

Fahrassistenzsysteme



Impressum

Herausgeberin	bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung Postfach 8236 CH-3001 Bern Tel. +41 31 390 22 22 Fax +41 31 390 22 30 info@bfu.ch www.bfu.ch Bezug auf www.bestellen.bfu.ch , Art.-Nr. 2.216
Autor	Uwe Ewert, Dr. phil. MPH, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, bfu
Redaktion	Mario Cavegn, lic. phil., Teamleiter Forschung Strassenverkehr, bfu
© bfu/FVS 2014	Alle Rechte vorbehalten; Reproduktion (z. B. Fotokopie), Speicherung, Verarbeitung und Verbreitung sind mit Quellenangabe gestattet. Dieser Bericht wurde im Auftrag des Fonds für Verkehrssicherheit (FVS) hergestellt. Für den Inhalt ist die bfu verantwortlich.
Zitationsvorschlag	Ewert U, <i>Fahrassistenzsysteme</i> . Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2014. bfu-Faktenblatt Nr. 13. ISBN 978-3-906173-52-8 (PDF) Aus Gründen der Lesbarkeit verzichten wir darauf, konsequent die männliche und weibliche Formulierung zu verwenden. Aufgrund von Rundungen sind im Total der Tabellen leichte Differenzen möglich. Wir bitten die Lesenden um Verständnis.

Inhalt

I.	Einleitung	5
II.	Systematik von FAS	6
III.	Nutzen von Fahrassistenzsystemen	7
	1. Analyse der Unfallstatistik	7
	2. Feldstudien / Field Operational Tests (FOT)	7
	3. Ex-ante Assessment	8
	4. Simulatorstudien	8
IV.	Einige Wirkungen von Fahrassistenzsystemen	8
	1. CC und ACC	8
	2. ABS und ESC	9
V.	Modelle der Verhaltensanpassung	10
	1. Risikohomöostasetheorie	10
	2. Situational Control Framework von Ljung Aust und Engström (2011)	11
	3. Prozessmodell der Verhaltensadaptation von Weller und Schlag (2004)	11
VI.	Verhaltensanpassungen	13
	1. Vigilanzminderung	13
	2. Ablenkung durch Bedienung der FAS	13
	3. Überforderung und Unterforderung	14
VII.	Mögliche Massnahmen	14
	1. Forschung	14
	2. Sensibilisierung und Wissensvermittlung	14
	3. Rechtliche Massnahmen	15
	4. Technische Massnahmen	15
VIII.	Anhang	16
	Quellen	17

I. Einleitung

Fahrassistenzsysteme (FAS) sollen die Lenkenden bei der Bewältigung der Fahraufgaben unterstützen. Sie sind nicht ausschliesslich auf die Verkehrssicherheit ausgerichtet, sondern oftmals auch auf den Komfort oder auf beides. Die Sicherheitssysteme dienen vor allem der aktiven Sicherheit, d. h., sie helfen insbesondere Unfälle zu vermeiden. Dies im Gegensatz zu den Systemen der passiven Sicherheit, die die Folgen von Unfällen vermindern, wie z. B. Gurten, Airbags, Knautschzonen usw.

FAS bestehen grundsätzlich aus drei Komponenten:

1. der Sensorik, die die relevanten Informationen erkennt,
2. der Hard- und Software, die die Informationen der Sensoren verarbeiten und mit einem Soll-Zustand vergleichen,
3. der Mensch-Maschine-Schnittstelle bzw. der Aktorik, die helfen soll, die Differenz zwischen Ist- und Soll-Zustand auszugleichen.

Aus rechtlicher Sicht sind zumindest einige FAS nicht unproblematisch, da sie – im Gegensatz zu den Systemen der passiven Sicherheit – auch in das Verkehrsgeschehen eingreifen können. Laut Art. 8 Abs. 5 des Übereinkommens über den Strassenverkehr [1] muss jedoch «jeder Führer dauernd sein Fahrzeug beherrschen ... können», d. h., die FAS dürfen den Lenker nicht entmachten. Ob und inwieweit diese Regelung geändert wird, ist noch nicht ganz klar. Nach dem neuesten Beschluss der UNECE Working Party on Traffic Safety gilt die obige Bedingung als erfüllt, wenn die Systeme vom UNECE World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations akzeptiert wurden. Das soll selbst dann gelten, wenn das System nicht durch den Lenker übersteuerbar ist. Allerdings muss dieser Beschluss erst noch durch die Mitgliedsstaaten angenommen werden.

Das Feld der FAS entwickelt sich mit atemberaubender Geschwindigkeit. Neben der Einführung immer neuer Systeme ist die Integration der FAS ein wichtiger Trend. Eine andere Entwicklung besteht in der Frage der Kommunikation des Fahrzeugs mit anderen Fahrzeugen, Infrastrukturen oder auch einer Zentrale (kooperative Systeme). Im EU-Projekt DRIVE C2X (<http://www.drive-c2x.eu>) werden sie bereits im Feldversuch getestet.

