

Potentiale von aktiven Sicherheitssystemen bei tödlichen Verkehrsunfällen

Dr. Arno Eichberger

Institut für Fahrzeugtechnik, TU Graz

Dr. Ernst Tomasch

Institut für Fahrzeugsicherheit, TU Graz

Inhalt

- Einleitung
 - Institut für Fahrzeugtechnik, TU Graz
 - Motivation
 - Überblick über Methoden zur Effektivitätsbewertung
 - Vielfalt an Systemen der aktiven Sicherheit
- Methodik der RCS TUG Studie
 - Analysemethode und Unfalldatenbank
 - Ausgewählte Systeme
 - Berücksichtigung von Systemen der aktiven Sicherheit
- Überblick über die Ergebnisse
 - Systeme im Vergleich
 - Beste Systeme
 - Kombination von Systemen
- Diskussion
 - Einschränkungen
- Zusammenfassung

Institut für Fahrzeugtechnik [Member of FSI] Technische Universität Graz

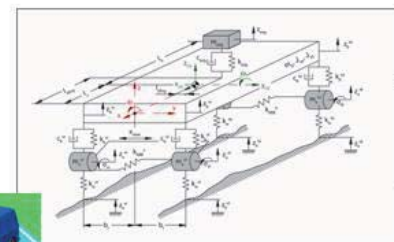
Das Forschungsprogramm des Institutes fokussiert auf:

- Automotive mechatronische Systeme
- CAD und virtuelle Produktentwicklung
- Elektromobilität und alternative Antriebe
- Fahrerassistenz, Fahrdynamik und Fahrwerksentwicklung



Fahrerassistenz, Fahrdynamik und Fahrwerksentwicklung

- Fahrerassistenzsysteme und Integrierte Sicherheit
- Entwicklungsmethoden zur Fahrzeugintegration von Fahrerassistenzsystemen,
- Online Schätzung des Reifen/Fahrbahn Haftbeiwertes,
- Fahrwerks- und Bremsenentwicklung in Simulation und Experiment
- Fahrermodellierung und Fahrdynamiksimulation, Fahrbarkeit
- Effektivitätsanalysen aktiver Sicherheitssysteme (mit VSI)



Fahrdynamiksimulation



FAS Benchmark



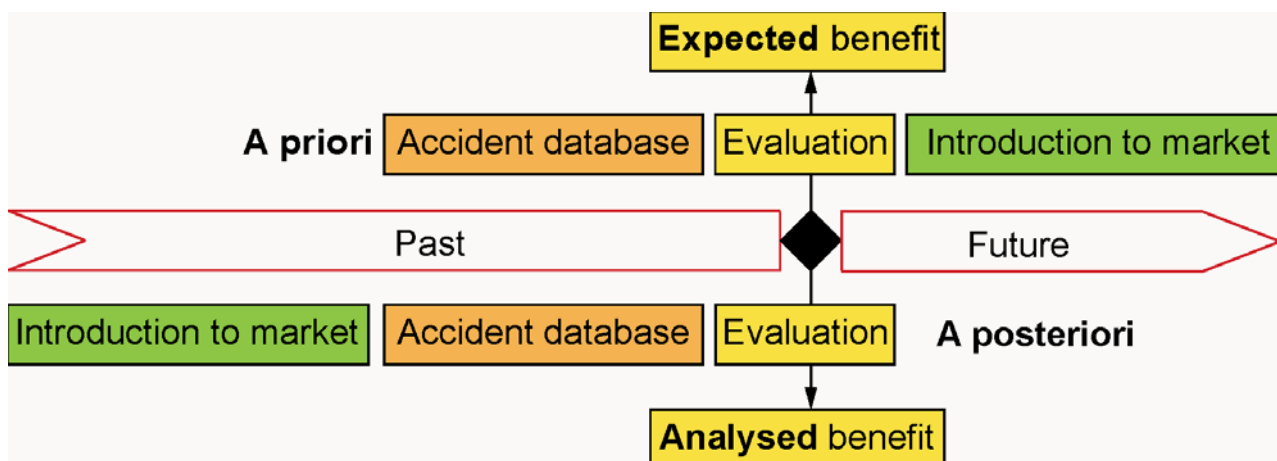
Radaufhängungsprüfstand

Motivation für Effektivitätsanalysen von Systemen der aktiven Sicherheit

- Große Anzahl an Systemen (ca. 160)
 - Vielfältige Unfallhergänge und Ursachen
 - Unzahl an Studien zum Thema Effektivität von Verkehrssicherheitssystemen
 - Vergleichbarkeit ist schwierig
 - Assistenzsysteme sind teuer, häufig mit Aufpreis
 - Kunde bevorzugt Komfortsysteme
- Priorisierung von Systemen um Zahl der Unfälle, Verletzten und Getöteten zu senken
- Gesetzgebung
 - Verbraucherschutz
 - Hersteller
 - Systemlieferanten
 - Endkunde

Methoden für Effektivitätsanalysen aktiver Sicherheitssysteme

- A priori Methoden
- A posteriori Methoden



Quelle: Eichberger et al, 2nd Active Test Workshop 2012

Methoden zur Effektivitätsbewertung

- A priori Methoden
 - Target population times efficiency approach
 - Automatic case-by-case analysis
 - Case-by-case analysis within database
 - Artificial neural networks
 - Decision tree models
- A Posteriori Methoden
 - Comparison between observed and expected numbers of involved vehicles
 - Evaluation of relative crash risk (odds ratio method)

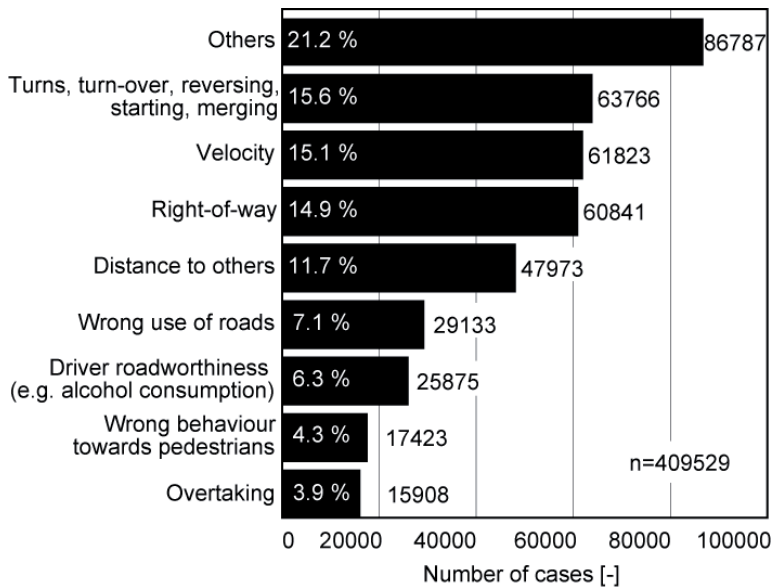
Quelle: V. Karabatsou et al, EU Projekt TRACE, 2006

Vor- und Nachteile

- A priori Methoden
 - + Keine Systementwicklung nötig
 - + Sofortige Untersuchung möglich
 - Annahmen nötig, keine realen Ergebnisse
- A posteriori Methoden
 - + Ergebnisse aus dem realen Feld
 - System muss in der Fahrzeugflotte signifikant vorhanden sein
- Schwierigkeiten aller Methoden:
 - Unterschiede in den Datenbanken, (global oder detailliert)
 - Unterschiede in der Methodik (a priori, a posteriori, ...)
 - Inspektoren (Polizisten, Sachverständige)
 - Gebiet (lokal oder global)
 - Verletzungsschwere
 - Klassifikation der Ursache
 - etc.

Schwierigkeiten
beim Vergleich
von Studien

Vielfältige unfallauslösende Faktoren, viele unterschiedliche Studien

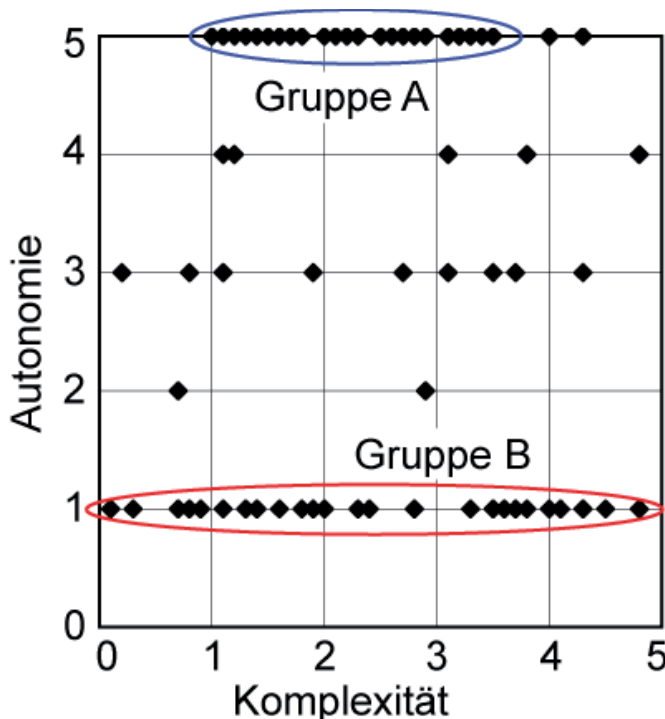


Unterschiede:

- Global oder detailliert
- Inspektoren
- Gebiet
- Verletzungsschwere
- Klassifikation der Ursache
- etc.

