

Bewertung von Fahrerassistenzsystemen von Normalfahrerinnen und -fahrern im Realversuch

Eichberger A.¹, Lex C. ¹, Bliem N. ¹, Sternat A. ¹, Koglbauer I. ²,
Schinko Ch. ³, Battel M. ⁴, Holzinger J.⁵,

¹ Institut für Fahrzeugtechnik, Technische Universität Graz, Österreich

² Brightline Aviation, Graz, Österreich

³ Fraunhofer Austria Research GmbH, Visual Computing, Graz Österreich

⁴ SBW Technology Ltd, Nikosia, Zypern

⁵ AVL List GmbH, Graz Österreich

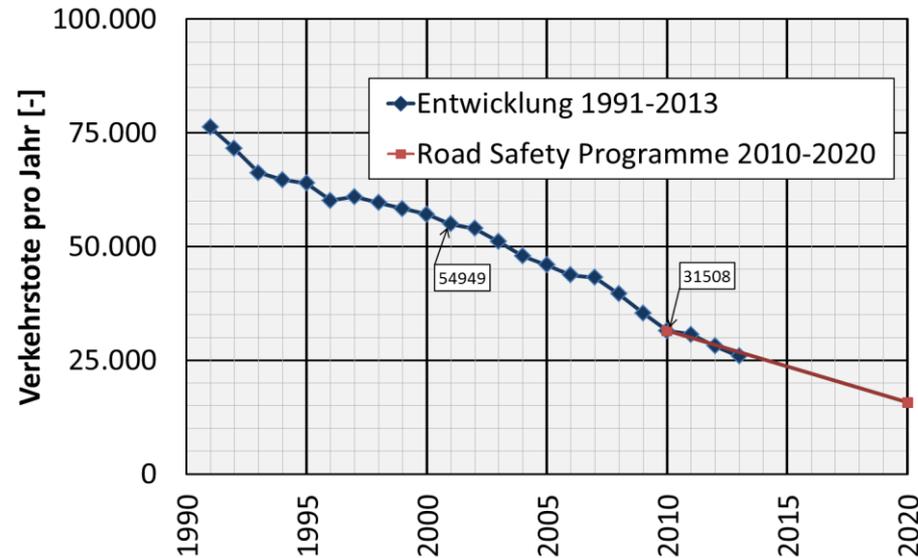
Inhalt

- Motivation: **Verkehrssicherheit** durch Fahrerassistenzsysteme (FAS)
- Hintergrund: **Alters- und geschlechtsspezifische** Unterschiede bei Unfallursachen
- Ziel: **Grundlagenforschung** Fahrerassistenzsysteme (Fahrer- bzw. umgebungsspezifische Einflüsse)
- Methodik: Erprobung im **Realversuch** und **Fahrsimulator**
- Erste Ergebnisse am Notbremsassistent (**AEB**)
- Zusammenfassung

Motivation: Verbesserung der Verkehrssicherheit durch automatisiertes Fahren

Road Safety Programme (2011-2020) mit 7 strategischen Zielen

1. **Verbesserte Sicherheitsmaßnahmen für Fahrzeuge**
2. Sicherere Straßenverkehrsinfrastrukturen
3. Förderung „intelligenter Technologien“
4. Verkehrserziehung, Fahrausbildung
Fahrtraining
5. Bessere Durchsetzung
6. Zielvorgabe für die Zahl der Verletzten im Straßenverkehr
7. Augenmerk auf Motorradfahrer

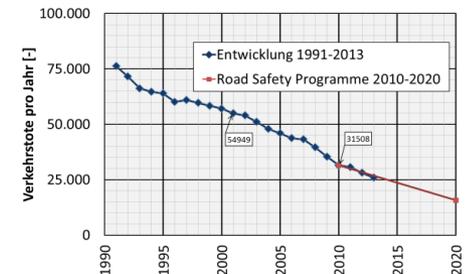


Quelle: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/index_en.htm, März 2014

