navigation: (high reliability): 2.83 (low reliability): 3.67 - Siri-interactions: 4.15 <p>With increasing cognitive workload :</p> <ul style="list-style-type: none"> - systematic decrease in scanning left/right for hazards (ND) ** - increase in brake RT (sim)** - increase in following distance (sim) * - increase DRT RT ** - decrease DRT Acc ** - systematic increase in NASA mental **, physical workload **, temporal demand **, performance **, effort **, frustration **

						declines in subjective ratings of usability. - Siri with the highest workload also had the lowest rating of intuitiveness and the highest rating of complexity (complex interaction, inconsistencies)		
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
(2) Cooper, J.M., Ingebretsen, H. & Strayer, D.L. (2014) Mental Workload of Common Voice-Based Vehicle Interactions across Six Different Vehicle Systems. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2014, AAA Foundation for Traffic Safety	Evaluation of cognitive demands while on-road driving of simple auditory/vocal vehicle interactions using five 2013 and one 2012 model year OEM ³ voice-based systems (within-subject design; counterbalanced) During 8 conditions (6 OEM systems, single-task - no IVI (low workload), and OSPAN (complex memory and math task; high workload) (counterbalanced) measures of cognitive workload were derived from reaction time, psychophysiological, and subjective workload metrics.	One-way repeated measures ANOVA to test for differences among the 8 experimental conditions, pairwise comparisons Nonparametric data were assessed using a Friedman Chi Square test. Transformation of dependent measures into a standardized scale of cognitive distraction (1-5), allowing comparison of workload levels for different types of distractions and systems (benchmark) (Z-transformed, weighed, and summed to aggregate distraction matrix)	N36 (age 22-36, males/females)	8 voice-based IVI tasks (5 model systems, + control no IVI): - music tuning and - phone dialling tasks using a bluetooth hands-free voice system that was activated with the touch of a button on the steering wheel - dial a 10-digit number, - call a contact from the contact list, - change the radio station, or - play a song from a pre-inserted CD. OEM systems: - Ford: MyFord Touch, -Chevrolet: MyLink, -Chrysler: Uconnect, -Toyota: Entune, -Mercedes COMAND, -Hyundai Blue Link.	Cognitive distraction - DRT - Detection Response Task (ISO, 2012): RT, accuracy - Subjective workload NASA TLX (Hart & Staveland, 1988): 6 scales mean - Psychophysiological : ECG: BPM -5 additional task factors : Completion Time, Task Errors, System Dialogue Steps, Subjective Evaluations, Vehicle Workload.	Striking differences in the cognitive demand incurred through voice interactions with different OEM voice-based systems. One of the most critical elements of workload appeared to be the duration of the interaction (driven by system verbosity, number of steps to execute an action, number of system / comprehension errors). Toyota's Entune system required the least amount of time-on-task while Chevrolet's MyLink required the most.	-	Distraction scale (1 single task to 5 Ospan): - Toyota:1.7 (sign higher than single task) - Hyundai: 2.2 (sign higher than Toyota) - Chrysler: 2.7 - Ford: 3.0 - Mercedes: 3.1 - Chevy: 3.7 -Mean heart rate: main effect of condition***: lowest in Toyota *, and highest in Chevrolet * (idem OSPAN), all other systems statistically undifferentiated -Mean NASA: main condition effect****: single task (4) < Toyota, Hyundai (6) < Chrysler (7), Ford (7), Mercedes (8) < Chevrolet (9) << OSPAN (14) - DRT mean RT: main condition effect****: all systems significantly

³ original equipment manufacturers

								<p>slower than single task and faster than OSPAN, except Ford significantly slower than all other (idem OSPAN)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Task completion: main condition effect**** (call placement/music selection: Toyota20s/22s vs. Chevrolet: 29/43s) - Task errors: condition difference*** (same order workload), task difference*** (more errors in music selection) - System dialogue steps: p=ns - Subjective evaluation (favourite): cfr workload order, except Mercedes lowest - Vehicle controls workload: p=ns
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
<p>(3) Strayer, D.L., Cooper, J.L., Turrill, J., Coleman, J.R. & Hopman, R.J. (2015) Measuring Cognitive Distraction in the Automobile III: A Comparison of Ten 2015 In-Vehicle Information Systems. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2015, AAA</p>	<p>3 (Age) x 10 (Vehicle) X 3 (Condition) x 2 (Session) Split-Plot Factorial design with 6 tasks: on-road driving pre/post practice (5 days)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Age (3): 21-34, 35-53, 54-70 - Vehicle: between-subjects factor (10 2015 model year vehicles) - Condition: 3-level within-subjects factor (single-task no IVI, IVI, and OSPAN) (4-level 	<p>MANOVA (DRT) ANOVA (age x vehicle x condition x session x ...) ANCOVA (keeping single task performance constant)</p> <p>Average of z-transformed data, weighed and summed into a distraction matrix on a standardized scale to benchmark different IVI systems (changed</p>	<p>N257 (age 21-70, males/females)</p>	<p>6 voice-based IVI tasks (10 model systems, + control no IVI):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 (3) number dialling tasks, - 2 (3) contact calling tasks, - 4 radio tuning tasks <p>10 2015 model year vehicles/systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buick LaCrosse: IntelliLink, - Chevy Equinox: MyLink, - Chevy Malibu: MyLink, - Chrysler 200c: Uconnect, - Ford Taurus: Sync MyFord Touch, - Hyundai Sonata: Blue Link, - Mazda 6: Connect, 	<p>Cognitive workload:</p> <ul style="list-style-type: none"> - DRT: Detection Response Task: RT, Hit rate, MANOVA (both), residual costs (off-task performance) - subjective workload NASA TLX: 6 scales - Subjective: Intuitiveness and Complexity (21-point scale) - Video analysis: Task Completion Time (task mean), Glance Location (% to 3 drive relevant areas), Practice Frequency (number of voice interactions during 5 days practice) 	<p>The cognitive workload during IVI interaction was found to be moderate to high, averaging 3.34 on a 5-point scale and ranged from 2.37 to 4.57 (associated with system intuitiveness and complexity and interaction completion time).</p> <p>There were significant differences among the IVI systems: Chevy Equinox had the lowest rating on the cognitive workload scale and Mazda 6 system had the highest rating. The</p>	<p>-</p> <p>Distraction matrix (1 single task to 5 Ospan):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chevy Equinox 2.37 (sign more than single task) - Buick Lacrosse 2.43 (sign) - Toyota 4Runner 2.86 - Ford Taurus 3.09 (sign) - Chevy Malibu 3.39 - VW Passat 3.46 - Nissan Altima 3.71 - Hyundai Sonata 3.77 - Chrysler 200c 3.77 (sign) - Mazda 6 4.57 (sign lower than Ospan) 	