Quelle: Statistisches Bundesamt Germany, 2008

Hohe Vielfalt von Systemen



Gruppe A:

Systeme mit hoher Autonomie aber beschränkter Komplexität

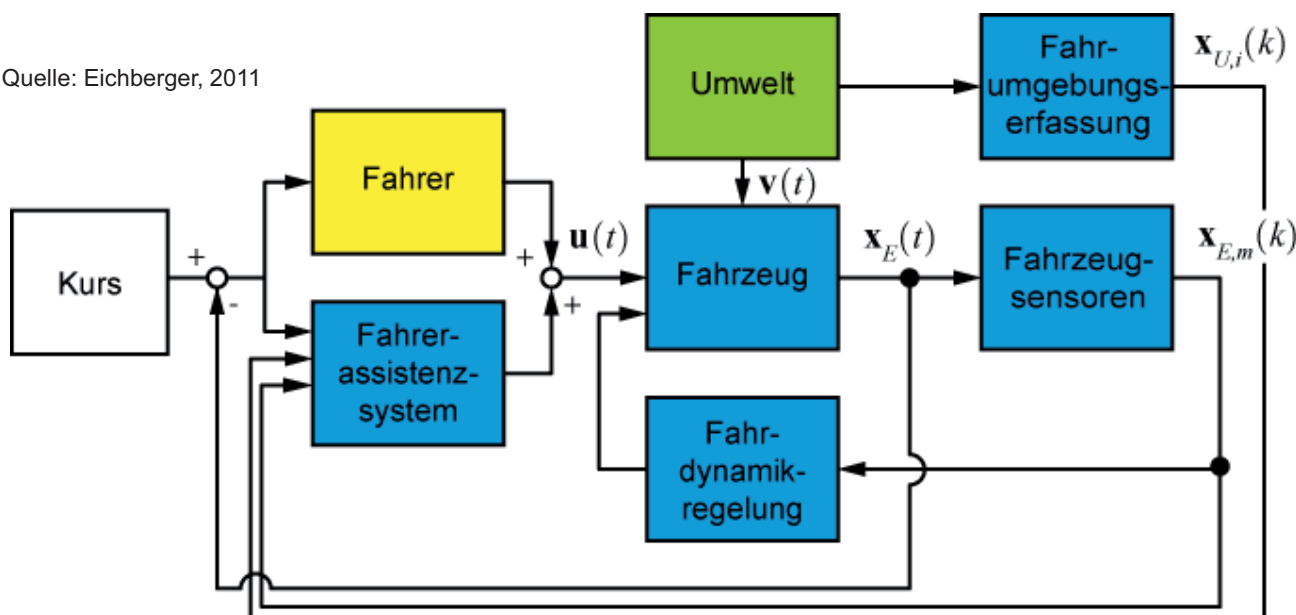
Gruppe B:

Systeme mit geringer Autonomie aber in allen Komplexitätsgraden

Quelle: Eichberger, 2010

System Verkehr

Quelle: Eichberger, 2011



Herausforderung für die Rekonstruktion der Vorkollisionsphase:

- geplanter Kurs des Fahrers
- Fahrerverhalten (Reaktionsvermögen,...)

RCS-TUG study

Retrospective Case Study Technische Universität Graz

- A priori “Case-by-case analysis within database”
- Unfalldatenbank: ZEDATU, tödliche Unfälle in Österreich
- Stichprobe: 514 Fälle (von 848), Jahr 2003
Niedrige Durchsetzung mit FAS (ESC: 2% in Europa¹⁾)
- Verwendete Untermenge: 217 Fälle, ausgewählt durch:
 - Kollisionsphase rekonstruiert durch Experten (mit PC-Crash)
 - Detaillierungsgrad erlaubt dynamische Rekonstruktion der Vorkollisionsphase

¹⁾Quelle: Busch et al, eSafety-Implementation Status Survey 2007, Final report, Munich 2007

Methodik

- Basis: Unfallrekonstruktion der Kollisionsphase
- Rekonstruktion der Vorkollisionsphase
 - Kinematische Rückwärtssimulation aus der Kollisionsposition
 - Optimierung der Vorkollisionsphase durch kinetische Vorwärtssimulation
 - Zeugenaussagen, Reifenspuren, Gutachten, Polizeiberichte
- Berücksichtigung von 43 Systemen
 - Eingreifende Systeme: Gruppe A
 - Warnende, informierende, unterstützende Systems: Gruppe B
- Avoidance A_S : Anzahl verhinderter Kollisionen durch System S
- Potential P_S : Anzahl von Kollision mit möglicher Vermeidung der tödlichen Verletzung durch System S

Beispiel



Quelle: Eichberger, 2010

Fahrer des roten Fahrzeugs verlässt Fahrspur aus ungeklärter Ursache
Nach Einleitung einer Notbremsung auf μ_{split} , schleudert das Fahrzeug
und kollidiert mit blauem Fahrzeug

Beispiel



Quelle: Eichberger, 2010

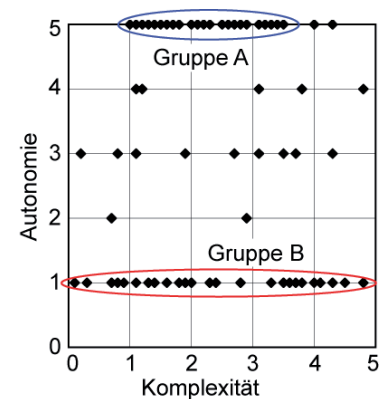
Fahrer des roten Fahrzeugs verlässt Fahrspur aus ungeklärter Ursache
 Nach Einleitung einer Notbremsung auf μ_{split} , schleudert das Fahrzeug
 und kollidiert mit blauem Fahrzeug

Methodik

- Berücksichtigung eingreifender Systeme direkt in der Simulation (Gruppe A)
 - ABS
 - ESC
 - Automatisierter Notbremsassistent (PBA)
 - Ausweichassistent (EMA)

- Avoidance A_S : Anzahl der Fälle mit Kollisionsvermeidung

- Potential P_S : Anzahl der Fälle mit signifikanter Reduktion der Unfallschwere

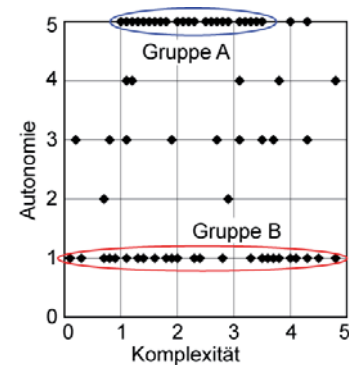


Methodik

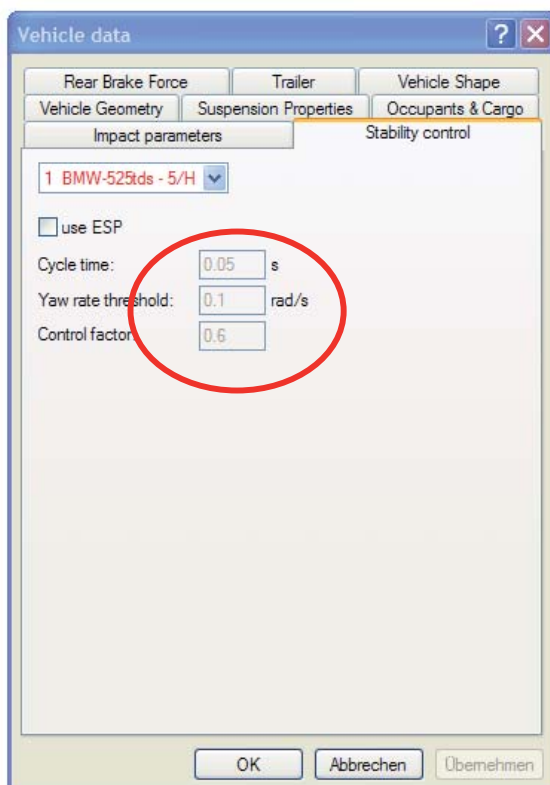
- Warnende, informierende, unterstützende Systeme (Gruppe B):
Subjektive Bewertung von:
„Könnte der Fahrer in einer Weise reagiert haben damit die Kollision vermeiden wird?“
 - Kollisionswarnsysteme
 - Aufmerksamkeitsassistenten
 - etc.