Verbesserte Sicherheitsmaßnahmen für Fahrzeuge

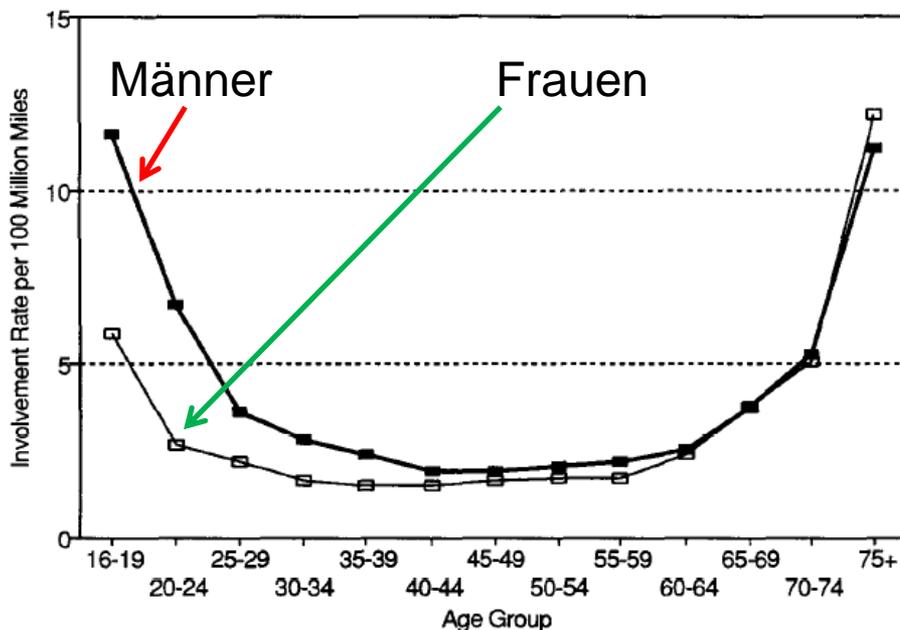
- Obligatorische elektronische **Fahrdynamik-Regelsysteme** (für Pkw, Busse und Lkw)
- Obligatorische **Spurhaltesysteme** (für Lkw und Busse)
- Obligatorische **automatische Notbremssysteme** (für Lkw und Busse)
- Obligatorische **Seat Belt Reminder** (für Pkw und Lkw)
- Obligatorische **Geschwindigkeitsbegrenzer** für leichte Nutzfahrzeuge/Lieferwagen
- Technische Sicherheitsstandards für **Elektrofahrzeuge**
- **Retrofitting** von Fahrerassistenzsysteme, beispielsweise Antikollisionssysteme, (Nutzfahrzeuge und/oder Pkw)
- Technische Maßnahmen für **schwächere** Verkehrsteilnehmer
- Technische **Überwachung** (gegenseitige Anerkennung)

Quelle: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/index_en.htm,
März 2014



→ Zentraler Ansatzpunkt:
Fahrerassistenz/ teilautomatisierte Fahrzeugführung

Alter und Geschlecht bei tödlichen Verkehrsunfällen

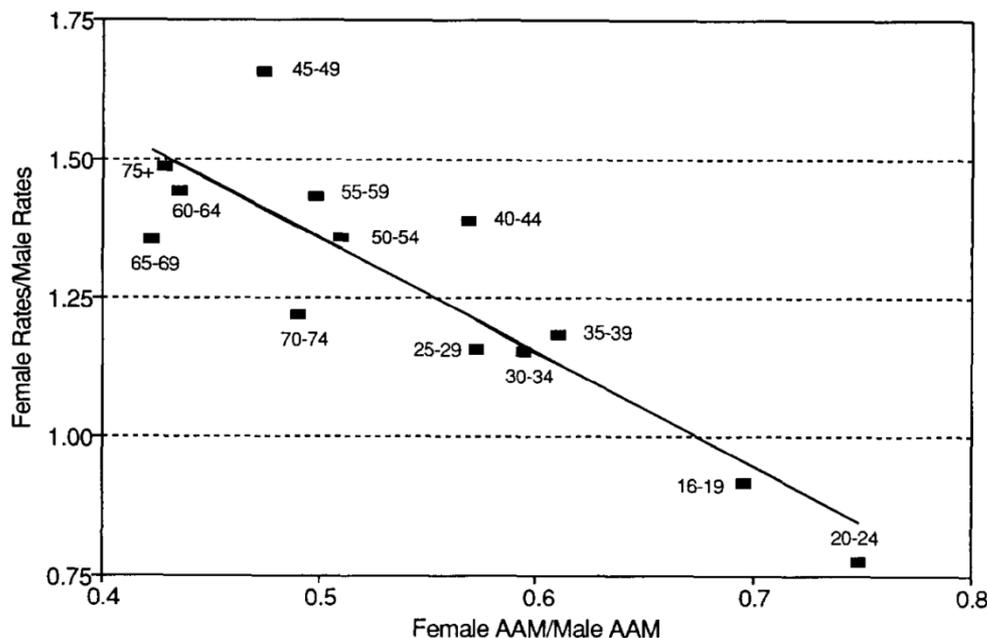


- Bei unter 30- und über 65-Jährigen ist das Unfallrisiko **signifikant** höher
- Absolut gesehen sind **Frauen** an weniger tödlichen Unfällen beteiligt

Beteiligung an tödlichen Verkehrsunfällen von Männern und Frauen pro 100 Millionen gefahrener Kilometer (insgesamt, nicht pro Gruppe) im District of Columbia von März 1990 bis 1991.