II. Systematik von FAS

Fahrassistenzsysteme (FAS) können auf verschiedene Arten kategorisiert werden, z. B. nach

1. Funktion (Längssteuerung / Quersteuerung / Stabilisierung-Bremsung),
2. Output (Information / Warnung / Eingreifen, punktuell oder kontinuierlich),
3. Informationsmodalität (akustisch / optisch / haptisch).

Ad 1.) Die Funktion der FAS kann sich auf verschiedene Merkmale des Autofahrens beziehen. Einerseits kann dies die Längssteuerung betreffen, wie es z. B. der Abstandsregeltempomat (ACC) oder das Kollisionsvermeidungssystem (CMS) machen. Beispiele für Quersteuerung sind die Spurhalteassistent (LDW) oder der Spurwechselassistent (LCA), die vor Gefahren im toten Winkel warnen. Schliesslich gibt es noch Systeme, die der Stabilisierung des Fahrzeugs dienen, wie z. B. die elektronische Stabilitätskontrolle (ESC) oder die Antriebsschlupfregelung (TCS), die auch unter widrigen Verkehrsverhältnissen das Fahren ohne durchdrehende Räder ermöglicht. Die letztgenannten Systeme haben keine Sensoren für das Umfeld, sondern verarbeiten nur fahrzeuginterne Informationen.

Ad 2.) FAS können auch nach ihrem Output unterschieden werden. Häufig werden Informationen an die Lenkenden übermittelt. Sie können von dauerhaftem Interesse sein (wie Höchstgeschwindigkeiten) oder nur in bestimmten Situationen warnen (wie bei Übermüdung). Daneben gibt es auch Systeme, die aktiv in das Verkehrsgeschehen eingreifen, wie ESC, die Schleudern so gut wie möglich verhindert, d. h. im Rahmen des physikalisch Möglichen.

Ad 3.) Wenn Informationen an die Lenkenden übermittelt werden sollen, dann gibt es mehrere Möglichkeiten. Eine optische Meldung ist wegen der ohnehin schon hohen Auslastung des visuellen Kanals während des Fahrens nicht optimal. Akustische Informationen sind besser geeignet, da sie einen weniger belasteten Informationskanal nutzen. Daneben gibt es noch die Möglichkeit der haptischen Rückmeldung (fühlen), wie es zum Beispiel mit der Vibration des Lenkrads bei LDW erreicht wird.

Die verschiedenen Formen der FAS stellen unterschiedliche Ansprüche an die Lenkenden und können somit auch spezifische Probleme verursachen.

III. Nutzen von Fahrassistenzsystemen

Bei der Analyse des Unfallgeschehens wird immer wieder festgestellt, dass der Mensch mit seinen Schwächen eine sehr häufige und wichtige Unfallursache (im Sinne von Fehler am Anfang der Kausalkette) ist. Auch wenn die Prozentangaben variieren, so ist doch klar, dass das heutige Verkehrssystem mit seinen Ansprüchen an die Wahrnehmung, Informationsverarbeitung, Reaktionsschnelligkeit und Selbstkontrolle hohe Anforderungen an die Lenkenden stellt. Fahrassistenzsysteme (FAS) können hier eine Hilfe sein, da sie Informationen schneller und zuverlässiger erkennen und verarbeiten sowie adäquater reagieren können [2]. Zumindest theoretisch müssten FAS daher einen erheblichen Beitrag zur Verkehrssicherheit leisten können.

Die Abschätzung des Nutzens von FAS ist eine wichtige, aber nicht einfache Aufgabe. Diese Abschätzungen können auf verschiedene Arten und Weisen gemacht werden. [3] führen u. a. Unfallanalysen, Feldstudien / Field Operational Tests (FOT), Ex-ante Assessments und Simulatorstudien auf.

1. Analyse der Unfallstatistik

Das ultimative Kriterium, an dem sich die FAS messen lassen müssen, ist das Unfallgeschehen. Leider gibt es nicht sehr viele FAS, die bereits heute so verbreitet sind, dass sich deren Effekt im Unfallgeschehen nachweisen lässt. Zuverlässige Ergebnisse gibt es bislang für ABS und ESC, vereinzelte Resultate für CMS, Kurvenlicht und LDW. Besonders aufschlussreich sind Meta-Analysen, die sich auf mehrere Untersuchungen abstützen und daher zuverlässiger sind als einzelne Untersuchungen.

Der Nachteil der Analyse der Unfallstatistik ist, dass man nicht erkennt, weshalb es zu Veränderungen im Unfallgeschehen gekommen ist, was für die Weiterentwicklung eine wichtige Information wäre. Dazu bedürfte es der Verhaltensbeobachtung der Lenkenden.

2. Feldstudien / Field Operational Tests (FOT)

Feldstudien sind Untersuchungen, bei denen mit eingebauten FAS am normalen Verkehrsgeschehen teilgenommen wird, um ihre Auswirkungen unter realen Bedingungen zu erproben. Unfälle spielen in FOT wegen ihrer Seltenheit keine grosse Rolle. Wichtiger sind die Veränderungen im Verhalten der Lenkenden als Reaktion auf die FAS. Einige Ergebnisse der Feldstudien wie EuroFOT [4] oder PReVENT [5] werden in Kapitel IV dargestellt.

