

**Eidg. Departement für Umwelt,  
Verkehr, Energie und Kommu-  
nikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA**

**Februar 2005 / T1412**

**VSS 1999 / 307**

# **Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung zur Erhöhung der Verkehrssicherheit**

**Systèmes d'assistance au conducteur de véhicule et  
l'amélioration de la sécurité routière**

**Driver assistance systems for the enhancement of  
traffic safety**

**Wirksamkeit und Eignung**

Bearbeitung :      Hendrik Werdin, dipl. Ing. ETH/SVI  
                         Markus Schirmer, dipl. Ing. ETH

**Jenni + Gottardi AG**  
Beratende Ingenieure

8802 Kilchberg/Zürich  
Hornhaldenstrasse 9  
Telefon 01 716 10 80  
Telefax 01 716 10 81  
e-mail: gottardi@swissonline.ch



# Inhaltsverzeichnis

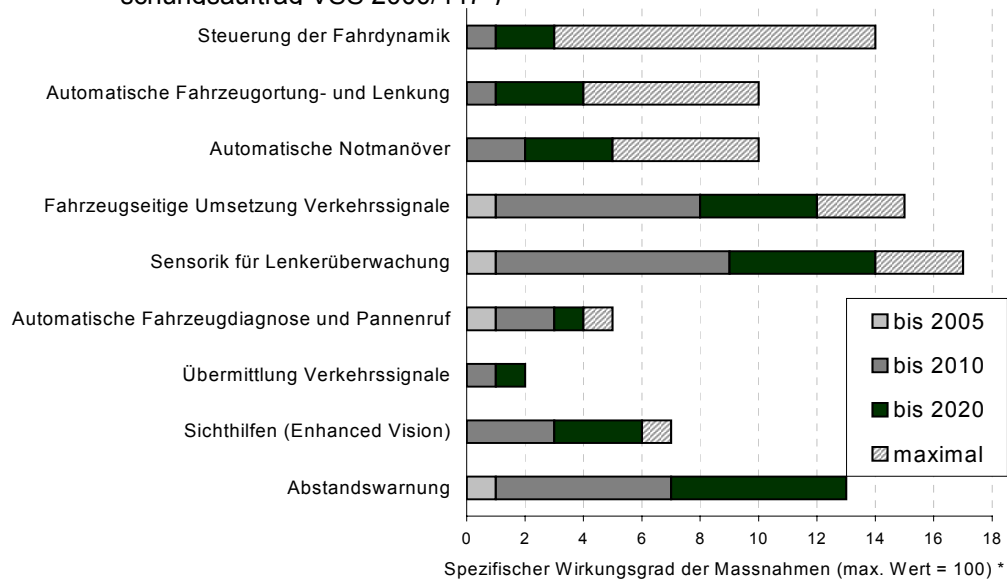
	<b>Seite</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>I</b>
<b>1. Ausgangslage und Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2. Vorgehen</b>	<b>2</b>
<b>3. Begriffe und Gliederung</b>	<b>6</b>
3.1 Ebenen der Fahrzeugführung	6
3.2 Unterstützungsgrad der Assistenzsysteme	7
3.3 Fahrzeugführung als Regelkreislauf	8
<b>4. Grundlagen</b>	<b>11</b>
<b>5. Stand der Forschung und Technik</b>	<b>15</b>
5.1 Warnende und Informierende Systeme	15
5.1.1 Abstandswarnung (inkl. Parkhilfen) und Spurassistent	15
5.1.2 Sichthilfen (Enhanced Vision)	16
Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	19
5.1.3 Automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf	22
5.2 Systeme mit verbindlichen Anweisungen	24
5.2.1 Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)	24
5.2.2 Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	26
5.3 Übernahme von Fahreraufgaben	27
5.3.1 Autonome, stabilisierende Systeme (ABS /ASR /ESP)	27
5.3.2 Automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik	30
5.3.3 Automatische Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen / automatische Notmanöver (Collision avoidance)	33
5.3.4 Automatische Fahrzeugortung und –lenkung auf bestimmten Strecken resp. in speziellen Gebieten oder gesamthaft	35
5.4 Einteilung der Systeme	37
5.4.1 Strassenseitiger- /fahrzeugseitiger Ausbau	37
5.4.2 Wirkungsweise der Systeme – Zeitpunkt der Intervention	38
5.5 Zusammenfassung der primären Wirkungen	39
<b>6. Analyse der Unfalldaten und Potenzialbetrachtung</b>	<b>44</b>
6.1 Generelle Bemerkungen	44
6.2 Unfallanalyse im Rahmen VESIPO	45

6.2.1	Quantifizierung des Rettungspotenzials	45
6.2.2	Resultate Unfall- und Wirkungsanalyse	48
6.3	Einfluss der Lebensdauer des Fahrzeugparks	50
<b>7.</b>	<b>Zwischenbilanz</b>	<b>51</b>
<b>8.</b>	<b>Weitere Effekte der Assistenzsysteme</b>	<b>52</b>
8.1	System- und Interaktionssicherheit	52
8.2	Sekundäre Wirkungen	56
8.2.1	Anpassungsprozesse	56
8.2.2	Kompensatorische Effekte	58
8.2.3	Mensch-Maschinen-Schnittstelle (MMS)	61
8.2.4	Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit	62
8.2.5	Weitere Effekte	63
8.2.6	Wirkungsketten	63
<b>9.</b>	<b>Expertenbefragung</b>	<b>68</b>
9.1	Vorgehen	68
9.2	Fragebogen	68
9.3	Ergebnisse	69
9.3.1	Allgemein	69
9.3.2	Auswertung der allgemeinen Fragen (Teil A)	69
9.3.3	Auswertung der Fragen bezüglich sekundärer Effekte (Teil B)	72
9.3.4	Ergänzende Bemerkungen und Fazit	73
<b>10.</b>	<b>Ausgewählte rechtliche Aspekte</b>	<b>74</b>
<b>11.</b>	<b>Verkehrspsychologische Beurteilung</b>	<b>76</b>
11.1	Einleitende Bemerkungen	76
11.2	Allgemeine Probleme aus psychologischer Sicht	77
11.3	Spezielle Probleme aus psychologischer Sicht	79
<b>12.</b>	<b>Sicherheitspotenziale und Eignungsbewertung CH</b>	<b>84</b>
<b>13.</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>87</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>90</b>
	<b>Abkürzungen und Begriffe</b>	<b>97</b>
	<b>Anhang</b>	
	<b>Fragebogen der Expertenbefragung</b>	

## Zusammenfassung

- Aufgabenstellung** Mit neuen Telematiksystemen, die den Fahrer unterstützen, soll eine bessere Wahrnehmung der unmittelbaren externen Bestimmungsgrössen des Verkehrsablaufs sowie der momentanen Fahrtauglichkeit des Lenkers und damit eine Steigerung der Verkehrssicherheit erreicht werden.
- Die Forschungsarbeit soll einerseits den Entwicklungsstand der fahrzeugführerunterstützenden Systeme dokumentieren, andererseits die möglichen oder tatsächlichen Sicherheitspotenziale in Bezug auf den Strassenverkehr und die Eignung in der Schweiz aufzeigen.
- Vorgehen** Neben der Analyse der Systeme und ihrer primären Wirkungen werden auch allfällige sekundäre Wirkungen ergründet und soweit möglich quantifiziert. Es geht darum, wie Fahrzeuglenker auf den Verlust von Handlungskompetenzen reagieren. Ist statt des erwarteten Sicherheitsgewinns ein Sicherheitsverlust zu erwarten?
- Neben Literaturanalysen erhellen auch theoretische Überlegungen anhand von Wirkungsketten sowie eine Expertenbefragung und ein fachpsychologisches Gutachten die Zusammenhänge.
- fahrzeugführerunterstützende Systeme (FFU-Systeme)** Zu den untersuchten FFU-Systemen gehören
- Warnende und informierende Systeme (Abstandswarnung inkl. Parkhilfen, Spurassistent, Sichthilfen, Übermittlung von Verkehrssignalen, automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf)
  - Systeme mit verbindlichen Anweisungen (Lenkerüberwachung, fahrzeugseitige Umsetzung von Signalen und Tempobeschränkungen)
  - Übernahme von Fahreraufgaben (autonome, stabilisierende Systeme, automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik, automatische Fahrzeugsteuerung, automatische Fahrzeugortung und -lenkung)
- Wirkungen der FFU- Systeme** Die einzelnen FFU-Systeme wirken sich mehr oder weniger deutlich auf die Unfallzahlen aus. Für die primäre Wirkung wird gemäss verschiedener Studien ein Ausmass von nahezu 0% bis etwa 30% an Unfallverminderung erwartet.
- Das theoretische Rettungspotenzial, welches oftmals recht gross ist, wird jedoch durch verschiedene Faktoren teilweise deutlich vermindert. Nur ein bedeutend kleinerer Teil der Unfälle wird sich darum letztlich durch die Systeme effektiv vermeiden lassen (tatsächliches Rettungspotenzial). Vor allem bei Systemen mit unverbindlichen Anweisungen oder Informationen können diese vom Fahrzeuglenker ignoriert werden, was die Wirksamkeit zusätzlich reduziert (vgl. Abb. auf der folgenden Seite)

Abbildung: Spezifische Wirksamkeit der FFU-Systeme bzgl. Unfällen (in Anlehnung an die Studie „Rapp, Grundlagen für eine Strassenverkehrspolitik des Bundes, Forschungsauftrag VSS 2000/447“)



### Sekundäre Wirkungen

Voraussetzung für die Marktauglichkeit der Systeme ist ein fehlerfreies Funktionieren. Die erwarteten primären Sicherheitsgewinne können jedoch aufgrund von Anpassungsprozessen, kompensatorischen Wirkungen oder aber nur teilweiser Marktdurchdringung der Systeme deutlich reduziert werden.

Bei einzelnen Systemen werden neben Sicherheitsaspekten auch zusätzlich positive Wirkungen in Bezug auf die Leistungsfähigkeit des Strassennetzes erwartet.

### Expertenmeinung

Eine Befragung in- und ausländischer Experten per Fragebogen zeigt, dass für eine erfolgreiche Marktetablierung eine Veränderung der Werthaltung der Fahrzeugführer sowie Komfortvorteile vorausgesetzt werden. Mehrheitlich werden auch sekundäre Effekte wie eine riskantere Fahrweise sowie eine Verminderung der Fahrfertigkeiten erwartet. Neben Zusatzschulungen, die als zwingend angesehen werden, müssen der Umfrage zufolge weitere gesetzliche Grundlagen geschaffen werden.

Nur ein kleiner Teil der Experten ist allerdings der Meinung, dass sekundäre Wirkungen den Sicherheitsgewinn kompensieren könnten. Bezüglich Risikokompensation und Handlungsdelegation werden vor allem in der Einführungsphase neuer Systeme Probleme erwartet. Mehr als 80% der Befragten erwarten jedoch von FFU-Massnahmen selbst bei realistischen Erwartungen einen massgeblichen Sicherheitsgewinn.

\* Der spezifische Wirkungsgrad beschreibt das mögliche Unfallverminderungspotential unter Berücksichtigung von Systemunzuverlässigkeit, Fehlbedienung, Beachtungs- und Verbreitungsgrad

*Weiterer Forschungsbedarf*

In der Schweiz wird vor allem im Bereich der passiven Sicherheit Forschung betrieben. Bezüglich aktiver Sicherheit sollte die Forschungstätigkeit noch intensiviert werden.

Viele FFU-Systeme kommen eben erst auf den Markt oder sind erst in den nächsten Jahren serienreif. Damit werden in zunehmendem Umfang auch weitere Erfahrungen vorliegen. Eine Neubewertung der FFU-Systeme innerhalb der nächsten ca. fünf Jahre ist notwendig.

Neben technischen und psychologischen Aspekten müssen auch die rechtlichen Aspekte noch vertiefter abgeklärt werden, immer in Bezug zur Wirkungsweise der Systeme (Unterstützungsgrad), beispielsweise versicherungsrechtliche Fragen.

Bei einzelnen Systemen zeichnet sich neben Sicherheitswirkungen auch eine Beeinflussung der Streckenkapazität ab. Insbesondere in Bezug zu den verkehrlichen Gegebenheiten in der Schweiz (z.B. Topographie) bestehen hier Forschungslücken, welche geschlossen werden sollten.

*Schlussfolgerungen*

Grundsätzlich bewirken alle aufzeigten Systeme einen mehr oder minder grossen Sicherheitsgewinn – zumindest aus der Sicht der primären Wirkung dieser Systeme. Nur wenige Erfahrungen gibt es allerdings zu den sekundären Effekten. Diese wirken häufig gegenläufig und führen zu einer Reduktion der Verkehrssicherheit, so dass teilweise der Nutzen neutral oder sogar negativ ausfallen kann.

Die Systeme mit dem derzeit höchsten erwarteten Sicherheitspotenzial sind autonome Systeme wie ABS<sup>1</sup> oder ESP<sup>1</sup> und Systeme, welche aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen. Aufgrund der rechtlichen und technischen Randbedingungen aber auch wegen ungenügender Akzeptanz werden insbesondere die letzteren in Bezug auf die nationale Verkehrssicherheitsstrategie als weniger geeignet bewertet (vgl. Abb. auf S. IV).

In naher Zukunft werden sich vor allem Systeme durchsetzen, welche im Fahrzeug integriert sind (autonom agieren) und dem Fahrer einen spürbaren Sicherheits- und Komfortvorteil bieten. Systeme, welche nur Sicherheits- und keine Komfortvorteile bieten, können nur mit verstärkten Mitteln (Enforcement, tiefere Versicherungsprämien, etc.) gefördert werden.

Viele Systeme sind noch im Entwicklungsstadium. Dabei besteht eine grosse Diskrepanz zwischen den Sicherheitseinschätzungen der Hersteller und den zu erwartenden, tatsächlich eintretenden Sicherheitsgewinnen, dies vor allem bei Systemen, welche sich erst in einem frühen Entwicklungsstand befinden und eine umfassende Unterstützung des Fahrzeugführers bieten.

---

<sup>1</sup> ABS = Anti-Blockier-System, ESP = elektronisches Stabilitätsprogramm

### Beurteilung einzelner FFU-Systeme bezüglich Anwendbarkeit in der Schweiz

FFU-System	erwartetes Sicherheitspotenzial <sup>2</sup>	rechtliche/technische Umsetzbarkeit	erwartete Akzeptanz	Wirksamkeitsbeurteilung bez. Verkehrssicherheitspolitik der Schweiz
Gewichtung	60%	20%	20%	
Abstandswarnung	◆	◆◆◆	◆◆	+ / +++
automatische Abstandshaltung	◆◆	◆	◆◆	++
Einparkhilfen	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / +++ (Komfortsystem)
Sichthilfen	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Totwinkelüberwachung	◆	◆◆ ↑ <sup>3</sup>	◆◆◆	+ / +++ ↑
Objektwarnsystem	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Informationsübermittlung inkl. Stauwarnung (Geschwindigkeit u.a.)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Fz-seitige Umsetzung von Verkehrssign.	◆◆◆	◆	◆	++
automatische Fahrzeugdiagnose	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Sensorik für Lenkerüberwachung	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Anti-Blockier-System (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Bremsassistenten	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
automatische Spurhaltung	◆◆	◆	◆	+ / +++
Spurwechselassistenten	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Kollisionswarnsysteme, ohne direkten Steuerungseingriff	◆	◆	◆◆	+
Notmanöver	◆◆	-	◆	+ / +++
umfassende Fahrzeuglenkung	◆◆◆	-	◆	++

Legende:	◆◆◆	gross / hoch	+++	sehr gut geeignet für den Einsatz in der Schweiz im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie
	◆◆	mittel	++	nur mit zusätzlichen Massnahmen geeignet für den Einsatz in der Schweiz resp. weniger wirksam bzgl. Verkehrssicherheit
	◆	klein / tief	+	(vorerst) nur bedingt geeignet für den Einsatz in der Schweiz

#### Schlussfolgerungen (Forts.)

Aus Schweizer Sicht ist eine aktive Mitwirkung in entsprechenden europäischen und internationalen Gremien, die sich mit Erforschung und Normierung entsprechender Systeme auseinandersetzen, wichtig. Diese können nur greifen, wenn die Umsetzung europaweit geschieht und keine Systemgrenzen bestehen. Insellösungen, der Verzicht auf Standardisierung und die Integration kaum kompatibler Systemelemente werden längerfristig unflexibel, schlecht erweiterbar und damit letztendlich teuer.

<sup>2</sup> Einfluss auf die Gesamtzahl der Unfälle

<sup>3</sup> Neue EU-Richtlinie für LW/Busse fördert entsprechende Systeme, → eventuell bessere Umsetzbarkeit



## Résumé

*Objet de la thèse* Les nouveaux systèmes de télématique développés pour assister le conducteur doivent permettre d'améliorer la perception des conditions immédiates de la circulation, et de vérifier l'aptitude du conducteur à réagir, dans l'instant, de manière adéquate, ce qui doit se traduire par une amélioration de la sécurité routière.

Le travail de recherche a pour objectif de faire le point sur le stade de développement des systèmes d'assistance au conducteur de véhicule, et mettre en lumière les gains de sécurité, potentiels ou avérés, et leur adéquation ou la pertinence de leur mise en oeuvre sur le réseau routier en Suisse.

*Procédure* outre l'analyse des systèmes et de leurs incidences premières, sont également analysées les éventuelles incidences secondaires, avec quantification dans la mesure du possible. La question est de savoir comment réagit un conducteur de véhicule dans le contexte d'un rétrécissement du champ de ses compétences. Faut-il s'attendre à une réduction du niveau de sécurité, plutôt qu'à l'amélioration attendue ?

A côté de l'analyse de la littérature en la matière, les réflexions théoriques fondées sur l'enchaînement des diverses incidences, ainsi qu'une enquête menée auprès d'experts et une expertise réalisée par un psychologue spécialiste du comportement sur route permettent de réunir et assembler bout à bout les composantes de la problématique.

*Aperçu des systèmes d'assistance au conducteur de véhicule*

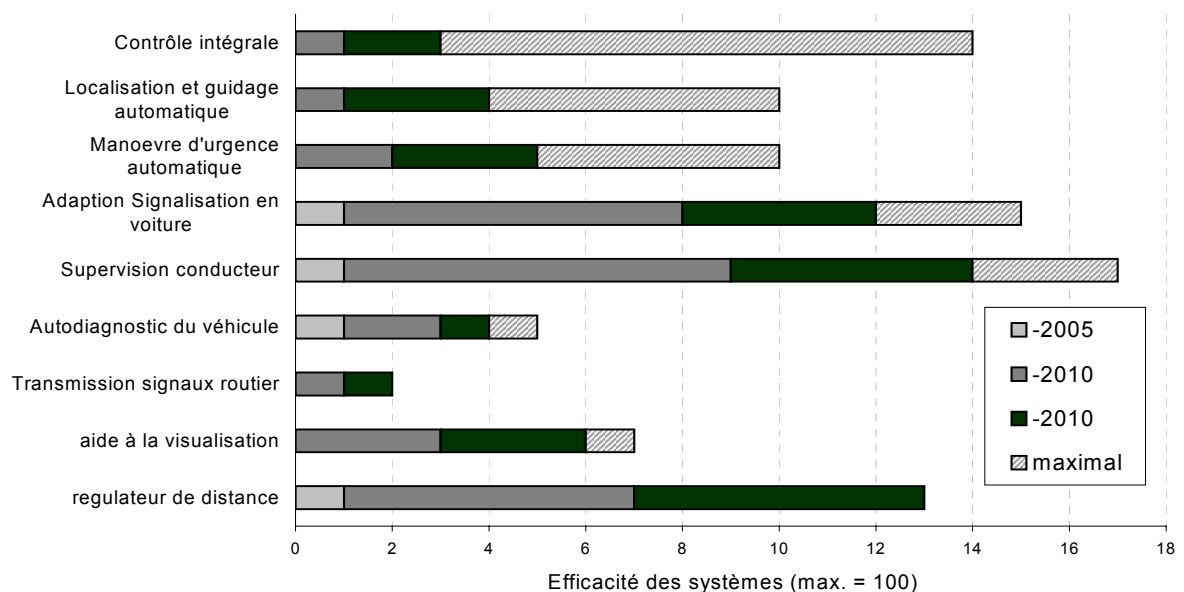
- Systèmes d'alerte et d'information (régulateur de distance par signal sonore ou acoustique, y compris l'assistance pendant les manoeuvres de stationnement, stabilisateur de trajectoire, aides à la visualisation, et mécanismes automatiques – transmission des signaux routiers, autodiagnostic du véhicule, appel service de dépannage)
- Systèmes à instructions plus contraignantes (surveillance de la vigilance du conducteur, respect des signaux imposés par le véhicule, et limiteur de vitesse)
- Prise en charge des tâches du conducteur (systèmes autonomes de stabilisation, respect automatique de la distance entre véhicules et stabilisateur de trajectoire, commande intégrale de la dynamique de conduite, système de pilotage automatique, localisation automatique et téléguidage du véhicule)

*Incidences des systèmes*

Les différents systèmes d'assistance au conducteur ont une incidence plus ou moins nette sur les chiffres des accidents. Pour l'efficacité première, on table sur une réduction allant de 0% jusqu'à environ 30%, en fonction des études réalisées.

*Incidences des systèmes (suiv.)*

Le potentiel théorique de prévention des accidents, un chiffre souvent assez important, est cependant atténué de manière parfois très sensible, par un certain nombre de facteurs. En fait, tous ces systèmes ne devraient permettre d'éviter qu'une fraction nettement moindre des accidents (= potentiel de prévention réelle). En particulier les systèmes d'alerte et de simple information peuvent être ignorés par le conducteur, ce qui réduit d'autant leur efficacité (voir graphique suivante).

**Efficacité des systèmes d'assistance de conducteur en référence des accidents***Incidences secondaires*

La condition pour la diffusion de ces systèmes sur le marché est la fiabilité absolue de fonctionnement. Les gains de sécurité "immédiats" que l'on peut en attendre doivent cependant être relativisés, en raison de l'adaptation progressive du conducteur à leur présence, des réflexes compensatoires, ou tout simplement de la facilité, ou non, à les trouver dans le commerce.

Dans le cas de certains systèmes, outre les aspects de sécurité, on s'attend par ailleurs à d'autres incidences positives, dans le sens d'une meilleure efficacité du réseau routier.

*Opinion des experts*

Une enquête menée auprès d'experts en Suisse et à l'étranger révèle que le succès de ces systèmes sur le marché nécessite une modification de l'opinion des conducteurs à ce propos, et l'apport d'avantages en termes de confort. Dans leur majorité, les experts s'attendent également à des effets secondaires, par exemple, un style de conduite plus risqué, de même qu'une réduction du savoir-faire au volant. A part les formations complémentaires, considérées comme absolument indispensables, le résultat de l'enquête met en lumière la nécessité d'adapter la législation en la matière.

Seule une minorité parmi les experts estime que les incidences secondaires pourraient contrebalancer le gain de sécurité. S'agissant de la compensation du risque et de la tendance du conducteur à déléguer à son véhicule le soin de réagir, les problèmes posés par les nouveaux systèmes ne devraient se manifester que pendant la phase d'introduction. Plus de 80% des personnes interrogées estiment en fait que les systèmes d'assistance devraient se traduire par un gain de sécurité significatif, même en restant réaliste

*Nécessité  
d'approfondir  
la recherche*

En Suisse, la recherche porte surtout dans le domaine de la sécurité passive. S'agissant de la sécurité active, l'activité de recherche devrait être intensifiée.

En fait, l'émergence sur le marché d'un grand nombre de systèmes d'assistance de conducteur est très récente, parfois même il s'agit de systèmes qui ne seront disponibles en série que dans les prochaines années. L'expérience dont on dispose à ce sujet ne fera que croître. C'est pourquoi il est nécessaire de procéder à une réévaluation de ces systèmes dans les cinq prochaines années.

Outre les aspects techniques et psychologiques, il faut également approfondir les aspects juridiques, toujours pour ce qui concerne le mode de fonctionnement de ces systèmes (degré d'assistance), par exemple, les questions d'assurance de responsabilité civile.

Dans le cas de certains systèmes, outre les incidences sur la sécurité, il faut tenir compte de l'incidence des caractéristiques en fonction du parcours. Notamment, du point de vue des réalités de la circulation routière en Suisse (par exemple : topographie), on constate des lacunes dans les travaux de recherche, qu'il convient de combler pour traiter la matière en connaissance de cause.

*Conclusions*

Fondamentalement, tous les systèmes analysés permettent un gain de sécurité plus ou moins important - à tout le moins du point de vue de l'efficacité première ou "immédiate". Peu de données existent à l'heure actuelle sur les incidences secondaires. Il s'agit d'effets allant souvent dans le sens contraire, au point d'annuler le gain de sécurité, voire même d'être contreproductifs.

Les systèmes répondant à l'heure actuelle aux attentes en terme de potentiel de sécurité le plus élevé sont les systèmes autonomes, par exemple les systèmes ABS<sup>4</sup> ou ESP<sup>1</sup> et les systèmes qui interviennent de manière active dans le pilotage (voir graphique à la page suivante).