Quelle: Massie, Campbell et al. 1995

Alter und Geschlecht bei Verkehrsunfällen mit Personenschaden

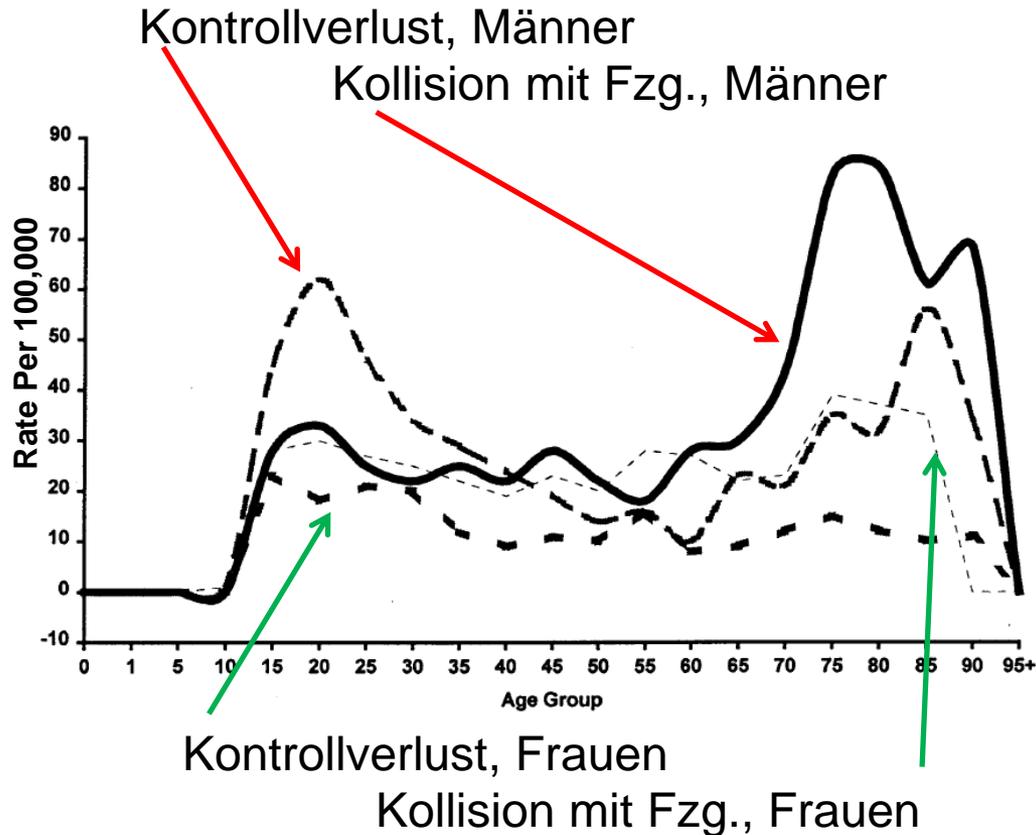


Verhältnis der Beteiligten von Frauen zu Männern bei Unfällen mit Personenschaden in Abhängigkeit des Verhältnisses der mittleren Jahreskilometerleistung (AAM) nach Alter und Geschlecht, District of Columbia (USA) März 1990-1991

- Mit zunehmenden Alter wird die Jahreskilometerleistung von Frauen im Vgl. zu Männern **geringer**
- Relativ gesehen sind Frauen über 25 **häufiger** an Unfällen mit Personenschaden beteiligt als Männer
- Frauen neigen zu signifikant höherer **Selbstregulierung** (Gwyther, Holland 2012)

Quelle: Massie, Campbell et al. 1995

Verteilung Alter und Geschlecht bei Unfallart



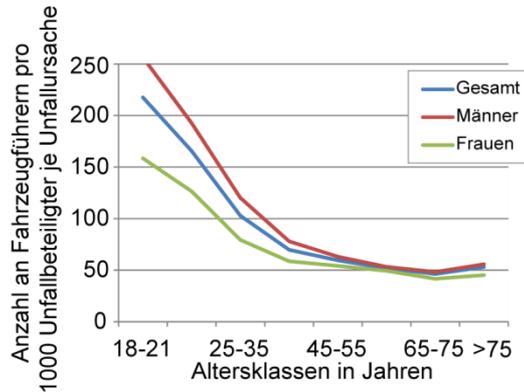
Einlieferungen ins Spital von Fahrern und Fahrerinnen pro 100 000
Einwohner nach Geschlecht und Art des Unfalls, Wisconsin (USA) 1997

Quelle: Tavis, Kuhn et al. 2001

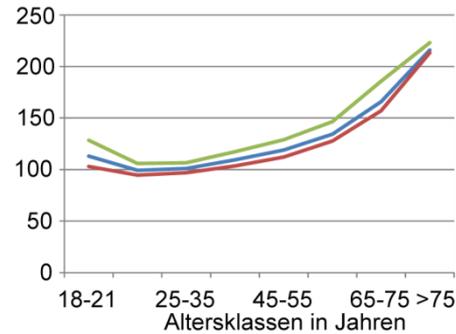
- Unfälle mit **Kontrollverlust** bei männlichen Lenkern über alle Altersklassen und Verletzungsschweren deutlich öfter vor als bei weiblichen
- **Deutlicher** Anstieg vor allem bei sehr jungen und sehr alten Lenkern