Feldstudien können nur mit FAS gemacht werden, die bereits fertig entwickelt sind. Da dies teilweise mit erheblichen Kosten verbunden ist, besteht auch Bedarf nach einer Abschätzung des Nutzens vor oder zu Beginn der technischen Entwicklung. Dazu können Ex-ante Assessments beitragen.

3. Ex-ante Assessment

Ex-ante-Einschätzungen werden gemacht, bevor ein neues System oder eine neue Massnahme eingeführt wird, um deren Wirksamkeit abzuschätzen. Im Rahmen des EU-Projekts elmpact [6] wurde mit einem Safety Impact Assessment versucht vorherzusagen, welchen Effekt insgesamt 12 verschiedene FAS bis zum Jahr 2010 oder 2020 in der EU haben werden. Dabei wurde die geschätzte Wirksamkeit (basierend auf direkter empirischer Evidenz, indirekter Evidenz oder Expertenbeurteilung) mit den betroffenen Unfällen und dem Durchdringungsgrad der Fahrzeugflotte multipliziert.

Inwieweit die Prognosen korrekt sind, erweist sich erst in der Realität. Beispiele deutlicher Fehleinschätzungen sind bekannt. Auch werden Verhaltensanpassungen kaum berücksichtigt.

4. Simulatorstudien

Simulatorstudien ermöglichen gefahrlos den virtuellen Einsatz von FAS in standardisierten Verkehrssituationen. Negativ steht dem Verfahren gegenüber, dass das Fahrverhalten auf dem Simulator nicht vollständig dem realen Fahrverhalten entspricht und dass ein Teil der Probanden unter Simulatorkrankheit (v. a. Übelkeit) leidet [7].

IV. Einige Wirkungen von Fahrassistenzsystemen

Die bisherigen Ergebnisse zu den Auswirkungen von Fahrassistenzsystemen (FAS) sollen exemplarisch an zwei Beispielen, nämlich dem Tempomat (CC) und seiner Weiterentwicklung ACC sowie ABS und dem darauf aufbauenden ESC illustriert werden.

1. CC und ACC

Der Tempomat in seiner ursprünglichen Form – einfache Beibehaltung der gefahrenen Geschwindigkeit – dient vor allem dem Fahrkomfort. Der Lenker muss sich nicht mehr um seine gefahrene Geschwindigkeit kümmern, bis eine andere Höchstgeschwindigkeit gilt oder sich die Strassen-, Verkehrs- oder Witterungsverhältnisse ändern. Es zeigte sich jedoch, dass CC die Fahrweise verändert. Es wird später oder gar nicht auf veränderte Bedingungen reagiert. Die gefahrenen Geschwindigkeiten in Kurven erhöhen sich und es kommt zu späteren und abrupteren Bremsmanövern wegen vorausfahrenden Fahrzeugen [4,8]. Daher wurde CC zur ACC weiterentwickelt, die autonom auf vorausfahrende Fahrzeuge reagiert und bei Bedarf abbremst. Damit konnte ein Teil der Probleme beseitigt werden. Es gibt laut EuroFOT [4] weniger abrupte

Bremsmanöver. Zudem fanden Vollrath et al. (2011) [8] in einer Simulatorstudie heraus, dass sowohl die Höchstgeschwindigkeiten als auch die Anzahl Geschwindigkeitsüberschreitungen abnahmen. Negative Auswirkungen waren laut EuroFOT [4] vermehrte Ausübung von Nebentätigkeiten als auch (im Simulator) nach wie vor verlängerte Reaktionszeiten auf veränderte Verkehrsverhältnisse wie Kurven oder Nebel. Daher erscheint eine noch weitergehende Entwicklung von ACC im Hinblick auf Strassen- und Witterungsbedingungen sinnvoll.

2. ABS und ESC

ABS wurde in Europa Ende der 70er-Jahre mit grossem Werbeaufwand lanciert. Es zeigte sich jedoch relativ schnell, dass die hohen Erwartungen (10–15 % Reduktion der Unfälle) der Realität nicht standhalten konnten. Nach heutigem Kenntnisstand hat ABS wohl keine Wirkung auf die Verkehrssicherheit insgesamt. Es veränderte jedoch bis mindestens Mitte der 90er Jahre das Unfallgeschehen. Eine Meta-Analyse aus dem Jahr 2012 [9] wie auch verschiedene ältere Untersuchungen zeigen auf, dass die Insassen von ABS-Fahrzeugen stärker gefährdet sind zu sterben, einen Alleinunfall zu erleiden, mit einem festen Hindernis zu kollidieren oder einen Überschlagunfall zu erleiden. Die Unfallgegner der ABS-Fahrzeuge hingegen haben ein geringeres Risiko, getötet zu werden. Dieser Effekt scheint jedoch mittlerweile nicht mehr zu bestehen [10]. Die Verhaltensanpassung war anscheinend ein temporäres Phänomen, bis ABS Standard geworden war.