<p>Foundation for Traffic Safety.</p>	<p>for DRT: on- and off-IVI task) - Session: within-subjects factor (1-pre practice first day, 2-post-5d practice) Conditions counterbalanced in each session</p>	<p>calculation: only when “on” the IVI)</p>		<p>- Nissan Altima: NissanConnect, - Toyota 4Runner: Entune, - Volkswagen Passat: Car-Net</p>		<p>cognitive workload ratings are associated with the IVI and not the operation of the vehicle. Robust, intuitive systems with lower levels of complexity and shorter task durations tend to have lower cognitive workload than more rigid, error-prone, time-consuming ones. The workload experienced on IVI tasks by older drivers was significantly greater than that experienced by younger drivers (doubled difference compared to single task). Practice did not eliminate the interference from IVI interactions. There were long-lasting residual costs after the IVI interactions had terminated (DRT RT after IVI task: up to 27s to reach baseline single task level)</p>	<p>Main effects and interactions (IA): - DRT MANOVA, RT and Hit rate: age***, condition***, session***; IA: condition x age*** (costs of IVI interactions greater for older adults than for younger adults: ST age-difference 18.2%; IVI age-difference 29.7%); x vehicle** (significant differences according to vehicle model), x session*** (effects of practice bigger in IVI task than in single-task) NASA: vehicle*, condition***, session***; IA: condition x age***, x vehicle***, x session***; session x vehicle*, x age x vehicle* Significant differences in (best Chevy Equinox; worst: Mazda 6) Intuitiveness: vehicle**; Complexity: Age*** (older more), vehicle*** (best Chevy Equinox; worst: Mazda 6) Task completion time: Vehicle*** (Nissan > Mazda, VW > rest); IA: age x condition** (older longer on IVI tasks than younger) Glance location: location***; IA location x condition*** (IVI tasks lead to decrease of glance time to mirrors and forward road, and increase to dashboard)</p>
---------------------------------------	--	---	--	---	--	---	---

Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety
<p>(4) Strayer, D.L., Cooper, J.M., Goethe, R.M., McCarty, M.M., Getty, D. & Biondi, F. (2017) Visual and Cognitive Demands of Using In-Vehicle Infotainment Systems. Department of Psychology School of Social and Behavioral Science University of Utah Salt Lake City. ©2017, AAA Foundation for Traffic Safety .</p> <p>(+ FS)</p>	<p>Within & between subject design: evaluation of IVI task/mode during on-road driving</p> <p>7 (tasks: 3 benchmark tasks and 4 IVI task types x 3 IVI interaction modes</p> <p>Benchmark tasks:</p> <ul style="list-style-type: none"> - single task (no IVI) - high demand cognitive task (autifive/vocal) - high demand visual task (visual/manual) <p>RQ:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) which task types are most distracting and what are the sources of distraction (e.g., visual/manual vs. cognitive)? 2) what is the workload associated with different modes of IVI interaction? 3) Comparison of IVI interactions supported by different OEMs to determine the bases for any differences in the workload associated with their use 	<p>Calculation of integrated, standardized metrics for direct workload comparison of tasks, modes and vehicle</p> <p>Linear mixed effects models</p>	<p>N120 (age 21-36)</p>	<p>4 IVI tasks and 3 interaction modes (30 model systems, + control no IVI):</p> <ul style="list-style-type: none"> - calling or dialling; - text messaging; - tuning the radio; - programming navigation <p>Interaction modes: voice-commands, center stack display, controls in the center console</p> <p>30 model year 2017 vehicles</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2017 Audi Q7 3.0T Premium Plus - 2017 Cadillac XT5 Luxury - 2017 Chevrolet Equinox LT - 2017 Chevrolet Traverse LT - 2017 Chrysler 300C - 2017 Dodge Durango GT - 2017 Dodge Ram 1500 Express - 2017 Ford F-250 XLT - 2017 Ford Fusion Titanium - 2017 Ford Mustang GT Premium Convertible - 2017 GMC Yukon SLT - 2017 Honda Civic Touring - 2017 Honda Ridgeline RTL-E - 2017 Hyundai Santa Fe Sport - 2017 Hyundai Sonata Base - 2017 Infiniti Q50 3.0t Premium - 2017 Jeep Compass Sport 	<p>Visual/Cognitive distraction:</p> <ul style="list-style-type: none"> - DRT- Detection Response Task: RT, accuracy - NASA subjective workload - GPS data - Video recordings – glances <p>Completion time task</p>	<p>- Navigation is most demanding task. Texting has a significantly higher overall demand than tuning the radio and calling/dialling. All tasks were associated with higher levels of cognitive (manual) demand</p> <p>- Radio tuning and navigation led to higher levels of visual (eyes off road) demand than calling/dialling and text messaging.</p> <p>- Text messaging and navigation led to significantly longer task completion times than tuning the radio and calling/dialling</p> <p>- large differences between vehicles: 23 vehicles: high or very high levels of overall load; 7: moderate levels; None: low overall demand</p> <p>- All interaction modes produced very high overall demand on drivers (higher than the high demand benchmark): center stack (e.g., touch screen, knobs/button built into the dashboard) less demanding than voice commands, less demanding than center</p>	<p>-</p> <p>Overall demand predicted by</p> <ul style="list-style-type: none"> - task type *** : audio, calling/dialling < (high demand reference) < texting << navigation - modality ** : (high demand ref) < central stack < auditory vocal < central console - task type x modality *** : ° Central stack: texting, calling/dialling < audio (ref) << navigation ° Auditory vocal: audio < calling/dialling < (ref) << texting < navigation ° Center console: (ref) < texting, audio, calling/dialling < navigation - Vehicle *** : 7 models sign. below ref < 11 on ref level < 12 sign above ref

Practice frequency: practiced item *** (music > contact call > dialling)

Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety
<p>(5) Strayer, D.L., Cooper, J.M., McCarty, M.M., Getty, D.J., Wheatley, C.L., Motzkus, C.J., Mackenzie, K.L., Loveless, S.M., Esplin, J., Goethe, R.M. & Biondi, F. (2018) Visual and Cognitive Demands of Using Apple's CarPlay, Google's Android Auto and Five Different OEM Infotainment Systems. University of Utah ©2018, AAA Foundation for Traffic Safety</p>	<p>Experiment: 5 (Vehicle) x 3 (System) x 4 (Task Type) x 2 (Mode of Interaction) factorial design with 24 participants evaluated in each of the Vehicle x Interaction cells of the factorial.</p> <p>Evaluation during on-road driving. Three benchmark trials:</p> <ul style="list-style-type: none"> - single-task baseline condition (no IVI) - highly demanding cognitive task (N-back) - highly demanding visual task (in-vehicle display, SuRT) <p>Research questions:</p>	<p>Objective and subjective measures were gathered both during and after each drive to generate demand scores</p> <p>Linear mixed effects analyses were performed. In the analyses Task Type, Mode of Interaction, Task Type x Mode of Interaction, and Vehicle were entered independently. The number of vehicles driven by each participant was entered as a fixed effect while Participant, Vehicle, Mode of Interaction</p>	<p>64 licensed drivers ages 21 to 36 (24 tested in each vehicle)</p>	<p>4 IVI tasks, 2 interaction modes (5 models systems vs. CarPlay and Android Auto; + control)</p> <p>4 tasks include:</p> <ul style="list-style-type: none"> - calling/dialling, - sending a text message, - programming audio entertainment - programming navigation <p>Modes: (each vehicle offered up to 2 modes)</p> <ul style="list-style-type: none"> - auditory-vocal commands, - centre stack display: touchscreens, and other interactive technologies: e.g., buttons, dial <p>5 model year 2017–2018 vehicles:</p>	<p>Visual and cognitive demands</p> <ul style="list-style-type: none"> - Detection Response Task (DRT, ISO 7488) : RT, Hit rate - NASA TLX subjective workload - Task Completion Time 	<p>- CarPlay & Android Auto were less demanding than native IVI for the tasks employed (overall moderate level of demand vs. native: very high)</p> <ul style="list-style-type: none"> - CarPlay: lower overall demand than Android Auto for sending text messages. - Android Auto: lower overall demand than CarPlay for programming navigation and much less demanding than native - Visual demand with CarPlay and Android Auto was lower for both auditory/vocal and center stack interactions than native IVI - For CarPlay, nominally lower demand levels with 	<p>-</p> <ul style="list-style-type: none"> - Overall demand of auditory/vocal interactions was lower in the current study which may be attributable to the superior auditory/vocal interface of Android Auto (as well as that of CarPlay, though to a lesser extent), when compared with the native OEM systems - Overall demand with CarPlay and Android Auto did not differ and both were significantly below the high demand referent - Both systems have different strengths and weaknesses; some task types are less demanding with one system than they are with another