Ces derniers, en particulier, sont considérés comme moins adéquats, dans le contexte de la politique nationale de sécurité routière, non seulement pour des raisons juridiques et techniques, mais également en raison du faible degré d'acceptance dont ils font l'objet.

---

<sup>4</sup> ABS = Système d'antiblocage des freins, ESP = Programme de stabilisation électronique

### Appréciation des systèmes d'assistance de conducteur en référence de l'applicabilité en Suisse

Système	Potentiel de sécurité prévu	Application juridique et technique	Acceptanceprévue	Appréciation d'efficacité en référence de la politique sécurité routière en Suisse
Gewichtung	60%	20%	20%	
Régulateur de distance en veille	◆	◆◆◆	◆◆	+ / ++
Régulateur de distances actif	◆◆	◆	◆◆	++
Assistance au stationnement	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / ++ (système de confort)
Aide à la visualisation	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
DétECTION de l'angle morte	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Système d'avertissement d'objet	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Transmission d'information (avertissement de bouchon, limitation de vitesse et autres)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Adaptation de la signalisation routière en voiture.	◆◆◆	◆	◆	++
Autodiagnostic du véhicule	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Supervision automatique du conducteur	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Système antiblocage des freins (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Assistance au freinage	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
Programme de stabilisation électron. (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Stabilisateur de trajectoire automatique	◆◆	◆	◆	+ / ++
Assistance au changement de voie	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Système de pré-collision (alerte)	◆	◆	◆◆	+
Assistance au manoeuvre d'urgence	◆◆	-	◆	+ / ++
Contrôle intégrale de la voiture	◆◆◆	-	◆	++

Explication: ◆◆◆ élevé / haut

◆◆ médian

◆ bas / petit

+++ très bon approprié pour la mise en action en Suisse en référence de la politique sécurité routière en Suisse

++ seulement avec des mesures complémentaires pour la mise en action en Suisse

+ (au moment) seulement partiel approprié pour la mise en action en Suisse

Dans un avenir proche, les systèmes qui s'imposeront sont avant tout ceux qui sont intégrés dans le véhicule (systèmes autonomes) et qui apportent un avantage de sécurité et de confort directement perceptible pour le conducteur. Les systèmes qui n'offrent qu'un supplément de sécurité, sans supplément de confort, ne pourront se faire accepter que par des moyens renforcés (dispositions législatives, réduction des primes d'assurance, etc.).

Beaucoup de systèmes sont encore dans le stade de développement. Il existe un décalage important entre les estimations du gain de sécurité avancé par les fabricants et les gains de sécurité espérés et effectifs, principalement dans le cas des systèmes se trouvant encore dans un stade de développement précoce et qui ambitionne d'apporter une assistance complète au conducteur

de véhicule.

Pour la Suisse, il est important de participer de manière active dans les comités techniques au niveau européen et international, qui se consacrent à la recherche, l'analyse et l'élaboration des normes pour les systèmes en question. L'efficacité de ces systèmes est tributaire d'une mise en oeuvre à l'échelle de l'Europe, sans limitation d'ordre technique. A long terme, les solutions autarciques, fondées sur le renoncement à la standardisation, de même que l'intégration de composants quasi incompatibles, ne peuvent que se révéler peu évolutives, en offrant peu de possibilités d'extension, et finalement revenir plus cher.

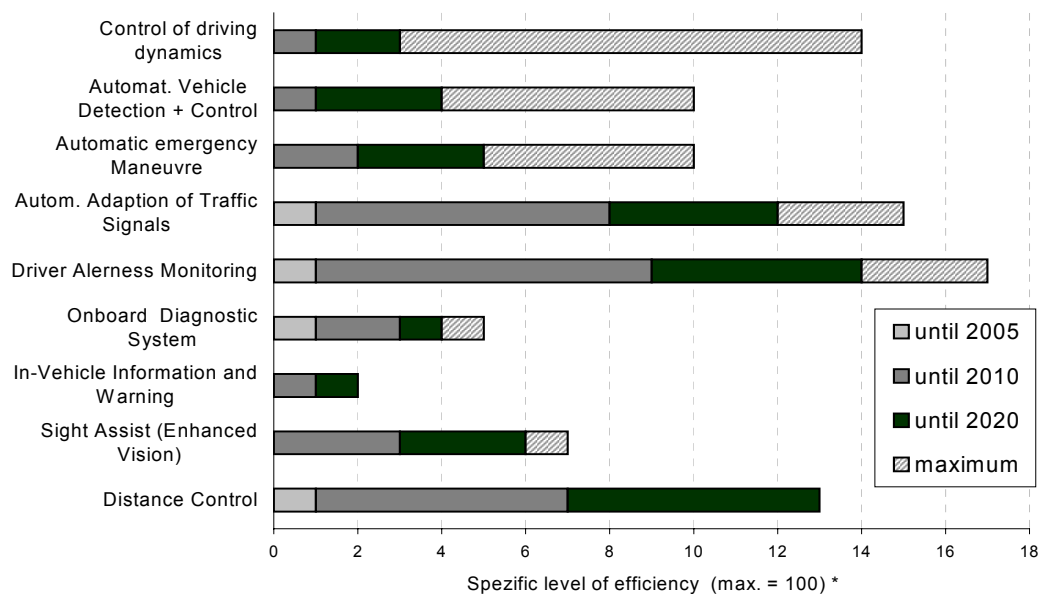
## Abstract

<i>Terms of reference</i>	<p>New telematics systems to assist drivers are intended to achieve better perception of the direct, external determining parameters of traffic flow and the driver's current fitness to drive and, thus, enhance traffic safety.</p> <p>The research work is intended to document the state of development of driver assistance systems and illustrate the possible or actual safety potentials in relation to road traffic and suitability in Switzerland.</p>
<i>Procedure</i>	<p>Any secondary effects will be determined and quantified as far as possible, besides analysing the systems and their primary effects. We aim to establish how vehicle drivers respond to a loss of ability to intervene. Can a loss in safety be expected instead of the anticipated gain in safety?</p> <p>Besides analyses of relevant literature, light is also to be shed on the interrelationships with theoretical considerations on the basis of chains of cause and effect and both a survey of experts and a specialist psychological expertise.</p>
<i>Driver assistance (DA) systems</i>	<p>The systems include</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Warning and information systems (proximity warning, including parking assistance systems, lane departure warning systems, visibility assistance systems, transmission of traffic signals, automatic vehicle diagnosis and automatic breakdown call transmission)</li> <li>- Systems with mandatory instructions (driver monitoring, automatic adaptation to traffic signals and speed limits)</li> <li>- Systems which assume the driver's tasks (autonomous stabilising systems, automatic adaptive cruise control and automatic heading control, comprehensive control of driving dynamics, automatic vehicle control and automatic vehicle detection and guidance)</li> </ul>
<i>Effects of the</i>	<p>The individual DA systems have a more or less clear impact on accident fig-</p>

*systems* ures. On a basis of various studies, a figure of 0 % to around 30 % is anticipated for accident avoidance for the primary effect.

However, the theoretical avoidance potential which is frequently very high is substantially reduced by various factors in some cases. Only a significantly lower share of accidents will ultimately be effectively avoided by these systems as a result of this (actual avoidance potential). In the case of systems with non-mandatory instructions or information in particular, these may be ignored by the vehicle driver, which additionally reduces effectiveness (cf. illustration overleaf).

### Accident reducing effects of driver assistance systems



*Secondary effects* The systems must function error-free in order to be suitable for the market. However, the anticipated primary safety gains may be substantially reduced as the result of adaptation processes, compensatory effects or only partial market penetration.

In the case of individual systems, additional, positive effects in relation to performance of the road network are anticipated besides safety aspects.

*Expert opinion* A survey of experts both at home and abroad conducted with a questionnaire illustrates that successful establishment on the market prerequisites a change in vehicle drivers' values and also convenience advantages. In the majority of cases, secondary effects such as more risky driving style and a reduction in driving skills are also anticipated. Besides additional training courses which are considered to be urgently necessary, the survey indicates that a more extensive legal basis must be created.

Only a few of the experts however are of the opinion that secondary effects

could offset the safety gain. Problems are anticipated in respect of risk compensation and delegation of action primarily in the introductory phases of new systems. Over 80 % of those questioned do, however, anticipate a substantial safety gain from DA systems even in the case of realistic expectations.

*Further research required*

Research is underway in Switzerland primarily in the sector of passive safety. Research activities into active safety should be intensified.

Many driver assistance systems are just coming onto the market or will not be sufficiently advanced for introduction on a series basis until a few years time. This will mean that more experience will be available as time goes on. It will be necessary to reassess the driver assistance systems within the next approx. 5 years.

Besides technical and psychological aspects, it will also be necessary to clarify the legal aspects in greater depth, always in relation to the mode of operation of the system (degree of assistance), for example aspects relating to insurance legislation.

In the case of certain systems, there are also signs of an influence on stretch-related capacity, besides safety effects. Certain areas still require research, in particular in relation to the traffic situation in Switzerland (e.g. topography).

*Conclusions*

little experience is available in relation to the secondary effects. These secondary effects frequently act in opposition and lead to a reduction in traffic safety so that, in some cases, the benefit may be either neutral or even negative.

Basically, all systems illustrated result in a safety gain, the extent of which varies from system to system - at least from the point of view of the primary effect of the systems. However, only

The systems with the greatest anticipated safety potential from a contemporary point of view are autonomous systems such as ABS<sup>5</sup> or ESP<sup>1</sup> and systems which actively intervene in vehicle control. The latter in particular are rated as less appropriate in relation to the national traffic safety strategy owing to the legal and technical boundary conditions but also owing to inadequate acceptance.

In the near future, it will primarily be systems which are integrated in the vehicle (which act autonomously) and which offer drivers a perceptible safety and convenience advantage which will gain acceptance. Systems which offer only safety advantages and no convenience advantages can be promoted only by more powerful means (enforcement and lower insurance premiums etc.).

---

<sup>5</sup> ABS = Antilock brake system, ESP = Electronic stability programme

### Evaluation of different driver assistance systems regarding the applicability in Switzerland

FFU-System	Expected safety potential	Legal / technical feasibility	Expected acceptance	Effectiveness in relation to the swiss traffic safety policy
Weighting factor	60%	20%	20%	
Distance Control (Proximity Warning)	◆	◆◆◆	◆◆	+ / +++
Adaptive Cruise (Distance) Control	◆◆	◆	◆◆	++
Parking Assist	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / +++ (Comfort system)
Enhanced Vision	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Blind Spot Monitoring	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Object Warning System	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
In-Vehicle Information and Warning Systems (speedlimits etc..)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Intelligent Traffic Signal Adaption	◆◆◆	◆	◆	++
Onboard Diagnostic System	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Driver Alertness Monitoring	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Antilock Brake System (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Brake Assist System	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
Electronic Stability Programm (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Heading Control (automatic lane keeping)	◆◆	◆	◆	+ / +++
Lane Departure Assist	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Collision Avoidance System (without Direct Vehicle Control)	◆	◆	◆◆	+
Emergency Manoeuvre	◆◆	-	◆	+ / +++
Automated Highway (fully automatic guidance)	◆◆◆	-	◆	++

Legend:

◆◆◆ high

◆◆ medium

◆ small

+++ appropriated for use in switzerland regarding the national traffic safety vision

++ additional measures/ actions necessary for use in switzerland

+ (current) less suitable for use in switzerland

Many systems are still at the development stage. There is a major discrepancy between the safety assessments of the manufacturers and the anticipated safety gains actually achieved, primarily in the case of systems which are only at an early stage of development and which offer comprehensive assistance to the vehicle driver.

From a Swiss point of view, active participation in corresponding European and international committees dealing with research into and standardisation of corresponding systems is important. These systems can be effective only if they are implemented Europe-wide and only if there are no system limits. Insular solutions, waiving standardisation and the integration of system elements which are not very compatible lead to inflexibility, poor expansibility and, thus, ultimately expense in the long term.



# 1. Ausgangslage und Aufgabenstellung

Das System Mensch-Fahrzeug-Fahrbahn stösst zunehmend an seine Grenzen. Da sind einerseits die immer engeren Grenzen, die einer Anpassung des Strassennetzes an die nach wie vor rasch steigende Nachfrage gesetzt sind. Die Folgen sind übermässig zunehmende Konfliktdichten, häufigere Staus, Unfälle und sinkende Verfügbarkeit vor allem im Bereich der Hochleistungsstrassen. Andererseits sind dem Mensch Grenzen gesetzt, in der Hektik des heutigen Strassenverkehrs und der wachsenden Informations- und Reizdichte im Fahrerumfeld die Übersicht zu bewahren und in Sekundenbruchteilen die richtigen Entscheide zu fällen. Neue Telematiksysteme, die den Fahrer unterstützen, zielen auf eine bessere Wahrnehmung der unmittelbaren externen Bestimmungsgrössen des Verkehrsablaufs sowie der momentanen Fahrtauglichkeit des Lenkers und damit in erster Linie auf eine Steigerung der Verkehrssicherheit.

Zwar konnte die Verkehrssicherheit auf dem Schweizerischen Strassennetz in den letzten Jahrzehnten beträchtlich verbessert werden, doch genügt dies noch nicht. Trotz sorgfältigster Strassenraumgestaltung, Fahrzeugen mit einer immer noch besseren passiven Sicherheit, hochstehender Fahrerausbildung und -nachschulung, situationsbezogener Signalisation und immer rascherer Information ereignen sich immer noch zu viele schwere Unfälle. Angesichts der mit dem Begriff „Vision Zero“ umschriebenen langfristigen Absicht, die Zahl von Toten und Verletzten möglichst nahe an Null anzunähern, sind deshalb immer mehr auch Anstrengungen im Bereich Mensch und Fahrzeug erforderlich, wo Sicherheitsgewinne nur mit hohen Investitionen erzielt werden können oder wo sich trotz heute noch fehlender Voraussetzungen möglicherweise bereits in naher Zukunft grosse Sicherheitsgewinne abzeichnen.

Mit der Forschungsarbeit sollen einerseits der Entwicklungsstand der Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung ausführlich und übersichtlich dokumentiert, andererseits ihre möglichen oder tatsächlichen Sicherheitspotenziale in Bezug auf den schweizerischen Strassenverkehr und damit ihrer Eignung in der Schweiz aufgezeigt werden.

## 2. Vorgehen

Der Forschungsansatz zielt in der ersten Arbeitsphase auf eine Übersicht über den Entwicklungsstand solcher fahrerunterstützenden Systeme. Dabei werden vor allem die Projekte näher betrachtet, die bereits eine gewisse Entwicklungsreife erreicht haben und die aus Sicht potenzieller Anwendungsfelder in der Schweiz besonderes Interesse verdienen. Dabei wird insbesondere auf die zu erwartenden Ergebnisse des UVEK-Projekts VESIPO abgestellt. Die dort zur detaillierteren Prüfung ausgewählten Fahrerassistenz-Systeme stehen im Vordergrund der Arbeiten. Deren Entwicklungsstand wird detailliert dargestellt, ausserdem werden die Effekte auf Informationsverarbeitung und Benutzerverhalten analysiert, die Auswirkungen konkretisiert und der Handlungsbedarf in Bezug auf die Rahmenbedingungen in der Schweiz untersucht.

Um die möglichen oder tatsächlichen Sicherheitspotenziale aufzuzeigen, werden diese fahrerunterstützenden Systeme auf ihre möglichen Sicherheitspotenziale, bereits dokumentierte Wirkungen aber auch ihre Sicherheitsrisiken hin untersucht und beurteilt.

Dabei werden bekannte, theoretisch hergeleitete und vermutete Wirkungen der realen Unfallsituation auf den Schweizer Strassen gegenübergestellt und entsprechende Schlussfolgerungen daraus gezogen. Bei diesen primären Wirkungen wird eine Bilanz zumindest für einen Teil der untersuchten Bereiche möglich sein.

Das oben genannte Projekt VESIPO wird integriert und die weiteren Analysen bauen auf dessen Erkenntnissen auf. Koordiniert wird auch mit dem EU-Projekt GADGET (Guarding Automobile Drivers through Guidance, Education and Technology), von dem der Einteilungsraster der Assistenzsysteme übernommen werden kann, sowie mit der COST Action 352 „Influence of Modern In-Vehicle Information Systems on Road Safety Requirements“ (IVIS), die sich gegenwärtig allerdings erst in der Anfangsphase befindet. Daneben werden weitere aktuelle nationale und internationale Arbeiten zum Thema Fahrzeugführerunterstützung beachtet.

Anspruchsvoller als die Analyse der Systeme und ihrer primären Wirkungen ist die Begründung und allenfalls Quantifizierung sekundärer Wirkungen. Birgt doch die Individualisierung der Verkehrstelematik nicht nur grosse Chancen sondern auch die Gefahr gegenläufiger Entwicklungen in sich. Fragen, die im Vordergrund stehen, sind:

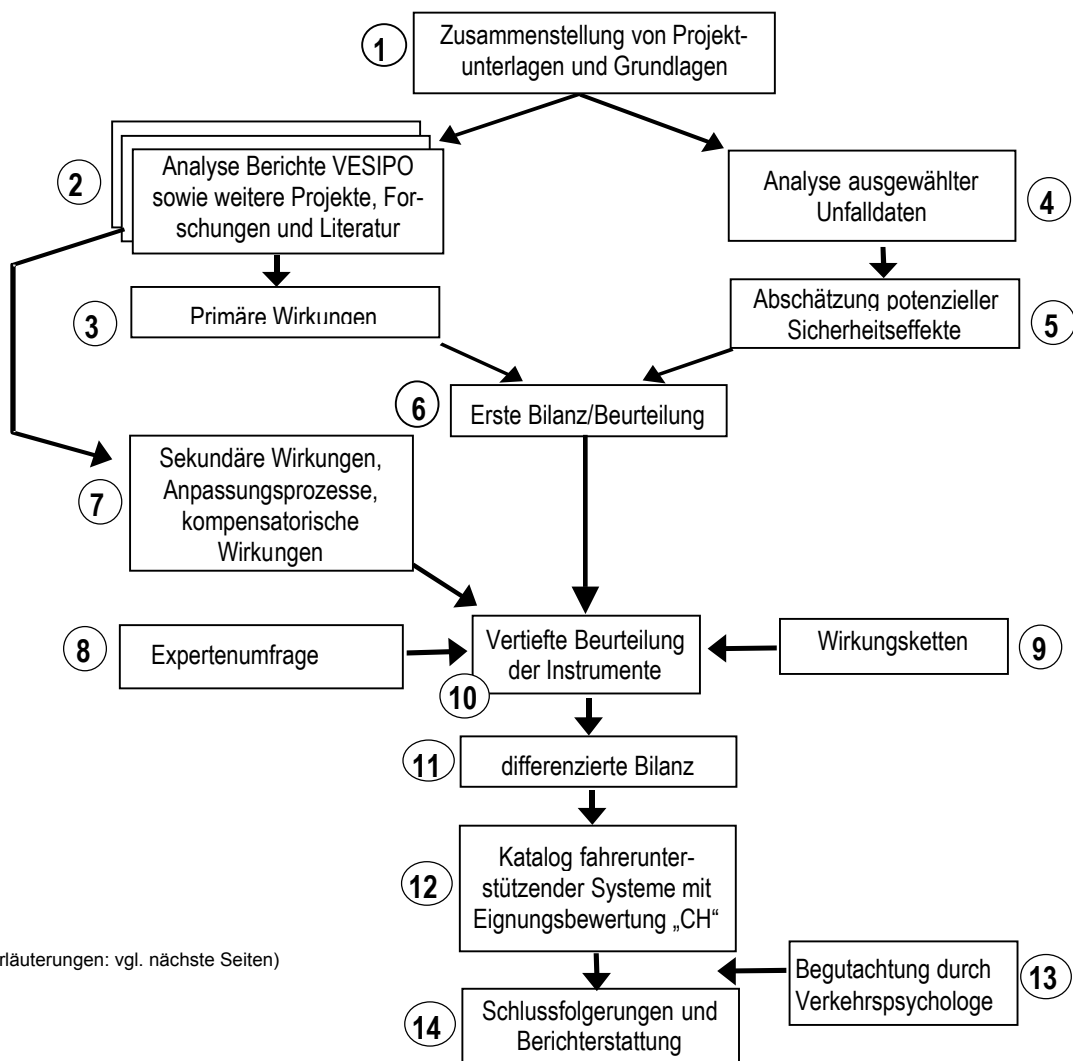
- Wie reagiert der Fahrzeuglenker auf den Verlust von Handlungskompetenzen? Wird seine Aufmerksamkeit resp. seine Fahrfähigkeit dadurch beeinträchtigt und wenn ja, in welchem Grade?
- Wie reagiert der Fahrzeuglenker auf den tatsächlichen oder vermeintlichen Sicherheitsgewinn? Reagiert er mit veränderter Fahrweise? Kommt es zu einer sogenannten Risikokompensation?
- Ist als Folge dieser Prozesse unter Umständen statt des in Aussicht gestellten Sicherheitsgewinns vielmehr ein Sicherheitsverlust zu erwarten?

Für die Beurteilung der Systemwirkungen im Rahmen dieser Arbeit sind schliesslich am Rande auch Aspekte von Bedeutung, die nicht den Fahrer sondern den Betreiber betreffen. Einerseits sind viele der generierten Daten auch für den Strassenbetreiber von Interesse, auch dort unter anderem mit Bezug zur Verkehrssicherheit, andererseits sind Vorleistungen des Betreibers bezüglich Systemkomponenten nötig, die kostenträchtig sind und Fragen der Akzeptanz auf Betreiberseite aufwerfen.

Diesen Fragen und Aspekten wird aufgrund der gefundenen Forschungsergebnisse nachgegangen. Wo noch keine Ergebnisse vorliegen, wird versucht, aus den Meinungen involvierter Verkehrswissenschaftler ein schlüssigeres Bild zu erhalten.

Abschliessend werden die Resultate durch eine separate verkehrspsychologische Beurteilung ergänzt. Damit sollen vor allem die oben angesprochenen sekundären Wirkungen auf eine breitere Erkenntnisbasis gestellt werden.

**Abb. 2.1 Vorgehensplan (schematisiert)**



Erläuterungen:

1. Unterlagen zu den verschiedenen laufenden und geplanten Fahrerassistenz-Systemen einerseits und zum Unfallgeschehen auf dem schweizerischen Strassennetz andererseits werden zusammengestellt, gesichtet und strukturiert (Kap. 4/5).
2. Der im Mai 2002 herausgegebene Schlussbericht VESIPO [51] mit Teilberichten sowie weitere Unterlagen, Forschungsergebnisse, Literaturangaben, theoretischen Überlegungen, Wirkungsketten, etc. wird analysiert und ausgewertet; dabei geht es auch um eine Analyse und Aufbereitung der Parameter und Mechanismen, mit denen diese Systeme ‚funktionieren‘ resp. auf die sie einwirken (Kap. 5).
3. Die Wirkungen werden beurteilt, gruppiert und soweit wie möglich quantifiziert; vorerst stehen die primären Wirkungen im Vordergrund, die zumeist mit den Entwicklungszielen dieser Systeme identisch sind; neben den Sicherheitseffekten wird bei den Wirkungen auch die Kosten- und Akzeptanzseite beachtet. Bei allen bereits dokumentierten Wirkungen und Aussagen aus dem Ausland wird ganz besonders auch die Übertragbarkeit auf schweizerische Verhältnisse in den Vordergrund gestellt (Kap. 5).
4. Es werden Daten zum Unfallgeschehen auf dem schweizerischen Strassennetz analysiert und gruppiert; es sollen diejenigen Unfalltypen herauskristallisiert und quantifiziert werden, auf die mit Fahrerassistenz-Systemen eingewirkt werden soll und kann (Kap. 6).
5. Davon ausgehend erfolgt eine grobe Abschätzung der potenziellen Sicherheitseffekte in Bezug auf das Unfallgeschehen gesamthaft; dabei muss häufig eine beträchtliche Unsicherheit in Kauf genommen werden; so gibt es beispielsweise keine verlässlichen Zahlen über Unfälle im Zusammenhang mit Müdigkeit oder Einschlafen am Steuer. In diesen Bereichen müssen vorsichtige Schätzungen vorgenommen werden (Kap. 6).
6. Die im Zusammenhang mit der Analyse von Projekten und Forschungen ermittelten Wirkungen werden den entsprechenden spezifischen Unfallkategorien und –mengen gegenübergestellt und eine erste Bilanz zu den möglichen Wirkungen angestellt; nach wie vor geht es vorerst nur um primäre Wirkungen (Kap. 6/7).
7. Die Untersuchung wird jetzt auf mögliche sekundäre Wirkungen ausgeweitet; es geht darum, Aspekte wie den Verlust von Handlungskompetenzen, die Folgen der Gewöhnung auf Aufmerksamkeit und Fahrfähigkeit generell, die Möglichkeit kompensatorischer Reaktionsweisen, etc. näher zu untersuchen. Sind gegenläufige Effekte wahrscheinlich? Hierzu werden spezifische Studien ausgewertet, aber auch eigene Überlegungen angestellt (Kap. 8).
8. Durch eine ergänzende Umfrage wird versucht, die möglichen sekundären Wirkungen mit Hilfe von Expertenmeinungen einzugrenzen; diese erfolgt mittels eines kurzen Fragebogens, der an einen repräsentativen Expertenkreis (ca. 8-10 Experten) im In- und Ausland versandt wird (Kap. 9).