Menschliches Fehlverhalten – Hauptunfallursachen

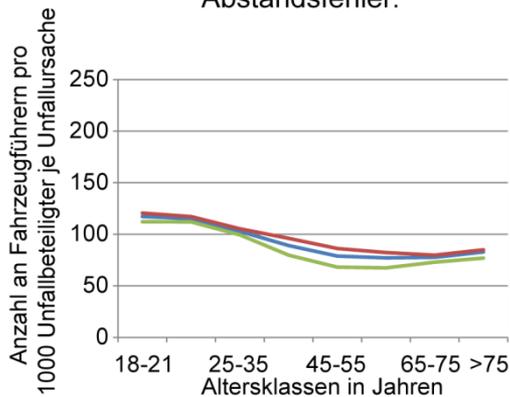
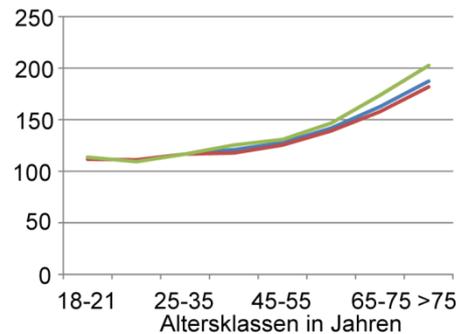
Nicht angepasste Geschwindigkeit:



Vorfahrt-, Vorrangfehler:



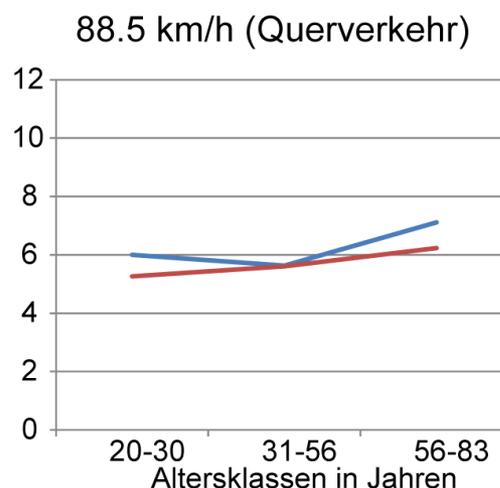
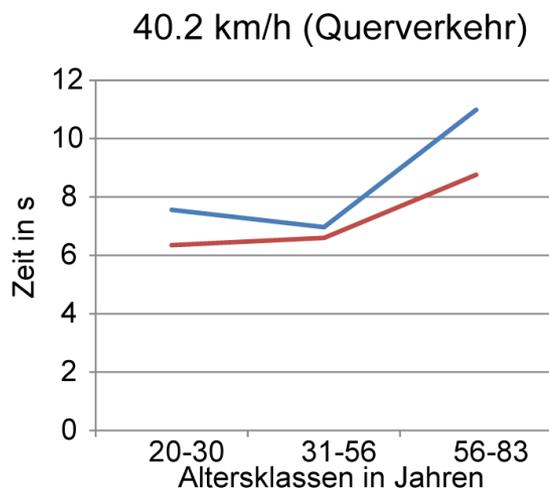
Abstandsfehler:

Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren,
Ein- und Anfahren:

- Nicht angepasste Geschwindigkeit tendenziell bei **jüngeren Männern**
- Unfallrisiko für Vorfahrt- und Vorrangfehler sowie Abbiegen etc. **steigt** mit dem **Alter**
- Unfallrisiko für Vorfahrt- und Vorrangfehler sowie Abbiegen etc. bei **Frauen** etwas höher

Quelle: Auswertung basierend auf
DESTATIS 2012

Einfluss von Alter und Geschlecht auf das Linksabbiegen



- Frauen ordnen sich tendenziell bei **größeren Lücken** in den querenden Fließverkehr
- Je höher die **Geschwindigkeit** der querenden Fahrzeuge, desto eher werden kleine Lücken in Kauf genommen

Quelle: Yan, Radwan et al. 2007

Forschungsfragen im MueGen-Projekt

- Bestehen alters- und geschlechtsspezifische **Unterschiede** im FahrerInnenverhalten in verschiedenen Fahrsituationen ?
- Kann eine **Anpassung** des Systemverhaltens von Fahrerassistenzsystemen (FAS) an das Fahrverhalten der Fahrerinnen und Fahrer Komfort und Sicherheit erhöhen ?

Untersuchungen:

- **Fahringsimulator** Studie
- **Realversuch** (zur Validierung)

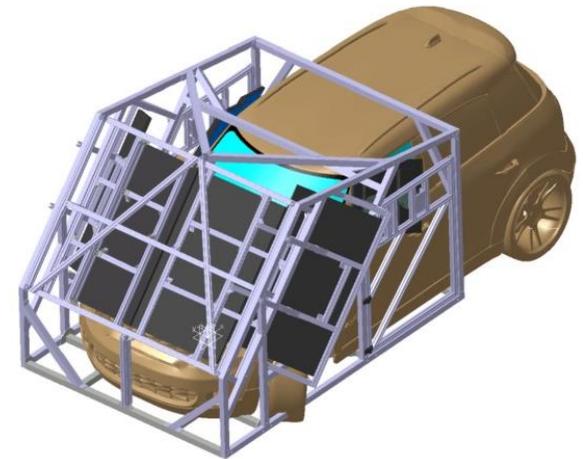
Ausgewählte FAS:

- Automatisierter Notbremsassistent (**AEB**)
- Adaptive Abstandsregelung (**ACC**)

Der Grazer Fahr Simulator Advanced Driving Simulator of Graz (ADSG)

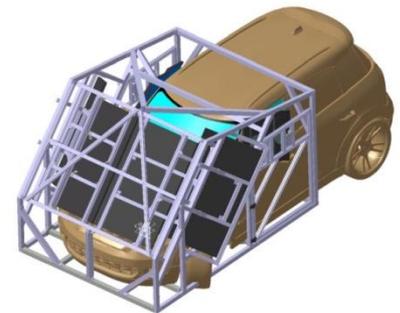
Eigenschaften

- Vollfahrzeug Mini Countryman
- **Autostereoskopische Visualisierung**
- Detaillierte Akustiksimulation
- Detailliertes Force-Feedback
- Integriertes Blickerfassungssystem
- Konfigurierbare Mensch-Maschine Schnittstelle (HMI) für Bedien- und Anzeigeelemente
- Bewegungsplattform konzeptionell vorbereitet



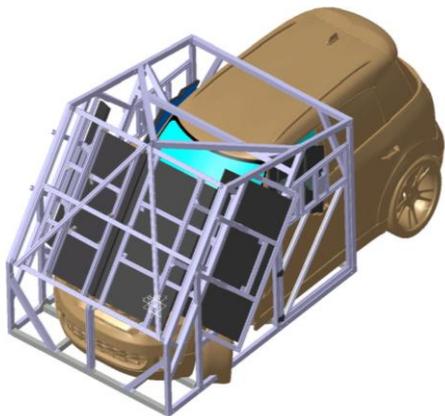
Anwendungen ADSSG

- Gesamtfahrzeug**integration** für Fahrerassistenzsysteme,
- Gewinnung von Daten über das **Fahrerverhalten**,
- Auslegung und Absicherung von akustischen, optischen, haptischen Fahrerwarnungen bzw. –informationen durch das **HMI** (Human-Machine-Interface),
- **Neue** Anwendungen bei Fahrerassistenzsystemen,
- Betriebsstrategien für elektrifizierte und hybride Antriebe,
- Komfort- und Schlechtweguntersuchungen,
- Steer-by-Wire Integration
- ...

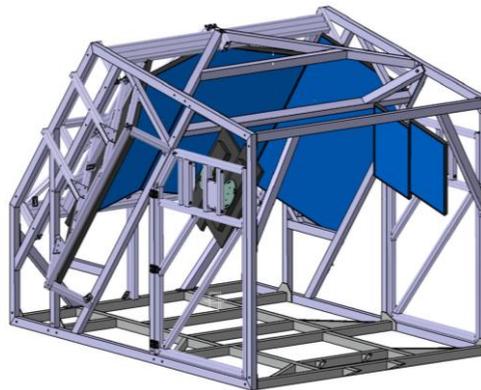


Visualisierung

- Autostereoskope Visualisierung **ohne** 3D Brille durch Parallaxbarriere
- Optimierte Monitoranordnung für maximale Sichtfeldabdeckung (180 Grad)
- Vier 55" LCDs für Windschutzscheibe
- Vier 23" LCDs für Seitenscheiben
- **Integriertes** Eyetracking um Kopfbewegungen zu kompensieren



Gesamtaufbau



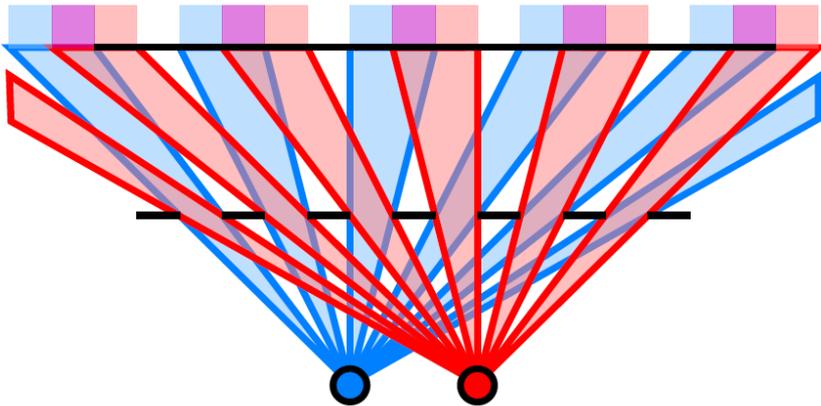
Monitoranordnung



Parallaxbarriere

Parallax Barriere

- Getrennte Bildpunkte für das linke und rechte Auge durch Parallax Barriere Technologie für **3D Effekt**
- Integriertes Eyetracking um die Bilder für wechselnde **Kopfpositionen** anzupassen
- Optimierte Parallax Barriere für jedes Display um die Anzahl der Bildpunkte zu maximieren



Egging, E.; Halm, A.; Fellner, D. W. & Ullrich, T.
Optimization of an Autostereoscopic Display for a Driving Simulator
Proceedings of the International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (GRAPP 2013), 2013, 8, 318-326 .