	<ul style="list-style-type: none"> - How demanding are Apple's CarPlay® and Google's Android Auto® in comparison with built-in (native) IVI (5 OEM IVI). - How demanding are these systems when performing different tasks? - What level of demand is associated with different interaction modes ? - How does the demand vary across different types of vehicles? 	and Task Type were entered as random effects.		2017 Honda Ridgeline RTL-E (HondaLink) 2017 Ford Mustang GT (SYNC3) 2018 Chevrolet Silverado LT (MyLink) 2018 Kia Optima (UVO) 2018 Ram 1500 Laramie (Uconnect)		center stack interactions than auditory/vocal. <ul style="list-style-type: none"> - For Android Auto, lower demand levels with auditory/vocal interactions than for center stack. - 2 of the 5 native IVI had very high levels of overall demand; 3 had moderately high levels. - For CarPlay and Android Auto: 3 vehicles had overall high levels of overall demand; 2 had moderate levels. - CarPlay and Android Auto varied in overall demand when they were deployed in different vehicles. 	<ul style="list-style-type: none"> - The hybrid systems vary in demand when they are deployed in different vehicles. - CarPlay and Android Auto provided more functionality, although both incurred moderately high levels of demand, thus providing opportunities to improve the user experience.
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety
(6) Cooper, J.M., Wheatley, C.L., McCarty, M.M., Motzkus, C.J., Lopes, C.L., Erickson, G.G., Baucom, B.R.W. & Strayer, D.L. (2019) Age-Related Differences in the Cognitive, Visual and Temporal Demands of In-Vehicle Information Systems. University of Utah. ©2019, AAA Foundation for Traffic Safety	Experiment: 2 (Age Cohort) x 6 (Vehicle) x 4 (Task Type) x 3 (Mode of Interaction) factorial with 24 participants evaluated in each cell of the factorial. Evaluation during on-road driving . Three benchmark trials: <ul style="list-style-type: none"> - single-task baseline condition (no IVI) - highly demanding cognitive task (N-back) - highly demanding visual task (in-vehicle display, SuRT) 	Linear mixed effects analyses were performed. Models containing the Age Cohort, Task Type, Mode of Interaction, and Vehicle factors were entered as fixed effects with Participant entered as a random effect. To evaluate main effects, these models were sequentially compared with models where the effect in question was removed. Interactions between conditions were analyzed through the	N128 divided into two age groups: younger drivers (21-36, M 24.8 yrs), and older drivers (55-75, (M 65.8 yrs).	4 IVI tasks, 2 interaction modes (6 model systems, + control) Tasks: <ul style="list-style-type: none"> - calling/dialling, - sending a text message, - programming music - programming navigation Modes (two offered in each vehicle): <ul style="list-style-type: none"> - auditory vocal commands, - center stack touchscreens or - center console controls Models year 2018. - 2018 Audi A6 Premium (Man and Machine Intersect or MMI)	Visual and cognitive demands <ul style="list-style-type: none"> - Detection Response Task (DRT, ISO 7488) : RT, Hit rate - NASA TLX subjective workload - Task Completion Time - Open end questions : subjective perspective of the experience 	<ul style="list-style-type: none"> - Older drivers took longer to complete IVI tasks; and showed more prolonged task completion times for the navigation task compared to other tasks. - Younger and older drivers completed the music programming and the calling/dialling tasks faster than text messaging or navigation (>24s for both age groups) - Older drivers had higher levels of cognitive and visual demand compared to younger, for both IVI and baseline tasks (more pronounced during IVI). - Calling and dialing and 	- Findings suggest that generalizing driver workload from younger to older drivers may underestimate the workload experienced by older drivers. Systems that meet specific testing criteria when evaluated using younger testers may perform very differently when evaluated using older drivers. Given the consistent performance differences between younger and older drivers when interacting with vehicle technologies, we

	<p>Research questions: - How demanding are different IVI tasks, with different systems, and different modes of interaction for older and younger drivers? - How does the demand for younger/older drivers vary across different types of vehicles?</p>	<p>comparison of models where factors were specified as interactive with models where factors were specified as additive. Pairwise comparisons for each of the analyses are also provided</p>		<ul style="list-style-type: none"> - 2018 Cadillac CT6 Premium Luxury (Custom User Experience or CUE) - 2018 Lincoln Navigator Select L (SYNC 3) - 2018 Mazda CX-5 Grand Touring (Mazda Connect) - 2018 Nissan Pathfinder SL (NissanConnect) - 2018 Volvo XC90 Momentum – Custom Packages (Sensus Connect) 		<p>text messaging felt less demanding than navigation and music programming (older felt all IVI interactions more demanding than younger). - Auditory/vocal commands took the longest to complete, followed by center console controls; center stack interactions were shortest. - Voice commands were felt as less demanding than center options. - Older drivers generally slower to complete tasks (all modes). - Visual demand higher for older drivers (all modes) compared to younger (more than in single task and high-demand benchmark) - Task completion times and visual demand varied considerably across vehicle type. - Age-related differences in subjective workload was dependent on the vehicle.</p>	<p>recommend that future testing give higher priority to evaluating older users. Systems that are usable by older adults will also be usable by younger adults, but the converse may not always be the case</p> <p>Older drivers may benefit from interface designs that promote their continued visual attention on or near the forward roadway (e.g., careful placement and implementation of physical controls and dials, screen placement closer to their forward vision, effective use of voice controls, etc.)</p>
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety
(7) Lee, J. D., Roberts, S. C., Hoffman, J. D., & Angell, L. S. (2012). Scrolling and Driving: How an MP3 Player and Its Aftermarket Controller Affect	The aim of this study was to assess how scrolling through playlists on an MP3 player or its aftermarket controller affects driving performance and to	A mixed linear model with participant as a repeated measure was used, and post hoc comparisons were performed using SAS 9.1 and R 2.11.1. An Interface (two levels) x In-Vehicle Task (five	N = 50 (18 – 25Y; 21 female, 29 male). Both in-vehicle task and roadway	IVI-list scrolling (2 tools, 3 list lengths, + control) Task had five levels - no task (control condition) , - MP3 song selection (scrolling) from short (7 to 12 songs), medium (21 to 30 songs), or	Driving, task initiation time, eye-tracking measures - Driving performance: standard deviation of lane position, speed variability (root mean square speed), and bicycle detection (d', sensitivity).	Searching through long playlists (580 songs) resulted in poor driving performance and required more long glances (longer than 2s) to the device compared with other playlist lengths.	0 / - Scrolling through short playlists (7 to 12 songs) does not differ from the no-task condition and radio-tuning. Long list scrolling has negative effects on driving and visual attention.