9. Für die Beurteilung der Wirkungen werden zusätzlich auch Wirkungsketten erarbeitet und analysiert (Kap. 8).
10. Diese Unterlagen werden analysiert und ausgewertet. Es wird eine vertiefte Beurteilung der neuen Systeme und der erwarteten sowie der möglichen Wirkungen vorgenommen.
11. Die Bilanz gibt differenziert nach Wirkungsbereichen Auskunft über die wahrscheinlichen, die möglichen und die eher unwahrscheinlichen Wirkungen der verschiedenen Assistenz-Systeme.
12. Es wird ein Katalog erstellt der alle untersuchten Fahrerassistenz-Systeme auflistet, die Wirkungen gemäss Ziffer 11 enthält und eine Eignungsbewertung mit Blick auf den Einsatz in der Schweiz vornimmt. Diese wird einerseits bestimmt vom Ausmass und der Eintrittswahrscheinlichkeit der erwarteten Sicherheitswirkungen, aber auch von den Kosten und von Akzeptanzüberlegungen (vgl. Ziffer 3).
13. Die Resultate bezüglich Sicherheitswirkungen, insbesondere was die sekundären Wirkungen anbelangt, werden durch ein kurzes verkehrspsychologisches Gutachten vertieft (Kap. 11).
14. Die Analysen und Überlegungen münden in Schlussfolgerungen und Vorschlägen, die in diesem Bericht dokumentiert werden.

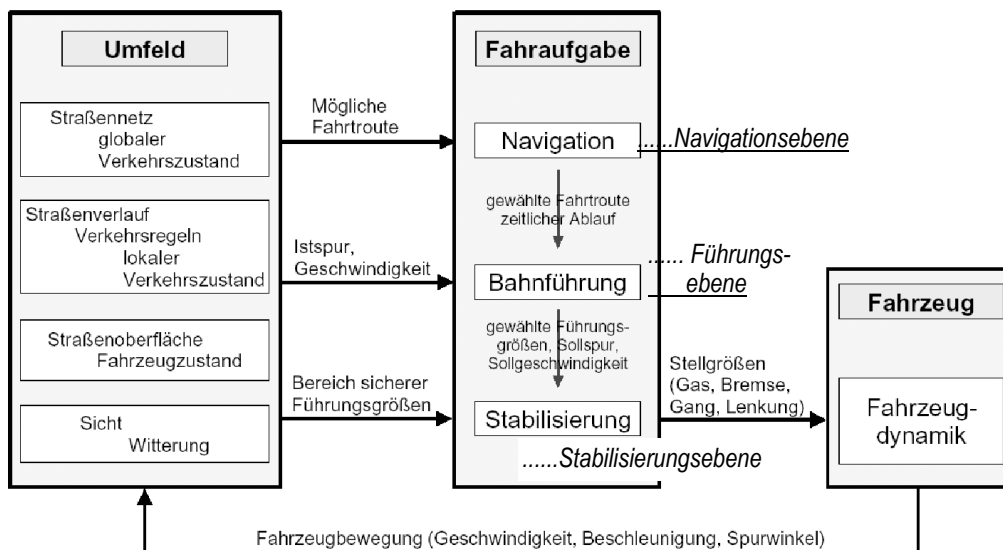
### 3. Begriffe und Gliederung

Eine Gliederung von Fahrerassistenzsystemen kann aufgrund von Bereichen (Ebenen) erfolgen, in denen die zu unterstützende Teilaufgabe der Fahrzeugführung liegt, oder aber durch die Art und den Grad der Assistenz. Nachfolgend werden beide Einteilungen aufgezeigt. Auch auf den Regelkreis Mensch/Fahrzeug/Umwelt wird eingegangen.

#### 3.1 Ebenen der Fahrzeugführung

Bei der Entwicklung von Systemen zur Fahrerunterstützung ist zunächst eine Auseinandersetzung mit der Fahreraufgabe sinnvoll. Eine Einteilung der Fahreraufgabe kann entsprechend dem 3-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung nach Donges [19] erfolgen. Navigations-, Führungs- und Stabilisierungsebene werden von einander unterschieden (Abb. 3.1).

Abb. 3.1 3-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung gemäss Donges [19]



In der Navigationsebene führen Fahrzeuglenker beispielsweise die Routenfestlegung durch. Hier sind verschiedene Routen unter Aspekten wie beispielsweise erwartete Fahrzeit, Fahrtzweck bzw. deren Kombination sowie Wünsche von Mitfahrern zu analysieren und die geeignete Route auszuwählen. Während der Fahrt kann durch äussere Umstände wie zum Beispiel Unfälle die Notwendigkeit bestehen, eine Alternativroute zu wählen.

Die Führungsebene wird dadurch charakterisiert, dass die Fahrtroute umgesetzt wird. Die Fahrweise wird dem wahrgenommenen Strassenverlauf und -zustand, der Witterung usw.

sowie dem umgebenden Verkehr angepasst. Die Führungsebene schliesst damit Teilaufgaben wie Spurhaltung, Folgefahren, Überholen und Reaktion auf Verkehrszeichen ein.

Auf der Stabilisierungsebene werden Zielgrössen des Fahrerwunsches in Bezug auf Quer- und Längsführung in Fahrzeugbewegungen umgesetzt. Fahrzeugseitige Stellgrössen wie Lenkbewegung, Gaspedal, Bremse und Gangstellung werden hier festgelegt. Es findet ein permanenter Abgleich zwischen den Soll- und den Ist-Werten von Geschwindigkeit und Spur statt, um Abweichungen, z.B. aufgrund von Seitenwind oder glatter Fahrbahn, zu korrigieren.

Beim Vergleich der Aktivitäten auf den unterschiedlichen Ebenen der Fahreraufgabe fällt auf, dass die für die Bearbeitung zur Verfügung stehende Zeit der einzelnen Aufgabe von der Navigations- über die Führungs- bis hin zur Stabilisierungsebene immer kürzer wird. Sind es bei der Routenwahl noch mehrere Minuten vor Fahrtbeginn, so sind es auf der Stabilisierungsebene beispielsweise bei Ausweichmanövern nur noch Bruchteile von Sekunden.

### 3.2 Unterstützungsgrad der Assistenzsysteme

Wie Wallentowitz et al. [64] in ihrer Arbeit aufzeigen, können Assistenzsysteme auch aufgrund der Stärke der Unterstützung eingeteilt werden:

- Warnung und Information
- Verbindliche Anweisung
- Korrigierende Eingriffe
- Übernahme der Fahreraufgaben

Informierende Systeme stellen zusätzliche, häufig nicht direkt zu erfassende Informationen über Fahrsituationen, Fahrzeugzustand oder auch Infrastruktur zur Verfügung. Teilweise erfolgt bereits eine Wertung oder Aufbereitung der Information, wodurch häufig eine warnende Funktion des Systems entsteht. Bekannte Beispiele dafür sind die Kontrollleuchten im Armaturenbrett, die Check-Control oder auch die Aussentemperaturanzeige.

Neben der reinen Information und der akustischen oder optischen Warnung kann bei einer Wertung bzw. Aufbereitung der Information auch eine verbindliche Anweisung an die Fahrer erfolgen.

Eine weitere Stufe auf dem Weg zum automatischen Fahren stellen Systeme mit korrigierendem Eingriff dar. Diese Systeme können den automatisch intervenierenden Systemen zugeordnet werden. Sie sollen allfällige Unzulänglichkeiten des Fahrers bei der Fahrzeugführung ausgleichen. Solche Systeme werden bisher nur auf der Ebene der Stabilisierung eingesetzt. Bekannte Systeme sind das Anti-Blockier-System (ABS), die Antriebs-Schlupfregelung (ASR), die aktive Hinterachskinematik (AHK) und die Fahrdynamikregelung (FDR). Diese Systeme dienen dazu, in Grenzsituationen das Fahrzeug wieder zu stabilisieren. Als neueres System

kann auch der Bremsassistent (BA) hierzu gezählt werden, der die Fahrer bei der Auslösung von Vollbremsungen unterstützt.

Die Endstufe des automatischen Fahrens stellt die Übernahme der Fahreraufgabe dar. Der Fahrer hat jetzt nur noch eine rein überwachende Funktion. Die eigentliche Fahrzeugführung wird vom System übernommen. Es können bei dieser Form des automatischen Systems die Längs- und die Querführung sowie die Kombination aus beiden betrachtet werden.

Bei näherer Untersuchung der Systeme muss als weitere Betrachtungsebene diejenige berücksichtigt werden, auf der die notwendigen Informationen ermittelt werden. Einerseits ist eine fahrzeugautonome Ermittlung möglich, bei der auf Sensoren zurückgegriffen wird, die ihre Informationen umgebungsunabhängig gewinnen (beispielsweise Radarsensoren). Andererseits kann die Information für das jeweilige System über eine externe Infrastruktur oder die Umgebung erhalten oder weitergegeben werden (Navigationssysteme). Eine Kombination fahrzeugautonomer und infrastrukturgestützter Systeme versprechen eine deutlich gesteigerte Leistungsfähigkeit für neue Telematiksysteme. Ein Anwendungsbeispiel solcher integrierter Systeme stellen beispielsweise die „Automated Highways“ (AHS) dar. Die Zielvorstellung geht hier davon aus, dass es in Zukunft möglich sein wird, selbstfahrende Einzelfahrzeuge in einem Verbund zusammenzuschliessen um den Verkehrsraum optimal auszunutzen.

Im Abschnitt Forschung und Technik werden die einzelnen Systeme der Fahrzeugführerunterstützung gemäss Stärke der Assistenz gegliedert. Einzelne Systeme können dabei je nach Ausbildung unterschiedlich stark beeinflussend wirken (von ‚warnend‘ über ‚korrigierend‘ bis hin zur ‚Übernahme der Steuerung‘).

### **3.3 Fahrzeugführung als Regelkreislauf**

Die Fahrzeugführung kann ebenfalls als ein Regelkreis zwischen Mensch, Fahrzeug und Umwelt beschrieben werden (vgl. auch Abb. 3.1). Der Fahrzeugführer<sup>6</sup> (Regler) hat die Aufgabe, den Ist-Kurs des Fahrzeuges mit dem Soll-Kurs zu vergleichen und bei Abweichungen einzugreifen. Das Fahrverhalten bestimmt die Fahrzeugreaktion. Wie in jedem Regelkreis kann ein gewisser Teil der Fahreraufgabe in Form von Steuerung wahrgenommen werden. Je grösser dieser Anteil ist, desto geringer wird die Gefahr des Aufschwingens und der damit in Zusammenhang stehenden Resonanzphänomene, welche Instabilitäten und damit zusätzliches Gefahrenpotenzial ergeben.

Wird die Fahreraufgabe als Regelkreis verstanden, wird einerseits sichtbar, wie eminent wichtig die korrekte Information des Lenkers als Regler ist. Dabei steht nicht die Informationsmenge im Vordergrund, sondern deren Qualität. Andererseits wird klar, wo und wie

---

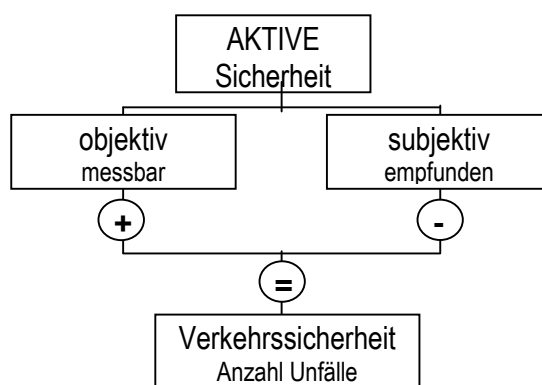
<sup>6</sup> Die in diesem Bericht aus Gründen der besseren Lesbarkeit gewählte männliche Schreibform gilt selbstverständlich für beide Geschlechter



Fahrerassistenzsysteme einzuordnen sind. Diese können mit unterschiedlicher Stärke auf den Regelkreislauf eingreifen (vgl. 3.2) und damit die Fahrzeuglenker in ihrer Aufgabe unterstützen. Der Fahrzeugführer hat somit, abhängig vom Fahrerassistenzsystem, unterschiedlich stark auf den Regelkreis einzuwirken.

Gerster et al. [26] beschreiben, wie der Mensch, der letztlich die Kontrolle über die Fahraufgabe hat, mit dem Risiko umgeht. Das folgende vereinfachtes Modell zur Charakterisierung der aktiven Sicherheit wird der Analyse unterstellt.

**Abb. 3.2 Systematik der aktiven Sicherheit gemäss Gerster et al. [26]**



Das Niveau der objektiven aktiven Sicherheit wird durch die messbare Kraftübertragungsmöglichkeit auf die Fahrbahn und/oder deren Ausnutzungsmöglichkeit definiert. Hierbei handelt es sich um rein fahrzeug- und umweltspezifische Zusammenhänge. Worunter alle, das Fahrverhalten betreffenden Konstruktionsmerkmale sowie die Fahrbahn zu verstehen sind. Assistenzsysteme, welche direkt auf das Fahrzeug einwirken, können die objektive aktive Sicherheit erhöhen.

Das Niveau der subjektiven aktiven Sicherheit wird aus Informationen des Fahrers, respektive dem Informationsaufnahmevermögen gebildet. Es sind dies sämtliche Informationen vor Fahrtantritt und während der Fahrt. Die Informationen können visuell, akustisch oder taktil (fühlbar) sein. Während der Fahrt tragen vor allem informierende und warnende Assistenzsysteme zu einer Erhöhung der subjektiven Sicherheit bei.

Die Wahrscheinlichkeit von Verkehrsunfällen, welche sich aus einer ungenügenden Funktion des Regelkreises Fahrer/Fahrzeug/Umwelt ergeben, hängt vom Verhältnis der objektiven zur subjektiven aktiven Sicherheit ab. Je besser der Mensch das objektiv vorhandene Sicherheitsniveau abschätzen kann, desto kleiner wird das Unfall-Risiko. Weiter beschreiben Gerster et al. [26], dass für eine wirkliche Verbesserung der Verkehrssicherheit nur Massnahmen in Frage kommen, welche die positive Differenz zwischen objektiver und subjektiver (aktiver) Sicherheit vergrössern. In diesem Sinne schlecht sind Einrichtungen und Massnahmen, welche objektiv nicht oder nicht in dem Masse wirken, wie subjektiv empfunden.

## 4. Grundlagen

Systeme, welche den Fahrer bei seiner Fahreraufgabe unterstützen, lassen sich, wie im vorhergehenden Kapitel gezeigt, aufgrund des Grades der Unterstützung klassifizieren. Dabei haben informierende und warnende Systeme mittlerweile bereits einen hohen Entwicklungsstand erreicht und sind schon relativ weit verbreitet. Auch der korrigierende Eingriff durch ABS, ASR, FDR wird inzwischen zunehmend auch für untere Fahrzeugklassen zum Standard. Systeme, die Fahreraufgaben oder Teile davon selbständig bzw. unterstützend übernehmen, befinden sich hingegen noch weitgehend im Forschungs- bzw. Entwicklungsstadium. Das komplett autonome Fahren schliesslich ist noch Gegenstand der Forschung und noch nicht marktreif.

Zahlreiche Forschungsprojekte haben jedoch wichtige Beiträge zur Entwicklung von Teilsystemen der Fahrerassistenz geliefert. So zum Beispiel das Projekt **PROMETHEUS** (Programme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) (vgl. auch [28]). Es ist das grösste und zur Zeit bedeutendste Entwicklungsprojekt im Bereich des Intelligent Vehicle Highway System (IVHS, Intelligentes Fahrzeug/ Strassensystem), welches von elf Fahrzeugherstellern mit dem Ziel gefördert wird, einen intelligenten Copiloten zu entwickeln. Das anspruchsvolle Ziel von PROMETHEUS ist es, bereits erprobte Lösungen zur Verfügung zu stellen. Deshalb soll in diesem Programm auch mit Hilfe von Demonstrationsprojekten (Pilotprojekten) die Einsatzbarkeit der Lösungen demonstriert bzw. erprobt werden. Erwähnenswert sind insbesondere die entwickelten und getesteten Informationssysteme resp. Navigationssysteme. Diese sind im Rahmen des Forschungsprojekts bis fast zur Serienreife entwickelt worden.

Dem Projekt PROMETHEUS sehr ähnlich ist das Projekt **DRIVE** (Dedicated Road Infrastructure for Vehicles in Europe). Der Forschungsschwerpunkt ist hier auf die Strasseninfrastruktur (RTI, Road Transport Informatics) ausgerichtet. Drive wurde erst 1989 gestartet, wobei schon über hundert Unterprojekte bearbeitet wurden und werden. Als Anschlussförderung von PROMETHEUS und DRIVE wurde in Deutschland das Projekt **MOTIV** (Mobilität und Transport im Intermodalen Verkehr) mit dem Ziel eingerichtet, in Teilprojekten die Telematik zur Serienreife und für den Einsatz in der Praxis vorzubereiten.

Das im Jahr 2001 gestartete Forschungsprojekt **INVENT** [69], gefördert vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, befasst sich ebenfalls mit der Thematik der intelligenten Autos und dem intelligenten Verkehrsnetz. 23 Unternehmen aus der Automobil-, Zuliefer-, Elektronik-, Telekommunikations- und IT-Industrie, Logistikdienstleister, Softwarehäuser sowie Forschungsinstitute arbeiten zusammen, um gemeinsam neue Fahrerassistenzsysteme, Informationstechnologien für den Lieferverkehr und Lösungen für ein effizientes Verkehrsmanagement zu entwickeln. Das vierjährige Vorhaben läuft bis 2005.

Die Forschung in der Schweiz widmet sich diesem Thema seit Mitte der 90er Jahre. Ersten Beurteilungen der Wirkungen durch ASIT [3], INFRAS [35] und Jenni + Gottardi [36]/[37] folgt

2002 eine erste vertiefte Bilanz durch Rapp et al. [52]. Dieser zieht im Bericht *Beitrag der Verkehrstelematik zu einer Verkehrssicherheitsstrategie* eine zusammenfassende Bilanz über die verschiedenen Verkehrstelematiksysteme sowie deren Entwicklungsstand. In diesem Bericht, der als Vorstudie den Teilbereich Verkehrstelematik im bereits zitierten Gesamtbericht Verkehrssicherheitspolitik des Bundes (VESIPO) [62] beleuchtet, wird unter anderem auch auf Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung eingegangen. Die Auswirkungen von Strassenverkehrstelematik-Anwendungen auf die Verkehrssicherheit werden entsprechend der Datengrundlage quantifiziert, wobei auch wichtige Einflussgrößen wie Verbreitungs- und Beachtungsgrad Eingang finden. In einer Detailuntersuchung werden 27 Einzelmassnahmen auf ihre Gesamtwirkung (Systemsicherheit, Bedienerführung und Einfluss auf die Verkehrssicherheit) untersucht. Zur Beurteilung wurde jede Massnahme in einem Raster beschrieben. Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft an der Massnahme ‚Sensorik für Lenkerüberwachung‘ wie bei der Beurteilung vorgegangen wurde:

**Tab. 4.1 Beispiel zur Beurteilung der ‚Sensorik für Lenkerüberwachung‘ gemäss Rapp et al. [52]**

Realisierung, Verbreitungs- und Beachtungsgrad

	Jahr / Grad	Kommentar
Initiierung / Start	2005	Diverse Hersteller und Forschungsanstalten arbeiten an Pilotprojekten, mit praktischen Anwendungen ist aber erst im Verlauf der nächsten Jahre zu rechnen.
Realisierung / Ende	2030	
Verbreitungsgrad 2005	5 %	
Verbreitungsgrad 2010	50 %	Sobald sich die Systeme etabliert haben, kann mit einer schnellen Verbreitung gerechnet werden.
Verbreitungsgrad 2020	80 %	
Beachtungsgrad	100 %	Passive Massnahme, die vom Lenker nicht beeinflusst werden kann.

Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und Begründung

	Abschätzung	Begründung
Wirkungsgrad der Massnahme allgemein	15 %	Die Unfallverhütung verspricht sich von Driver alertness monitoring Systemen eine sehr hohe Wirksamkeit.
Risikominderung infolge Reduktion Exposition	5 %	Wegfahrsperren führen zu einer spezifischen Reduktion der Exposition.
Risikoerhöhung infolge Human Machine Interface	-	
Verminderung der Wirksamkeit infolge Systemunzuverlässigkeit	10 %	Die Systeme sind so ausgerichtet, dass sie vom Fahrzeuglenker nicht ausgeschaltet oder überlistet werden können.

## Zusammenfassung

	Wirkung und Wirkungsfelder der Massnahme			
	Potenziell möglich	Jahr 2005	Jahr 2010	Jahr 2020
Wirkungsgrad in %	17	1	9	14
Betroffene	Alle Fahrzeuge			
Unfalltypen	Alle Unfalltypen, v.a. nachts			
Strassenart oder Gebiet	Alle Strassen			

Die Resultate dieser Studie wurden im UVEK-Projekt VESIPO [62] verarbeitet, das sich neben vielen anderen sicherheitsrelevanten Massnahmen auch mit Aspekten der Fahrzeugführerunterstützung auseinandersetzt. Unter diesen werden insbesondere die Teilbereiche Sensorik für Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system), Abstandswarnung, Sichthilfen (Enhanced Vision), Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen, automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf sowie Sensorik für Lenkerüberwachung hervorgehoben und entsprechender Forschungsbedarf ausgewiesen. In Bezug auf diese (und andere) Anwendungen wird gefordert:

- I. Detaillierte Darstellung des Entwicklungsstandes einzelner Anwendungen und Untersuchung von primären und sekundären Effekten auf der Ebene der menschlichen Informationsverarbeitung und des Benützerverhaltens (wenn möglich empirisch).
- II. Auf der Basis von Ergebnissen des ersten Bereiches: zuverlässigere Abschätzung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und Erarbeiten von Vorschlägen zur Anpassung einzelner Systeme. Möglicherweise sind Übergangslösungen vorzuschlagen zur Kompensation temporärer Probleme während der Einführungsphase. (Gewisse negative Verhaltensanpassungen sind nur kurzfristig, zum Beispiel bei ABS).
- III. Analyse des Handlungsbedarfs auf der Ebene der technischen Realisierung von Verkehrstelematikanwendungen unter Berücksichtigung der schweizerischen Rahmenbedingungen (Recht, Konsumentenverhalten, Politik, Aufgabenteilung Gemeinde/Kanton/Bund, Abhängigkeit von EU, Finanzierung und andere)

An weiteren Grundlagen sind insbesondere die Arbeiten von Wallentowitz et al. [64] und Hering [31] zu nennen. Wallentowitz befasst sich mit den Sicherheitsaspekten bei Systemen zum automatischen Fahren, während Hering sich mit der Interaktion Mensch-Maschine und den dabei entstehenden verkehrspsychologischen Konsequenzen befasst.

Vertiefende Erkenntnisse zum Thema Sicherheitswirkungen von Überwachungsmaßnahmen, fahrzeuginternen Steuerungsmaßnahmen, Ausbildungsmaßnahmen und technologischer Entwicklung bieten auch die Arbeiten eines europäischen Forscherteams unter dem Arbeitstitel **GADGET** (Guarding Automobile Drivers through Guidance, Education and Technology). Die Liste der Massnahmen reicht von einfachen bis zu high-tech Massnahmen und sie beinhaltet auch Ausbildung sowie rechtliche als auch Überwachungsmaßnahmen. Das Konsortium erfasste die bis dato bekannten Massnahmen, studierte alle verfügbaren Studien und fasste die Ergebnisse in fünf Arbeitsgruppenberichten zusammen, von denen sich jeder auf eine spezifische Gruppe von Verkehrssicherheitsmaßnahmen konzentriert - darunter Sicherheitseinrichtungen im Fahrzeug.

Um eine Voraussetzung für eine allgemeine Beurteilung der Massnahmen zu schaffen - die Massnahmen sollten vergleichbar beurteilt werden, und Kosten-Nutzen Rechnungen sind gefragt - wurde ein theoretisches Modell entwickelt, das auf alle Sicherheitsmaßnahmen gleichermaßen angewandt werden kann. Der Prozess der Ausbildung von Verhaltensweisen, der Verhaltenssteuerung und der Verhaltensänderung, welcher drei unterschiedlich komplexe Stufen beinhaltet, muss bei der Beurteilung von Sicherheitsmaßnahmen beachtet werden. Sicherheitsmaßnahmen, denen es gelingt, den Zustand des Fahrers direkt zu beeinflussen, haben eine Chance, ungünstige Nebeneffekte zu vermeiden.

Sobald allerdings eines der klassisch verhaltenssteuernden Elemente wie Reiz, Bewertung und Überzeugung einbezogen ist, müssen auch Rückkoppelungsmechanismen - einfach automatisierte ebenso wie komplexe kognitive<sup>7</sup> - berücksichtigt werden. Aufbauend auf diesen Annahmen zieht GADGET Schlussfolgerungen im Hinblick auf optimale Ausführung von Verkehrssicherheitsmaßnahmen und vor allem auch im Hinblick auf sinnvolle Kombinationen von Verkehrssicherheitsmaßnahmen.