Die Barriere befindet sich zwischen den Augen (dargestellt in blau und rot) und der Bildmatrix der Monitore. Bestimmte Bildpunkte werden, für jedes Auge verschieden, abgedeckt. Dadurch sind, in optimaler Konfiguration, unterschiedliche Bildpunkte für jedes Auge sichtbar.



Realversuche

Ziel: Subjektive Bewertung von FAS im **Vergleich** mit objektiven Messdaten

Nichtziel: Benchmark eines bestimmten Fahrzeugs

Adaptive Abstandsregelung (ACC)

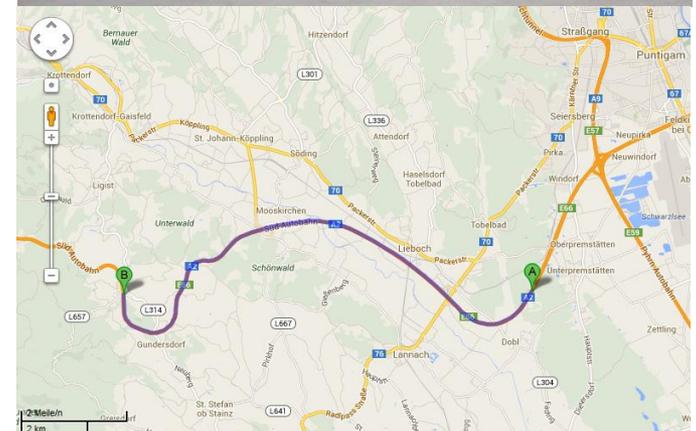
- 10 Männer und 10 Frauen
- Versuchsfahrzeug mit **serienmäßigem Full-Range ACC**
- Durchführung auf einem Teilstück einer österreichischen **Autobahn**

Automatisierter Notbremsassistent (AEB)

- 10 Männer und 10 Frauen
- Versuchsfahrzeug mit serienmäßigem **AEB** (City, Urban, Pedestrian)
- Durchführung auf einer abgeschlossenen **Teststrecke**

ACC Versuche

- **Eigenfahrzeug** mit Full-Range ACC
 - Objektive Messtechnik: Dewetron CAPS
 - Fahrzeugdaten über CAN
- **Zielfahrzeug 1**
 - Dewetron CAPS
 - Fahrzeugdaten über CAN
- **Zielfahrzeug 2** für Einschermanöver
- Dreispurige Autobahn im Großraum Graz



ACC Versuche



AEB Versuche

- Eigenfahrzeug mit **AEB** (City, Urban, Pedestrian)
 - Objektive Messtechnik: Dewetron CAPS
 - Keine Fahrzeugdaten über CAN
- Ziel 1: **Fahrzeug** Weichtarget
 - Euro-NCAP Fahrzeug Target
- Ziel 2: **Fußgänger** Weichtarget
 - 4AE Pedestrian Adult Dummy
- Geschlossene Teststrecke



AEB City Versuche



AEB Pedestrian Versuche



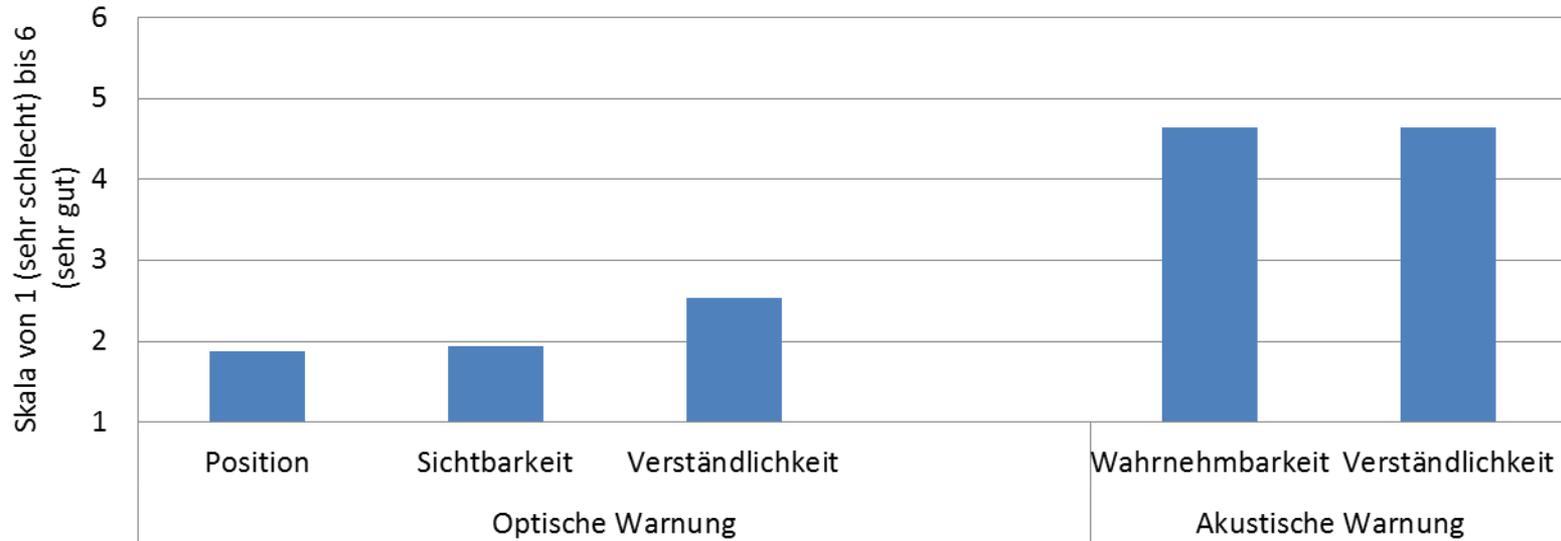
Bewertung des Notbremsassistenten (AEB)