<p>Driving Performance and Visual Behavior. Human Factors, 54, 250-263.</p>	<p>examine how drivers adapt device use to driving demands.</p> <p>Participants searched for songs in playlists of varying lengths using either an MP3 player or an aftermarket controller while negotiating road segments with traffic and construction in a medium-fidelity driving simulator. Roadway demand consisted of baseline, traffic, and construction sections.</p> <p>The scroll lengths were chosen to ensure that the short playlist tasks required little to no scrolling, the medium playlist task required one full scroll, and the long playlist task required multiple scrolls.</p>	<p>levels) × Demand Timing (three levels) ANOVA model was analyzed for each of the dependent variables.</p> <p>The traffic and construction sections were analyzed separately, given that the two sections imposed substantially different demands.</p> <p>All post hoc comparisons were carried out using t-tests</p>	<p>demand were counterbalanced across participants.</p>	<p>long playlist (100 to 130 songs) to find the target song; - radio tuning task.</p> <p>Tools: - A 30-GB, fifth-generation iPod with color screen was mounted in a cradle on the center instrument stack. The MP3 player featured momentum scrolling; that is, the scrolling speed is dictated by how fast the user gestures.</p> <p>- An aftermarket controller designed for the MP3 player (Harman/Kardon Drive + Play) displayed menu information on a small screen and had a separate controller that duplicated the functionality of the MP3 player. The controller featured proportional scrolling; that is, when the user commanded maximum scrolling, the playlist was advanced at a rate proportional to the playlist length. The aftermarket display was mounted on the dash in the same location as the MP3 player, and the controller was located at the end of the participants' reach when their right arm was resting at their side.</p>	<p>- Task initiation time - Eye movement metrics: number of glances and glance duration</p> <p>All measures were calculated for the roadway sections associated with each of the 16 periods in which the in-vehicle tasks were performed. Driving performance measures were also calculated in the no-task drive whereby each of the in-vehicle tasks was performed as matched by roadway location.</p>	<p>The aftermarket controller also led to more long glances compared with the MP3 player.</p> <p>Drivers did not adequately adapt their behavior to roadway demand, as evident in their degraded driving performance.</p> <p>No significant performance differences were found between short playlists, the radio-tuning task, and the no-task condition.</p>	<p>Selecting songs from long playlists undermined driving performance, and drivers did not sufficiently adapt their use of the device to the roadway demands.</p> <p>The aftermarket controller degraded rather than enhanced performance.</p> <p>Infotainment systems should support drivers in managing distraction. Aftermarket controllers can have the unintended effect of making devices carried into the car less compatible with driving.</p>
<p>Author(s), Year</p>	<p>Sample and study design</p>	<p>Method of analysis</p>	<p>Sample (+N)</p>	<p>Infotainment tool (+model, interaction modality)</p>	<p>Outcome Indicator</p>	<p>Main result</p>	<p>Effect on road safety</p>
<p>(8) Mitsopoulos-Rubens, E., Trotter, M. J., & Lenné, M. G. (2011). Effects on driving performance of interacting with an</p>	<p>In the current study, the layout of information on a visual display was manipulated to explore its effect on driving performance</p>	<p>The data for each of the measures were analysed, in the first instance, using either analysis of variance (ANOVA) or t-tests. In every case, statistical</p>	<p>N = 30 (24 – 55y; 15 females, 15 males).</p>	<p>1 visual-manual IVI task (3 visual display lay-outs; + control)</p> <p>Task: music selection through manual manipulation of the controls on a custom-built</p>	<p>Driving, workload, IVI task performance, cognitive task measures</p> <p>- Driving performance: mean speed, mean lane deviation,</p>	<p>Concurrent completion of the music selection task with driving resulted in significant impairment to lateral driving performance (mean lane</p>	<p>-</p> <p>General negative effect of the IVI (music selection on visual display), independent of lay-out</p> <p>Interaction with the in-vehicle fixed music player</p>

<p>in-vehicle music player: A comparison of three interface layout concepts for information presentation. Applied Ergonomics, 42, 583-591.</p>	<p>in the context of music selection.</p> <p>Three layout concepts for music selection were examined.</p> <p>The comparative effects of an auditory verbal (cognitive) task were also explored.</p> <p>Driving performance was assessed under both baseline control condition and dual task conditions using the Lane Change Test.</p>	<p>significance was defined as $p < 0.05$. If appropriate, a significant ANOVA result was followed with post hoc tests. Bonferroni Adjustment was applied to control for potential Type I errors due to multiple comparisons.</p>		<p>model of the in-vehicle centre stack, including a replica of the radio fascia, of a current Australian passenger vehicle. The relative positioning of the display (dimensions: width 14.5 cm; height 7.5 cm) with the steering wheel in the experimental set-up corresponded with that in the actual vehicle.</p> <p>Lay-out: music information is arranged as a hierarchical menu, in which available options for selection are increasingly restricted and refined as users progress through the structure. The critical difference between the three concepts is the way in which information is presented visually on the IVI display.</p>	<p>Percentage correct lane changes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Subjective workload (NASA TLX: Hart & Staveland, 1988) - Music selection task performance: mean completion time - Cognitive task: performance: Reaction time (refers to the elapsed time from presentation of the item to detection of a vocal response). 	<p>deviation and percentage of correct lane changes) relative to the baseline, and significantly greater mean lane deviation relative to the combined driving and the cognitive task condition. The magnitude of these effects on driving performance was independent of layout concept, although significant differences in subjective workload estimates and performance on the music selection task across layout concepts highlights that potential uncertainty regarding design use as conveyed through layout concept could be disadvantageous.</p>	<p>prototype was associated with significantly impaired driving performance as measured using the LCT. Despite generally higher subjective workload estimates and reduced music selection performance when participants interacted with the Modified Fisheye concept, driving performance was unaffected by layout concept.</p>	
<p>Author(s), Year</p>	<p>Sample and study design</p>	<p>Method of analysis</p>	<p>Sample (+N)</p>	<p>Infotainment tool (+model, interaction modality)</p>	<p>Outcome Indicator</p>	<p>Main result</p>	<p>Effect on road safety</p>	
<p>(9) Platten, F., Millicic, N., Schwalm, M., & Krems, J. (2013). Using an infotainment system while driving – A continuous analysis of behavior adaptations. Transportation Research Part F, 21, 103–112.</p>	<p>This study aimed to investigate how drivers adapt and effectively regulate their behavior according to the demands of the driving situation.</p> <p>Participants performed a simulated driving task while using an IVI</p> <p>This study used a between-subject design: secondary task</p>	<p>A MANOVA was carried out with the factors cue (situations with a presented cue versus situations without a cue), different types of situations (the four different types of situations described above) and secondary task (using the infotainment system (n = 18) versus baseline (n = 20); no repeated measurement).</p>	<p>N = 38 (20-60y; 8 female, 30 male)</p> <p>20 subjects baseline group;</p> <p>18 subjects experimental (IVI) group</p>	<p>IVI visual-manual tasks (4 driving situations; + control)</p> <p>Tasks: e.g.</p> <ul style="list-style-type: none"> - making a phone call or - changing an audio track <p>The secondary task was presented on a standard TFT display which was positioned at the upper middle section of the dashboard (following the “30 degree norm”).</p> <p>For the operation of the secondary task two buttons and a turning knob (for list</p>	<p>Driving, IVI task behaviour metrics</p> <p>Driving behavior: maximal deceleration, time span until the maximal deceleration, integral of the maximal deceleration, (4) mean acceleration and (5) mean driving speed.</p> <p>Operational behavior in the secondary tasks: averaged activity per second (number of inputs, counted by button pushes).</p>	<p>It was found that the driving failures did not significantly depend on group membership (with and without a secondary task). The same amounts of driving failures were made in the two groups with and without operating an infotainment system while driving. It can be assumed that the reason for this was that drivers were free to intermit the usage of the infotainment system in this study.</p>	<p>0</p>	<p>As shown in this study, drivers are often able to handle hazardous situations even if they are using an infotainment system.</p>