Eine weitere internationale Forschergruppe hat sich unter dem Namen **COST Action 352** konstituiert, die die Sicherheitswirkungen moderner fahrzeuginterner Informationssysteme untersucht (Arbeitstitel: Influence of Modern In-Vehicle Information Systems on Road Safety Requirements, IVIS). Unter den sechs Mitgliedsstaaten befindet sich auch die Schweiz. Die Arbeiten haben erst begonnen. Resultate liegen noch nicht vor.

---

<sup>7</sup> das Erkennen (Wahrnehmen, Denken) betreffend; verstandesgemäss

## 5. Stand der Forschung und Technik

### 5.1 Warnende und Informierende Systeme

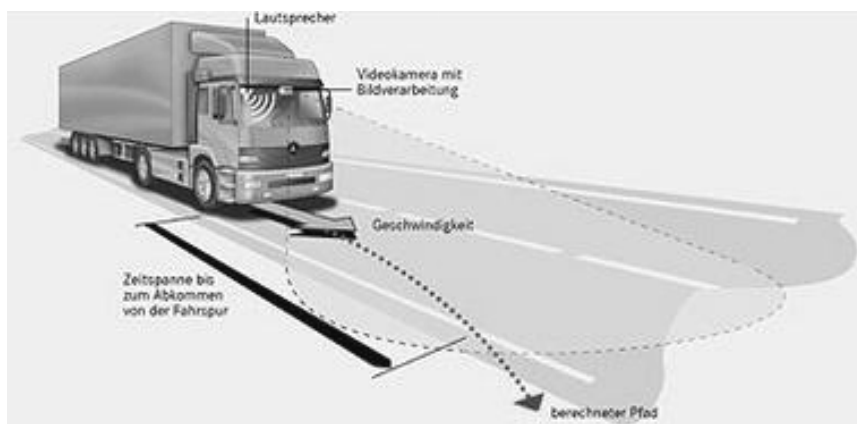
#### 5.1.1 Abstandswarnung (inkl. Parkhilfen) und Spurassistent

##### Beschreibung

Die Abstandswarnung sieht den Einsatz von fahrzeugseitigen Sensoren zur Messung und Anzeige von Abständen zu anderen Fahrzeugen oder Hindernissen vorn, hinten und seitlich vor. Der Fahrzeuglenker wird nur auf die Gefahrensituationen aufmerksam gemacht, es erfolgt aber keine automatische Reaktion auf die Gefahrensituation durch das Fahrzeug (Informations-ACC). Die Warnung wird akustisch aber auch optisch weitergegeben. Ausserdem sind Systeme in Entwicklung, welche bei zu nahem Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug ebenfalls aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen (Adaptive Cruise Control ACC, vgl. Abschnitt 5.3.2).

Speziell für LW und Busse entwickelte Chrysler den Spurassistent (Lane Departure Warning) [17]. Beim System für die Querführung ist eine kleine Kamera hinter der Windschutzscheibe angebracht, welche den Fahrbahnbereich direkt vor dem LW aufnimmt (vgl. Abb. 5.1). Ein Hochleistungsrechner wertet die Bilder aus und analysiert die Position des Fahrzeugs innerhalb der Spur, in dem er sich an den Fahrbahnmarkierungen orientiert. Anhand dieser Information und der Geschwindigkeit berechnet er, ob Gefahr besteht, dass das Fahrzeug die Spur verlässt. Bei kritischen Werten kommt der Warner zum Einsatz: Es ertönt ein Nagelbandrattern – ein Geräusch, wie man es beim Überfahren von Markierungspunkten an Baustellen kennt.

**Abb. 5.1** Spurassistent (Lane Departure Warning) für LW gem. DymlerChrysler [17]



Bei Einparkhilfen (Parkpilot) wird mittels Ultraschalltechnik der Nahbereich überwacht. Beim rückwärts fahren werden in Stosstangen integrierte Ultraschallsensoren aktiviert. Sobald der Fahrer sich einem Hindernis nähert, erhält er eine optische/akustische Warnung. Einzelne Systeme verändern den Warnton, abhängig von der Distanz zwischen Fahrzeug und Hindernis.

### **Primäre Wirkung**

Warnt den Fahrer bei zu nahem Auffahren auf das Vorderfahrzeug. Hindernisse auf der Fahrbahn können ebenfalls angezeigt werden. Dabei können vor allem Auffahrunfälle vermieden werden. Durch Parkassistenten werden vor allem Parkschäden vermieden. Es sollen aber auch Personen (spielende Kinder) erkannt werden und die verfügbaren Parkflächen optimaler genutzt werden können.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Diverse Fahrzeughersteller sind mit der Entwicklung dynamischer Systeme beschäftigt. Mercedes und BMW rüsten Fahrzeuge aus dem höheren Preissegment bereits mit solchen Systemen aus (vgl. ebenfalls Abschnitt 5.3.2). Der Spurassistent von DaimlerChrysler ist seit 2000 auf dem europäischen Markt erhältlich.

Einparkhilfen sind mittlerweile schon weit verbreitet, haben eine hohe Akzeptanz beim Kunden gefunden und gehören in einigen Fahrzeugmodellen bereits zur Serienausstattung. Nicht ausgerüstete Fahrzeuge können ebenfalls problemlos mit einem solchen System nachgerüstet werden.

## **5.1.2 Sichthilfen (Enhanced Vision)**

### **Beschreibung**

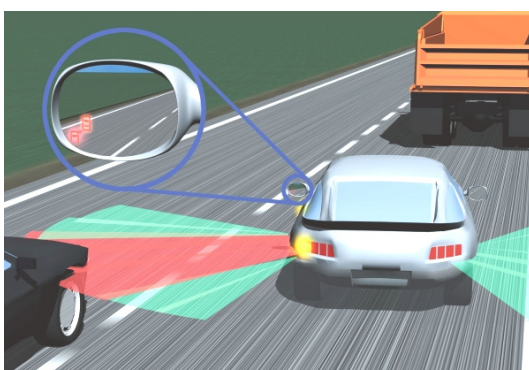
Hinter dem Begriff Adaptive Light Control [15] verbirgt sich eine der Fahrsituation angepasste, variable Scheinwerferlichtverteilung. Durch mitlenkende Scheinwerfer, die bis zu 15 Grad nach rechts oder links schwenken, kann der Fahrbahnverlauf in Kurven besser ausgeleuchtet werden. Gesteuert wird das System über Messgrößen wie Lenkwinkel oder Geschwindigkeit. Zukünftig sollen die Scheinwerfer durch Informationen des GPS-Satellitensystems und digitalisierter Strassenkarten gesteuert werden (vgl. Abb. 5.2). Ebenfalls ist es dann möglich, innerhalb geschlossener Ortschaften mit einem breiten Lichtband die Trottoirbereiche auszuleuchten und ausserhalb mit starkem, gebündeltem Lichtkegel zu fahren. Insbesondere neue Pixelscheinwerfer ermöglichen eine punktgenaue Lichtverteilung. Mikrofeine, steuerbare Spiegel übernehmen die Aufgabe des herkömmlichen Scheinwerferreflektors, dadurch können beispielsweise blendfreie Permanentfernlichter eingesetzt oder Fahrbahnmarkierungen besonders intensiv ausgeleuchtet werden.

**Abb. 5.2 Adaptives Kurvenlicht gemäss BMW [15]**

Ein weiteres System zur Unterstützung der Sicht ist das System Enhanced Vision [70]/[71]. Zwei an der Fahrzeugfront angebrachte Laserscheinwerfer leuchten mit einem für das menschliche Auge unsichtbaren Infrarot-Lichtbündel die Strasse aus. Eine Videokamera nimmt das reflektierte Bild der Strassenszene auf. Über Ermittlung der Wärmestrahlung sowie Bewegung der Objekte können beispielsweise Fussgänger detektiert werden. In der Folge wird eine Schwarz-Weiss-Abbildung erzeugt, welche auf einem Bildschirm direkt im Blickfeld des Fahrers dargestellt oder in einem Head-up-Display auf die Frontscheibe projiziert wird. Zusätzlich kann durch akustische Warnsignale verstärkt auf Fussgänger aufmerksam gemacht werden. Mit diesem System können Autofahrer auch dunkel gekleidete Fussgänger und Radfahrer in grosser Entfernung sicher erkennen. Ebenso werden Hindernisse und der weitere Strassenverlauf auf eine Distanz von etwa 150 Metern sichtbar - ohne dabei den Gegenverkehr zu blenden.

**Abb. 5.3 Night Vision System, gemäss Honda [71]**

Bei Überhol- und Abbiegemanövern hilft das radargestützte Totwinkelüberwachungssystem (Blind Spot Monitoring) Unfälle zu vermeiden.

**Abb. 5.4 Blind Spot Monitoring, gemäss Valeo [78]**



Fahrzeugkomponentenhersteller wie Valeo [78] sind an der Entwicklung von Systemen, welche mittels Sensoren den Bereich seitlich und hinten des Fahrzeugs überwachen. Wenn sich ein überholendes Fahrzeug im überwachten Bereich befindet, wird mittels eines Symbols im Seitenspiegel eine Warnung angezeigt.

Ein weiteres System der Sichthilfen ist das Objektwarnsystem. Bei diesem passiven System werden mittels Infrastruktursensoren Informationen über den Strassenzustand gesammelt. Informationen wie „nasse Fahrbahn“, „Eisglätte“ oder „Unfall hinter der Kurve“ werden dem Fahrzeugführer übermittelt, so dass dieser schon frühzeitig bezüglich auftretender Gefahrenmomente auf dem vorausliegenden Stassenabschnitt gewarnt wird. Möglich ist ebenfalls eine Übermittlung des Fahrzeugumfeldes von Fahrzeug zu Fahrzeug, so dass ein vorausfahrendes Fahrzeug mit seiner Sensorik dem nachfolgenden Fahrzeug wertvolle Informationen bezüglich Verkehrssituation, Strassenzustand, mögliche Hindernisse oder lokale Witterungsbedingungen weitergeben kann (Zapp, K. [67]).

### **Primäre Wirkung**

Diese Systeme tragen bei, Hindernisse und Objekte auf und neben der Fahrbahn oder im toten Winkel frühzeitig erkennbar zu machen und dem Fahrer das Einschätzen der Fahrzeugumgebung zu erleichtern. Kollisionen mit Tieren und Objekten auf der Strasse, Unfälle mit Fussgängern und Radfahrern können dadurch vermindert werden. Enhanced Vision und das Adaptive Light Control können vor allem bei schlechter Sicht (Dunkelheit) eingesetzt werden. Beim Objektwarnsystem können Folgeereignissen (Unfall in Kurve) vermieden werden. Auf das Ereignis zufahrende Fahrzeuge werden gezielt gewarnt.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Das adaptive Kurvenlicht ist schon serienreif. Fahrzeuge der Herstellerfirma BMW im oberen Preissegment sind mit einem solchen System ausgerüstet. In den Vereinigten Staaten werden bereits erste Enhanced Vision Systeme angeboten. Totwinkelüberwachungssysteme werden voraussichtlich ab dem Jahre 2006 serienmässig hergestellt und in Fahrzeuge eingebaut<sup>8</sup>. Das Objektwarnsystem ist hingegen erst in Entwicklung. In Japan werden verstärkt passive Systeme gefördert. Im Gegensatz zum „intelligenten Fahrzeug“ wird hier das Konzept der „intelligenten Strasse“<sup>9</sup> favorisiert. Honda hat, wie oben bereits erwähnt, ebenfalls ein Night Vision System entwickelt, welches Fussgänger detektieren kann und dem Fahrer nicht nur eine verbesserte Sicht sondern ebenfalls die Information bezüglich Fussgängern vermittelt. Erste Fahrzeuge von Honda sollen Ende 2004 mit solchen Systemen ausgerüstet werden.

---

<sup>8</sup> Europäisches Parlament und Rat haben eine neue Richtlinie über Rückspiegel und andere Einrichtungen für indirekte Sicht an Kraftfahrzeugen verabschiedet (2003/97/EG). Mehr Sicherheit durch verbesserte Spiegelsysteme und beschleunigte Einführung neuer Techniken soll erreicht werden.

<sup>9</sup> strassenseitige innovative Verkehrslösungen, die eine in allen Bereichen effektivere und sicherere Nutzung des bestehenden Straßennetzes ermöglichen

## Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen

### Beschreibung

Diese Massnahme sieht die Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen in das Fahrzeug vor. Die optische und akustische Anzeige im Fahrzeug dient ausschliesslich der Information des Fahrzeugführers und die übermittelte Information greift nicht direkt auf das Fahrzeug ein.

Die Übermittlung der Verkehrssignale erfolgt beispielsweise mittels:

- Strassenseitiger Ausrüstung der Verkehrssignale mit Transpondern und Empfängern im Fahrzeug.
- Digitaler Strassenkarten mit Verkehrssignalen und Geschwindigkeitslimiten, Aktualisierung über Digitalradio oder Mobiltelefon,

Der Fahrzeugführer kann bei Überschreiten der zulässigen Geschwindigkeit beispielsweise mit einer optischen Warnung, wie in der nachfolgenden Abbildung gezeigt, informiert werden. Die Höhe der Geschwindigkeitsüberschreitung wird angezeigt. Denkbar wäre auch eine Anzeige der Höhe der zu erwartenden Geschwindigkeitsbusse bei einer Geschwindigkeitskontrolle.

**Abb. 5.5 Informationsübermittlung; Geschwindigkeit, gemäss Pelluet [48]**



Die Übertragung der Verkehrssignal-Daten kann von einer im Strassenraum (d.h. in der Regel neben oder über der Strasse) aufgebauten Funkstation (Abb. 5.6), einer sogenannten Bake während der Vorbeifahrt des Fahrzeuges erfolgen [41]. Im Fahrzeug befindet sich ein Empfangsgerät, welches die Daten aufnimmt. Der Funkstrahl der Bake ist auf einen Kegel gebündelt, welcher so ausgerichtet ist, dass die Daten nur an die in eine vorgegebene Fahrtrichtung fahrenden Fahrzeuge übertragen werden. Diese sogenannten DSRC-Systeme (dedicated short range administration; bidirektionale Funkwellenkommunikation mit einer Frequenz von 5.8 GHz) werden heute hauptsächlich für die Erfassung von Strassengebühren eingesetzt.

**Abb. 5.6 Baken zur Informationsübermittlung gemäss Peugeot [76]**

Systeme mit Videodetektion erfassen die Verkehrssignale und Schilder mittels einer Kamera und werten diese Information aus. Die Farbinformation spielt dabei eine wichtige Rolle. Über Verkehrssignale angezeigte Geschwindigkeitsbeschränkungen haben jedoch den Nachteil, dass die Information nur an einzelnen Punkten verfügbar ist.

Ein von Peugeot [50] in Entwicklung stehendes System sieht vor, dass auf der Fahrbahn aufgetragene Markierungsbalken vom Fahrzeug optisch abgetastet und interpretiert werden. Ähnlich wie beim Strichcode der Warendeklaration kann durch unterschiedliche Abstände von ca. 15 cm breiten Markierungstreifen eine Information beschrieben werden (vgl. Ab. 5.7). Bei vier Balken sind schon 125 unterschiedliche Kombinationen und damit unterschiedliche Informationen codierbar.

**Abb. 5.7 Codemarkierungen zur Informationsübermittlung gemäss Peugeot [76]**

Diese sich bei den Signalisationsquerschnitten befindenden Codemarkierungen können bedeutend einfacher gelesen (Videodetektion) und interpretiert werden als die strassenseitigen Signaltafeln. Dem Fahrer kann nachfolgend mittels Anzeigen von Piktogrammen, Warnleuchten oder aber auch akustischen oder taktilen Warnungen (Vibration des Gaspedals u.a.) zu-

sätzliche Information zur Verfügung gestellt werden. Für die Umsetzung dieses Assistenzsystems bedarf es allerdings strassenseitig grösserer Zusatzaufwendungen.

Anders als bei den vorher genannten Systemen basieren **autonome Systeme** auf einer Navigationseinrichtung im Fahrzeug, welche die Fahrzeugposition im Bezug auf vorgegebene Strassendaten fortlaufend bestimmt. Permanente oder temporäre Verkehrssignal-Informationen können auf einem Datenträger im Fahrzeug vorgehalten werden, so dass durch Abgleich der örtlichen Gültigkeit mit der aktuellen Fahrzeugposition die Informationen zur Verfügung gestellt werden. Weitere Informationen können über eine mobile Datenübertragung (GSM/UMTS) in das Fahrzeug übertragen werden.

### **Primäre Wirkung**

Die Übermittlung der Verkehrssignale zum Fahrzeug kann zuverlässig ausgeführt werden. Die Wahrnehmung des Fahrzeugführers wird nicht durch Verschmutzung, schlechte Sichtbedingungen u.a. beeinträchtigt. Zusätzlich können ergänzende Informationen zur Verfügung gestellt werden, wie eine Anzeige/Warnung bei nicht vorschriftsgemässer Fahrt. Geschwindigkeitsübertretungen sowie andere signalisierte Gefahrensituationen können bewusst gemacht werden.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Ein vom Swedish National Road Administration (SNRA) initiiertes Grossversuch [72]/[74] hat gezeigt, dass die fahrzeugseitige Übermittlung von Geschwindigkeitssignalen (inkl. Warnung beim Übertreten der Tempolimiten) auf eine beträchtliche Akzeptanz bei der Bevölkerung trifft. In vier Städten in Schweden (Umea, Borlänge, Lidköping und Lund) wurden versuchsweise 5'000 Fahrzeuge mit dem System „Intelligent Speed Adaptation“ (ISA) ausgerüstet. Von den 40'000 Testpersonen befürworteten 60 – 70% ein derartiges System. Aufgrund der Versuchsergebnisse kann erwartet werden, dass durch eine konsequente Einführung dieses Systems 20-25% weniger Verletzte zu erwarten sind. In Holland wurden ebenfalls solche Versuche durchgeführt.

Das Forschungsprojekt INVENT befasst sich ebenfalls mit der Entwicklung von Assistenzsystemen, welche vor Rotüberfahrten warnen und schützen. Es kann erwartet werden, dass bis ins Jahr 2005 erste Systeme mit Geschwindigkeitssignalübermittlung auf dem Markt sein werden. Diese sollen jedoch vorerst aus Komfortgründen eingesetzt werden. Bei der Entwicklung solcher Systeme bereiten vor allem die Schnittstellen Probleme. Um eine flächendeckende Realisierung garantieren zu können, müssen grosse Investitionen getätigt werden.

Eine Forschungsarbeit von Matthews und Mühlethaler (ASIT) [41] kommt zum Schluss, dass mittels Elektronik ins Fahrzeug übermittelten Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen ein wesentlicher Beitrag zur Verminderung der Verkehrsoffer geleistet werden kann.

Die grösste diesbezügliche Wirkung lasse sich von Systemen im Fahrzeug erzielen, die in Verbindung mit von aussen übertragenen Daten das Fahrverhalten beeinflussen. Auch wenn der Nutzen elektronischer Verkehrssignale noch nicht abschliessend beurteilt werden kann, zeichnet sich doch ein beträchtliches Anwendungspotenzial ab, wobei die erwarteten positiven Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit besonders hervorzuheben sind. Zu klären sind allerdings noch eine Reihe rechtlicher Fragen, insbesondere die der Haftung (vgl. Kap. 10).

### **5.1.3 Automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf**

#### **Beschreibung**

Schon heute rufen die Werkstätten für neuere Fahrzeugtypen mit sogenannten „Scantools“ über eine Kabelverbindung Daten der Fahrzeugdiagnose ab. In den USA wurde für Fahrzeuge ab Baujahr 1996 und in der EU für alle Fahrzeuge mit Otto-Motor ab Baujahr 2000 ein Onboard-Diagnostic-System (OBD) eingeführt. Neben der permanenten Überwachung des Emissionsverhaltens und damit einer Überwachung der wesentlichen Motor-Parameter liefert dieses Computersysteme eine Diagnose-Schnittstelle zur einfachen Bestimmung von fehlerhaften Aggregaten und Sensoren. Der nächste Schritt besteht in der Verwendung mobiler Datenübertragung, die auch eine Ferndiagnose möglich macht. Da die Funktionsmerkmale und Leistungsfähigkeit von Fahrzeugen immer mehr durch Software bestimmt werden, ist dann auch möglich, mit der Übertragung angepasster Software in das Fahrzeug Pannen zu beheben und die Fahrzeugeigenschaften zu verändern.

Einfachere Systeme beschränken sich auf den Einsatz von fahrzeugseitiger Ausrüstung und Sensoren für die Fahrzeugüberwachung (inkl. Reifen, Bremsen) und automatischer resp. frühzeitiger Anzeige von Abweichungen.

#### **Primäre Wirkung**

Die direkte Auswirkung auf das Unfallgeschehen kann als relativ klein eingestuft werden. Auf Schweizer Strassen befinden sich heute zwar Fahrzeuge mit sehr hohem Sicherheitsstandard und grosser Systemausfallsicherheit, zunehmende Nachlässigkeit und Sparmassnahmen wirken sich jedoch negativ aus. Systeme, welche bei einem Unfall einen automatischen Notruf auslösen, können bezüglich Sicherheit ebenfalls einen positiven Effekt erzeugen.

#### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Nebst den Überwachungssystemen, die schon heute zur Standardausrüstung der meisten Fahrzeugen gehört, werden komplexere Systeme zur Fahrzeugüberwachung und Datenübermittlung vermehrt Einzug halten. Insbesondere seitens des Transportgewerbes besteht eine grosse Nachfrage nach Hilfsmitteln in diesem Bereich.

## 5.2 Systeme mit verbindlichen Anweisungen

### 5.2.1 Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)

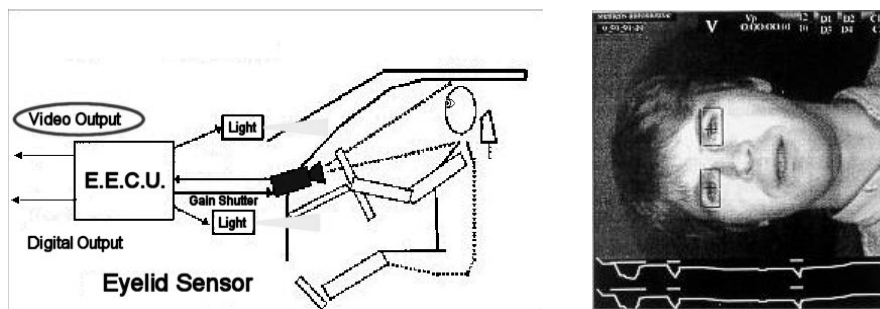
#### Beschreibung

Diese Massnahme sieht den Einsatz von fahrzeugeitiger Ausrüstung und Sensoren zur Beurteilung der Fahrtüchtigkeit des Fahrzeuglenkers vor [23]/[32]. Abweichungen vom Normalzustand werden signalisiert oder können gegebenenfalls auch zur Blockierung des Zündschlosses vor der Abfahrt oder zu kontrolliertem Anhalten führen. Weniger restriktive Systeme sehen nur eine Warnung ohne verbindliche Anweisungen vor (Ausströmen von Duft, Stop- and Go-Betrieb der Radiomusik, sprachliche, optische und haptische<sup>10</sup> Warnungen).

Die Beurteilung erfolgt beispielsweise mittels:

- Profil der Lenkkorrekturen, laterale Position des Fahrzeugs (Müdigkeit, Alkohol, etc.)
- Messung Augentätigkeit: die Frequenz und Geschwindigkeit der Lidschläge, der Öffnungsgrad der Augenlider sowie die Blickrichtung werden mittels Infrarotkameras überprüft (Müdigkeit, Drogen)
- Analyse der Atemluft (Alkohol)
- Sensor im Lenkrad, welcher misst, wie kräftig es die Hände umgreifen.

**Abb. 5.8 Schematische Ansicht des Lidschlusssensors und des Videobildes, Roskam et al. [53]**



#### Primäre Wirkung

Die Unfallverhütung verspricht sich von Driver alertness monitoring Systemen eine sehr hohe Wirksamkeit. Wegfahrsperrern, kontrolliertes Anhalten und Warneinrichtungen sobald die Fahrtüchtigkeit nicht mehr garantiert ist, stellen ein wirksames Mittel zur Verhinderung von Unfällen dar.

<sup>10</sup> den Tastsinn betreffend

Eine Bewertung von Müdigkeitswarnsystemen wurde im Rahmen des EU-Projekts ADVISORS<sup>11</sup> auf der Grundlage von Expertenbefragungen, Untersuchungen im Fahrsimulator und Literaturanalyse durchgeführt. Gemäss Gelau [25] kommt das ADVISOR-Konsortium zum Ergebnis, dass die Ausgestaltung der Fahrzeugflotte im gewerblichen Bereich zu einer Reduzierung der Unfallhäufigkeit um ca. 4% und zu einer Reduktion der Zahl der Getöteten und Verletzten um ca. 10-15% beitragen könne. Dabei handelt es sich um ein reines Warnsystem. Das im Rahmen der EU-Forschung durchgeführte Projekt SAVE<sup>12</sup> kommt zum Ergebnis, dass ca. 30% aller Unfälle durch Beeinträchtigungen der Fahrtüchtigkeit verursacht werden.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Die Systeme sind so ausgerichtet, dass sie vom Fahrzeuglenker nicht ausgeschaltet oder überlistet werden können. Es bedarf aber in jedem Fall einer sehr ausgeklügelten und empfindlichen Technik. Die Kombination mehrerer Sensoren erhöht die Wirksamkeit. Fahrzeughersteller tendieren eher dazu, die Aufmerksamkeits-Assistenz als Warnsystem zu entwickeln. Der Fahrer wird frühzeitig gewarnt, wenn seine Aufmerksamkeit abnimmt. Dabei soll er jedoch nicht entmündigt werden.