Versuchspersonen:

- 10 Autofahrerinnen, 10 Autofahrer
- Keine signifikanten Genderunterschiede bezüglich Alter, Fahrerfahrung, Fahraktivität

Variable	Geschlecht	Median	Mittelwert	Standard Abweichung
Alter	Weiblich	31	33,50	9,14
	Männlich	32	34,70	7,24
Gesamte Fahrerfahrung (Jahre)	Weiblich	13,50	14,10	7,12
	Männlich	14	16,60	7,01
Fahraktivität des letzten Jahres (Km)	Weiblich	14000	16100	7140,65
	Männlich	20000	19800	10347,30
Fahraktivität in der Stadt (Km)	Weiblich	4975	5619	3028,02
	Männlich	6125	6985	5283,67
Fahraktivität überland (Km)	Weiblich	3750	4614	2556,13
	Männlich	6125	6005	2815,77
Fahraktivität Autobahn (Km)	Weiblich	4550	5867	3830,92
	Männlich	6300	6745	3490,02

Post-Test Bewertung (Beispielhaft: Warnung)



Post-Test Bewertung der Warnung
Skala 1 (sehr schlecht) bis 6 (sehr gut)

Bremmung des Notbremsassistenten beim Fußgänger-Dummy

- **85% Vermeidung** der Kollision mit dem Fußgänger-Dummy
 - Anfahrsgeschwindigkeit $M = 4,82 \text{ m/s}$, $SD = 0,66$
- **Bremmung**
 - **80%** der AutofahrerInnen würden **nicht** wie der AEB reagieren
 - Abstand bei Verzögerungsbeginn: $M = 4,96 \text{ m}$, $SD = 1,83$
 - Bewertung des Zeitpunktes Verzögerung: **55% zu spät**, 45% passend
 - Bewertung der Stärke der Verzögerung: **70% passend**, 20% zu stark, 10% zu schwach
 - Bewertung des Rucks bei Verzögerung: **74% passend**, 5% zu weich, 21% zu ruckartig
 - Mindestabstand zum Fußgänger-Dummy: $M=0,11 \text{ m}$, $SD= 1,42$
 - Bewertung Mindestabstand: **61% zu klein**, 33% passend, 6% zu groß

Bremmung des Notbremsassistenten bei der Fahrzeugattrappe

- **95% Vermeidung der Kollision** mit der Fahrzeugattrappe
 - Anfahrsgeschwindigkeit $M=7,70$ m/s, $SD=0,01$)
- **Bremmung**
 - **75%** der AutofahrerInnen würden **nicht** wie der AEB reagieren
 - Abstand bei Verzögerungsbeginn $M=7,78$ m, $SD=0,53$
 - Bewertung des **Zeitpunktes** der Verzögerung: **65% zu spät**, 35% passend
 - Bewertung der **Stärke** der Verzögerung: **65% passend**, 30% zu stark, 5% zu schwach
 - Bewertung des **Rucks** bei Verzögerung: **65% passend**, 35% zu ruckartig
 - Mindestabstand zur Fahrzeugattrappe ($M=0,41$ m, $SD = 0,97$)
 - Bewertung des **Mindestabstandes** nach Verzögerung: **63% zu klein**, 37% passend

Präventiver Insassenschutz

Definition: Reversibler Gurtstraffer/Sitzverstellung zur Verbesserung der Pre-crash Position des Insassen

- **Fahrzeugattrappe:**
 - 40% wahrgenommen
 - Zeitpunkt und Stärke passend
- **Fußgänger- Dummy:**
 - 35% wahrgenommen,
 - Zeitpunkt und Stärke passend