	<p>group and baseline group (no secondary task).</p> <p>In the secondary (IVI) task group, a task (e.g. making a phone call or changing an audio track) had to be performed in hazardous situations and in other phases of the driving course to avoid that operating a task is learned as an indicator of a critical situation.</p>			<p>scrolling) on the steering wheel were used</p>		<p>Drivers interrupted their secondary task depending on the point in time when they attained information about the development of the situation. Therefore drivers adapted their behavior successfully to requirements of hazardous situations.</p>		
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
<p>(10) Tardieu, J., Misdariis, N., Langlois, S., Gaillard, P., & Lemercier, C. (2015). Sonification of in-vehicle interface reduces gaze movements under dual-task condition. Applied Ergonomics, 50, 41-49.</p>	<p>Sonification of hierarchical menus (such as those found in most ICIS) is examined in this paper as one possible solution to reduce gaze movements towards the visual display. In a dual task experiment in the laboratory, 46 participants were requested to prioritize a primary task (a continuous target detection task) and to simultaneously navigate in a realistic mock-up of an ICIS, either sonified or not.</p>		<p>N = 46 (20 – 30y; 39 female, 7 male)</p>	<p>IVI task (hierarchical menu navigation) with vs. without sonification (+ control)</p> <p>The two tasks were implemented on a desktop PC and displayed on a 34 cm x 27 cm monitor with a resolution of 1280 x 1024 pixels and a refresh rate of 60 Hz. According to the Renault engineering department, the dimensions of both tasks proportionally reproduced what is usually found in a car.</p>	<p>Target detection task, IVI task completion, eye-tracking metric</p> <ul style="list-style-type: none"> - Primary task: reaction time to detect the visual target; - Secondary task: Time to reach the requested item; Number of browsed items before the participant found the requested item. - Gaze data: Time spent in each area of the two areas of interest T1 and T2 respectively the primary task window and the secondary task window; Number of gaze saccades, i.e., number of times the eyes moved to the secondary task window. 	<p>Results indicated that sonification significantly increased the time spent looking at the primary task, and significantly decreased the number and the duration of gaze saccades towards the ICIS. In other words, the sonified ICIS could be used nearly exclusively by ear. On the other hand, the reaction times in the primary task were increased in both silent and sonified conditions</p>	-	<p>IVI with sonification better than silent</p> <p>This study suggests that sonification of secondary tasks while driving could improve the driver's visual attention of the driving scene.</p>

<p>(11) Reimer, B. & Mehler, B. (2013). The effects of a production level “voice-command” interface on driver behaviour: summary findings on reported workload, physiology, visual attention, and driving performance. MIT AgeLab White Paper No. 2013-18A. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.</p>	<p>This report summarizes key results of an on-road (highway) driving study where drivers were engaged in a number of tasks with a production version, in-vehicle voice-command system.</p> <p>Participants carried out a manual radio tuning reference task (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006) and three levels of an audio-presentation / verbal response delayed digit recall task (n-back) that is known to produce graded levels of cognitive demand.</p> <p>Each IVI task was presented twice to compare identical tasks using the visual-manual interface and voice interface for the same functional activity in the same vehicle (all tasks in counterbalanced order, except phone tasks).</p>		<p>N = 60, equally distributed across both genders and two age groups (20-29 and 60-69).</p>	<p>Voice-based vs. visual-manual IVI tasks (reference task: manual radio tuning, cognitive task)</p> <p>IVI (secondary) tasks: - Voice control of the radio, - Music selection from a connected MP3 device, and - Voice dialing of a stored phone number - Voice entry of a full street address into a navigation system (of particular interest, since manual entry of addresses into navigation devices while underway is generally recognized as being highly visual-manually demanding).</p> <p>Model: 2010 Lincoln MKS with factory installed voice-command systems (Ford SYNC™ for voice control of the phone and media connected by USB and the “next-generation navigation system” with Sirius Travel Link)</p>	<p>Driving performance, workload, physiological arousal, visual attention metrics</p>	<p>Physiological arousal during the voice tasks was comparable or lower than that observed during the more difficult level of manual radio tuning task as measured by skin conductance and heart rate, respectively.</p> <p>Perhaps most notable was the identification of a high level of visual demand / engagement during selected tasks, such as the use of the voice-command interface for entering addresses into the navigation system.</p> <p>It also appeared that different age / gender groupings tended to interact with the voice system in different ways.</p>	<p>-</p>	<p>Voice-command better than manual</p> <p>These findings highlight that implementations of voice interfaces can be highly multi-modal and are not necessarily free of visual-manual demands on attentional resources.</p> <p>If one were to apply the current National Highway Transportation Safety Administration (NHTSA) visual-manual distraction guidelines to the tasks assessed, a number of “voice” interactions would not meet the total off-road glance time criteria of the guidelines. It is clear that visual demand needs to be considered in the design of multi-modal voice interfaces.</p>
<p>Author(s), Year</p>	<p>Sample and study design</p>	<p>Method of analysis</p>	<p>Sample (+N)</p>	<p>Infotainment tool (+model, interaction modality)</p>	<p>Outcome Indicator</p>	<p>Main result</p>	<p>Effect on road safety</p>	
<p>(12) Kidd, D. G., Dobres, J., Reagan, I., Mehler, B., &</p>	<p>This study compared the pass/fail conclusions from</p>	<p>Compare the visual metrics obtained in the study with those</p>	<p>Data were used from</p>	<p>4 IVI tasks (2 interaction modes: voice-based and visual-manual; 2 model</p>	<p>Visual metrics</p>	<p>This study found that the two task evaluation approaches led to similar</p>	<p>-</p>	<p>Interestingly, the manual radio tuning task failed to pass both sets of</p>