Die Ergebnisse der Befragung der Teilnehmer eines durchgeführten Simulatorexperiments (Universität Groningen, NL) mit dem im EU-Projekt SAVE entwickelten Prototypen eines Müdigkeitswarnsystems deuten auf eine hohe Akzeptanz des Systems hin. Dessen Nützlichkeit wurde insbesondere für Fahrten auf Ausserortsstrassen und auf Autobahnen als besonders hoch bewertet.

Mit praktischen Anwendungen ist erst im Verlauf der nächsten Jahre zu rechnen. Nach den Ergebnissen von ADVISORS kann im gewerblichen Verkehr, insbesondere in Lastwagen, erst ab 2006 mit der Existenz von Müdigkeitswarnsystemen gerechnet werden. Entsprechend werden Systeme mit verbindlichen Anweisungen kaum früher auf dem Markt sein. Im europäischen Forschungsprojekt „Awake“, an welchem die Automobilhersteller Daimler-Chrysler, Volvo und Fiat beteiligt sind, entwickeln Wissenschaftler des Stuttgarter Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) ein Müdigkeitswarnsystem. In zehn Jahren, so glauben die Forscher, könnte diese Technik zur Standardausrüstung in deutschen Autos gehören (Stabaty, M. [55]).

In den USA werden Systeme zur Überwachung des Alkoholkonsums bei Fahrzeugführern mit einer Verurteilung wegen Alkohol am Steuer schon länger eingesetzt. Ihre Verbreitung in anderen Ländern hängt weitgehend von rechtlichen Vorgaben ab. Saab testet zurzeit in Schweden einen Autoschlüssel mit integriertem Alkoholtester: Bevor man den Schlüssel in die Zündung steckt, bläst man in ein Mundstück. Wenn der Alkoholpegel zu hoch ist, leuchtet ein rotes

---

<sup>11</sup> Action for advanced Driver assistance and Vehicle control systems Implementation, Standardisation and Optimum use for Road network and Safety [73]

<sup>12</sup> System for effective Assessment of the driver state and Vehicle control in Emergency situations

Lämpchen auf und der Wagen lässt sich nicht mehr starten. Probleme ergeben sich bei der Fälschungssicherheit, so könnte ein betrunkenen Fahrer einen nüchternen Freund in das Röhrchen blasen lassen. Daher müsste der "Alcokey" mit einem System zur Personenidentifizierung kombiniert werden, was das Gerät wiederum teuer machen würde.

Neben den FFU-Systemen, welche präventiv wirken könnten auch beweissichernde Systeme zur Anwendung kommen. So würden Aufzeichnungsgeräte (digitale Fahrtenschreiber, ähnlich wie in der Aviatik verwendet) Fahrparameter wie Geschwindigkeit, Beschleunigung oder Radstellung u.a. speichern, welche dann helfen, die Unfallursachen abzuklären. Neben den versicherungstechnischen Vorteilen werden jedoch auch Datenschutzüberlegungen einzubeziehen sein (Aufzeichnung nur der letzten 30 Fahrsekunden). Bei flächendeckender Umsetzung könnten die Versicherungen bei unangepasstem Fahrverhalten den Versicherungsschutz verweigern. Was sich dann ebenfalls auf das Fahrverhalten sowie positiv auf die Unfallhäufigkeit auswirken kann. Solche Systeme treffen bei der schweizer Bevölkerung auf keine grosse Akzeptanz. So äussern sich in einer aktuellen Meinungsumfrage des bfu nur 39% positiv bezüglich Fahrtenschreibern, welche die momentane Geschwindigkeit festhalten [6].

## **5.2.2 Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen**

### **Beschreibung**

Die Übermittlung der Verkehrssignale erfolgt wie in Abschnitt 0 beschrieben. Es erfolgt aber eine fahrzeugseitige Umsetzung der übermittelten Information, wobei unterschieden werden muss zwischen:

- Komfortsystemen (z.B. intelligenter Tempomat), die vom Fahrer ausgeschaltet werden können.
- Zwangsweiser Fahrzeugbeeinflussung; das System passt die Fahrzeuggeschwindigkeit auf die Höchstgeschwindigkeit des gerade befahrenen Strassenstückes an. Diese Systeme werden auch als Intelligent Speed Adaptation (ISA) bezeichnet.

### **Primäre Wirkung**

Überschreitungen von Tempolimiten und Missachtung signalisierter Gefahren sowie damit zusammenhängende Unfälle können reduziert werden. Vor allem innerorts in Kombination mit verschärften Geschwindigkeitsbegrenzungen (z.B. Tempo 30-Zonen) ist mit einer gewissen Wirkung zu rechnen. Solche Systeme haben keinen Einfluss auf unangepasste Geschwindigkeit innerhalb der Tempolimiten (bzgl. reduziertem Fahrvermögen infolge Alkohol, Drogen usw. sowie bzgl. Linienführung, Strassen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen usw.), wo hingegen autonome, stabilisierende Systeme noch eingreifen können (vgl. Kap. 5.3). Weitaus kom-



plexer wären jedoch Systeme welche nicht nur die gesetzlichen Tempo-Limiten sondern auch der Witterung angepasste Geschwindigkeit vorschlagen. Infrastruktureitig wären entsprechende Witterungs- und Strassenzustandssensoren nötig, verknüpft mit einer entsprechenden Datenaufbereitung und -übermittlung. Ebenfalls verspricht man sich von solchen Systemen, dass eine Homogenisierung des Verkehrsflusses eintritt, da die Fahrzeuggeschwindigkeiten einander angeglichen werden.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Erste Pilotversuche wurden bereits realisiert (z.B. in Lund, Schweden, und in Tilburg, Holland). Es ist zu erwarten, dass intelligente Tempomate vor allem bei Fahrzeugen aus den höheren Preissegmenten verbreitet auf den Markt kommen. Es bedarf jedoch eines fahrzeugseitigen Entwicklungsschritts (Signalerkennung), oder aber es muss ein Informationssystem für die Übermittlung von Verkehrssignalen zur Verfügung stehen. Es ist nicht zu erwarten, dass vor dem Jahr 2005 solche Systeme für Fahrzeuge flächendeckend angeboten werden.

Ein Vorteil dieses Systems werden Einsparungen bei der Strasseninfrastruktur sein. Aufwendige Bauwerke (Schwellen etc.) zur Reduktion und Begrenzung der Geschwindigkeit sind dann nicht mehr nötig.

## **5.3 Übernahme von Fahreraufgaben**

### **5.3.1 Autonome, stabilisierende Systeme (ABS /ASR /ESP)**

#### **Beschreibung**

Vom Fahrer bestimmte Fahrmanöver können durch automatisch intervenierende Systeme unterstützt werden, um die Fahrzeugstabilisierung zu garantieren. Das älteste dieser Systeme ist das **Anti-Blockier-System (ABS)**. Durch die Regelung des Bremsdrucks in den Radbremszylindern wird beim ABS der Bremsschlupf zwischen Reifen und Fahrbahn begrenzt. Dadurch blockieren die Ränder bei Bremsmanövern nicht und die Manövrierfähigkeit des Fahrzeugs wird beibehalten. Im Zusammenhang mit der Leistungsfähigkeit moderner Bremsanlagen hat sich gezeigt, dass der Fahrer die Schwachstelle im System bildet. Eine Betätigung des Bremspedals mit zu geringer Kraft führt zu nicht ausreichender Bremswirkung. Um dies zu vermeiden, wurde der **Bremsassistent (BA)** entwickelt. Bei Auslösung des Systems (Notbremsung) wird der Bremsdruck auf das mögliche Maximum erhöht, so dass der Bremsweg verkürzt wird. Auf Basis der ABS-Technik wurde die **Antriebsschlupfregelung (ASR)**, die das Spiel der Längskräfte auch beim Beschleunigen regelt, entwickelt. Über Raddrehzahlsensoren wird der Schlupf gemessen und falls nötig die Antriebsleistung reduziert.

Das auf den Komponenten ABS und ASR aufgebaute elektronische Stabilitätsprogramm (**ESP**) verbessert darüberhinaus die Kontrolle über querdynamische Fahrzeugbewegungen. Dieses System steuert die komplette Fahrzeugdynamik (Längs- und Querrichtung) bei kritischen Situationen, unabhängig vom Fahrer. Indem ESP sämtliche fahrzeugrelevanten Daten (Geschwindigkeit Beschleunigung, Verzögerung u.a.) kennt, den Input des Fahrers misst (Lenkwinkel, Gaspedal, Bremspedal) und mit dem gemessenen Verhalten des Fahrzeugs vergleicht (Querbewegung, Gierwinkel<sup>13</sup>, Radgeschwindigkeit), bremst ESP die Räder individuell, reduziert die Motorleistung und verbessert so die Stabilität und Kontrollierbarkeit des Fahrzeugs.

### **Primäre Wirkung**

Durch das ABS-System wird die Steuerfähigkeit bei Bremsmanövern verbessert. Nach Ausführung von Evans [20], der in einer Forschungsstudie Fahrzeuge von General Motors mit und ohne ABS vergleicht, können vor allem Auffahrunfälle bei nasser Strasse verhindert werden (um ca. 30%). Vor allem bei unangepasster Geschwindigkeit an schwierige äussere Bedingungen wie Eisglätte, schneebedeckte Strassen usw. verhindert das ASR-System, dass die Kontrolle über das Fahrzeug verloren geht. Bei diesen Strassenbedingungen können gemäss Braess [8] ca. 5% der Unfälle verhindert werden. Bei normalen Strassenbedingungen sind es noch 0.4% der Unfälle. Das ESP-System korrigiert sowohl Fahrfehler als auch Schleuderbewegungen, die durch Glätte, Nässe, Rollspalt oder andere widrige Fahrbahnzustände verursacht werden. Durch die gezielten Bremsimpulse wird eine Rotation des Fahrzeugs um die Hochachse verhindert und das Fahrzeug steuerbar gehalten. Gemäss ersten Analysen der Unfalldaten des statistischen Bundesamts in Deutschland lässt sich der Anteil Fahrtenfälle bei Personenwagen mit ESP um über 30% verringern (37% der tödlichen Unfälle in Deutschland im Jahr 2002 geschahen bei Kollisionen mit Objekten ausserhalb des Strassenraums). In der gebirgigen Schweiz dürfte der Effekt noch stärker sein.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Das ABS-System stellt in heutigen Fahrzeugen bereits beinahe Ausstattungsstandard dar. Seit 1. Juli 2004 sind alle in Europa verkauften Neuwagen serienmässig mit dem System ausgerüstet. Auch der Bremsassistent sowie die Antriebsschlupfregelung gehören mittlerweile zur Serienausstattung von Fahrzeugen des oberen Preissegments. Seit 1995 ist ebenfalls die erste Generation des ESP-Systems auf dem europäischen Markt. Bei DaimlerChrysler wird heute das System serienmässig bei allen Fahrzeugen eingebaut. So konnte auch aus vergleichenden Unfallanalysen an Fahrzeugen mit und ohne ESP aufgezeigt werden, dass der Einsatz des Assistenzsystems zu einer signifikanten Erhöhung der aktiven Sicherheit führt. Das System steht ebenfalls bei Nutzfahrzeugen zur Verfügung. So kann bei diesen mit Aufliegern oder Anhängern auch der sogenannte Klappmessereffekt verhindert werden.

---

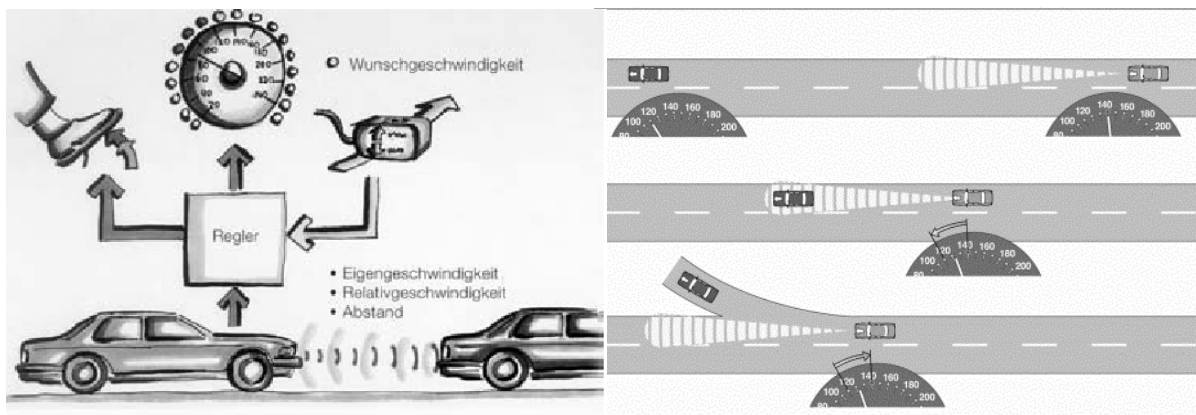
<sup>13</sup> Gierwinkel = Drehbewegung des Fahrzeugs um die Vertikalachse

### 5.3.2 Automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik

#### Beschreibung

Eines der vielversprechendsten Systeme, das aus dem Forschungsprojekt PROMETHEUS hervorgegangen ist, ist das sog. Adaptive Cruise Control (ACC). Dieser übernimmt, gegenüber einem herkömmlichen Tempomaten, die längsdynamische Steuerung des Fahrzeugs. Die ACC-Systeme erweitern die Funktion des Abstandswarners (vgl. 5.1.1) um einen längsdynamischen Eingriff, indem sie sowohl Gas als auch Bremse automatisch betätigen. Abstand und Differenzgeschwindigkeit können grundsätzlich auf drei Arten ermittelt werden. Mit einem Radarsensor, einem Lidarsensor<sup>14</sup> oder mittels Bildverarbeitung. Derzeit findet der Radarsensor aufgrund seiner Vorteile (z.B. geringe Verschmutzungsempfindlichkeit, Mehrzielfähigkeit) Einsatz bei den Seriensystemen. Aufgrund des eingeschränkten Sensorsichtfeldes, das sich auf ein vorausfahrendes Fahrzeug in der eigenen Fahrspur konzentriert, sind heutige Systeme für den Einsatz auf Autobahnen und autobahnähnlichen Landstrassen ausgelegt (Geschwindigkeitsbereich 30 – 180 km/h). Eine sehr schmale Radarkeule tastet den Raum vor dem Fahrzeug ab, um den Abstand zu den vorausfahrenden Fahrzeugen zu ermitteln.

Abb. 5.9 System Adaptive Cruise Control (ACC) gemäss Totzke et al. [57]



Diese Systeme vom Hersteller als ‚Komfortsystem‘ bezeichnet (statt ‚Sicherheitssystem‘) verzögern (meist mit einem Viertel der maximalen Bremsleistung) und beschleunigen und schalten sich zudem bei langsamen Geschwindigkeiten ab. Reicht die von der ACC geleistete Verzögerung nicht aus, weil zum Beispiel ein Auto plötzlich einschert, fordert ACC den Fahrer durch akustische Signale auf, selbst zusätzlich zu bremsen. Grundsätzlich kann der Fahrer, nur schon aus rechtlichen Erwägungen, die vorgeschlagenen Brems- und Beschleunigungsvorgänge jederzeit übersteuern.

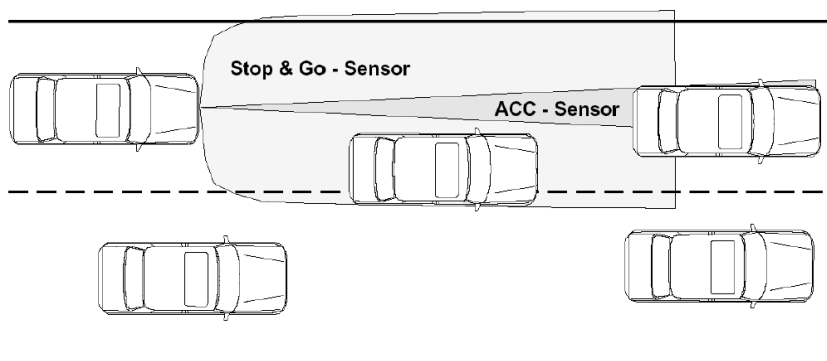
Eine zusätzliche Hilfe bei der längsdynamischen Fahrzeugsteuerung kann durch Datenaustausch von Fahrzeug zu Fahrzeug geschehen. Der Informationsaustausch zwischen den in

<sup>14</sup> Lidar = Erfassung per Infrarotlaserstrahlen

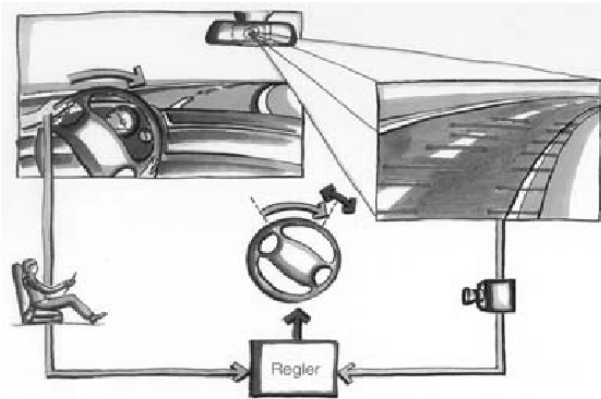
Fahrzeugverbänden (Platoons) fahrenden Fahrzeugen ermöglicht eine verbesserte Abstimmung der Abstände.

Eine deutliche Erweiterung auf Basis dieser ACC-Auslegung stellt das im Rahmen des nationalen Forschungsprojektes MoTIV (Mobilität und Transport im intermodalen Verkehr) entwickelte ACC für Ballungsräume dar. Es erweitert den Einsatzbereich durch geeignete Regelstrategien, die den niedrigen Geschwindigkeitsbereich sowie den Stop-and-Go-Verkehr berücksichtigen. Es soll den Fahrer in stark belasteten Situationen bei Stau oder dichtem Verkehr auf innerstädtischen Haupttrouten unterstützen. Hierzu wird allerdings eine Erweiterung der Umfeldsensorik notwendig, die jetzt auch versetzt fahrende Fahrzeuge im Nahbereich erfassen muss.

**Abb. 5.10 Stop & Go – Sensor; Erfassungsprobleme bei einscherenden Fahrzeugen gemäss Wallentowitz et al. [64]**



Neben den längsdynamischen Fahrerassistenzsystemen sind auch Systeme für die **Querführung** (Heading Control) in Entwicklung. So kann mit Hilfe eines Spurhalteassistenten dem Fahrer die Führung auf der Fahrspur erleichtert werden. Unter Einsatz eines Bildverarbeitungssystems werden dabei die Spurgrenzen ermittelt und die optimale Linienführung aus den Bewegungsdaten des Fahrzeugs bestimmt. Es besteht auch die Möglichkeit, die Position des Fahrzeugs auf der Strasse mit Lasersensoren zu ermitteln, die das von Randmarkierungen reflektierte Licht auswerten. Gemäss Ackermann et al. [1] kann je nach Strategie durch ein Moment im Lenkrad eine Rückmeldung über die optimale Spurführung an den Fahrer gegeben oder der Lenkwinkel direkt durch das System eingestellt werden. Nach Ausführung von Totzke [57] kann bei der Rückmeldung über Lenkmomente weiter zwischen lenkunterstützendem System (ansteigendes Lenkmoment bei zunehmender Spurabweichung – sanfte Führung) und randwarnendem System unterschieden werden, bei dem bei Überschreiten einer maximalen Spurabweichung ein starkes Moment eine harte Warnung erzeugt. Bei der „sanften Führung“ spürt der Fahrer verstärkt die ideale Fahrweise, eine klare Trennung zwischen Fahrerassistenz und Fahrerinformationen kann hier nicht mehr vollzogen werden.

**Abb. 5.11 System Heading Control (HC), Totzke et al. [57]**

Die Kombination von Fahrzeuglängs- und -querführung ermöglicht schliesslich ebenfalls ein **Spurwechselassistenten (SWA)** mit den entsprechenden Eingriffsmöglichkeiten in die Fahrdynamik. Diese Fahrerassistenzfunktion unterstützt den Fahrer bei beabsichtigten Spurwechseln und gibt ihm im Gefahrenfall eine Warnung oder greift zudem in die Fahrdynamik ein.

Um Parkschäden zu vermeiden, werden vor allem in Japan Systeme entwickelt, welche das automatische Einparken des Autos ermöglichen. Beim Rückwärtsfahren wird die Parklücke mittels Videodetektion ausgemessen und ein virtueller "Einschlagspunkt" errechnet. Elektromotoren setzen die Steuersignale in Bewegungen des Lenkrads um. Das einzige, was der Fahrer tun muss, ist das Gaspedal zu betätigen. Die Einparkhilfe warnt zusätzlich vor Bordsteinen und Bodenmarkierungen.

### **Primäre Wirkung**

Beim Einsatz der ACC-Systeme wird der nötiger Sicherheitsabstand (über Bremswegformel) zu vorausfahrendem Fahrzeug eingehalten. Bei Nebel, Schneefall oder starkem Regen kann die Sensorik die tatsächliche Sichtweite erkennen und dem Fahrer eine angepasste Geschwindigkeit nahe legen. Weiter erkennt das System durch den Abstandssensor sich verändernde Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug eher als der Fahrer. Auffahrunfälle können vermieden werden. Grundsätzlich wird mit diesen Systemen der Fahrer von Routineaufgaben entlastet. Von den Autoherstellern wird vor allem der erhöhte Komfort betont.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

ACC-Systeme sind auf dem europäischen Markt erstmals seit 1999 bei Mercedes-Benz für die S-Klasse erhältlich. Andere Hersteller von Oberklassefahrzeugen wie BMW und Jaguar tragen zur weiteren Verbreitung bei. Auch in Amerika und Japan wird an der Entwicklung von ACC-Systemen gearbeitet. In Japan wurde 1995 auf dem inländischen Markt mit dem Mitsubishi Diamant das erste Serienfahrzeug mit ACC angeboten. Seit 2002 ist das ACC-System ebenfalls für Kompakt- und Kleinwagen der Marken Mercedes, BMW, Jaguar, Fiat, Nissan, Renault, Volkswagen, Mitsubishi und Daihatsu erhältlich [16]. Seit Oktober 2002 ist ebenfalls ein von

Honda entwickeltes Fahrzeug auf dem japanischen Markt erhältlich, welches ACC- und HC-Systeme vereint. Im Bereich der Nutzfahrzeuge sind seit Ende 2003 Lastwagen auf dem Markt, welche optional auch mit ACC-System ausgerüstet werden können (Volvo). Die Systeme arbeiten teilautonom; erst wenn verstärkt in die Steuerung eingegriffen werden muss, ertönt ein akustisches Signal für den Fahrer.

Da die bis jetzt eingesetzten ACC-Systeme als Komfortsysteme ausgelegt sind, werden autonome Eingriffe in die Fahrmanöver wie Abstandswahl und Bremsbeschleunigung moderat ausgeführt. Eine Kombination mit einem Objektwarnsystem, welches vor Hindernissen wie Fussgängern, Objekten oder sehr langsam fahrenden Fahrzeugen warnt, ist auf dem Markt noch nicht erhältlich (Oei, H.L. [47]).

Bezüglich ACC-Systeme liegen zahlreiche Forschungsstudien vor. Im Forschungsprojekt EMPHASES<sup>15</sup> [12] konnte aufgezeigt werden, dass ACC-Systeme vor allem in Kombination mit HC-Systemen einen positiven Effekt auf das Fahrverhalten der Fahrzeugführer haben. Die Wahrnehmung und Bewertung von Verkehrssituationen wird dann am stärksten erleichtert und der Fahrer von anderen Bedienaktionen entlastet.

Citroën hat im Sommer 2004 als erster Hersteller einen PW mit Spurassistenten auf den europäischen Markt gebracht (System AFIL = Alarm bei Fahrbahnabweichung per Infrarot-Linienerkennung). Bei diesem System zur Überwachung der Spureinhaltung „lesen“ Infrarotsensoren, die unter dem vorderen Stoßfänger angebracht sind, die weißen Fahrbahnmarkierungen. Beim Überfahren einer durchgezogenen oder gestrichelten Linie, ohne dass der Blinker eingeschaltet ist, warnt das System, indem es den Fahrersitz vibrieren lässt, und zwar auf der Seite, auf die das Fahrzeug abgedriftet ist.

Fahrzeuge mit automatischer Einparkhilfe sind seit 2003 auf dem Markt, so beispielsweise das Hybridauto Prius von Toyota [77]. Die Markteinführung dieses Systems ist vorerst nur für den japanischen Markt vorgesehen.