- Avoidance A_S : Vermiedene Unfälle

- Potential P_S : Zahl vermiedener Kollisionen bei entsprechendem Fahrereingriff



Beispiel: ESC

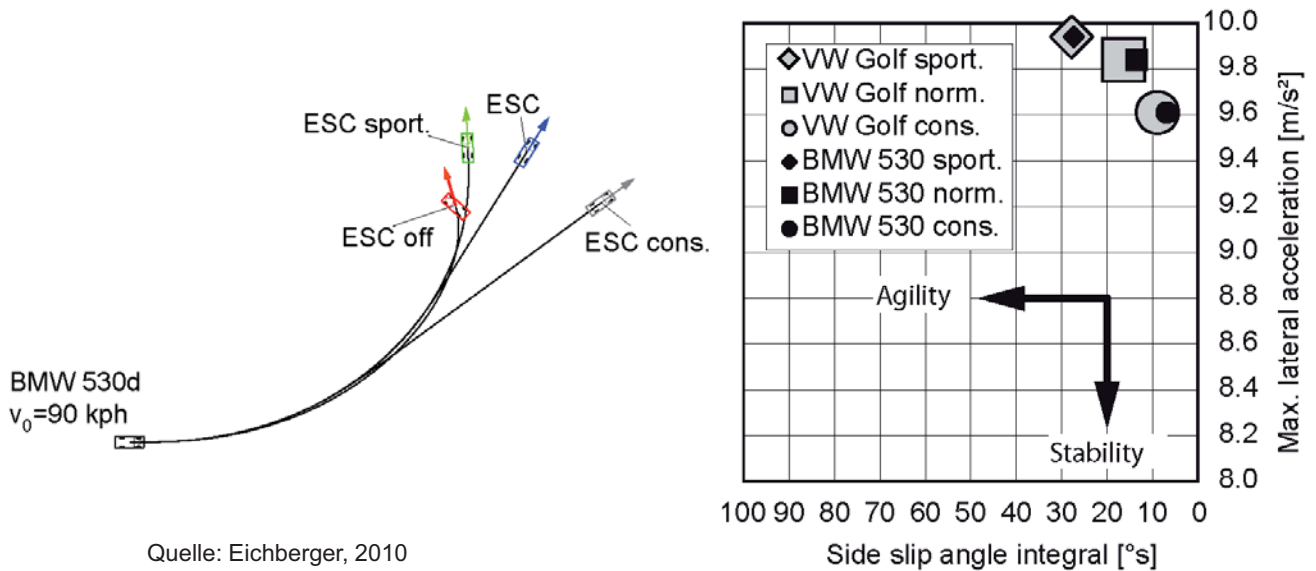


- Nutzung der vorhandener Funktionalitäten des Programms
- Unterschiedliche Eingriffsstrategien
- Modifikation der ESC Parameter
 - Yaw rate threshold
 - Control factor

Quelle: Eichberger, 2010

Einfluss der ESC Parameter

- Bewertung basierend auf einem Vorschlag von BOSCH
- Indikator für Stabilität: Maximale Querbewegung
- Indikator für Agilität: Schwimmwinkelintegral



Quelle: Eichberger, 2010

Beispiel: ESC



Quelle: Eichberger, 2010

ESC stabilisiert das Bremsmanöver, der Fahrer des roten Fahrzeugs kann auf seine Fahrspur zurücklenken

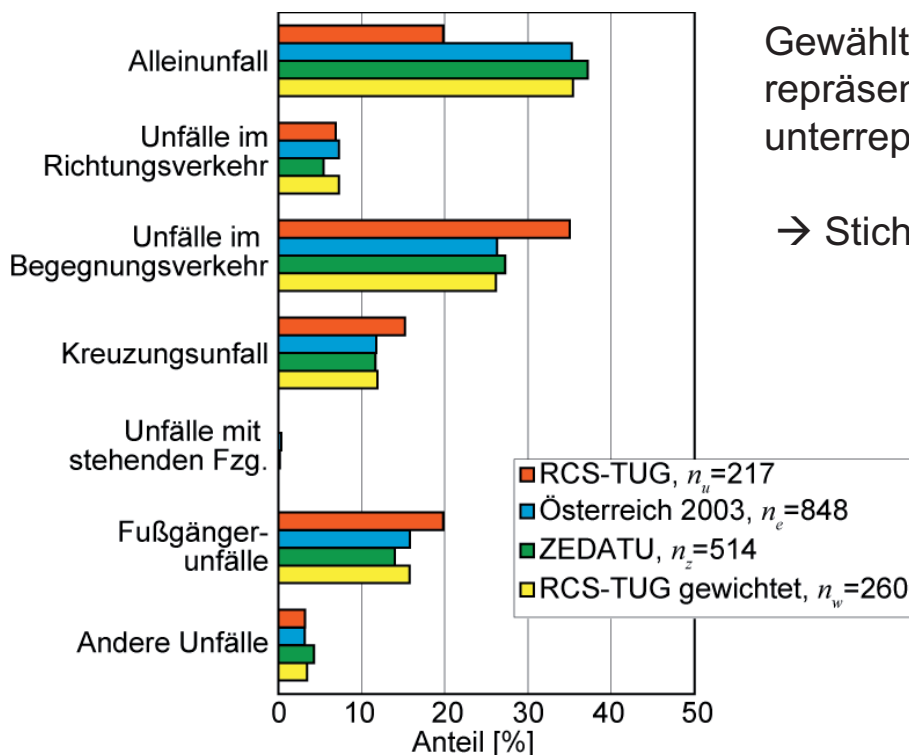
Beispiel: ESC



Quelle: Eichberger, 2010

ESC stabilisiert das Bremsmanöver, der Fahrer des roten Fahrzeugs kann auf seine Fahrspur zurücklenken

Ergebnisse: Repräsentativität der Datenbank



Gewählte Stichprobe nicht repräsentativ, da Alleinunfälle unterrepräsentiert

→ Stichprobe gewichtet

Quelle: Eichberger, 2010

Untersuchte Systeme und Ergebnisse

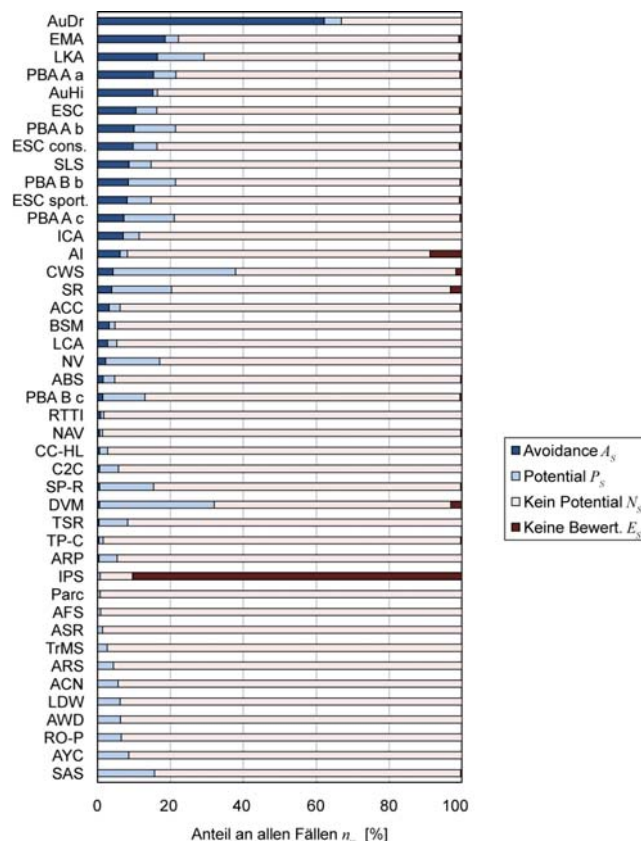
Abbr.	Description	A_s	P_s	N_s	E_s
ABS	Anti-Lock Braking System	4	8	247	1
ACC	Adaptive Cruise Control	8	8	243	1
ACN	Automatic Crash Notification	0	15	245	0
AFS	Active Front Steering	0	2	258	0
AI	Alcohol Detection and Interlock	16	5	216	23
ARP	Active Rollover Protection	1	13	246	0
ARS	Active Rear Steering	0	11	249	0
ASR	Anti-Slip Regulation	0	3	257	0
AuDr	Autonomous Driving	162	12	86	0
AuHi	Automated Highway	39	3	218	0
AWD	All Wheel Drive	0	16	244	0
AYC	Active Yaw Control	0	22	238	0
BSM	Blind Spot Monitoring	8	4	248	0
C2C	Inter-Vehicle Communication Systems	1	14	245	0
CC-HL	Cornering/Axis Controlled Headlights	1	6	253	0
CWS	Collision Warning	11	87	157	4
DVM	Driver Vigilance Monitoring	1	82	169	8
EMA	Evasive Maneuver Assistant	48	10	200	2
ESC	Electronic Stability Control	27	15	216	2
ESC cons.	ESC conservative	25	17	216	2
ESC sport.	ESC sportive	21	17	220	2
ICA	Intersection Collision Avoidance	18	11	230	0