<p>Reimer, B. (2017). Considering Visual-manual tasks Performed During Highway Driving in the Context of Two Different sets of Guidelines for Embedded in-vehicle Electronic Systems. Transportation Research part F, 47, 23-33.</p>	<p>applying the two guidelines developed by The Alliance of Automobile Manufacturers and the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) to help developers of embedded in-vehicle systems minimize the visual demand placed on a driver interacting with the visual-manual interface of the system.</p> <p>Participants had to perform a number of secondary tasks while on-road highway driving.</p>	<p>stated in the NHTSA and Alliance guidelines to see whether performance on the task meets the NHTSA and/or Alliance guidelines pass/fail conclusions.</p>	<p>Mehler et al. (2015). N = 24 (45 – 69y; 12 female, 12 male) A subset of 24 participants was randomly selected from the original data.</p>	<p>systems; comparison against baseline guidelines)</p> <ul style="list-style-type: none"> - calling a contact associated with a single telephone number (easy contact calling), - calling a contact associated with multiple telephone numbers requiring additional input (hard contact calling), - tuning the radio to a new station using a radio preset button - manually tuning the radio to a new station on a different frequency band - Chevrolet MyLink system (2013 Chevrolet Equinox) - Volvo Sensus (Volvo XC60) 	<p>Eye-glances (coded from video recordings of the driver’s face following ISO standards (ISO 15007–1 2002; ISO 15007–2 2001)</p> <p>Three visual glance metrics were calculated for each task trial: (1) mean off-road glance duration, (2) percentage of the participant’s off-road glances that were longer than 2 s, and (3) the total duration of off-road glances.</p>	<p>pass/fail conclusions when applied to four visual-manual tasks performed during highway driving.</p> <p>However, the visual demands of highway driving likely are different from the visual demands of the driving situations in both guidelines. Drivers often change their glance behavior or vehicle speed to cope with the visual demands of the roadway environment, and these behavioral changes may influence the consistency of pass/fail conclusions across roadway environments.</p>	<p>guidelines, even though the organizations used it as a reference task for setting acceptable levels of visual demand. Perhaps this indicates that radios have become more difficult to tune than the ones that provided the basis for the guidelines; however, naturalistic driving studies have not indicated increased risk from tuning more modern radios</p>
<p>Author(s), Year</p>	<p>Sample and study design</p>	<p>Method of analysis</p>	<p>Sample (+N)</p>	<p>Infotainment tool (+model, interaction modality)</p>	<p>Outcome Indicator</p>	<p>Main result</p>	<p>Effect on road safety</p>
<p>(13) Mehler, B., Kidd, D., Reimer, B., Reagan, I., Dobres, J., & McCartt A. (2015). Multi-modal Assessment of On-road Demand of Voice and Manual Phone Calling and Voice Navigation Entry Across Two Embedded Vehicle Systems. Ergonomics, 59, 344-367.</p>	<p>A comparison was made between the Chevrolet MyLink and the Volvo Sensus systems. Participants had to perform a number of secondary tasks while on-road driving on a highway, either using a smartphone or the vehicle-embedded system.</p> <p>Groups were gender- and age-balanced samples which were</p>	<p>Non-parametric statistics such as the Wilcoxon signed rank test and the Friedman test were used (similar to the t-test and repeated-measures ANOVA, respectively).</p> <p>For multi-factorial analyses, repeated-measures ANOVA by ranks were used.</p>	<p>N = 80 (20 – 69y; 40 female, 40 male) Chevrolet : N = 40 Volvo: N = 40</p>	<p>2 IVI tasks, voice-based vs. manual mode (2 model voice-based systems vs. smartphone; + control)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chevrolet MyLink system (2013 Chevrolet Equinox) - Volvo Sensus (Volvo XC60) - Voice-based commands and Visual-manual interaction <p>Secondary tasks: - calling a phone contact and - entering an address into the navigation system</p>	<p>Driving, task completion time eye-tracking, physiological, workload measures</p> <ul style="list-style-type: none"> - Driving: Speed, Standard deviation of speed. steering wheel reversal rates. - Secondary task: task completion time. - Eye-metrics: Eye glances (coded from video recordings of the driver’s face following ISO standards (ISO 15007–1 2002; ISO 15007–2 2001), 	<p>When calling a phone contact, both voice systems reduced visual demand relative to the visual-manual interfaces, with reductions for drivers in the Equinox being greater. The Equinox ‘one-shot’ voice command showed advantages during contact calling but had significantly higher error rates than Sensus during destination address entry. For both secondary tasks,</p>	<p>-</p> <p>Voice-based commands better than visual-manual</p> <p>A properly designed and used interface can significantly reduce eyes-off-road time and thus increase safety, although neither of the interfaces studied here entirely eliminated visual demand.</p>

	<p>istributed across the Chevrolet and Volvo vehicles.</p> <p>Within each vehicle group, random assignment was made to either an 'embedded vehicle system' or a 'smartphone' first condition.</p> <p>Within each condition, random assignment determined whether voice-based or manual phone calling was presented first.</p>				<p>- Physiological (indices of workload): heart rate, skin conductance, using EKG.</p> <p>- Subjective workload NASA TLX (Hart & Staveland, 1988)</p>	<p>neither voice interface entirely eliminated visual demand.</p>		
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
<p>(14) Kim, H., & Song, H. (2014). Evaluation of the safety and usability of touch gestures in operating in-vehicle information systems with visual occlusion. Applied Ergonomics, 45, 789-798.</p>	<p>Experiment to verify the applicability of touch gestures in the operation of IVI from the viewpoints of both driving safety and usability.</p> <p>The participants performed the touch operations (scrolling through a list, moving a map, and zooming in/out of a map) using the two devices under visually occluded situations (with and without shutter glasses), which is a well-known technique for estimating load of</p>	<p>MannWhitney U tests was used to analyse task completion time.</p> <p>Touch gestures were analyzed with the TEMPLO motion analysis software (CONTEMPLAS GmbH, Germany) The wrist bending angles while operating the IVI using touch gestures were analyzed with the TEMPLO motion analysis software (CONTEMPLAS GmbH, Germany) after the participants' wrists were video-recorded</p>	<p>N = 16 (20-59y; 8 female, 8 male)</p> <p>Two gender-balanced age groups (20-39 and 40-59).</p>	<p>4 IVI operations, 4 touch-gestured interaction modes (comparison baseline: simple tapping)</p> <p>Tasks:</p> <ul style="list-style-type: none"> - scrolling through a list, - moving a map, and - zooming in/out of a map <p>Touch gestures:</p> <ul style="list-style-type: none"> - flicking, - panning, and - pinching were used; <p>- the SK EnNavi only allowed tapping touch gestures</p> <p>Tools:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apple iPad (9.7 inch tablet; Apple, USA) - EnNavi (7 inch navigation system; SK M&C, Korea) 	<p>- Visual attention load: R value (occlusion coefficient). If the R value is greater than or close to 1, it indicates that a high level of visual attention while driving can be required to operate the IVI.</p> <p>- task completion time: total sum of the time taken to complete each task of scrolling through a list, moving a map, and zooming in/out of a map.</p> <p>- Unit operation time: the average time taken per operation.</p> <p>- Minimum wrist bending angle (up/down, left/right): The wrist bending angles of each participant were measured ten times at</p>	<p>In scrolling through a list, the flicking gestures required more time than the tapping gestures. Interestingly, both the flicking and simple tapping gestures required slightly higher visual attention.</p> <p>In moving a map, the average time taken per operation and the visual attention load required for the panning gestures did not differ from those of the simple tapping gestures that are used in existing car navigation systems.</p>	<p>NA (0/-)</p>	<p>Panning gesture no negative effect; pinching not appropriate while driving</p> <p>It was found that the panning gesture is the only touch gesture that can be used without negative consequences when operating IVI while driving.</p> <p>The flicking gesture is likely to be used if the screen moving speed is slower or if the car is in heavy traffic.</p> <p>However, the pinching gesture is not an appropriate method of</p>