### **5.3.3 Automatische Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen / automatische Notmanöver (Collision avoidance)**

#### **Beschreibung**

Die Vermeidung möglicher Kollisionen durch Collision Avoidance (CA) geht über die Unterstützung von ACC hinaus. Dazu werden in die Umfelderkennung auch stehende Ziele aufgenommen. Die Situationsinterpretation wird durch die Sicherheitsrelevanz sehr komplex. Es sind dann unkritische Hindernisse, wie innerstädtisch parkierende Autos, von gefährlichen wie plötzlich auftretende Staus zu unterscheiden. Eingesetzt werden zu diesem Zweck sogenann-

---

<sup>15</sup> Effort-Management und Performance-Handling in sicherheitsrelevanten Situationen

te scannende Sensoren auf Radar oder Lidarbasis, die einen grossen Erfassungsbereich haben. Anhand ihrer Daten lassen sich Hindernisse erkennen und ihre Lage genau ermitteln. Wie beim ACC-System ist eine automatische Bremsansteuerung nötig, nur dass beim CA mit maximaler Verzögerung bis in den Stillstand abgebremst werden muss.

Um Unfälle an Knoten zu vermeiden, sind Systeme der Prioritätsüberwachung in Entwicklung. Bei mehreren gleichzeitig auf eine Kreuzung zufahrenden Fahrzeugen bestimmt das System, welches Fahrzeug Priorität hat und sorgt dafür, dass diese gewährt wird. (Mühlethaler, F. [42]/[43]). Dabei können die Fahrzeugführer anderer Fahrzeuge gewarnt oder die anderen Fahrzeuge automatisch rechtzeitig angehalten werden. Die Anwendung kann in Fahrzeugen oder mittels strassenseitiger Einrichtung an Kreuzungen implementiert werden. Eine zuverlässige Erkennung aller auf die Kreuzung zufahrenden Fahrzeuge inkl. Position und Geschwindigkeit ist erforderlich. Prioritätsentscheide müssen innerhalb weniger als einer Sekunde erfolgen.

### **Primäre Wirkung**

Diese Massnahme sieht die intelligente Steuerung von Brems- und Ausweichmanövern vor; dies geschieht mit Hilfe der fahrzeug- oder strassenseitig (Umweltsensoren) aufbereiteten Daten zur Erkennung anderer Fahrzeuge resp. von Hindernissen. Es werden vor allem Auffahrunfälle und Kollisionen mit Fahrzeugen oder Objekten auf der Fahrbahn vermieden. Diese Systeme sind auch als Warnsystem in Entwicklung (Collision Warning Systems; CW), akustische und optische Warnsignale fordern den Fahrer bei entsprechenden Gefahrensituationen auf, ein Bremsmanöver einzuleiten.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Diverse Fahrzeughersteller sind mit der Entwicklung dieser sehr komplexen Anwendung beschäftigt. Erste Pilotanwendungen von Mercedes und BMW wurden durchgeführt. Honda bietet seit Juni 2003 auf dem japanischen Markt ein Fahrzeug mit Kollisionswarnsystem an. Aufgrund von Fahrverhalten des Fahrers, Distanz zu vorausfahrenden Fahrzeugen und Relativgeschwindigkeit werden mögliche Gefahrenmomente errechnet und wenn nötig eine akustische und haptische<sup>16</sup> Warnung abgegeben. Der Bremsassistent sowie der Gurtstraffer werden ebenfalls aktiviert. Im Nissan-Modell Cima greift die Elektronik ab einem bestimmten Punkt auch direkt ins Fahrgeschehen ein. Im Ernstfall wird automatisch eine Vollbremsung eingeleitet. Dieses Fahrzeuge der Luxusklasse ist jedoch nur auf dem japanischen Markt mit dem System der Vollbremsung ausgestattet.

Die komplexe und auch relativ teure Technologie wird sich wahrscheinlich nur langsam durchsetzen können. Bisher sind auch erst Fahrzeuge der höchsten Preisklasse damit ausgerüstet. Hinzu kommt, dass in Europa viele Systemkomponenten wie etwa der elektronische Lenkeingriff gesetzlich noch nicht zugelassen sind.

---

<sup>16</sup> den Tastsinn betreffend

### **5.3.4 Automatische Fahrzeugortung und –lenkung auf bestimmten Strecken resp. in speziellen Gebieten oder gesamthaft**

#### **Beschreibung**

Diese Systeme sehen den Einsatz von strassenseitigen elektronischen Leiteinrichtungen zur automatischen Steuerung von Fahrzeugen auf bestimmten Strecken oder innerhalb spezieller Gebiete vor. Die fahrzeugseitige Ausrüstung kommuniziert mit den Leiteinrichtungen und mit anderen Fahrzeugen und optimiert somit das Fahrverhalten des Fahrzeuges. Eine umfassende Steuerung der Fahrdynamik stellt die maximale Ausweitung eines solchen Systems dar. Eine übergeordnete Leitstelle übernimmt die Koordination, Steuerung und Leitung der Fahrzeuge.

#### **Primäre Wirkung**

Eine umfassende Fahrzeugsteuerung soll eine Vermeidung von Unfällen bewirken. In den Anwendungsgebieten führt der Einsatz dieses Systems zu kontrolliertem und homogenem Verkehrsfluss. Neben der Erhöhung der Sicherheit kann auch mit einer deutlichen Leistungssteigerung des Verkehrssystems gerechnet werden. Gemäss Shladover [54] soll der Verkehrsfluss auf Autobahnen durch die Einführung geeigneter Automatisierungstechnologien bis zum Dreifachen der heutigen Kapazität gesteigert werden können.

#### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Erste Systeme für spezielle Anwendungen sind schon in Betrieb, beispielsweise People Mover am Flughafen in Amsterdam, U-Bahnzubringer „Bus“ Rotterdam. Anwendungen mit Personewagen sind noch nicht über das Experimentierstadium hinaus. Automobilkonzerne arbeiten aber an solchen Anwendungen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika werden im Bereich der automatischen Fahrzeugführung zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte vorangetrieben, zum Beispiel das vom Bundesstaat Kalifornien geförderte Grossprojekt PATH (Partners for Advanced Transit and Highways). Die Grundlagen für diese Arbeiten bestehen in der Philosophie, dass auf einer automatischen Fahrspur Kolonnen von Fahrzeugen gebildet werden, die unabhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit mit konstantem Abstand in Längsrichtung fahren sollen. Dabei wird davon ausgegangen, dass aufgrund der sehr eng gehaltenen Abstände zwischen den Fahrzeugen zu keinem Zeitpunkt ein hoher Wert für die Differenz der Geschwindigkeiten entstehen kann. Dieser Sachverhalt hätte bei einem etwaigen Zusammenstoss nur Schäden von begrenztem Ausmass zur Folge.

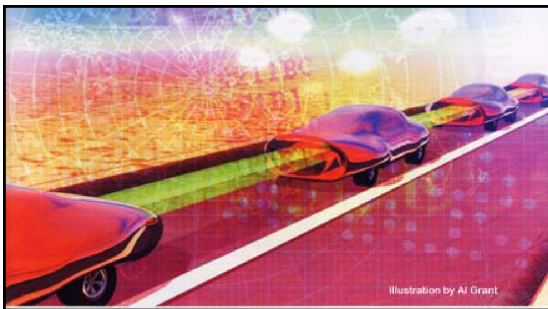
Das AHS-Projekt (Automated Highway), Bestandteil des auf Bundesebene (USA) durchgeführten IVHS-Programmes, beinhaltet sehr enge Berührungspunkte zum PATH-Projekt. In den Vereinigten Staaten besteht die Zielsetzung, diese Technologien zunächst lediglich auf ausgewählten Strecken zum Einsatz zu bringen. Dabei wird darauf geachtet, dass nach der Erst-



einführung für einen Zeitraum von mehreren Jahren der Fahrer immer noch aktiv in der Fahrzeugführung engagiert ist und bei Bedarf jederzeit in geeigneter Weise eingreifen kann. Er ist verantwortlich für das Fahrverhalten und muss stets zur Übernahme des Fahrzeugs in den manuellen Betrieb bereit sein.

Die Frage danach, wie der automatische Highway gestaltet werden könne, wurde anhand zweier Möglichkeiten - gesonderter Fahrspuren oder Teilnahme automatisch fahrender Fahrzeuge im regulären Verkehr - verfolgt. Die Zusammenarbeit von staatlichen Stellen, Forschungsanstalten und privaten Unternehmen bildet die Plattform des „Intelligent Transportation Systems“ (ITS). International beteiligen sich die Europäische Union, die USA und Japan am ITS-Programm.

#### **Abb. 5.12 System Automated Highway**



Die Modelle in Japan und Amerika zeigen die Machbarkeit der autonomen Spurführung bei entsprechend ausgerüsteten Infrastrukturen und Fahrzeugen. Im Bereich des Mischbetriebs auf regulären Autobahnen wird ebenfalls verstärkt geforscht (vgl. Testversuche des „Advanced Cruise-Assist Highway System“ in Tsukuba City, Japan, [75]), es sind jedoch noch Zusatzausstattungen zu entwickeln, die konventionell geführte Fahrzeuge erfassen und bewerten. Ausserdem bedarf es auch zusätzlicher Einrichtungen zur Hinderniserkennung.

Diese Anwendungen werden sich darum vorläufig pilotmässig auf spezielle Gebiete wie Flughäfen, Messe-Areale und Ausstellungen beschränken.

## 5.4 Einteilung der Systeme

### 5.4.1 Strassenseitiger- /fahrzeugseitiger Ausbau

Fahrzeughersteller haben vor allem ein Interesse daran, fahrzeugseitig Systeme zu entwickeln, die einen Beitrag zur Verkehrssicherheit sowie ebenfalls eine Steigerung des Fahrkomforts bewirken, da sie diese gleich mit dem neuen Fahrzeug auf den Markt bringen können. Nachfolgend wird aufgezeigt, ob die untersuchten FFU-Systeme nur eine fahrzeugseitige Investition und Entwicklung oder aber darüber hinaus auch strassenseitige Massnahmen benötigen.

**Tab. 5.1 Ausgestaltung der Systeme**

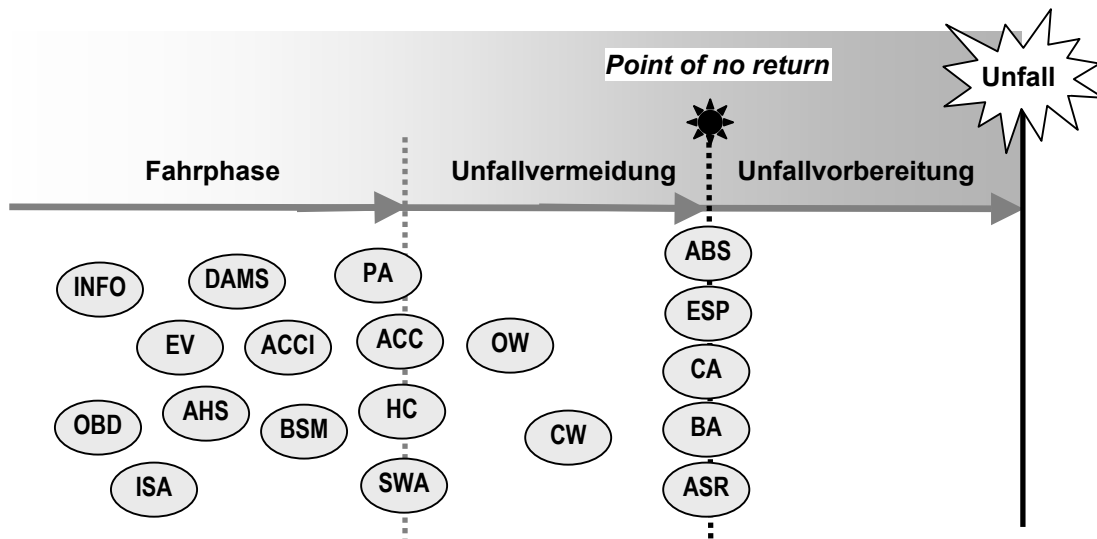
		Umsetzung	
		fahrzeugseitig	strassenseitig
Abstandswarnung (Informations-ACC)	<b>ACCI</b>	X	
Automatische Abstandshaltung (Adaptive Cruise Control)	<b>ACC</b>	X	
Einparkhilfen (Parking Assistent)	<b>PA</b>	X	
Sichthilfen (Enhanced Vision)	<b>EV</b>	X	(X)
Totwinkelüberwachung (Blind Spot Monitoring)	<b>BSM</b>	X	
Objektwarnsystem	<b>OW</b>	X	(X)
Informationsübermittlung (Geschwindigkeit u.a.)	<b>INFO</b>	X	X
Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen (Intelligent Speed Adaptation u.a.)	<b>ISA</b>	X	X
automatische Fahrzeugdiagnose (Onboard-Diagnostic-system)	<b>OBD</b>	X	(X)
Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)	<b>DAMS</b>	X	
Antiblockier-System	<b>ABS</b>	X	
Elektronisches Stabilitätsprogramm	<b>ESP</b>	X	
Bremsassistenten	<b>BA</b>	X	
Antischlupfregelung	<b>ASR</b>	X	
Automatische Spurhaltung (Heading Control)	<b>HC</b>	X	(X)
Spurwechselassistenten	<b>SWA</b>	X	
Kollisionswarnsysteme (Collision warning System)	<b>CW</b>	X	(X)
Notmanöver (Collision avoidance)	<b>CA</b>	X	
umfassende Fahrzeuglenkung (Automated Highway u.a.)	<b>AHS</b>	X	X

Die Tabelle zeigt, dass vor allem Systeme in Entwicklung sind, die fahrzeugseitig umgesetzt werden können. Strassenseitig bedarf es noch erheblicher Anstrengungen, um den für einzelne Systeme notwendigen Ausbau sicherzustellen. Die Nutzung solcher Systeme ist nur in den speziell ausgerüsteten Gebieten möglich. Deshalb weisen Systeme, die auch strassenseitig einen Infrastrukturausbau erfordern, eine hohe Hürde auf, die überwunden werden muss, ehe sie wirksam werden können.

### 5.4.2 Wirkungsweise der Systeme – Zeitpunkt der Intervention

Jedes Fahrzeug im Strassenverkehr ist potentiell Unfällen ausgesetzt. Die Systeme wirken auf unterschiedliche zeitliche Sequenzen eines möglichen Unfallereignisses. Bevor das Fahrzeug in eine Konfliktsituation gerät, befindet es sich über einen längeren Zeitraum in einer unkritischen Fahrsituation, Ulmer [59] nennt dies „Fahrphase“ (Driving Phase). Tritt eine kritische Situation ein, müssen sehr schnell Aktionen zur Unfallvermeidung in der „Interventionsphase“ und zur Unfallvorbereitung in der „Pre-Crash“ Phase erfolgen, im Extremfall durch aktive autonome Eingriffe in die Fahrzeugführung. Entsprechend dem Zeitpunkt der Intervention / Unterstützung können die Systeme klassiert werden.

**Abb. 5.13 Interventionszeitpunkt der Systeme, Bereich aktive Fahrzeugsicherheit (Abkürzungen vgl. Tab. 5.1)**



In Abb. 5.13 ist ersichtlich, dass viele der aufgezeigten Systeme darauf ausgelegt sind, Fahrzeuge in der sicheren Fahrphase zu behalten, so dass gar keine kritischen Situationen entstehen können. Im Bereich, in welchem ein Unfall unvermeidlich ist, werden ebenfalls einige Systeme aktiv. Nach dem ersten Kontakt beim Unfall greifen nur noch Elemente der passiven Fahrzeugsicherheit.

## 5.5 Zusammenfassung der primären Wirkungen

Vor allem an Assistenzsysteme mit Übernahme der Fahreraufgabe werden hohe Erwartungen bezüglich Sicherheitswirkungen gestellt. Da solche technischen Systeme nur marktfähig sind, wenn sie zuverlässig und effizient funktionieren, kann erwartet werden, dass damit Fahrfehler reduziert werden oder bei unerwarteten Verkehrssituationen eine schnelle Reaktion erfolgt. Beides sollte eine starke Reduktion der Unfallzahlen zur Folge haben.

In einzelnen Teilbereichen der automatischen Fahrzeugsteuerung ist die Forschung und Entwicklung schon sehr weit fortgeschritten. Einzelne Systeme haben seit längerem Serienreife erlangt und gehören heute bereits zur Grundausstattung neuer Fahrzeuge (ABS u.ä.) In anderen Bereichen, insbesondere dort wo das Fahrzeug in Beziehung zu anderen Fahrzeugen oder zu festen Objekten im Fahrraum gesteuert wird, müssen sehr komplexe Regelungskreisläufe koordiniert werden. Hier ist die Entwicklung noch im Gang resp. die Marktreife noch nicht erreicht.

Neben unterschiedlichen Stufen in Bezug auf das Eingriffsniveau (von Warnung und Information bis hin zum vollautomatischen Fahren) ist auch zwischen fahrzeug- und infrastrukturseitigen Systemen zu unterscheiden. Bei den fahrzeugseitigen Systemen gibt es bereits eine beträchtliche Vielfalt, weil sich hier vor allem die Fahrzeughersteller stark an der Entwicklung beteiligen. So haben Assistenzsysteme zur automatischen Abstandshaltung bereits Marktreife erlangt, während es bei Systemen, die infrastrukturseitige Massnahmen voraussetzen, deutlich weniger Innovations- und Investitionsschübe gibt.

Bei den fahrzeugseitigen Systemen wird die Assistenz auch als zusätzlicher Komfort vermarktet, was werbewirksam eingesetzt werden kann. Wo eine gesetzliche Verankerung (obligatorische Einführung) fehlt oder gegenwärtig nicht möglich ist, werden solche Systeme im gemischten Betrieb eingesetzt (fakultative Ausrüstung).

Die im Rahmen der Forschung analysierte Literatur zeigt den Nutzen der Systeme oftmals nur qualitativ auf. In der folgenden Tabelle werden die wichtigsten quantitativen Darstellung bezüglich Wirkungen, gegliedert nach Sicherheitserwartungen und Erfahrungen, aufgelistet (vgl. folgende Tabelle).

Tab. 5.2 Primäre Wirkungen einzelner FFU-Systeme

FFU-System	Sicherheitserwartungen	Messungen/ Erfahrungswerte
<i>Warnende und Informierende Systeme</i>		
<b>Abstandswarnung</b>	<b>ACC</b> ([40])  Untersuchungen der US Army zeigen, dass 23 - 31% der Auffahrunfälle von Militärfahrzeugen mit einem Kollisionswarnsysteme (inkl. Heads-Up-Display) verhindert werden könnten.	<b>ACC</b> (Haller, R. et al. [30])  Erkenntnisse aus Fahrsimulator: auf Autobahnen werden grössere Abstände zum Vorderfahrzeug eingehalten (+30m resp. 2s)  <b>Parkhilfen</b> (Ayala, B. et al. [4])  In Tests mit über 100 Personen im Alter zwischen 65 und 85 zeigte sich, dass durch Einparkhilfen 95% der Fahreraufgaben erfolgreich durchgeführt werden konnten gegenüber 58% ohne Einparkhilfe.
<b>Sichthilfen</b>	Wördenweber et al. [66]  Auswertungen der Unfälle in Deutschland im Jahr 1993 zeigen: 50% der schwerwiegenden Unfälle geschehen in der Nacht, obwohl nur 20-25% der Distanz nachts gefahren wird. Ein grosses Potenzial wird vor allem in der Beleuchtung der Fahrzeuge gesehen.	<b>Enhanced Vision</b> (Nilsson, L. et al. [46])  Im Fahrsimulator wurde der Einsatz von einem zusätzlichen Display, welches die vorausliegende Fahrbahn aufzeigt, untersucht. Durch den Einsatz des Systems konnte die Reaktionszeit bei Hindernissen auf der Fahrbahn deutlich verkürzt werden. Die Fahrer hatten jedoch grössere Mühe bei der Querführung des Fahrzeugs und bei der Realisierung einer gleichmässigen Fahrweise (Blickwechsel Display/Strasse)
<b>Übermittlung von Verkehrssignalen</b>	<b>Intelligent Speed Adaptation</b> [74]  Aufgrund der Resultate des Grossversuchs in Schweden wird erwartet, dass bei einer Umsetzung des Systems in allen Fahrzeugen 20 – 25% der Verletzten auf städtischen Strassen vermieden werden können.	<b>Intelligent Speed Adaptation</b> [74]  Der Grossversuch in Schweden zeigte, dass durch eine Ausrüstung von 10% der Fahrzeuge 3 – 4% weniger Verletzte erwartet werden können.
<b>autom. Fahrzeugdiagnose</b>	Keine quantifizierte Sicherheitserwartungen	Keine Erfahrungswerte

FFU-System	Sicherheitserwartungen	Messungen/ Erfahrungswerte
<i>Systeme mit verbindlichen Anweisungen</i>		
<b>Sensorik der Lenkerüberwachung</b>	<p><b>Grundsätzlich:</b> Brown, I.D. [11] 2 – 10 % der Unfälle können auf ein Einschlafen des Fahrers zurück geführt werden. 25% der Unfälle können auf Fahrerermüdung zurück geführt werden Dangelmaier, M. [18] Kommt zum Ergebnis, dass 30% der Unfälle durch Beeinträchtigung der Fahrtüchtigkeit verursacht werden.</p> <p><b>Fahrerüberwachung</b> (Perrett, K.E. and A. Stevens [49]) 4% weniger Unfälle</p> <p><b>Müdigkeitssystem</b> [73] <i>Fzg im gewerblichen Bereich:</i> 4% tiefere Unfallhäufigkeit mit 10-15% weniger Getöteten und Verletzten <i>alle Fzg:</i> 15% weniger Unfälle</p>	
<b>Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen</b>	<p><b>ISA</b> (Varhelyi, A. [61]) 10% Reduktion der Unfälle auf schwedens Überlandstrassen, 12% nachts oder bei schlechter Bodenhaftung</p>	
<i>Übernahme der Fahreraufgabe</i>		
<b>Stabilisierende Systeme</b>	<p><b>ABS</b> (Gies, S. [27]): bei 15 % der Unfälle könnten die Folgen bedeutend verringert oder der Unfall ganz vermieden werden. ca. 6% tiefere Unfallhäufigkeit für Unfälle mit Fussgänger</p> <p><b>ASR</b> (Gies, S. [27]) Auf 5.5% der Unfälle kann Einfluss genommen werden.</p>	<p><b>ABS</b> (Evans, L. [20]): Verringerung der Unfälle mit Fussgängern um ca. 22% 39% höhere Wahrscheinlichkeit für ein Überschlagen des Fzg. 32% kleinere Wahrscheinlichkeit, auf Vorderfahrzeug aufzufahren, doch 30% Erhöhung des Risikos vom nachfolgenden Fahrzeug gerammt zu werden.</p>

	<p><b>ASR</b> (Braess, H.-H. und R. Günter [8]):</p> <p>5% der Unfälle können bei Eisglätte und schneebedeckten Strassen verhindert werden, 0.4% der Unfälle bei normalen Strassenbedingungen</p>	<p><b>ESP</b> (Tingvall, C. et al. [56]):</p> <p>Bei allen Strassenbedingungen 22.1 % weniger Unfälle mit Verletzten, bei Nässe 32% und bei Glätte 38%</p> <p><b>ESP</b> (Breuer, J. [9]):</p> <p>Rückgang aller Unfälle von 8%</p>
--	---	---

FFU-System	Sicherheitserwartungen	Messungen/ Erfahrungswerte
<b>autom. Abstands- und Spurhaltung</b>	<p><b>ACC</b> (Hipp, E. und Ch. Jung [33])</p> <p>bei 9% der Unfälle könnten die Folgen bedeutend verringert oder der Unfall vermieden werden. (inkl. Schwerverkehr ca. 15%)</p> <p><b>ACC</b> (Langwieder K. et al. [39])</p> <p>Unter den Annahmen, dass das System nur bei &gt;40km/h im Einsatz ist, alle Fahrzeuge ausgerüstet sind, und das System einwandfrei betrieben wird:</p> <p>40% weniger Auffahrunfälle auf Landstrassen</p> <p>60% weniger Auffahrunfälle auf Autobahnen</p> <p>Erste ACC Systeme und nur ein kleiner Anteil an ausgestatteten Fahrzeugen würden jedoch nur 0.3% resp. 2% an Unfällen reduzieren</p> <p><b>HC / Lane Keeping</b> (Perrett, K.E. and A. Stevens [49])</p> <p>1% weniger Unfälle auf Autobahnen, 2% auf übrigen Strassen</p>	<p><b>ACC</b> (Chaloupka, C. et al. [13]):</p> <p>Ein hoher Anteil an ausgerüsteten Fahrzeugen bewirkt homogenen Verkehrsfluss. Dieser Effekt ist stärker geprägt bei einer höheren Verkehrsdichte</p> <p><b>ACC</b> (Touran, A. et al. [58])</p> <p>v.a. Schutzeffekte, Verringerung der Unfallwahrscheinlichkeit für das ACC-Fahrzeug um 10%</p>
<b>autom. Fahrzeugsteuerung in krit. Situationen</b>	<p>Perrett, K.E. and A. Stevens [49]</p> <p>15% weniger Unfälle auf Überlandstrassen</p>	Keine Erfahrungswerte
<b>autom. Fahrzeuglenkung</b>	Keine quantifizierten Sicherheitserwartungen	Keine Erfahrungswerte

## **6. Analyse der Unfalldaten und Potenzialbeurteilung**

### **6.1 Generelle Bemerkungen**

Verschiedene der genannten Fahrerinformations- und Assistenzsysteme befinden sich noch in der Konzept- oder Entwicklungsphase, so dass zu den Sicherheitswirkungen noch kaum statistisches Datenmaterial vorliegt. Für die Abschätzung der Sicherheitswirkung ist darum auch die Kenntnis des möglichen Potenzials von Bedeutung.