Mit ESC wurden die Möglichkeiten von ABS – das Verhindern des Blockierens einzelner Räder – durch die Antriebsschlupfregelung (TCS) und einen Giermomentsensor (Drehmoment des Fahrzeugs um die eigene Hochachse) erweitert. Dadurch kann das Schleudern weitgehend verhindert werden. Dies erwies sich als durchschlagender Erfolg. Elvik et al. [11] fanden in ihrer Meta-Analyse heraus, dass die Selbstunfälle insgesamt (ohne Berücksichtigung der Verletzungsschwere) und auch die tödlichen Selbstunfälle um jeweils 49 % zurückgehen, die tödlichen Frontalkollisionen sogar um 79 % und die tödlichen Unfälle mit mehreren Fahrzeugen um 32 %. Auch im Rahmen von eImpact [6] wurde das grösste präventive Potenzial ESC zugesprochen.

Die Beispiele dieser vier FAS zeigen auf, dass es zu unerwünschten Verhaltensanpassungen kommen kann. Der menschliche Faktor kann bei FAS, die dem Menschen Einflussmöglichkeiten geben, die erwarteten positiven Effekte beeinträchtigen oder sogar zunichtemachen. Ob und wie stark derartige Verhaltensanpassungen vorkommen, ist von verschiedenen Bedingungen abhängig.

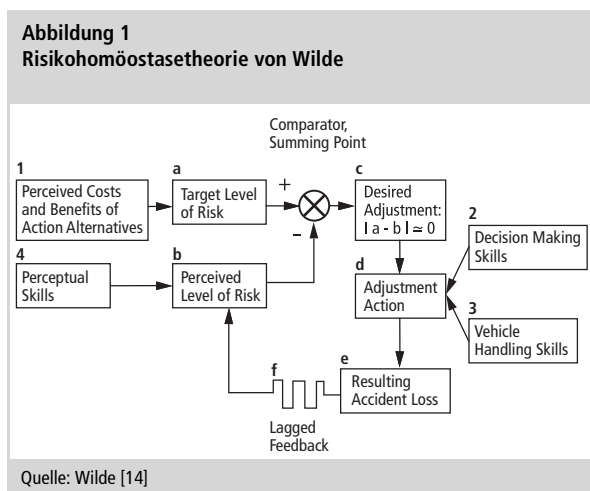
V. Modelle der Verhaltensanpassung

Verhaltensanpassungen auf veränderte Bedingungen im Strassenverkehr sind normal und oftmals auch erwünscht. So sollen Geschwindigkeitskontrollen zu geringeren und homogener gefahrenen Geschwindigkeiten führen. Leider kann es auch zu unerwünschten Verhaltensanpassungen kommen, beispielsweise in Form von höheren Geschwindigkeiten auf Strassen mit verbessertem Ausbau.

Kulmala und Råma [12] definieren «behavioural adaptation» folgendermassen: «Any change of the driver, traveller, and travel behaviours that occur following user interaction with a change to the road traffic system, in addition to those behaviours specifically and immediately targeted by the initiators of the change.» Die Verhaltensanpassung an neue Gegebenheiten geschieht nach Saad et al. [13] in zwei Phasen: der Lernphase, in der die neuen Möglichkeiten und Grenzen verstanden werden, sowie der Integrationsphase, in der die neuen Möglichkeiten und Grenzen in das eigene Fahrverhalten integriert werden. Daraus ergibt sich auch, dass die Veränderungen durch Fahrassistenzsysteme (FAS) sich nicht immer sofort ergeben müssen. Andererseits müssen Verhaltensanpassungen nicht zwingend andauern.

Im Folgenden werden drei Modelle zu Verhaltensanpassungen präsentiert, nämlich die Risikohomöostasethorie von Wilde, das Situational Control Framework von Ljung Aust und Engström und das Prozessmodell der Verhaltensadaptation von Weller und Schlag.

1. Risikohomöostasethorie

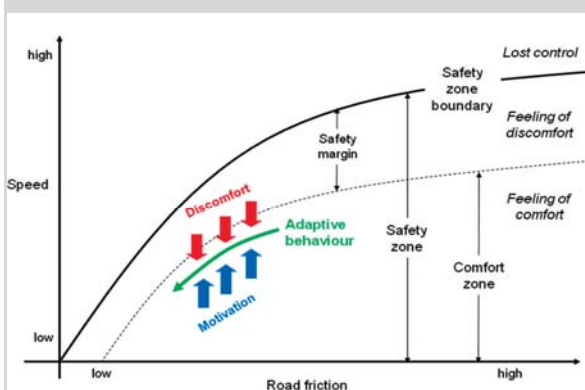


Wilde postulierte in seiner Risikohomöostasethorie, dass die Verkehrsteilnehmenden ein Zielniveau für Risiko haben, das sie versuchen einzuhalten (daher auch der Titel seines Buches «Target Risk» [14]). Wilde geht davon aus, dass die Lenkenden eine intuitive Einschätzung der objektiv bestehenden Risiken (Unfallrisiko pro Zeiteinheit) haben und dieses mit dem individuellen Zielrisiko vergleichen (Abbildung 1). Auf Verbesserungen der Verkehrssicherheit, z. B. durch technische Massnahmen, reagieren die Lenkenden mit Verhaltensänderungen, die die Verbesserungen wieder **vollständig** zunichtemachen, wodurch die Gesamtanzahl der Unfälle stabil bleibt. Verbesserungen der Verkehrssicherheit könnten laut Wilde nur durch eine Veränderung am individuell tolerierten Risikoniveau erreicht werden. Diese Theorie gilt zumindest für den Bereich der passiven Sicherheit als widerlegt. Eine Kompensation der Sicherheitsgewinne findet nur unter bestimmten Bedingungen und in der Regel nicht vollständig statt.