Abbr.	Description	A_s	P_s	N_s	E_s
IPS	Intelligent Crash Protection	0	2	23	235
LCA	Lane Changing Assistant	7	7	246	0
LDW	Local Danger Warning	0	16	244	0
LKA	Lane Keeping Assist	43	33	182	2
NAV	Navigation Systems	1	2	256	1
NV	Night Vision	6	39	216	0
Parc	Parcronic	0	2	258	0
PBA A a	Pred. Brake Assist, interv. strat. A, driver reaction a	40	16	203	1
PBA A b	Pred. Brake Assist, interv. strat. A, driver reaction b	26	30	203	1
PBA A c	Pred. Brake Assist, interv. strat. A, driver reaction c	19	36	204	1
PBA B b	Pred. Brake Assist, interv. strat. B, driver reaction b	22	34	203	1
PBA B c	Pred. Brake Assist, interv. strat. B, driver reaction c	4	30	225	1
RO-P	Rollover Protection	0	17	243	0
RTTI	Real Time Traffic Information	2	2	256	0
SAS	Speed Alerting System	0	41	218	1
SLS	Speed Limiting System	22	16	221	1
Sp-R	Speed Recommendation	1	39	219	1
SR	Seatbelt Reminder and Buckle Sensor	10	43	199	8
TP-C	Tire Pressure Control	1	3	255	1
TrMS	Traffic Management System	0	7	253	0
TSR	Traffic Sign Recognition and Alert	1	20	239	0

A_s ...Avoided fatality P_s ...Potential to avoid fatality N_s ...No Potential E_s ...No Evaluation

Ergebnisse: Potential der Systeme

Reihenfolge
"Avoidance" A_s



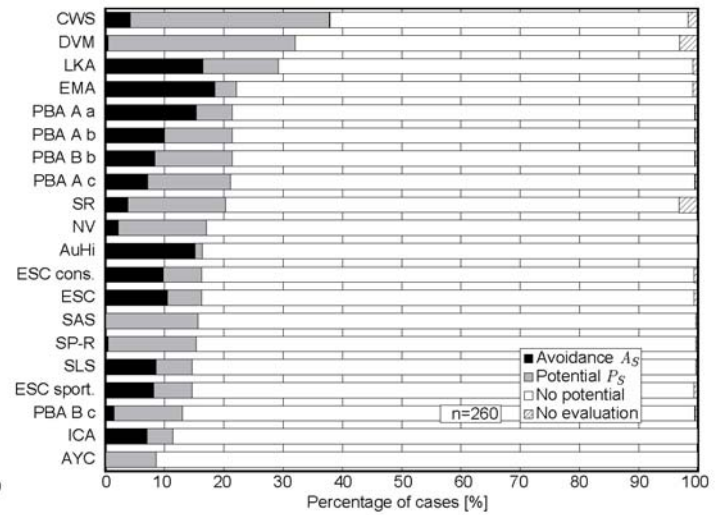
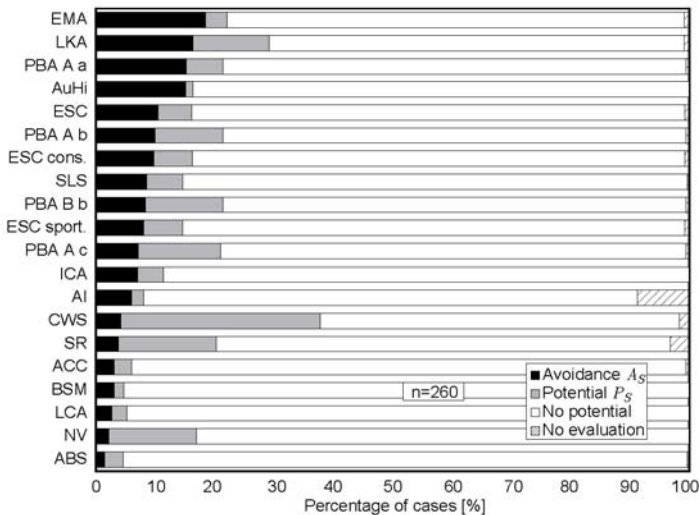
Quelle: Eichberger et al., ATZ 2011

Anteil an allen Fällen n_s [%]

Ergebnisse: Potential der Systeme

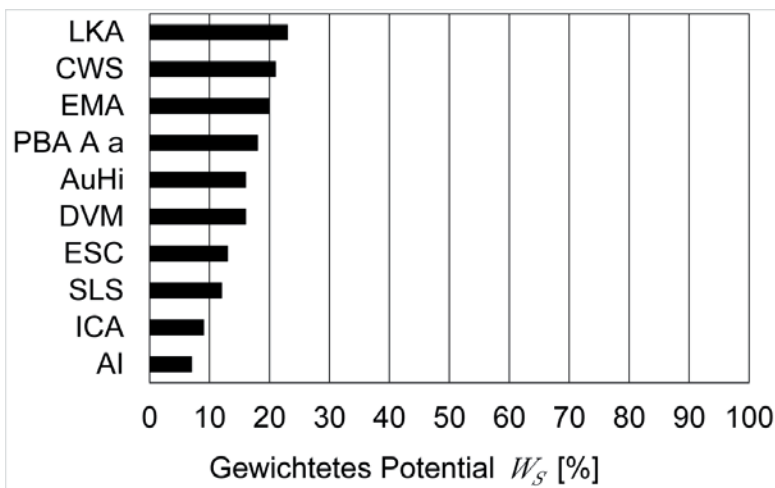
Reihenfolge "Avoidance" A_S

Reihenfolge "Overall Potential" $A_S + P_S$



Quelle: Eichberger, ESV 2011

Reihenfolge über Gewichtung

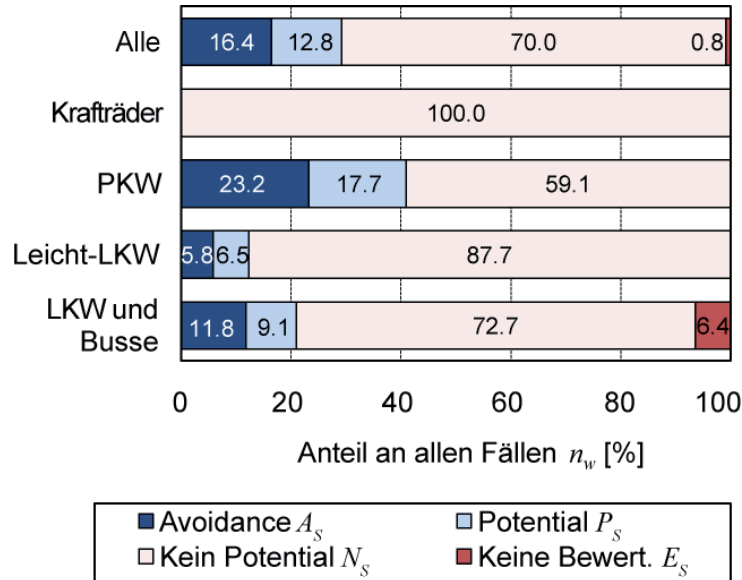


LKA	Lane Keeping Assist (Spurhalteassistent)
CWS	Collision Warning System (Kollisionswarnsystem)
EMA	Evasive Maneuvre Assistant (Ausweichassistent)
PBA A a	Predictice Brake Assist, autonomous (Vollautonomer Notbremsassistent)
AuHi	Automated Driving on Highways (Automatisiertes Fahren auf Autobahnen)
DVM	Driver Vigilance Monitoring (Aufmerksamkeitsassistent)
ESC	Electronic Stability Control (Elektronischens Stabilitätsprogramm)
SLS	Speed Limiting System (Geschwindigkeitsbeschränkungssystem)
ICA	Intersection Collision Assistant (Kreuzungsassistent)
AI	Alcohol Interlock (Alkoholwegfahrsperr)

[]

Potential von Spurhalteassistent (LKA)

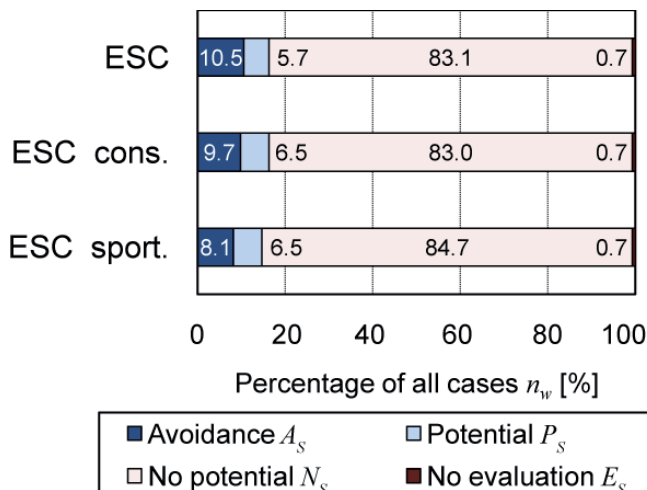
- Wirksamstes technologiereifes System
- Deutlicher Einfluss der Fahrzeugkategorie: im PKW wirksamer