Zu diesem Zweck werden Daten des heutigen Unfallgeschehens aufbereitet, klassiert und analysiert. Allerdings dürfen von dieser Datenanalyse nur approximative Erkenntnisse erwartet werden – sind doch die aktuellen Unfalldaten gemäss heutigen Bedürfnissen erfasst, differenziert und abgelegt. So geben Unfallstatistiken beispielsweise nur beschränkt Auskunft über Detailspekte wie Müdigkeit/ Einschlafen am Steuer oder gefahrene Abstände resp. Geschwindigkeiten vor Auffahrunfällen, etc. Vielfach werden die FFU-relevanten Unfallursachen unter Begriffen wie „nicht angepasste Geschwindigkeit“, „unvorsichtige Fahrweise“ oder „Nichtbeherrschen des Fahrzeugs“ zusammengefasst.

Dennoch sollen in der Folge, ausgehend von den Auswertungen der Unfalldaten im Rahmen der VESIPO-Untersuchung, welche abschätzt, wieviel Personen gerettet werden können, Potenzialschätzungen für die Sicherheitswirkung von Systemen zur Fahrzeugführerunterstützung vorgenommen werden.



## 6.2 Unfallanalyse im Rahmen VESIPO

### 6.2.1 Quantifizierung des Rettungspotenzials

Um über die Wirksamkeit der einzelnen FFU-Systeme Aussagen machen zu können, wird die Klassierung der Unfälle gemäss VESIPO [62] übernommen. Dort wird rechnerisch geschätzt, wieviel Personen durch den Einsatz der einzelnen Systeme gerettet werden könnten. Es wird davon ausgegangen, dass alle Fahrzeuge mit den entsprechenden Systemen ausgerüstet sind (obligatorische Ausrüstung). Zusätzlich wird auch das theoretische Rettungspotenzial aufgezeigt. Dieses wird bestimmt, indem die Zahl der polizeilich registrierten Unfälle aufgrund von bekannten oder vermuteten „Dunkelziffern“ hochgerechnet wird (Quelle: Bundesamt für Statistik, 2001; Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, 2001).

Das tatsächliche Rettungspotenzial errechnet sich schliesslich über die vier verschiedenen Abminderungsfaktoren a – d (VESIPO [62], vgl. auch Abschnitt 6.2.2)

- Wirkungsbereich (a): Bei welchem Anteil dieser Unfälle kann die Massnahme tatsächlich angewandt werden (weil die Massnahme bei diesem Anteil nicht schon realisiert ist bzw. keine Anwendungseinschränkungen vorliegen)?
- Wirksamkeit (b): Welchen Anteil der Verletzungen und Todesfälle kann die Massnahme tatsächlich verhindern, wenn sie angewandt wird? (Bsp. Velohelm: 20% der Radfahrenden tragen den Helm bereits)
- Realisierungsgrad (c): Mit welcher Verbreitung der Massnahme ist unter den gegebenen Bedingungen maximal und im Durchschnitt über eine bestimmte Zeit zu rechnen?
- Beachtungsgrad (d): Mit welchem Grad von Anwendung durch die Verkehrsteilnehmer – sofern diese die Möglichkeit haben, die Massnahme zu umgehen – ist maximal und im Durchschnitt über eine bestimmte Zeit zu rechnen?

Das theoretisch zu vermeidende Verletzungs- und Todesfallpotenzial wird durch die in Prozent angegebenen Werte a bis d reduziert. Das tatsächlich geschätzte Rettungspotenzial errechnet sich demnach nach folgender Formel:

$$\text{tatsächliches Rettungspotenzial} = \text{theoretisches Rettungspotenzial} \times \frac{a}{100} \times \frac{b}{100} \times \frac{c}{100} \times \frac{d}{100}$$

**Tab. 6.1 Theoretisches Rettungspotenzial nach Unfalltyp und FFU-System, Unfallzahlen 2000**  
(Grundlagen: Bundesamt für Statistik, 2001; Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, 2001, Quelle: VESIPO [62])

Unfalltyp (Mfz. exkl. Mofa/MR)	theoretisches Rettungspotenzial		FFU-System	spez. Wirksamkeit	maximal Anzahl Gerettete (tatsächliches Rettungspotenzial)**	
	Tote	Verletzte			Tote	Verletzte
Auffahrunfälle	13	425	Abstandswarnung	13%	1	57
Unfälle bei Nacht	210	1241	Sichthilfen	7%	12	72
Nichtanpassen der Geschwindigkeit, Missachten der Verkehrsregeln (Vortritt, Geschw., Überholverbot)	172	1783	Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	2%	2	29
Überschreiten der Geschwindigkeit / Missachten Überholverbot)*	276	828	Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	24%	67	200
Unfälle aufgrund des Fahrerzustands	218	1123	Sensorik für Lenkerüberwachung	27%	60	303
Unfälle allgemein, ohne Schleuder-/Selbstunfälle	294	3249	autom. Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen	2%	7	73
Unfälle Innerorts/Autobahn	230	2932	Fahrzeugortung und -lenkung auf bestimmten Strecken oder innerhalb spezieller Gebiete	10%	23	281
Alle Unfalltypen	525	4380	Steuerung der Fahrodynamik	15%	79	656

)\* Aufgrund der Unvollständigkeit des Unfallmerkmals „Überschreiten der Höchstgeschwindigkeit“ werden die Unfallzahlen weiter mit der Dunkelziffer „Geschwindigkeit“ (Faktor 4) hochgerechnet.

)\*\* Anzahl an Unfall beteiligten Personen (keine Differenzierung nach Insassen im Fahrzeug und Personen ausserhalb)

Im Bericht VESIPO werden ebenfalls Durchschnittswerte für die Anzahl jährlich vermeidbarer Todesfälle bis ins Jahr 2020 angegeben. Das relevante Kriterium für die Auswahl der wichtigsten Massnahmen waren hingegen Maximalwerte wie oben dargestellt. So kann unabhängig von einer zu erwartenden Etablierung der Systeme deren grösstmögliche Wirkung dargestellt werden.

Vor allem FFU-Systeme, welche eine verstärkte Assistenzfunktion ausüben, wirken sich auf viele Unfälle aus (theoretisches Rettungspotenzial). Entscheidend ist jedoch vor allem auch die spezifische Gesamtwirkung der Massnahme. So können beispielsweise durch die Sensorik für Lenkerüberwachung (Driver Alertness Monitoring System) aufgrund der grossen Wirksamkeit des Systems viele Opfer vermieden werden.

Systeme, welche nur Informationen und keine verbindlichen Anweisungen geben, werden vom Fahrzeugführer verstärkt missachtet. So reduziert sich beispielsweise der zu erwartende Sicherheitsgewinn beim FFU-System „Übermittlung von Signalen“ massgeblich, da Geschwindigkeitswarnungen u.a. ignoriert werden können. Den informierenden und warnenden Systemen soll jedoch gleichwohl grosses Gewicht beigemessen werden. Dies bestätigen auch vertiefte Untersuchungen von Unfallursachen von Lamm et al. [38]. Dort wurden zwischen 41% und 56% der durch den Menschen direkt „verursachten Unfälle“ auf Erkennungsfehler, zwischen 29% und 52% auf Entscheidungsfehler und lediglich zwischen 7% und 11% auf Ausführungsfehler zurückgeführt, wobei der jeweils erste Wert den sicher ermittelten Einfluss und der zweite Wert den wahrscheinlichen Einfluss angibt.

Im folgenden Abschnitt 6.2.2 sowie im Kapitel 8 wird vertieft auf die reduzierenden Effekte des theoretischen Rettungspotenzials der FFU-Systeme eingegangen.

## 6.2.2 Resultate Unfall- und Wirkungsanalyse

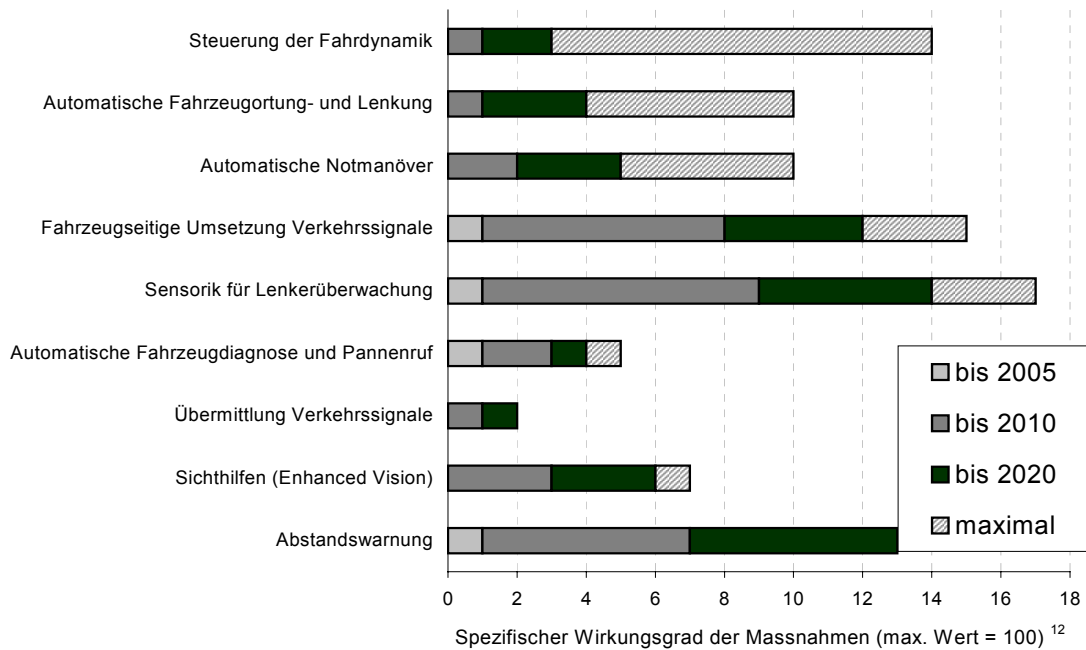
Im Bericht von Rapp [51] wurde die potenzielle spezifische Gesamtwirkung der Massnahmen aufbereitet. Der Bezug zum Rettungspotenzial (Anzahl Gerettete) wurde nicht vollzogen. Bei der Berechnung des Wirkungsgrades wurde wie folgt vorgegangen: In einem ersten Schritt wird die allgemeine Wirksamkeit der FFU-Systeme abgeschätzt, soweit vorhanden gestützt auf vorhandene Grundlagen und Forschungsergebnisse, die mit der jeweiligen Quelle referenziert ist. Falls keine Quelle angegeben ist, stützt sich die angegebene Wirkung auf Schätzungen. Für die Bestimmung der potenziellen spezifischen Wirksamkeit wurden weitere Faktoren berücksichtigt, welche zu einer Verminderung oder Erhöhung der Wirksamkeit der Massnahmen beitragen.

**Tab. 6.2 Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit der FFU-Systeme gemäss Rapp [51]**

Einflussfaktor	Begründung	Abschätzung FFU-Syst.
Risikominderung infolge Reduktion Exposition	Eine Verminderung der Exposition reduziert das Risiko in einen Unfall verwickelt zu werden (vgl. auch Seite 3).	0 – 5%
Risikoerhöhung infolge Human Machine Interface	Die Ablenkung durch das HMI kann zur Erhöhung des Risikos eines Unfalls beitragen.	0 – 7%
Verminderung der Wirksamkeit infolge Systemunzuverlässigkeit	Die Wirksamkeit eines Systems wird reduziert, wenn die Zuverlässigkeit nicht sichergestellt ist.	0 – 10%
Verminderung der Wirksamkeit infolge Nichtbeachtens	Die Wirksamkeit eines System wird reduziert, wenn das System ausgeschaltet, übersteuert oder nicht beachtet werden kann.	0 – 20%

Beim System Sensorik für Lenkerüberwachung wird erwartet, dass durch Wegfahrsperrern eine spezifische Reduktion der Exposition von 5% eintritt und dadurch die Wirksamkeit erhöht werden kann. Ein Ablenkung des Fahrzeugführers mit der damit verbundenen Reduktion des Wirkungsgrads wird vor allem bei Systemen mit Sichthilfen erwartet. Eine Einschränkung der Wirkung ist ebenfalls bei Systemen zu erwarten, bei denen keine zwingende Handlung erfolgt, so zum Beispiel bei Systemen mit Übermittlung von Verkehrssignalen.

Die so ermittelte Wirksamkeit der Massnahme setzt einen Verbreitungsgrad von 100% voraus. In einem letzten Schritt wird die spezifische Wirksamkeit der Massnahmen für die Zeithorizonte 2005 / 2010 / 2020 durch Abschätzung des Verbreitungsgrades in den jeweiligen Zeiträumen ermittelt.

**Abb. 6.1 Spezifische Wirksamkeit<sup>17</sup> der FFU-Systeme gemäss Rapp [51]**

**Achtung:** Werte können gegenüber den Ansätzen in Tab. 6.1 differieren, da das bfu andere Systemansätze für die Bestimmung des spezifischen Wirkungsgrads gewählt hat als Rapp<sup>18</sup>.

Einzelne Systeme schliessen sich gegenseitig aus, so dass die spezifische Wirksamkeit nicht kumuliert werden kann. So zum Beispiel beim System der fahrzeugseitigen Umsetzung von Verkehrssignalen, welches das Übermitteln von Verkehrssignalen überflüssig macht.

Systeme, welche verstärkt den Fahrer bei seiner Fahreraufgabe unterstützen, sind noch in der Entwicklung und deren Einsatz kann erst mittel- oder langfristig erwartet werden. Vor allem bei diesen Massnahmen wird eine besonders hohe spezifische Wirksamkeit erwartet.

Die spezifische Wirksamkeit in den Zeithorizonten wurde direkt durch die Multiplikation mit dem Verbreitungsgrad bestimmt. Es können jedoch weitere, u.a. sekundäre Effekte auftreten, da beispielsweise nicht alle Fahrzeuge mit dem System ausgerüstet sind. Diese werden im Kapitel 8 weiter untersucht.

<sup>17</sup> Die Unterschiede in Bezug auf die Zeithorizonte ergeben sich als Folge unterschiedlicher Verbreitungsgrade

<sup>18</sup> Der Wirkungsgrad beschreibt bei Rapp das generell mögliche Unfallverminderungspotential unter Berücksichtigung von Systemunzuverlässigkeit, Fehlbedienung, Beachtungs- und Verbreitungsgrad

### 6.3 Einfluss der Lebensdauer des Fahrzeugparks

Werden nur Neuwagen mit FFU-Systemen ausgestattet, so bedarf es einer geraumen Zeit bis ein grosser Teil der Strassenfahrzeuge diese Ausrüstung aufweist. So werden die erwarteten Sicherheitsgewinne erst nach einer längeren Zeitspanne richtig greifen können. Um sich ein Bild bezüglich des Schweizer Fahrzeugmarktes machen zu können, wird nachfolgend der Personenwagenbestand der Schweiz nach Alter aufgezeigt.

**Abb. 6.2 Personenwagenbestand in der Schweiz nach Alter, 2003 (Quelle: bfs)**

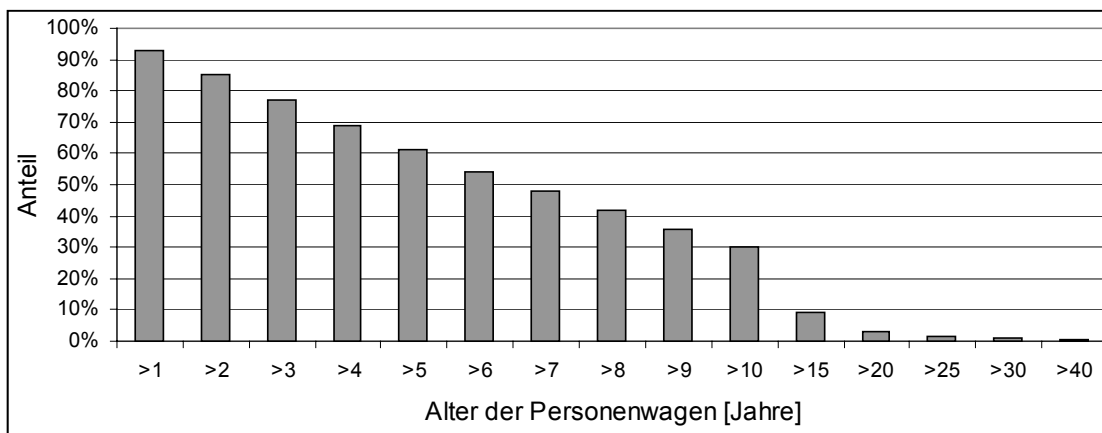


Abb. 6.2 zeigt, dass innerhalb von etwa 7 Jahren die Hälfte der Personenwagen in der Schweiz ersetzt werden. Dieselbe Analyse bezüglich der Altersverteilung im Jahre 1991 zeigt demgegenüber, dass damals die Hälfte der Fahrzeuge nur 5 Jahre oder älter waren. Daraus kann gefolgert werden, dass zukünftig der Anteil älterer Fahrzeuge im Verkehr zunimmt. Das würde bedeuten, dass es immer länger geht, bis Neuwagen mit FFU-Ausrüstung einen bedeutenden Anteil am Schweizer Personenwagenbestand ausmachen.

Das wachsende Durchschnittsalter widerspiegelt auch die Entwicklung der Fahrzeugtechnik. Aufgrund von Technikfortschritten und steigender Fertigungsqualität steigt offensichtlich die Lebenserwartung von Strassenfahrzeugen.

Bezüglich Neuzulassungen von Lastwagen sind in etwa dieselben Schlussfolgerungen zu ziehen. Nur bei Lieferwagen liegt gegenwärtig eine erhöhte Erneuerungsrate vor. Während in den letzten Jahren bei den Personenwagen der Anteil neu zugelassener Fahrzeuge am Gesamtbestand 7 bis 8% betrug, waren es bei den Lieferwagen etwa 7 bis 10%.

Neben der benötigten Zeit für die eigentlichen Systementwicklung bedarf es folglich einer nicht unbedeutenden Zeit für die Marktdurchdringung der Systeme (Akzeptanzfindung / Verbreitungsgrad), insbesondere wenn nur Neuwagen ausgerüstet werden sollen.

## 7. Zwischenbilanz

Die Analyse der Forschungen und Publikationen zum Thema Fahrzeugführerunterstützung ergab, dass an einer Vielzahl solcher Systeme intensiv geforscht und gearbeitet wird. Einzelne haben sich schon auf dem Markt etablieren können (ABS u.a.) und gehören heute zur Standardausrüstung von Fahrzeugen. Andere Systeme wie die Abstandswarnung oder automatische Abstandshaltung sind seit neuestem ebenfalls schon auf dem Markt, jedoch erst bei Fahrzeugen im oberen Preissegment. Die Fahrzeughersteller weisen bei diesen Entwicklungen in erster Linie auf die Erhöhung des Fahrkomforts und erst in zweiter Linie auf die Sicherheitseffekte hin.

Die Entwicklung von Systemen für die sehr komplexe gesamtheitliche Übernahme der Fahrer-aufgabe (automatische Fahrzeugsteuerung) wird vor allem von staatlichen Behörden und den Hochschulen gefördert und in nationalen Forschungsaufträgen vorangetrieben. Aufgrund des Entwicklungsstands dieser Systeme kann jedoch nur wenig bezüglich der Sicherheitsauswirkungen ausgesagt werden. In diesen Systemen wird jedoch das grösste Sicherheitspotenzial erwartet.

Die Analyse der Potenziale zeigt, dass die einzelnen FFU-Systeme sich mehr oder weniger deutlich auf die Unfallzahlen auswirken werden. Das theoretische Rettungspotenzial, welches oftmals recht gross ist, wird jedoch durch verschiedene Faktoren teils deutlich vermindert. Nur ein bedeutend kleinerer Teil der Unfälle wird sich darum letztlich durch die Systeme effektiv vermeiden lassen (tatsächliches Rettungspotenzial). Vor allem bei Systemen mit unverbindlichen Anweisungen oder Informationen können diese vom Fahrzeuglenker ignoriert werden, was die Wirksamkeit zusätzlich reduziert.

Die in der Literatur enthaltenen Angaben bezüglich erwarteter oder gemessener Sicherheitsgewinne beziehen sich oftmals auf ganz spezifische Versuchsbedingungen. Die sehr generellen Annahmen bezüglich spezifischer Wirkungen der Systeme, welche für VESIPO aufbereitet wurden, werden jedoch durch die im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Analysen bestätigt.

Bei den bisherigen Überlegungen zur Wirksamkeit wurde von einer Umsetzung der Massnahme für alle Fahrzeuge (obligatorische Ausrüstung aller Fahrzeuge) ausgegangen. Letztlich kann von den dokumentierten FFU-Massnahmen eine primäre Wirkung im Ausmass von nahezu 0% bis etwa 30% an Unfallverminderung abgeleitet werden. Auf weitere zu erwartende Effekte, welche zum Beispiel bei einer Teileinführung der Systeme entstehen können, wurde bislang nicht weiter eingegangen. Im folgenden Abschnitt werden die übrigen Wirkungen, unter anderem auch die sekundären Effekte, untersucht.

## 8. Weitere Effekte der Assistenzsysteme

### 8.1 System- und Interaktionssicherheit

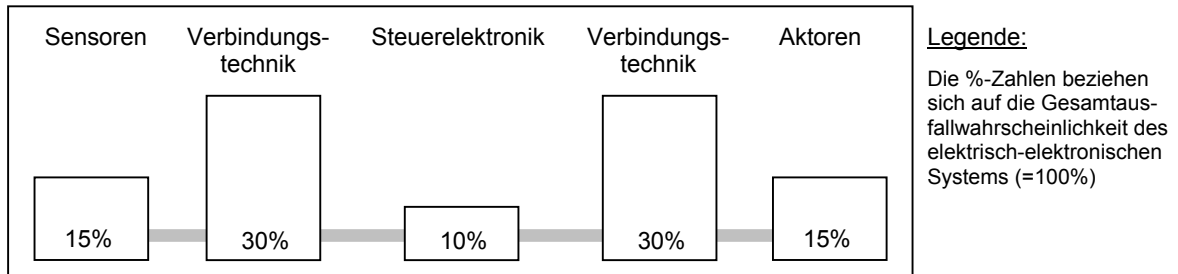
Komponenten der Systeme sowie ganze Systeme können ausfallen, was zu Funktionseinbußen und daraufhin zu Unfällen führen kann. Auf der Systemebene kann mit der Definition sicherer Rückfallebenen Schaden vermieden werden. Bei den Verkehrsteilnehmern hingegen funktioniert die Rückfallebene (Eigenverantwortung und Kontrolle durch den Fahrzeuglenker) nicht unbedingt konfliktfrei. Wird der Fahrer rasch genug reagieren, wenn z.B. die automatische Abstandhaltung ausfällt? In einem ersten Abschnitt wird auf die Fehlerwahrscheinlichkeit der Systeme selbst eingegangen. Nachfolgend wird aufgezeigt, was für Probleme bei einem Ausfall der Systeme auftreten können.

#### **Grundlagen der Fehlertheorie**

Bezüglich den fahrerunterstützenden Systeme können sich Fehler unterschiedlich auswirken. Gemäss Gaupp et al. [24] muss das Sicherheitskonzept diese Fehler entsprechend erkennen und durch geeignete Massnahmen beherrschen. Charakteristisch für Fehler, Ausfälle und Störungen ist in jedem Fall die Abweichung des Ist-Zustandes vom Sollzustand. Die Sicherheit der im Fahrzeug eingesetzten aktiven Regelungssysteme ist durch Massnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit sowie Massnahmen zum Schutz gegen gefährliche Fehler erreichbar. Hierbei lässt sich eine Erhöhung der Zuverlässigkeit durch Fehlervermeidung realisieren, Massnahmen zum Schutz gegen gefährliche Fehler durch Fehlervermeidung und Fehlerbeherrschung. Da eine 100%ige Fehlervermeidung nicht realistisch ist, müssen die entsprechend möglichen Fehler erkannt und durch ein Sicherheitssystem beherrscht werden. Die Teilsysteme Fehlererkennung und Fehlerbeherrschung ergeben zusammen ein Fehlerdiagnosesystem. Die Fehlererkennung bestimmt das Vorhandensein eines Fehlers. In der Praxis wird in der Regel eine Überwachungslogik eingesetzt, welche die Ausgangsgrössen auf ihre Plausibilität überprüft, indem die Sensorsignale des Systems mit abgespeicherten Daten dauernd verglichen werden. Nach Überschreiten eines festgelegten Schwellwertes meldet das System einen Fehler. Das Festlegen des Schwellwertes erfordert einen Kompromiss zwischen hoher Fehlerempfindlichkeit, was den Vorteil hat, auch sehr kleine Fehler zu erkennen, und hoher Unempfindlichkeit gegenüber Fehlalarmen. Häufige Fehlalarme bewirken, dass der Fahrzeugführer Alarminformation ignoriert oder weniger Beachtung schenkt, was sich stark auf die Systemsicherheit auswirkt.