Die Idee eines Soll-Ist-Vergleichs ist auch in den moderneren Theorien enthalten. Allerdings ist der Fokus nicht mehr so sehr auf das Risiko, sondern auf die Aufgabenschwierigkeit ausgerichtet. Wenn die aktuelle Aufgabe zu einfach oder zu schwierig wird, dann wird das Verhalten angepasst.

2. Situational Control Framework von Ljung Aust und Engström (2011)

Abbildung 2
Konzept von Komfortzone, Sicherheitsmarge und begleitenden Emotionen



Quelle: Ljung Aust und Engström [15]

Ljung Aust und Engström [15] entwickelten einen konzeptionellen Rahmen für die Bestimmung und Evaluation von aktiven Sicherheitssystemen. Danach ist das Ziel des Lenkers die Situationskontrolle während der Fahrt, d. h. kontinuierliche Anpassung an eine sich verändernde Umwelt. Dabei agiert er in einem «Raum», der aus dem Lenker, dem Fahrzeug und der Umgebung besteht. Der Lenker bemüht sich, in der sogenannten Komfortzone dieses Raumes zu bleiben. In manchen Situationen kann es jedoch passieren, dass er die Komfortzone verlässt, sich aber noch innerhalb der Sicherheitsmarge befindet. Dann fühlt er Unbehagen und versucht wieder in die Komfortzone zurückzugelangen.

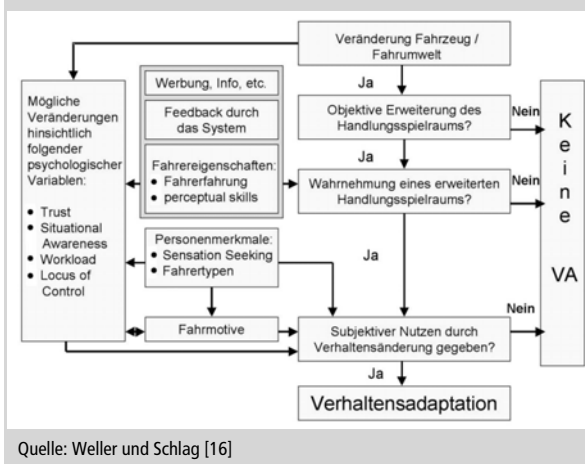
Falls er jedoch auch noch die Sicherheitsmarge verlässt, verliert er die Kontrolle über das Fahrzeug und es kann zu einem Unfall kommen. In Abbildung 2 ist das Konzept am Beispiel Reibungswiderstand der Strasse und Fahrgeschwindigkeit dargestellt.

FAS, die die Komfortzone zu Lasten der Sicherheitsmarge vergrößern, können demzufolge negative Auswirkungen haben. Die Vergrößerung der Sicherheitsmarge hingegen bringt positive Effekte für die Verkehrssicherheit. Ein negatives Beispiel ist der Tempomat, der den Komfortbereich vergrößert und gleichzeitig den Sicherheitsbereich verkleinert, da die normalen Geschwindigkeitsanpassungen im Hinblick auf die Wetter- und Strassenverhältnisse weniger stattfinden. Kollisionsvermeidungssysteme demgegenüber verändern die Komfortzone nicht, vergrößern aber die Sicherheitszone, da sie auch noch einschreiten, wenn es der Fahrer selbst nicht mehr kann.

3. Prozessmodell der Verhaltensadaptation von Weller und Schlag (2004)

Weller und Schlag [16] haben ein Rückkopplungsmodell der Verhaltensadaptation (VA) für FAS entwickelt. Verhaltensadaptation tritt demnach nur ein, wenn es eine objektive Erweiterung des Handlungsspielraums gibt, die auch wahrgenommen wird und zu einem subjektiven Nutzen führt. In welchem Ausmass die Verhaltensadaptationen stattfinden, hängt jedoch neben den objektiven Möglichkeiten auch von den Merkmalen des Lenkers, der Systeme und der Umwelt ab.

Abbildung 3
Prozessmodell der Verhaltensadaption von Weller und Schlag



Weller und Schlag [16] haben in ihrem Modell bereits vorhandene Erkenntnisse zu differenzieller Verhaltensanpassung integriert, wie sie Stanton und Young [17] in ihrem psychologischen Modell der Fahrautomation aufzeigen. Bedeutsam sind vor allem das Vertrauen in die Technik, die subjektive Kontrollüberzeugung, die kognitive Belastung und das mentale Modell des FAS. Laut den Autoren ist für das Vertrauen in die Technik insbesondere die Vorhersagbarkeit wichtig, d. h., dass die Systeme in gleichen Situationen gleich reagieren. Das Vertrauen bestimmt, ob die Systeme genutzt werden. Insbesondere geschieht dies, wenn das Vertrauen in die Systeme grösser ist als das (fahrerische) Selbstvertrauen.