Quelle: Eichberger et al, ATZ 2011

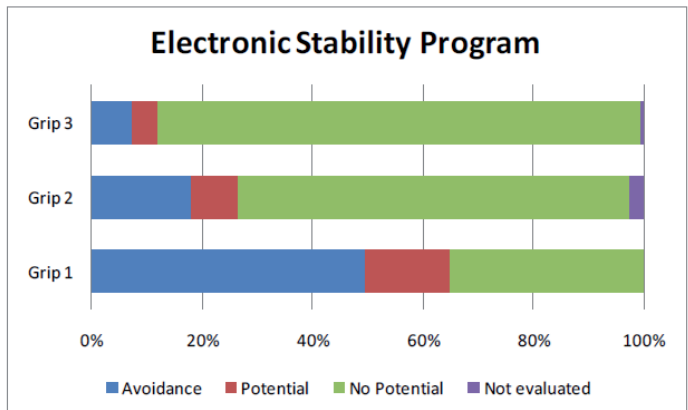
Potential von ESC

- ESC Potential zwischen 8.1% (A_S) und 16.2% ($A_S + P_S$)
- Potential von Standard ESC und konservativem ESC etwa gleich, sportliches ESC etwas reduziert
- Hoher Einfluss des Reifen-Fahrbahn-Haftungspotentials



Einfluss der Eingriffsstrategie,

Quelle: Eichberger et al, ATZ 2011

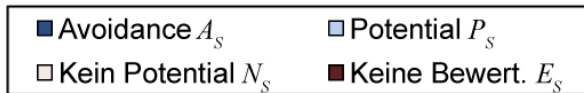
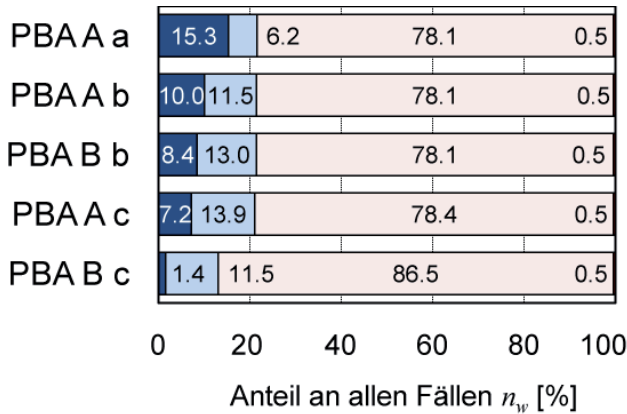


Einfluss des Reifen-Fahrbahn-Haftungspotentials

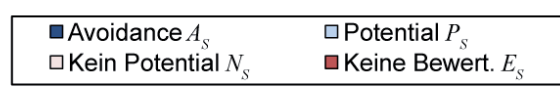
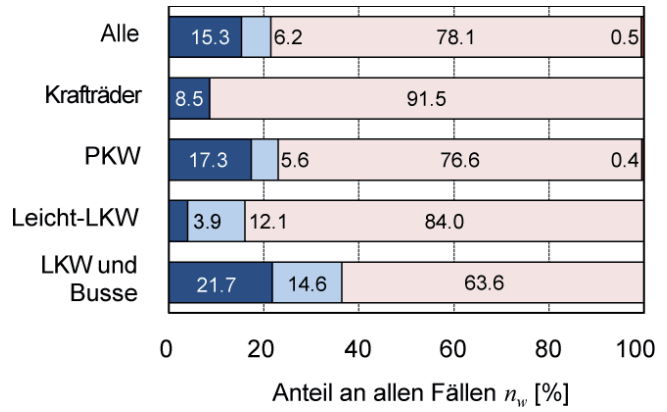
Quelle: Barace 2012, unveröffentlicht !

Potential von Notbremsassistenten (PBA)

- Einfluss der Eingriffsstrategie: autonomer Notbremsassistent hat das höchste Potential
- PBA verhindert bis zu 20% der tödlichen Unfälle
- Einfluss der Fahrzeugkategorie: im LKW wirksamer



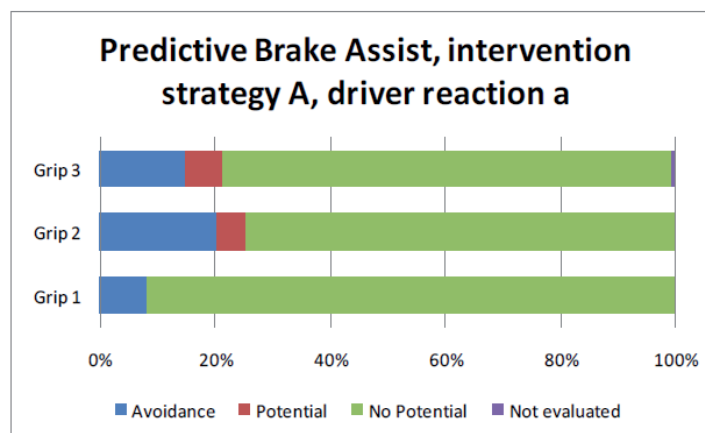
Einfluss der Eingriffsstrategie,
Quelle: Eichberger et al, ATZ 2011



Einfluss der Fahrzeugkategorie
Quelle: Eichberger et al, ATZ 2011

Potential von Notbremsassistenten

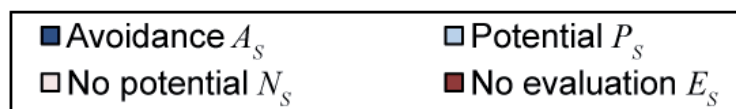
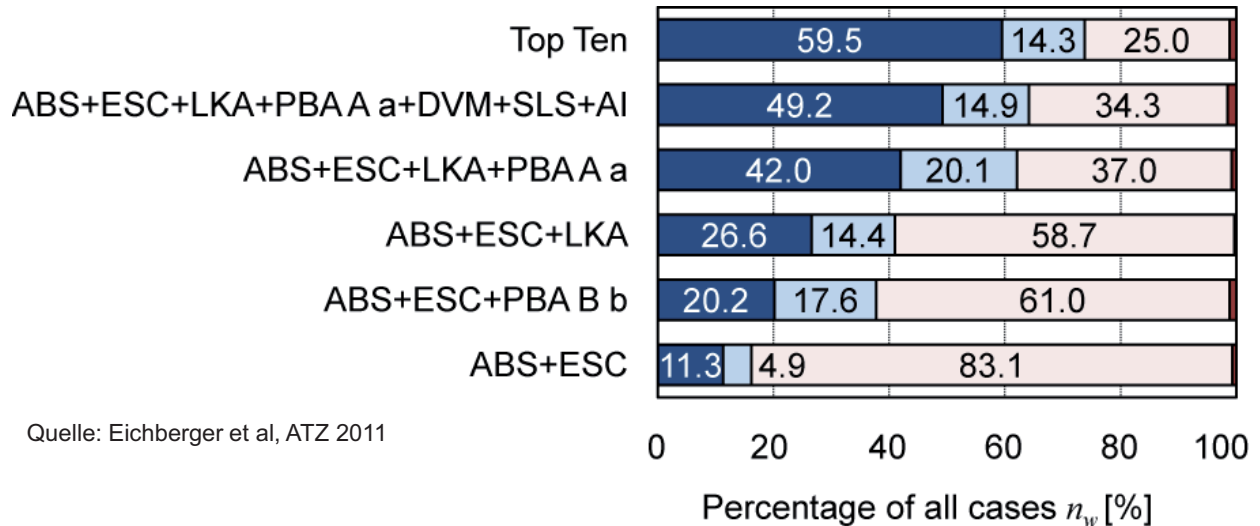
- Stark reduzierte Wirksamkeit bei niedrigen Reibwerten, da sich derzeit die Eingriffsstrategie nicht anpasst



Einfluss des Reifen-Fahrbahn-Haftungspotentials

Quelle: Barace 2012, unveröffentlicht

Kombination von Systemen



Gesamtpotential kombinierter Systeme ABS, ESC, LKA und Automatisierte Notbremsassistent (PBA A a):
Etwa 50% !