	visual attention while driving.	using the two camcorders located at the upper and right sides of the participants.			random points in the recorded video and then the minimum angle of these was defined as the minimum wrist bending angle. - all participants were asked to evaluate the workload using the 7 scale NASA task load index (TLX). Furthermore, the touch gestures that the participants used were observed and recorded during the experiment. - subjective : After all tasks the participants were interviewed about the necessity of the flicking, panning, and pinching gestures. They were asked whether operating IVI with each type of touch gestures were more valuable than those with simple tapping operations.	In zooming in/out of a map, the average time taken per pinching gesture was similar to that of the tapping gesture but required higher visual attention. Moreover, pinching gestures at a display angle of 75 degrees required that the participants severely bend their wrists. Because the display angles of many car navigation systems tends to be more than 75 degrees, pinching gestures can cause severe fatigue on users' wrists.		operating IVI while driving in the various scenarios examined in this study.
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
(15) Peng, Y., & Boyle, L. N. (2015). Driver's adaptive glance behaviour to in-vehicle information systems. Accident Analysis and Prevention, 85, 93–101.	This study examined the adaptive behaviour of drivers as they engaged with in-vehicle devices over time and in varying driving situations in a multi-day simulator study. Participants engaged in 6 different text entry and reading tasks while driving in	Cluster analysis was used to categorize drivers based on their risk levels and random coefficient models were used to assess changes in drivers' eye glance behaviour and driving performance.	N = 28 (< 30 y, 14 female, 14 male) Within-subjects design; Half of the participants randomly selected to perform the traffic trials first to	6 IVI tasks (2 traffic conditions) Tasks - 3 Text Entry: short (4 characters), medium (6 characters), long (12 characters) Participants entered a word using a 7" touchscreen display that was mounted about 10" to the right of the steering wheel.	Glance behaviour maximum eyes-off-road time in seconds (MaxEOR), proportion of EOR time (PropEOR). Summary statistics are also provided for the number, proportion, and total duration of EOR that exceeds 2 s (LongEOR, Prop LongEOR, Total LongEOR)	Glance duration significantly increased over time while drivers were performing text entry tasks but not for text reading tasks. High-risk drivers had longer maximum eyes-off-road when performing long text entry tasks compared to low-risk drivers, and this	-	This study suggests that drivers may exhibit negative behavioural adaptation as they become more comfortable with using in-vehicle technologies over time. Results of this paper may provide guidance for the design of in-vehicle devices that adapt based on the context of the situation.

	two different traffic conditions (with and without traffic in both directions).		minimize order effects.	- 3 Text reading: short (20–40 characters), medium (60–80 characters), and long (120–140 characters) For the text reading tasks, they were asked to read a non-scrolling phrase using the same screen.		difference increased over time. The traffic condition also had a significant impact on drivers’ glance behaviour.		
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
(16) Perez, M. A. (2012). Safety implications of infotainment system use in naturalistic driving. Work, 41, 4200-4204.	This study examined the naturalistic usage of several advanced infotainment systems and whether usage was associated with changes in near crash occurrence and with changes in driving behaviour. Participants drove a vehicle equipped with a high-functionality infotainment system for a period of approximately 4 weeks: naturalistic driving study.	Four video views were multiplexed into one video stream for observation and analysis by trained reductionists. Identification of potential crash and near crash events was achieved by overlaying the vehicle performance data against vehicle kinematics signatures. Trained data analysts then watched the video for any potential (near) crash events and assessed their validity. Valid events were subjected to additional data coding (driver behaviors and eye glance patterns). Eye glance coding: 10 seconds before and 5 seconds after the start and end of the event (allowed for the analysis of complete initial and final glances).	N = 17 (27 – 57y, 9 female, 8 male)	2 IVI model systems The experimental vehicles were instrumented with aftermarket infotainment systems : - 2002 Cadillac STS with a Clarion VRX755VD system with 7” touchscreen; - 2005 Ford Crown Victoria with a Pioneer AVIC-N2 system with 7” touchscreen	ND DAS (IVI audio, 4 video positions, driving), eye-glance metrics The data acquisition system collected audio (from the infotainment system), video, and driving performance data continuously, triggered on the ignition signal. The digital video was collected from four different video cameras positioned to show the driver’s face, a view over the driver’s shoulder, the forward driving scene, and a close-up view of the infotainment system. The eye glance metrics that were analyzed included: - Number of glances - Average glance durations - Total glance durations - Glance rate - Percent of glances based on frequency and duration - Total eyes-off-road time - Percent total eyes-off-road time	Little association was found with near crashes: 5 of 46 near crash events observed in the dataset exhibited infotainment system use. Drivers involved in infotainment system use during near crashes, however, did exhibit distinct glance behaviors, generally suggesting lower levels of awareness about their driving environment.	0	The advanced infotainment systems studied in this dataset were present in some near crashes, but their presence was not pervasive.

Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
<p>(17) Perez, M. A., Angell, L. S., & Hankey, J. M. (2015). Assessment of Naturalistic Use Patterns of Advanced Infotainment Systems. Human Factors, 57, 674–688.</p>	<p>This study examined naturalistic usage of infotainment systems to assess use characteristics and patterns in order to understand how challenging different tasks are and how frequently they occur during driving.</p> <p>Participants drove a vehicle equipped with a high-functionality infotainment system for a period of approximately 4 weeks: naturalistic driving study</p>	<p>Given the relatively small dataset, results are presented mainly in terms of frequency counts. T-tests were used to assess statistically significant differences in eye glance patterns.</p> <p>Four video views were multiplexed into one video stream for later observation and analysis by trained reductionists.</p>	<p>N = 17 (27 - 57y, 9 female, 8 male)</p>	<p>2 IVI model systems</p> <p>The experimental vehicles were instrumented with aftermarket infotainment systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2002 Cadillac STS: Clarion VRX755VD system with 7" touchscreen; - 2005 Ford Crown Victoria: Pioneer AVIC-N2 system with 7" touchscreen 	<p>ND DAS (IVI audio, 4 video positions, driving), IVI task, eye-glance metrics</p> <p>The data acquisition system collected audio (from the infotainment system), video, and driving performance data continuously, triggered on the ignition signal. The digital video was collected from four different video cameras positioned to show the driver's face, a view over the driver's shoulder, the forward driving scene, and a close-up view of the infotainment system.</p> <p>IVI task:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Percentage of time spent listening to a particular infotainment system function - Operation rate per hour of driving time - Operation duration - Distribution of interactions: classified by System, Function, Interaction Type, or combinations 	<p>The median participant interacted with the IVI systems once every 4 hours (90th percentile: 6.1 interactions/hr). More than 50% of these interactions involved adjusting the volume. Although there were a few lengthy interactions, the median duration was 2.2s (90th percentile: 24.6s), which required measurable visual involvement when compared to a matched baseline. The median total eyes-off-road time across interactions was 1s (90th percentile: 11.4 s) and differed significantly across type of system interaction. Longer interactions tended to occur when the vehicle was stationary.</p>	<p>0</p>	<p>The naturalistic data revealed that drivers managed their interactions with these infotainment systems in a strategic way, on average, keeping most operations and interactions short and infrequent.</p> <p>More than 90% of the multi-step interactions took 24.6 s or less to complete, with 50% taking 2.2 s or less. Mean total eyes-off-road time fell below 10 s for all interactions</p> <p>Participants used the infotainment systems regularly, spending most of their time in the study (99%) listening to an entertainment function.</p> <p>There was a measurable visual load required for visual-manual interactions with these infotainment systems. Compared to baseline observations,</p>