Die Kontrollüberzeugung oder der «Locus of Control» kann eher nach innen oder nach aussen gerichtet sein. Personen mit einer externen Kontrollüberzeugung haben möglicherweise eine höhere Akzeptanz für FAS, da sie die Unfallursache ohnehin eher ausserhalb von sich selber sehen. Personen mit internaler Kontrollüberzeugung hingegen könnten der Anwendung von FAS eher skeptisch gegenüberstehen. Empirisch wurde jedoch bisher nur überprüft, dass sich der Locus of Control durch Erfahrungen mit FAS nicht verändert [18].

Ein weiteres wichtiges Konzept ist die kognitive Belastung («Mental Workload») beim Fahren. Sie variiert mit den Verkehrssituationen, der Erfahrung und dem Alter des Lenkers. So sind Autobahnen weniger anspruchsvoll als Innerortsstrecken. Fahranfänger sind schon durch die Fahrzeugbeherrschung stark beansprucht, sodass sie dem Verkehr nicht die nötige Aufmerksamkeit widmen können. Bei älteren Lenkern hingegen ist es umgekehrt. Das Fahren selber ist Routine, aber manche Verkehrssituationen stellen für sie eine zu hohe geistige Beanspruchung dar. Sowohl eine zu hohe als auch eine zu tiefe kognitive Belastung können eine Gefahr darstellen. Bei Ersterer ist der Lenker überfordert und der Fahraufgabe nicht mehr vollständig gewachsen, bei Letzterer ist er unterfordert und neigt zur Ausübung von Nebentätigkeiten.

Das mentale Modell der FAS, also das korrekte Verständnis für die Funktionsweise der FAS, ist wichtig für den Umgang mit den Systemen. Bei falschen mentalen Modellen werden die Systeme nicht richtig angewandt. Wie Beggiato und Kreams [19] aufzeigten, werden fehlerhafte mentale Modelle zwar anhand der praktischen Erfahrungen korrigiert, dennoch sollten sie soweit wie möglich verhindert werden, um anfängliche Anwendungsfehler zu vermeiden.

Ein anderes Konzept, das ebenfalls eine Rolle bei der Benützung der FAS spielen kann, ist das «Sensation Seeking» nach Zuckerman [20], also die Suche nach neuen und aufregenden Reizen. FAS wie ESC verhindern, dass riskante Fahrmanöver wie Schleudern stattfinden können. Personen, die hohe Werte in Sensation

Seeking haben, dürften dies als störend empfinden und die Systeme daher ausschalten, wenn sie die Möglichkeit dazu haben. Personen mit geringer Neigung zu Sensation Seeking dürften FAS, die ins Geschehen eingreifen, besser akzeptieren.

Weller und Schlag zeigen mit ihrem recht komplexen Modell sowie der Integration der Erkenntnisse von Stanton und Young einerseits auf, dass für Verhaltensanpassung die Wahrnehmung eines objektiv erweiterten Handlungsspielraums und ein subjektiver Nutzen notwendig sind. Demzufolge führen Systeme, die dem Lenker keinen wahrnehmbaren erweiterten Handlungsspielraum bieten (wie ESC oder CMS), kaum zu Verhaltensanpassungen. Andererseits legen die Autoren auch dar, dass allfällige Verhaltensanpassungen je nach Merkmalen der Lenker unterschiedlich intensiv ausfallen können.

VI. Verhaltensanpassungen

Bisher wurden wissenschaftlich vor allem folgende (negative) Konsequenzen von Fahrerassistenzsystemen (FAS) thematisiert:

- Vigilanzminderung, d. h. Verringerung der Daueraufmerksamkeit
- Ablenkung durch Bedienung von FAS
- Überforderung und Nebentätigkeiten wegen Unterforderung

1. Vigilanzminderung

Vigilanzminderung ist die Verminderung der Daueraufmerksamkeit beim Fahren. Da einige FAS dem Lenker die Fahraufgabe abnehmen oder vereinfachen, kann auch die Aufmerksamkeit nachlassen, die er dem Verkehr widmet. Falls es trotz des FAS zu einer kritischen Situation kommt, muss diese vom Lenker zunächst als solche erkannt werden, was wegen einer Vigilanzminderung länger dauern kann. Das könnte der Grund für die um etwa 5 Sekunden längeren Reaktionszeiten mit CC und ACC [21,8] sowie die daraus folgenden abrupten Bremsmanöver in den Feldstudien EuroFOT [4] und PreVENT [5] sein. Das Problem ist nicht die Übergabe eines Teils der Fahraufgabe an die FAS, sondern deren Rückgabe an den Menschen, die in der Fliegerei als «Bumpy Transfer» bezeichnet wird [22].

2. Ablenkung durch Bedienung der FAS

Einige FAS beanspruchen die Aufmerksamkeit der Lenkenden und können somit vom Strassenverkehr ablenken. So führt die Bedienung von Geräten im Fahrzeug generell zu leicht verringerter Geschwindigkeit

und mehr Querschleunigung, langsamerer und weniger genauer Identifikation von Objekten in der Peripherie sowie einer leichten Verlängerung des Anhaltewegs [23]. Die Bedienung von Navigationssystemen geht mit geringeren Geschwindigkeiten und um bis zu 50 % reduzierten Blicken auf die Strassen einher. Auch das Fahren anhand des Navis führt zu Veränderungen, so verfährt man sich häufiger und es kommt zu Fehlern beim Bremsen.