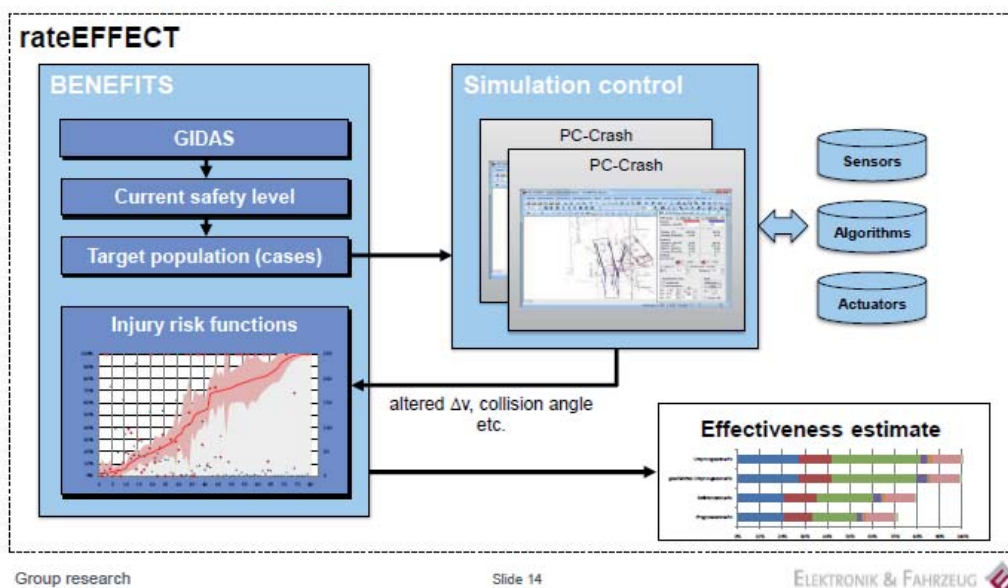
Diskussion

- RCS-TUG Studie, quantitative Bewertung der Effektivität aktiver Sicherheitssysteme ist möglich
- Einschränkungen und Annahmen:
 - Fehlerfreie, sichere und verfügbare Systeme
 - Keine rechtliche Einschränkungen
 - Keine Systemmanipulation und Risikokompensation
 - 100% Marktdurchdringung
 - Beschränkung der Datenbank (Tödliche Unfälle in Österreich 2003)
 - Genauigkeit der Unfallrekonstruktion
 - Annahmen zur Systemfunktion
- Exakte Reihenfolge ist schwierig: A_S vs. $A_S + P_S$
- Analyse zeigt Unterschiede in den
 - Fahrzeugkategorien
 - Eingriffsstrategien
 - Fahrbahnverhältnissen

Beispiel für zukünftige Bewertungen

VOLKSWAGEN
AGTIRINGGESELLSCHAFT

Effectiveness Analysis with rateEFFECT



Group research

Slide 14

ELEKTRONIK & FAHRZEUG

Quelle: Andreas Jungbluth, Dr. Anja Kohsiek, Jörn Marten Wille, Dr. Michael Zatloukal: rateEFFECT Effectiveness Evaluation of Active Safety Systems, Grazer Safety Update 2011

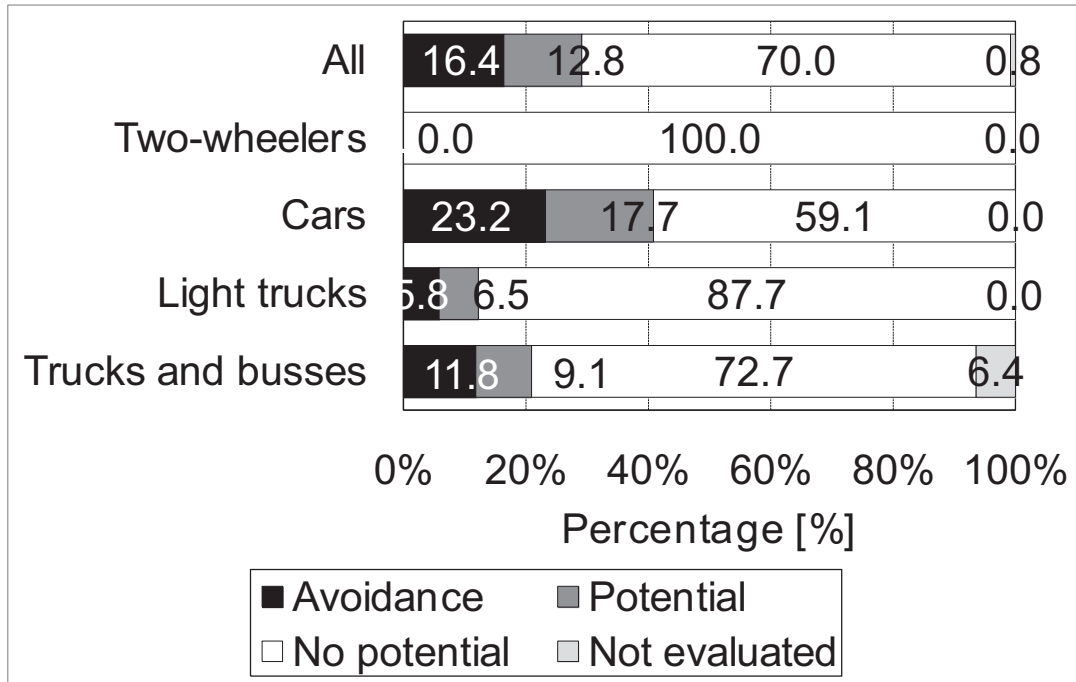
Zusammenfassung

- Große Vielfalt an Sicherheitssystemen
- Vorhandene Studien: Schwierigkeiten im Vergleich und bei der Erstellung einer Reihung
- RCS-TUG Studie
 - Vergleichbarkeit
 - Einschränkungen durch getroffene Annahmen
 - Reihenfolge in der Effektivität: Vorschlag !!!
- Unterschiede bei
 - Fahrzeugkategorien
 - Eingriffsstrategien
 - Fahrbahnverhältnissen

Danke für die
Aufmerksamkeit!

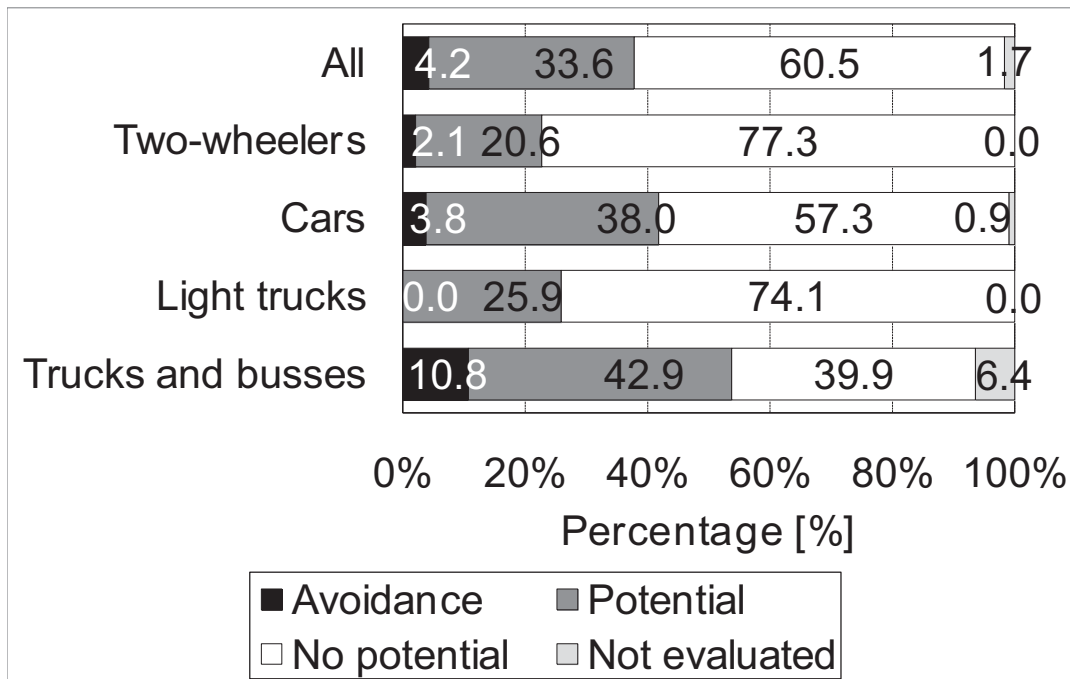
Wirksamkeit unterschiedlicher
Systeme im Detail

Lane Keeping Assist (LKA)