					<ul style="list-style-type: none"> - Interaction rate: per hour of driving time - Interaction duration <p>The eye glance metrics:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Number of glances - Average glance durations - Total glance durations - Glance rate - % of glances based on frequency and duration - Total eyes-off-road time - % total eyes-off-road time 			<p>drivers directed 28.5 more glances per minute to the interface while completing interactions with the infotainment system. These glances lasted 0.8s longer.</p>
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
(18) Graichen, L., Graichen, M., & Krems, J. F. (2019). Evaluation of Gesture-Based In-Vehicle Interaction: User Experience and the Potential to Reduce Driver Distraction. Human Factors.	This study observed the effects of in-vehicle system gesture-based interaction versus touch-based interaction on driver distraction and user experience while on-road motorway driving .	Analysis of variance (ANOVA) for factorial repeated measures was used.	N = 36 (19-35y, 31 female, 5 male). A 2x2x2 repeated measures design was used. touch/gesture x easy/complex x highway/city)	Touch vs. gesture based IVI tasks (no control) A 10" tablet (Acer IconiaTab W501P) was mounted on the center console . The tablet was connected to a gesture recognition device (Leap Motion).	Distraction: Subjective data, such as acceptance and workload , and objective data, including glance behavior, were gathered.	Participants rated their subjective impressions of safe driving as higher when using gesture-based interaction. More specifically, acceptance and attractiveness were higher, and workload was lower. The participants performed significantly fewer glances to the display and the glances were much shorter .	NA	Gesture-based interaction better than touch-based Gestures are a positive alternative for in-vehicle interaction since effects on driver distraction are less significant when compared to touch-based interaction.
(19) Kim, H., Kwon. S., Heo. J., Lee, H., & Chung, M. K. (2014). The Effect of Touch-key Size on the Usability of In-vehicle Information Systems and Driving Safety During Simulated Driving. Applied Ergonomics, 45, 379-388.	This study investigated the effect of touch-key size on usability of In-Vehicle Information Systems (IVI) with respect to safety issues through a driving simulation . Participants entered 5-digit numbers with various touch-key	An ANOVA was performed for the dependent variables regarding the usability of IVI (Table 1). For the significant main effects, a Student NewmanKeuls (SNK) test was conducted as a post-hoc analysis. For the significant	N = 30 (22-38y; 7 female, 23 male)	Touch-key IVI (5 sizes; no control) Windows XP Professional OS, a 17-inch LCD touch-screen monitor (dwcom17s, Digital Window Communication) with a resolution of 1280 1024 and a dot pitch of 0.264 mm	Driving, eye-tracking, usability, subjective parameters Driving: Standard deviation of lane position, speed variation, Visual: total glance time, mean glance time, mean time	Both the driving safety and the usability of the IVI increased as the touch-key size increased up to a certain size (17.5 mm in this study). In general, the usability of IVI increased as SIZE increased and SPEED decreased.	NA	Touch-key size ≤ 17,5mm better than < 17,5mm

	sizes (5 sizes: 7.5 mm, 12.5 mm, 17.5 mm, 22.5 mm, and 27.5 mm) while performing simulated driving at three speeds: 0 km/h; highway 100 km/h and midpoint of the two states 50 km/h	interaction, a simple effect test was conducted.			between glances, mean number of glances, Usability of IVI (task completion time), error rate, Subjective preference NASA-TLX workload			
Author(s), Year	Sample and study design	Method of analysis	Sample (+N)	Infotainment tool (+model, interaction modality)	Outcome Indicator	Main result	Effect on road safety	
(20) Larsson, P., & Niemand, M. (2015). Using Sound to Reduce Visual Distraction from In-vehicle Human–Machine Interfaces. <i>Traffic Injury Prevention</i> , 16, 25–30.	Study to investigate whether adding sound to an in-vehicle user interface could provide the support necessary to create a significant reduction in glances toward a visual display when browsing menus. Participants performed 6 different interface tasks while driving along a highway route in a driver simulator .	A 3 × 6 within-group factorial design was employed with sound (no sound, earcons, spearcons) and task (6 different task types) as factors. Separate analyses of variance (ANOVAs) were conducted for different eye glance measures and self-rated driving performance.	N = 14 (36 – 59y)	6 IVI tasks, 2 visual-manual interaction modes, 2 sound concepts (no control) 6 tasks: - Search for a song, - Call a contact, - Find message in fleet system, - Search measurement data, - Find message on washer fluid, - Find reset command. 2 displays: - located to the right in the instrument cluster (driver display, DD), operated with buttons on the steering wheel, - located in the dashboard to the right of the steering wheel (secondary display, SD), operated with buttons below the display. Two sound concepts developed and studied: - spearcons (time-compressed speech sounds) and - earcons (musical sounds).	Eye-tracking, subjective driving performance Eye glances and corresponding measures were recorded using a head-mounted eye tracker. Participants’ self-assessed driving performance was also collected after each task with a 10-point scale ranging from 1 = very bad to 10 = very good.	It was found that the added spearcon sounds significantly reduced total glance time as well as number of glances while retaining task time as compared to the baseline (= no sound) condition (total glance time M = 4.15 for spearcons vs. M = 7.56 for baseline, p = .03). The earcon sounds did not result in such distraction-reducing effects. Furthermore, participants ratings of their driving performance were statistically significantly higher in the spearcon conditions compared to the baseline and earcon conditions (M = 7.08 vs. M = 6.05 and M = 5.99 respectively, p = .035 and p = .002).	NA	Speech sounds better effect than music sounds The spearcon sounds seem to efficiently reduce visual distraction, whereas the earcon sounds did not reduce distraction measures or increase subjective driving performance.
(21) Jung, T., Kaß, C., Zapf, D., & Hecht, H. (2018). Effectiveness and	The aim of this driving simulator study was to examine the influence of lockouts	We analysed the data via a mixed design 3 (lockout condition) x 6	N = 26 (22–57y)	IVI lockouts (6 IVI tasks with 3 lockout modes)	Driving, subjective parameters: Driving:	Driving performance with regard to lateral control was better when the system employed partial	+	Thus, lockout as a distraction mitigation strategy comes at the price of reduced user

<p>user acceptance of infotainment-lockouts: A driving simulator study. Transportation Research Part F, 60, 643–656.</p>	<p>on driving performance and user acceptance.</p> <p>Lockout is a system-initiated distraction mitigation strategy that renders certain features of in-vehicle information systems (IVI) non operable while the vehicle is in motion.</p> <p>Participants performed six tasks with fully unlocked, partially locked, and completely locked IVI. Within a repeated-measures design, we assessed user acceptance.</p>	<p>(sequence) MANOVA with lockout condition as within-subject factor and sequence as between-subject factor and control variable.</p>		<p>We used an 800 Samsung tablet (model SM-T310) with Android operation system (version 4.4.2) for the IVI-software simulation.</p> <p>Touch</p>	<p>Steering wheel reversal rate (SWRR), the rate of lane infringements (LAN) and the standard deviation of lateral position (SDLP) were measures of lateral control, whereas the mean velocity (MV) and the standard deviation of velocity (SDV) represented measures of longitudinal control.</p> <p>Subjective: acceptance questionnaire, perceived usefulness and ease of use.</p>	<p>or complete lockouts as compared to the unlocked system. In contrast, longitudinal control did not benefit from a lockout. User acceptance decreased with an increasing number of disabled system functions while driving.</p>	<p>acceptance. To improve acceptance, one could attempt to make the secondary tasks less attractive (e.g., by public campaigns) rather than prohibit them through lockout.</p>
--	--	---	--	--	---	--	---