Akzeptanz des Notbremsassistenten

- **Akzeptanz**
 - **nützlich (65%)**, neutral (25%), kontraproduktiv (10%)
 - **70%** der AutofahrerInnen würden den AEB **nutzen**,
20% nicht sicher, 10% nein, **70% Weiterempfehlung** (30% nein)
- Was **gefällt** an AEB:
 - Akustische Warnung
 - Bremsung im Notfall
 - Kann Leben retten
- Was **stört** an AEB:
 - Fehlerhafte Situationsanalyse
 - Unzuverlässigkeit
 - Späte Bremsung
 - Optische Warnung

Diskussion: Weiterentwicklung Notbremsassistent

- **Präventiver Insassenschutz:** passend
- **Genderunterschiede**
 - **Niedrigere Komfort- und Sicherheitsbewertungen** des AEB bei Frauen als bei Männern
 - Weitere Studien über Genderunterschiede in der Bewertung und Ausführung von Bremsmanövern notwendig (Kiefer et al., 2005)
- **Warnung**
 - **Optimierung der Warnung**, Einstellmöglichkeit
 - Gewünschter früherer Warnzeitpunkt
 - **Schwellenwert** der Warnung (späte Reaktion des Systems mindert falsche Alarme)
 - Vorteile der **imperfekten Automatisierung** für die menschliche Leistung bei einer Verlässlichkeit über 80% (Letho et al., 2000; Xu et al., 2007)
 - **Information der AutofahrerInnen** über die imperfekte Automatisierung notwendig

Diskussion: Weiterentwicklung Notbremsassistent

Bremmung

- **75-80%** AutofahrerInnen würden nicht wie der AEB reagieren
- 55-65% AutofahrerInnen wünschen eine **frühere autonome Bremsreaktion**
- Der **Schwellenwert** der Bremsung (späte Reaktionen mindern falsche Reaktionen)
- Vorteile der imperfekten Automatisierung für die menschliche Leistung bei einer Verlässlichkeit über 80% (Letho et al., 2000; Xu et al., 2007)
- **Information der AutofahrerInnen** über die imperfekte Automatisierung notwendig
- Optimierung durch **Einstellbarkeit** möglich

Zusammenfassung

- Fahrerassistenzsysteme bzw. automatisiertes Fahren steigern **Komfort und Verkehrssicherheit**
- Literatur beschreibt verschiedene alters- und geschlechterspezifische **Unterschiede** bei Unfallursachen
- Forschungsprojekt untersucht **Hypothese**
 - Alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede bei FAS
 - Komfort- und Sicherheitspotentiale bei Anpassung FAS an das Fahrverhalten
- Realversuche: **limitiert** in Zahl Versuchspersonen und Fahrmanöver
- Fahrsimulator: möglichst gute **Simulation** der Realversuche
- Ergebnisse: Realversuche deuten auf
 - Teilweise **geschlechterspezifische** Unterschiede
 - **Erhöhtes Vertrauen und Akzeptanz** in FAS, wenn sich die Eingriff, bzw. Warnstrategie an die Fahrerin bzw. den Fahrer **anpasst**

Ausblick

- Inbetriebnahme des Fahrsimulators
- Wiederholung der Realversuche im Simulator
- Vergleich Realversuche zu Simulatorversuche
- Erhöhte Zahl der Versuchspersonen
- Erhöhte Zahl an Manövern
- Untersuchte Parameter:
 - **Alter**
 - **Geschlecht**
 - **Straßenzustand**
- Damit Grundlage für fahrer- und situationsadaptive Eingriff- und Warnstrategien von FAS

Danke für die Aufmerksamkeit

Bibliographie:

- Destatis, 2012. *Verkehr. Verkehrsunfälle. 2011*. Statistisches Bundesamt Deutschland, Wiesbaden, F8 R7 2080700117004.
- Yan, X., Radwann, E. und Guo, D., 2007. Effects of major-road vehicle speed and driver age and gender on left-turn gap acceptance. *Accident Analysis & Prevention*, (39), S. 843-852.
- Massie, D.L., Campbell, K.L. und Williams, A.F., 1995. Traffic accident involvement rates by driver age and gender. *Accident Analysis & Prevention*, 27(1), S. 73-87.
- Tavris, D.R., Kuhn, E.M. and Layde, P.M., 2001. Age and gender patterns in motor vehicle crash injuries: importance of type of crash and occupant role. *Accident Analysis & Prevention*, (33), S. 167-172.
- Gwyther, H. und Holland, C., 2012. The effect of age, gender and attitudes on selfregulation in driving. *Accident Analysis & Prevention*, 45, S. 19-28.
- Kiefer, R.J., LeBlanc, D.J., & Flannagan, C.A. (2005). Developing an inverse time-to-collision crash alert timing approach based on driver's last-second braking and steering judgements. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 295-303.
- Letho, M.R., Papastavrou, J.D., Ranney, T.A., Simmins, L.A. (2000). An experimental comparison of conservative versus optimal collision avoidance warning system thresholds. *Safety Science*, 36, 185-209.
- Xu, X., Wickens, C., & rantanen, E.M. (2007). Effects of conflict alerting system reliability and task difficulty on pilots' conflict detection with cockpit display of traffic information. *Ergonomics*, 50(1), 112-130.