3. Überforderung und Unterforderung

Überforderung tritt vor allem bei der Bedienung von Geräten, jedoch selten bei reiner Informationsübermittlung auf. Allerdings dürften ältere Autofahrende dafür anfälliger sein [24]. Es konnte jedoch aufgezeigt werden, dass die Lenkenden bei einigen unterstützenden FAS (LDW, ACC usw.) vermehrt zur Ausübung von Nebentätigkeiten neigen. Der Grund dafür dürfte in einer Unterforderung liegen, die sich dadurch ergibt, dass die FAS ihnen Aufgaben abnehmen. Erschwerend kommt hinzu, dass viele der zurzeit verfügbaren FAS vor allem für die Anwendung auf Autobahnen gedacht sind, d. h. in einer ohnehin schon verhältnismässig einfachen Verkehrssituation, die zu Nebentätigkeiten verführt.

VII. Mögliche Massnahmen

Im Folgenden werden Massnahmen aufgezeigt, die möglichen Verhaltensanpassungen entgegenwirken oder sie abschwächen können.

1. Forschung

Angesichts der nicht nur positiven Ergebnisse zum Einfluss von Fahrassistenzsystemen (FAS) auf die Verkehrssicherheit wird ein **wissenschaftliches Monitoring** empfohlen, das die Auswirkungen der verschiedenen FAS insbesondere auf das reale Verkehrsgeschehen überwachen, d. h. Publikationen zum Unfallgeschehen und zu Feldversuchen erfassen und dokumentieren würde. Die Erkenntnisse könnten dann für weitere Präventionsaktivitäten genutzt werden.

2. Sensibilisierung und Wissensvermittlung

Eine **Schulung** in Bezug auf FAS dürfte sinnvoll sein. Sie sollte vor allem zwei Aspekte beinhalten: 1.) die korrekten mentalen Modelle von FAS, d. h. ihre Stärken und Schwächen, und 2.) die Versuchungen, zu denen FAS verleiten können. Dies gilt insbesondere für die Frage der Nebentätigkeiten. Die genauen Anforderungen bzw. die Ausrichtung gilt es noch zu erarbeiten.

3. Rechtliche Massnahmen

Die zukünftigen Möglichkeiten der «In-Car-Communication» dürften das Problem der Ablenkung durch Nebentätigkeiten während der Fahrt weiter verschärfen. Hier ist die Polizei gefordert, bereits existierende rechtliche Bestimmungen strikte durchzusetzen, die solche Nebentätigkeiten – die die Aufmerksamkeit des Fahrzeugführers beeinträchtigen – am Steuer verbieten (Art. 31 Abs. 1 SVG, Art. 3 Abs. 1 VRV, Anhang 1 Ziffer 311 der OBV). Geprüft werden sollte auch, ob der Gesetzgeber die technischen Möglichkeiten während der Fahrt noch weiter einschränken kann, sodass z. B. alle elektronischen Kommunikationsformen, die keinen Beitrag zur Fahraufgabe leisten (Telefonieren, SMS, Social Media usw.) während der Fahrt für die Lenkenden gesperrt sind.

4. Technische Massnahmen

Alcolock, Ablenkungserfassung oder Müdigkeitsüberwachung sind die Systeme der **Lenkerüberwachung**, die dafür sorgen, dass der Lenker nur in fahrfähigem Zustand am Verkehr teilnimmt. Sie können helfen, die «Windows of Opportunity» [25], also die Gelegenheiten für Fehlverhalten, zu verringern.

Bei der technischen Weiterentwicklung sind insbesondere folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Verbesserung der Schnittstellenproblematik bei Rückgabe der Fahraufgabe an den Lenker
- Stärkere Integration der verschiedenen FAS (trotz noch nicht gelöster rechtlicher Probleme, da sich die bisherigen Regelungen nur auf den Gebrauch einzelner FAS beziehen)
- Weiterentwicklung der FAS, sodass die Systeme nicht nur warnen, sondern auch eingreifen
- Überwachungsaufgaben eher den FAS als dem Menschen zuordnen, da Letzterer Schwächen bei der Daueraufmerksamkeit hat

VIII. Anhang

Gebräuchliche Abkürzungen von Fahrassistenzsystemen:

- ABS – Antiblockiersystem
- ACC – Adaptive Cruise Control – Abstandsregeltempomat
- CC – Cruise Control – Tempomat
- CMS – Collision Mitigation System – Kollisionsvermeidungssystem
- ESC – Electronic Stability Control – Elektronische Stabilitätskontrolle
- FCW – Forward Collision Warning – Kollisionswarnsystem
- ISA – Intelligent Speed Adaptation – Geschwindigkeitsassistenz
- LCA – Lane Change Assist – Spurwechselassistenz
- LDW – Lane Departure Warning – Spurhalteassistenz
- TCS – Traction Control System – Antriebsschlupfregelung