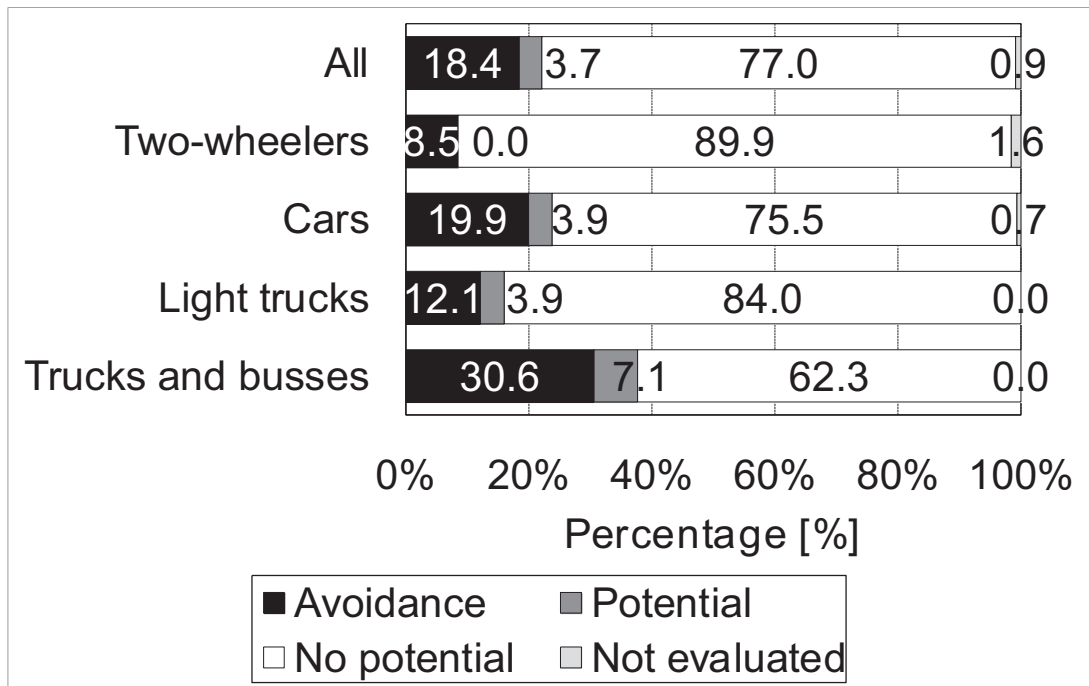
Quelle: Eichberger et al, ESV 2011

Collision Warning Systems (CWS)



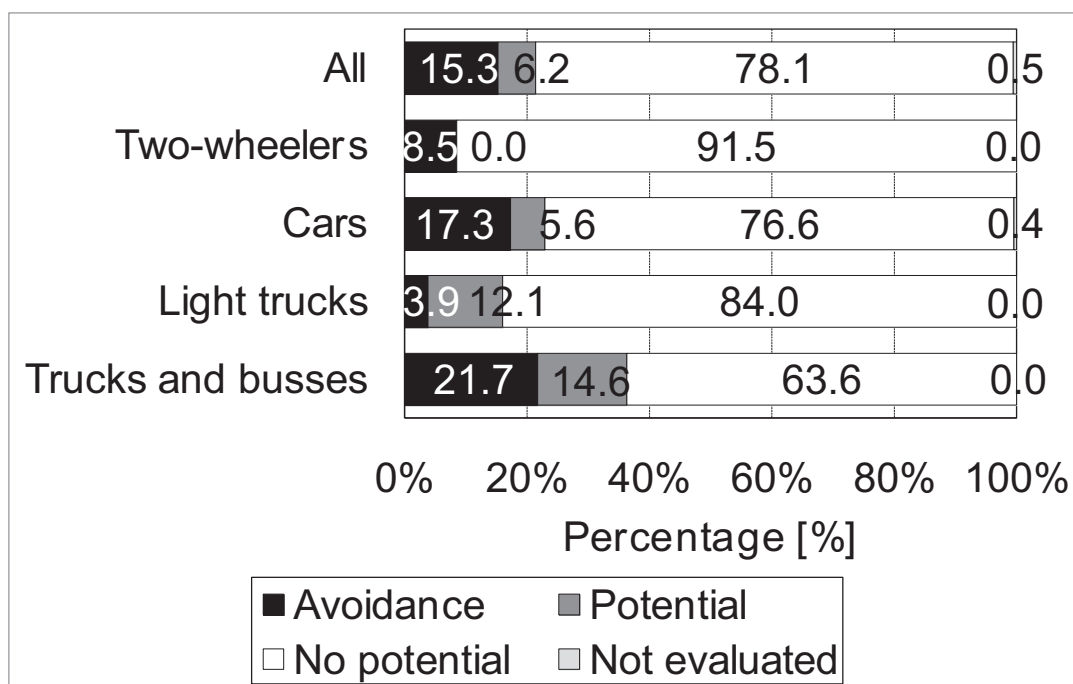
Quelle: Eichberger et al, ESV 2011

EMA (Ausweichassistent)



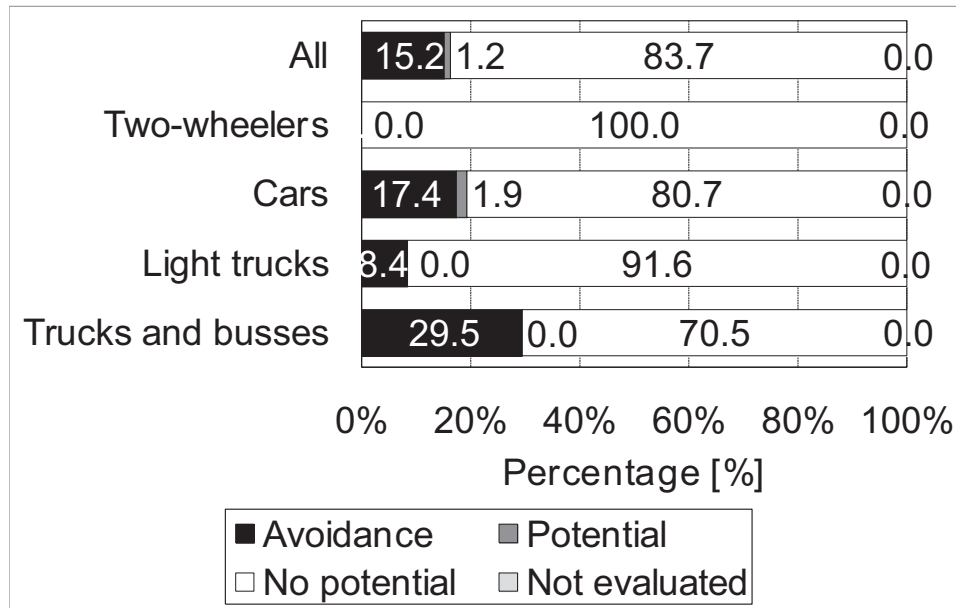
Quelle: Eichberger et al, ESV 2011

Autonomer Notbremsassistent (PBA A a)



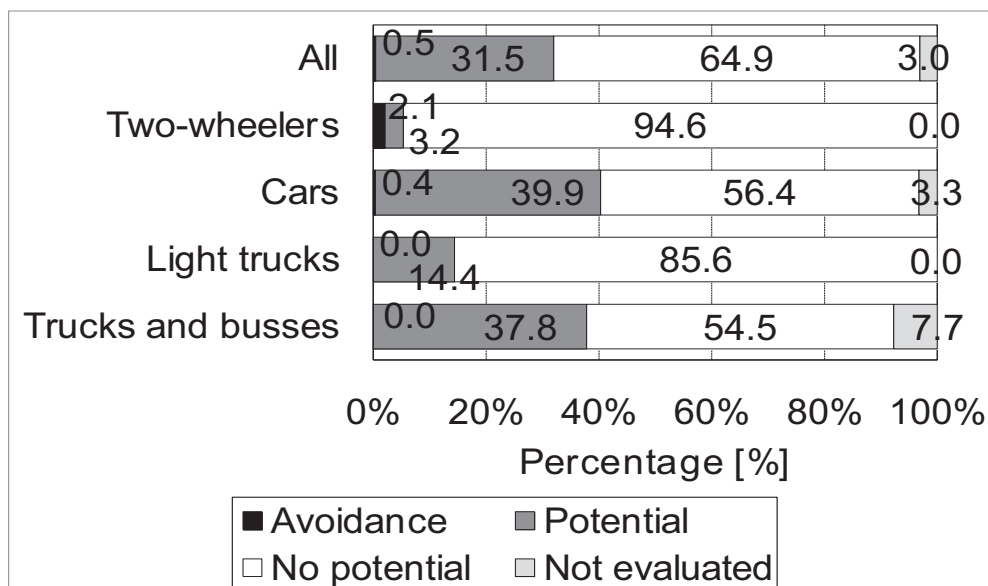
Quelle: Eichberger et al, ESV 2011

Automatisiertes Fahren auf der Autobahn (AuHi)