Quellen

- [1] Übereinkommen über den Strassenverkehr. Resolution 1129 (XLI). <http://www.admin.ch/opcd/classified-compilation/19680244/index.html>. Zugriff am 10.06.2014.
- [2] Walter E, Cavegn M, Scaramuzza G, Achermann Stürmer Y, Niemann S. *Personenwagen-Lenkende und -Mitfahrende*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2011. bfu-Sicherheitsdossier Nr. 07.
- [3] Fach M, Ockel D. Evaluation methods for the effectiveness of active safety systems with respect to real world accidents. Vortrag gehalten auf: The 21st International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles Conference (ESV)2009.
- [4] Kessler C, Eternad A, Alessandretti G, Heinig K, Selpi et al. EuroFOT. Final Report. 2012; http://www.eurofot-ip.eu/en/library/deliverables/sp1_d113_final_report.htm. Zugriff am 10.06.2014
- [5] Adell E, Várhelyi A, della Fontana M. The effects of a driver assistance system for safe speed and safe distance - A real-life field study. *Transportation Research Part C*. 2011;19:145-55.
- [6] Wilmink I, Janssen W, Jonkers E, Malone K, van Noort M et al. Socio-economic Impact Assessment of Stand-alone and Co-operative Intelligent Vehicle Safety Systems (IVSS) in Europe. Deliverable D4. 2008. http://www.eimpact.info/download/eIMPACT_D4_v2.0.pdf. Zugriff am 10.06.2014
- [7] Ewert U, Steiner K. *Fahrsimulatoren für Aus- und Weiterbildung*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2013. bfu-Faktenblatt Nr. 11.
- [8] Vollrath M, Schleicher S, Gelau C. The influence of Cruise Control and Adaptive Cruise Control on driving behaviour - A driving simulator study. *Accident Analyses and Prevention*. 2011;43:1134-9.
- [9] Høy A, Elvik R, Sørensen MWJ, Vaa T. *Trafikksikkerhetshandboken*. Oslo, Norwegen: Transportøkonomisk institutt; 2012.
- [10] Cummings P, Grossman DC. Antilock brakes and the risk of driver injury in a crash: a case-control study. *Accid Anal & Prev*. 2007;39(5):995-1000.
- [11] Elvik R, Høy A, Vaa T, Sørensen M. *The Handbook of Road Safety Measures*. Oslo: Emerald; 2009.
- [12] Kulmala R, Rämä P. Definition of behavioural adaptation. In: Rudin-Brown CM, Jamson SL, Hg. *Behavioural Adaptation and Road Safety. Theory, Evidence and Action*. Boca Raton, London, New York: CRC Press; 2013:11-22.
- [13] Saad F, Hjalmdahl M, Cañas J, Alonso M, Garayo P et al. Literature review of behavioural effects. Deliverable D1_2_1. 2005:1-124. http://www.aide-eu.org/pdf/sp1_deliv_new/aide_d1_2_1.pdf. Zugriff am 10.06.2014.
- [14] Wilde GJS. *Target Risk*. Toronto, Ontario, Canada: PDE Publications; 1994.
- [15] Ljung Aust M, Engström J. A conceptual framework for requirement specification and evaluation of active safety functions. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 2011;12(1):44-65.
- [16] Weller G, Schlag B. Verhaltensadaption nach Einführung von Fahrerassistenzsystemen: Vorstellung eines Modells und Ergebnisse einer Expertenbefragung. In: Schlag B, Hg. *Verkehrspsychologie. Mobilität - Sicherheit - Fahrerassistenz*. Berlin: Pabst Science; 2004:351-70.
- [17] Stanton NA, Young MS. A proposed psychological model of driving automation. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 2000;1(3):315-31.
- [18] Stanton NA, Young MS. Driver behaviour with adaptive cruise control. *Ergonomics*. 2005;48(10):1294-313.
- [19] Beggiato M, Krems JF. The evolution of mental model, trust and acceptance of adaptive cruise control in relation to initial information. *Transportation Research Part F*. 2013:11-47.
- [20] Zuckerman M. *Sensation seeking: Beyond the optimal level of arousal*. Hillsdale: Erlbaum; 1979.
- [21] Vollrath M, Briest S, Oeltze K. *Auswirkungen des Fahrens mit Tempomat und ACC auf das Fahrerverhalten*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen BAST; 2010. Report F 74.
- [22] Larsson AFL. *Automation and the nature of driving. The effect of adaptive cruise control on drivers' tactical driving decisions* [Dissertation]. Lund, Lund University; 2013.

- [23] Bayly M, Young KL, Regan MA. Sources of distraction inside the vehicle. In: Regan MA, Lee JD, Young KL, Hg. *Driver distraction. Theory, effects and mitigation*. Boca Raton, London, New York: CRC Press; 2009:191-214.
- [24] Ewert U. *Senioren als Personenwagen-Lenkende*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2012. bfu-Faktenblatt Nr. 09.
- [25] Vaa T. Psychology of behavioural adaptation. In: Rudin-Brown CM, Jamson SL, Hg. *Behavioral adaptation and road safety. Theory, evidence and action*. Boca Raton, London, New York: CRC Press; 2013:207-26.