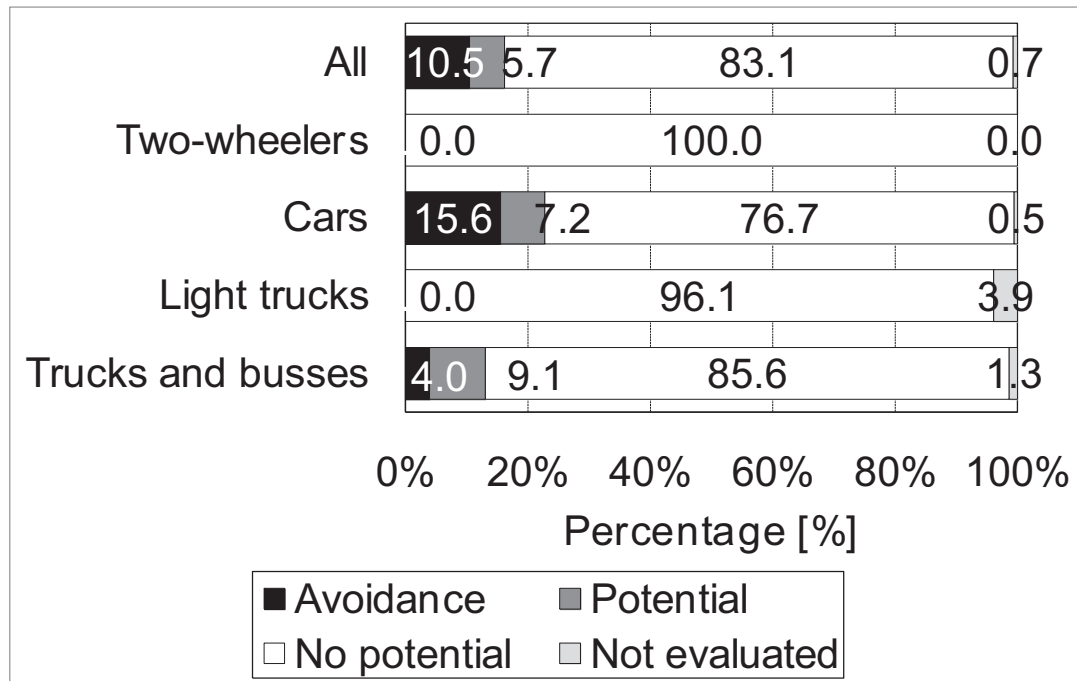
Quelle: Eichberger et al, ESV 2011

Aufmerksamkeitsassistent (DVM)



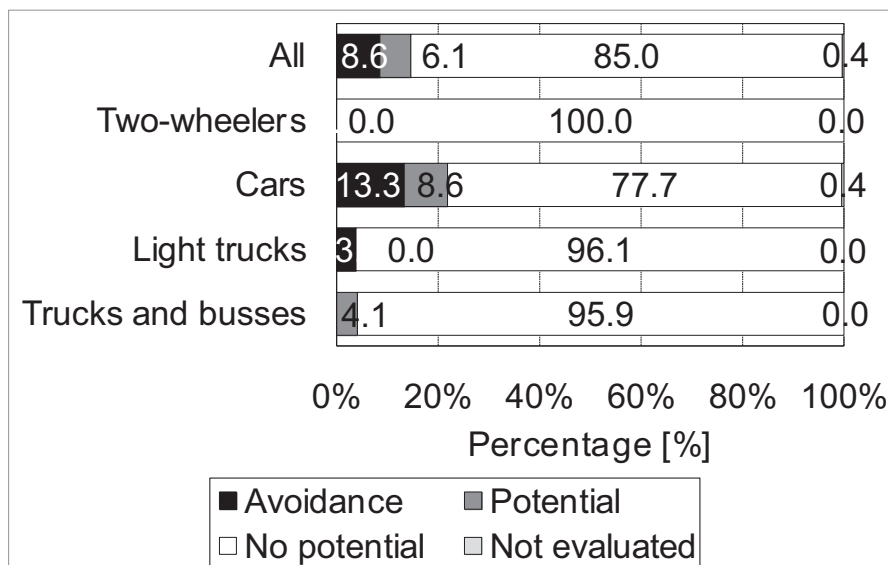
Quelle: Eichberger et al, ESV 2011

Electronic Stability Control (ESC)



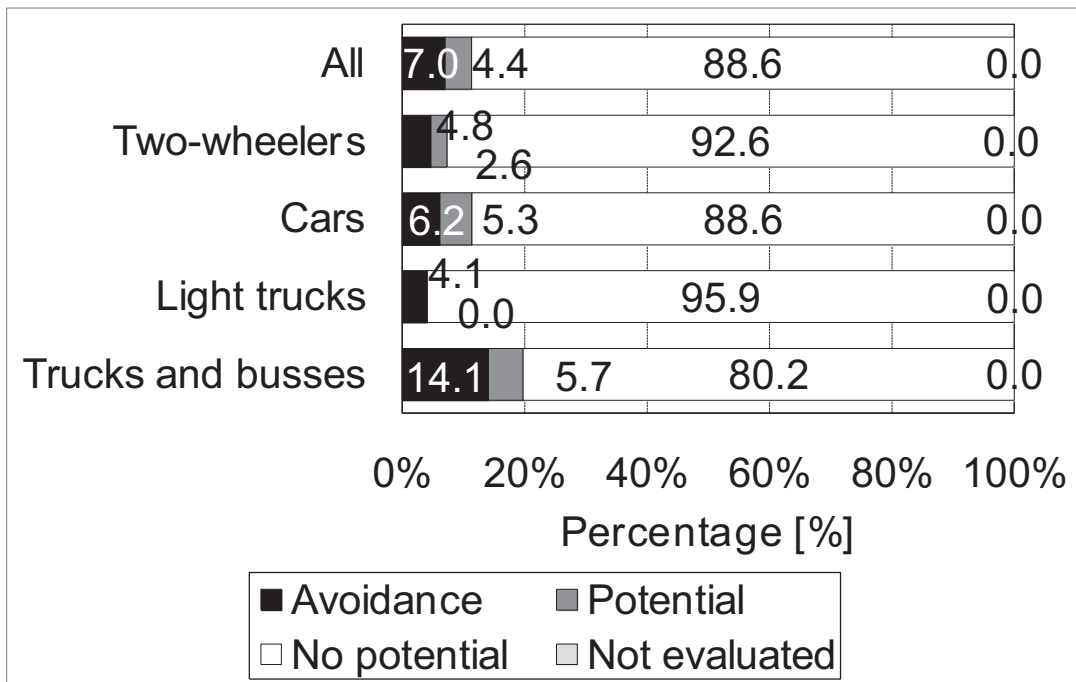
Quelle: Eichberger et al, ESV 2011

Geschwindigkeitsbeschränkungssystem (SLS)



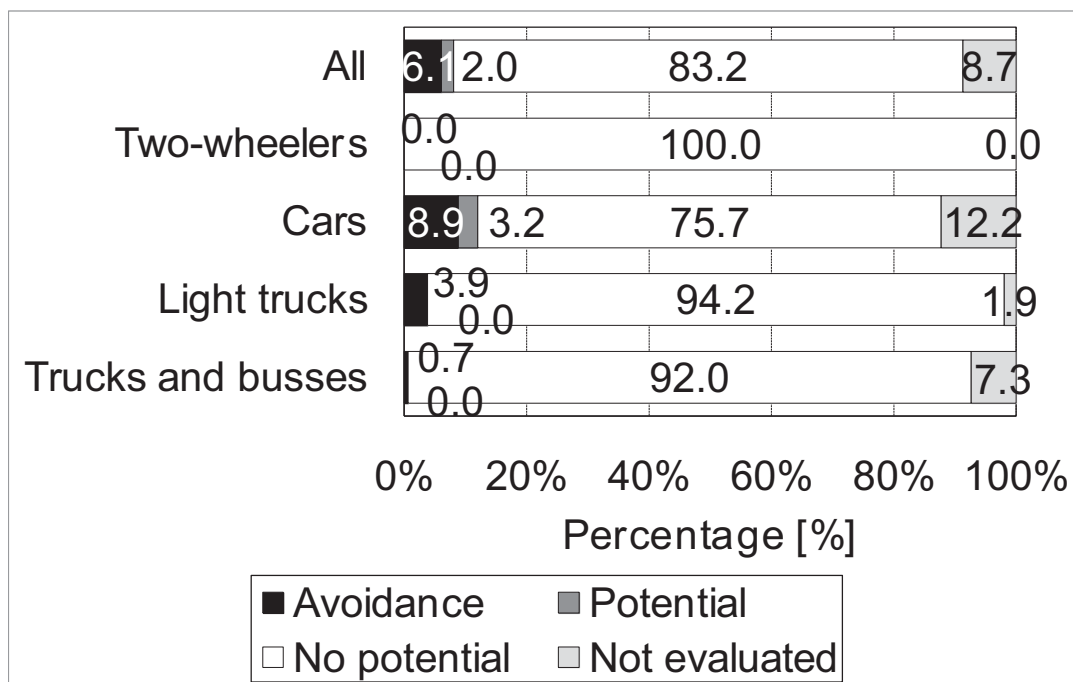
Quelle: Eichberger et al, ESV 2011

Kreuzungsassistent (ICA)



Quelle: Eichberger et al, ESV 2011

Alkoholwegfahrsperre (AI)



Quelle: Eichberger et al, ESV 2011