Sicherheitsrelevante Fehler können in verschiedenen Bereichen der im Fahrzeug eingesetzten Systeme auftreten. Es zeigt sich, dass eine wesentliche Massnahme zur Erhöhung der Fallsicherheit eine Erhöhung der Zuverlässigkeit der Verbindungstechnik darstellt (vgl. Abb. 8.1). Diese wird heute durch den Einsatz eines sogenannten CAN-Bus (Controller Area Network) realisiert, welcher Übertragungsfehler erkennt und diese korrigieren kann.



**Abb. 8.1 Relative Ausfallrate elektrisch-elektronischer Systeme, Gaupp et al. [24]**

Eine Untersuchung von Wallentowitz und Adam [65], in welcher Fahrzeuge von unterschiedlichen Herstellern auf die Fehlerhäufigkeit der elektronischen Systemen überprüft hat (ABS u.a.), kam ebenfalls zum Schluss, dass in den CAN-Leitungen häufig die Ursache von Störungen vorliegen. Diese Fehler werden jedoch von den CAN-Schnittstellen meist erkannt und durch nochmaliges Senden der Daten behoben.

Zur Überprüfung der Zuverlässigkeit und Sicherheit elektrisch-elektronischer Systeme wird im allgemeinen eine Fehlerbaumanalyse (Fail tree analysis, FTA) durchgeführt. Sie eignet sich besonders gut zur zuverlässigkeits- und sicherheitsrelevanten Darstellung und Analyse komplexer Systeme, wie z. B. Fahrdynamikregler. Ausgehend von einem unerwünschten Ereignis, werden die logischen Verknüpfungen von Komponenten ermittelt. Die Ziele der Fehlerbaumanalyse sind im einzelnen:

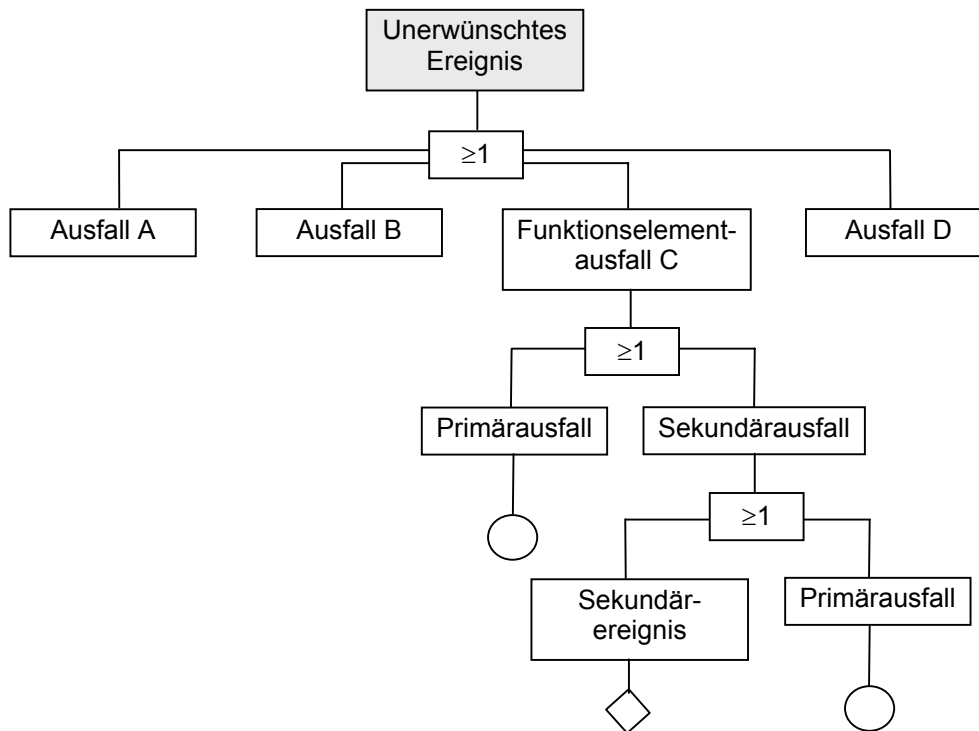
- Die systematische Identifizierung aller möglichen Ausfallkombinationen, die zu einem vorgegebenen unerwünschten Ereignis führen.
- Die Ermittlung von Zuverlässigkeitskenngrößen, wie z.B. Eintrittshäufigkeiten der Ausfallkombinationen oder Eintrittshäufigkeit des unerwünschten Ereignisses.

Als Voraussetzung für die Fehlerbaumanalyse ist eine detaillierte Systemanalyse notwendig. Sie setzt sich zusammen aus einer Beschreibung der Systemfunktionen, der Umgebungsbedingungen, der Komponenten bzw. des Verhaltens der Komponenten untereinander und zur Umwelt. Hierbei werden die sicherheitskritischen Systemausfälle (TOP-Ereignisse) erfasst.

Ausgehend von dem unerwünschten Ereignis wird ein Fehlerbaum aufgestellt und graphisch dargestellt (vgl. Abb. 8.2). In diesem werden die Ausfälle festgelegt, die zu dem TOP-Ereignis führen können. Dabei wird bei mehreren Ausfällen die logische Verknüpfung angegeben, ob Einzelausfälle oder die Kombination mehrerer Ausfälle zum TOP-Ereignis führen. Bei dieser Betrachtung der Ausfälle werden Primärausfälle von Sekundärausfällen unterschieden. Dabei versteht man unter einem Primärausfall den Ausfall eines Funktionselementes, das einen Standardeingang für den Fehlerbaum darstellt. Ein Sekundärausfall stellt den Folgeschaden eines Primärausfalls dar. Eine weitere Betrachtung der Entstehung bis hin zu dem Primäraus-

fall wird notwendig. Eine Möglichkeit zur Quantifizierung der Auftretenswahrscheinlichkeit des TOP-Ereignisses ist durch den Einsatz der Fehlerbaumanalyse gegeben. Sind die Auftretenswahrscheinlichkeiten der Primäreignisse bekannt, können die des TOP-Ereignisses entsprechend der Fehlerbaumstruktur abgeleitet werden.

**Abb. 8.2 Exemplarischer Fehlerbaum, Wallentowitz et al. [64]**



Bei einem Kollisionsvermeidungssystem beispielsweise sind die einzelnen Baugruppen zu unterscheiden. Ein System der Kollisionsvermeidung teilt sich auf in die Umfeldsensorik, die automatischen Bremsen und die automatische Lenkung. In allen Systemelementen können Fehler entstehen. Als unerwünschtes TOP-Ereignis für den übergeordneten Fehlerbaum kann der Ausfall des Gesamtsystems definiert werden, das durch Ausfälle der Teilsysteme hervorgerufen werden kann. Mit Hilfe des Fehlerbaums und der systemischen Betrachtung kann die Gesamtausfallsicherheit bestimmt werden.

### Folgen bei Systemausfall

Entscheidend für das Verhalten des Systems im Fehlerfall ist, ob für das System ein sicherer Zustand definiert ist. So wird bei der Systemkonzeption oftmals ein sogenanntes Fail-Safe-Prinzip definiert. Bei diesem Prinzip beherrscht das System während des Betriebs auftretende Fehler, ohne dass es zu einem gefährlichen Zustand kommt, d.h. das System geht nach einer Fehlererkennung in einen sicheren Zustand über.

Bei warnenden und Informierenden Systemen hat dies zur Folge, dass der Fahrzeugführer keine Assistenzhilfe mehr erhält. Dieser ist direkt mit der Fahreraufgabe vertraut, muss jetzt aber aufgrund seiner direkten Informationen verstärkt Fahrentscheidungen fällen.

Ein Ausfall von Systemen mit verbindlichen Anweisungen bewirkt, dass der Fahrzeugführer nicht mehr in seinen allenfalls sicherheitskritischen Handlungen eingeschränkt wird. Es treten vor allem dann Probleme auf, wenn das System als „Testinstrument“ genutzt wird. Wenn sich zum Beispiel der Fahrzeugführer darauf verlässt, dass er von einem Müdigkeitswarnsystem gewarnt wird, wenn er nicht mehr fahrtüchtig ist. Mit deutlicher Warnung, dass das System die Funktion nicht ausführen kann, aber auch durch die Systemauslegung können solche Sicherheitsrisiken vermindert werden.

Bei Systemen, welche Fahreraufgaben übernehmen, besteht ein deutlich grösseres Gefahrenpotenzial. Bei einem Systemausfall haben die Fahrzeugführer wieder vermehrt Fahreraufgaben zu übernehmen. Bei Überforderung, da nicht mehr daran gewöhnt, kann sich das deutlich auf die Sicherheit auswirken. Vor allem aber auch dann, wenn der Sicherheitsgewinn des Systems durch eine aggressivere Fahrweise kompensiert wird (vgl. Kap. 8.3). Zu unterscheiden ist weiter, wie häufig das System in die Steuerung eingreift. Zum Beispiel wirkt sich bei Systemen, die automatische Notmanöver ausführen, der Ausfall nur bei den seltenen Einsätzen aus (dann aber stark). Durch geeignete Diagnosesysteme können allfällige Fehlfunktionen entdeckt und frühzeitig behoben werden.

Anders sieht es jedoch aus, wenn das System nicht auf eine sichere Rückfallebene geführt werden kann. Wenn falsche Informationen oder Warnungen kommuniziert werden oder aber das System falsche Steuerbefehle ausführt. Wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben (Abb. 8.1), kann die Fehlerquelle bei der Bestimmung der Inputgrößen (Infrarotsensoren bei ACC-System<sup>19</sup>) aber auch bei der Übermittlung oder aber bei der Ausführung liegen. An dieser Problematik arbeiten die Fahrzeug- und Fahrzeugkomponentenhersteller zur Zeit noch intensiv, da ein System erst marktauglich ist und durch den Gesetzgeber akzeptiert werden kann, wenn diese Risikofaktoren sehr tief gehalten werden.

---

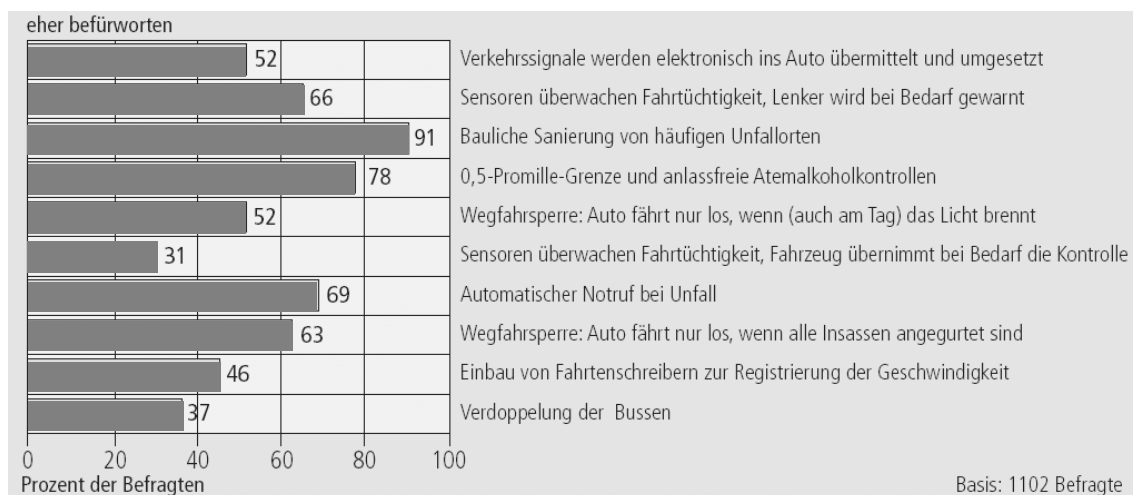
<sup>19</sup> ACC – Automatic Cruise Control

## 8.2 Sekundäre Wirkungen

### 8.2.1 Anpassungsprozesse

Die erfolgreiche Einführung von Assistenzsystemen ist nicht nur an technische Bedingungen geknüpft. Vor allem wenn die Systeme nicht obligatorisch eingeführt werden, braucht es eine grosse politische und gesellschaftliche Akzeptanz, ehe es zur wünschbaren Verbreitung kommt. In der nachfolgenden Tabelle wird eine Auswertung einer Befragung der bfu [7] bezüglich der wirksamsten zehn Massnahmen gemäss VISION ZERO dargestellt.

**Abb. 8.3 Akzeptanz der Schweizer Bevölkerung bezüglich den zehn wirksamsten Massnahmen VISION ZERO, Umfrage bfu, Herbst 2002 [7]**



Aus der Befragung wird deutlich, dass eine einfache Warnung gegenüber einer Übernahme der Fahreraufgabe deutlich mehr Akzeptanz findet. Eine „Bevormundung“ der Fahrzeugführer ist nicht erwünscht. Dies zeigt sich bei den beiden Fragen bezüglich Einsatz von Sensoren zur Überwachung der Fahrtüchtigkeit. Mit zunehmendem Interventionsgrad der Ausrüstungssysteme wird ebenfalls der Freiheitsgrad des Lenkers vermindert. Ein gelenktes und reglementiertes Fahren widerspricht ebenfalls der Fahr-Motivation „Freude am Autofahren“, Ausdruck der Individualität“ oder Demonstration hoher Selbsteinschätzung. Die Selbsteinschätzung ist mit ein Grund für die geringe Akzeptanz „bevormundender“ Systeme: Die Fahrer halten sich überwiegend für gute oder sehr gute Fahrer. Das eigene Fahrkönnen wird allgemein überschätzt wohingegen das Unfallrisiko unterschätzt wird. Dies konnten ebenfalls Aebischer et al [2]. aufzeigen, welche 1000 Führerscheinbesitzer in der Schweiz befragt und die Ergebnisse ausgewertet haben. Von den Befragten schätzen sich 13% als sehr gute und 55% als gute Fahrer ein. Hingegen beurteilen nur 29% ihre fahrerischen Fähigkeiten als „mittel“ und 2% als „nicht so gut“/„gar nicht gut“. Geschlechtsspezifische Unterschiede konnten ebenfalls aufgezeigt werden, so haben Männer mit einer geringen jährlichen Fahrleistung ein deutlich besse-

res Bild von sich als Autofahrer als die Frauen mit derselben niedrigen Fahrleistung. Mit zunehmender Fahrleistung steigt die Selbsteinschätzung vor allem auch bei den Frauen, so dass sich die Frauen mit hoher Fahrleistung (>30'000 km/Jahr) fast so gut einschätzen wie die Männer.

In einer Untersuchung von Grimmer et al. [29], in welcher 1'074 Personen<sup>20</sup> bezüglich ACC-Systemen befragt wurden, würden 86% der befragten Personen das Assistenzsystem bei Bedarf gerne abschalten können. 50% der Personen gaben an, dass sie sich beim Fahren mit ACC unsicherer fühlen würden. 60% haben das Gefühl, die Kontrolle über das Fahrzeug abzugeben, sowie 45% sehen einen Verlust der Fahrfreude beim Einsatz eines solchen Systems.

Vor allem gegenüber neuen Systemen, die unbekannt sind, sind Fahrzeuglenker eher kritisch eingestellt. Dies zeigte sich beim Grossversuch mit elektronischer Geschwindigkeitsübermittlung in vier schwedischen Städten [72]/[74]. Vor dem Versuchsdurchlauf waren nur 40% der beteiligten Personen positiv gegenüber Geschwindigkeitswarnsystemen im Fahrzeug eingestellt. Nachdem sie das System getestet hatten, waren es dann 80%. Ebenfalls änderte sich die Einstellung bezüglich Geschwindigkeitsinformationssystemen (70% gegenüber anfänglich 35%) sowie unterstützenden Systemen, welche direkt in die Fahrzeugsteuerung eingreifen (45% gegenüber 20%). Auch hier zeigt sich, dass eine Informationshilfe stärker akzeptiert ist als ein direktes Eingreifen. Die selben Erkenntnisse bezüglich Akzeptanz konnten Falk et al. [21] in den Feldtests mit zwei unterschiedlichen Geschwindigkeitsbegrenzungssystemen aufzeigen. Nach dem Test bevorzugten drei Viertel der Fahrer das System, welches den Fahrer nur per akustischem Signal warnt und nicht jenes, welches aktiv in die Fahrsteuerung eingreift.

Die Akzeptanz ist auch abhängig von den Verkehrsteilnehmern selbst. Merkmale wie Alter, Fahrerfahrung und Persönlichkeitsstruktur (Flexibilität, Stresstoleranz, Risikobereitschaft u.a.) der Fahrer müssen bei der Einführung innovativer Technologien berücksichtigt werden. Die Fahrermerkmale sind jedoch im Zeitverlauf nicht konstant. Tagesform, Fahrtzweck (beruflich oder privat), Orientiertheit, Beeinflussung durch Beifahrer etc. beeinflussen das Fahrverhalten. Entsprechend kommt der Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) eine besondere Bedeutung zu, vor allem bei Systemen, bei denen der Fahrer Informationen/Warnungen zu interpretieren hat und dann darauf reagieren soll. In wissenschaftlichen Forschungsinstituten wird mit Hilfe von Fahrsimulatoren<sup>21</sup> untersucht, welche Prozesse beim Fahren ablaufen. Im frühen Stadium der Systementwicklung können so ergonomische Aspekte bezüglich Handling untersucht werden. Unterschiedliche Varianten von Displays, Rückmeldesystemen etc. können

---

<sup>20</sup> Personen hatten das System vorgängig nicht gekannt

<sup>21</sup> Die Fahrsimulatoren befinden sich auf einem hohen Entwicklungsstand. Vor allem die immersiven Fahrsimulatoren, bei welchem der Testfahrer in einem realen Fahrzeug sitzt, bilden das Fahrempfinden sehr wirklichkeitsgetreu nach.

getestet sowie bestimmte vorhergesagte Verhaltensaspekte überprüft und unerwünschte Nebenwirkungen festgestellt werden.

Die Risikowahrnehmung spielt bei der Akzeptanz der Systeme ebenfalls eine Rolle, in Abhängigkeit davon, inwieweit ein Assistenzsystem in der Lage ist, Ängste vorwiegend bezüglich besonderer Gefahren zu nehmen, die man selbst nicht unter Kontrolle hat. So besteht beispielsweise eine hohe Akzeptanz des Systems, welches beim Fahren auf Glatteis Unterstützung bietet (Angst vor Glatteis ist sehr gross). Hingegen werden Systeme, die Fahrzeugabstand oder –geschwindigkeit beeinflussen, weniger akzeptiert, da diesbezüglich eine höhere Risikobereitschaft auch aufgrund der Erfahrung, dass es meistens gut geht, besteht.

### **8.2.2 Kompensatorische Effekte**

Ein wichtiger Punkt ist, wie Fahrer mit der entlastenden Funktion der Assistenzsysteme umgehen. Können die Sicherheitsgewinne vollumfänglich genutzt werden oder tritt eine Verhaltensanpassung ein, welche die Sicherheitswirkung massgeblich reduziert? Der Begriff Verhaltensanpassung (Behaviour adaptation) ist dabei negativ besetzt und bedeutet, dass Verkehrsteilnehmer auf neue oder veränderte Gegebenheiten, die im gesamten Verkehrsbereich eintreten können, in einer nicht geplanten, negativen Weise reagieren.

Für ACC-Systeme wurde in zahlreichen Forschungsarbeiten die Interaktion zwischen Assistenzsystem und Lenker ausführlich untersucht. Die Forschungsergebnisse lassen grundsätzlich auf Verhaltensanpassung auch bei den übrigen Assistenzsystemen schliessen.

Becker et al. (1994) zeigte auf, dass es in Abhängigkeit der jeweiligen situativen Bedingung zu Veränderungen im Fahrverhalten kommt. Augenbewegungsanalysen zeigten, dass der Fahrer in Situationen mit geringer mentaler Belastung das Unterstützungssystem ausnutzte, um seine Aufmerksamkeit nicht fahrrelevanten Tätigkeiten zuzuwenden (Radio einstellen u.a.). Dies zeigte sich zum einen im verlängerten Betrachten von Ersatzobjekten (z.B. Display des ACC-Systems) und einem damit gleichbedeutenden Rückgang der Aufmerksamkeit in Bezug auf das unmittelbare Verkehrsgeschehen bei eingeschaltetem ACC. Die Befunde deuten darauf hin, dass während der Fahrzeugführung, aufgrund der gesunkenen mentalen Belastung und einer damit einhergehenden veränderten subjektiven Risikoeinschätzung, die Aufmerksamkeit länger von der Verkehrssituation weg auf andere Tätigkeiten gerichtet wird und dadurch unter Umständen ein riskanteres Fahrverhalten provoziert wird. Färber et al. [22] kommen zu ähnlichen Erkenntnissen. In einem gross angelegten Feldversuch zur Evaluation des Informations-Managers werden die Fahrzeugunterstützungssysteme Rückschaukameras und Distanzregelung (ACC im Stop & Go-Verkehr) untersucht. Sie kommen zum Schluss, dass Fahrzeugführer eine Art konstantes Beanspruchungsniveau herstellen. Sie nutzen die Entlastung, die durch Informationsmanagement oder Unterstützungssysteme geboten werden, für eine Veränderung

ihres Verhaltens. Das zeigt sich unter anderem darin, dass die Blickdauer auf die Displays mit zunehmender Assistenzfunktion zunimmt.

Chaloupka et al. [5], welche mittels Verhaltensbeobachtungen in mit ACC-Systemen ausgerüsteten Testfahrzeugen vorgängig definierte Hypothesen der Verhaltensveränderungen überprüft haben, kommen zu folgenden weiteren Erkenntnissen:

- Wenn die Ausrüstung den Handlungsspielraum des Lenkers einschränkt, dann ist mit negativen Gefühlsregungen des Lenkers zu rechnen. So wird teilweise das ACC bewusst ausgeschaltet, um dichter auffahren zu können. Knappes Auffahren ist offensichtlich für einige Lenker eine Art „Kommunikation“. Sie soll eine Beschleunigung oder eine Fahrstreifenfreigabe des Vordermannes bewirken.
- Bei Fahren mit dem ACC-System wurden vor allem gegenüber ungeschützten Verkehrsteilnehmern (Fussgänger/Fahrradfahrer) häufiger Sicherheitsfehler gemacht. Es wurde auch oft zu spät geblinkt.
- Ohne ACC-System verzögerten die Fahrer frühzeitiger vor Kreuzungen.
- Ein Verhaltenstransfer von der Autobahn in den Stadtverkehr, wo die Ausrüstung gar nicht funktioniert, konnte beobachtet werden. Dass man sich auf die Ausrüstung konzentriert und etwas weniger auf die Umwelt, konnte ebenfalls im Stadtverkehr beobachtet werden.
- Risikokompensation (Risiko-Homöostase<sup>22</sup>) kann angenommen werden. So konnte bei Personen, die in den vorgängigen Interviews angaben, dass sie dem System vertrauten, ein Verhalten beobachtet werden, aus dem sich schliessen lässt, dass sie durch die offensichtlich wahrgenommenen Vorteile mehr Sicherheit empfanden. Sie fuhren im Vergleich zu anderen Fahrzeuglenkern häufiger über dem Limit, behinderten andere Lenker häufiger und wechselten seltener die Spur.
- Unterschiedliche Akzeptanz der unterschiedlichen Einflussstufen der Ausrüstung konnte bestätigt werden. Das System, welches aktiv in das Fahrgeschehen eingreift wurde positiver bewertet als jenes, welches nur eine Warnung/Info gibt. Dies ist damit zu erklären, dass manche Lenker sich offenbar auf den Komfort, den das System bietet, einlassen können.
- Positive Veränderungen konnten bezüglich homogeneren Geschwindigkeiten und korrekterer Sicherheitsabstände zum Vordermann beobachtet werden.

---

<sup>22</sup> Die Wirkung von neu eingeführten Sicherheitsmassnahmen kann dadurch kompensiert, oder sogar *überkompensiert* werden, wenn im Wissen um diese zusätzliche objektive Sicherheit das Fahrverhalten risikoreicher wird. Dadurch wird letztlich das absolute Niveau der Sicherheit konstant gehalten, bzw., bei Überkompensation, sogar erniedrigt.

In weiteren Studien (Van Arem et al. [60] u.a.) konnte beobachtet werden, dass die Fahrer des mit einem ACC-System ausgerüsteten Fahrzeugs vermehrt auf der Überholspur verbleiben, um nicht immer von einem vorausfahrenden Fahrzeug abgebremst zu werden. Van Arem et al. zeigen ebenfalls auf, dass sich der Einsatz von ACC-Systemen positiv auf die Verkehrssicherheit auswirkt. Als Sicherheitskriterium werden die Time-To-Collision-Werte bewertet. Die Time to Collision beschreibt den Zeitraum, der bei einer unveränderten Einhaltung der Geschwindigkeitsdifferenz zweier aufeinanderfolgender Fahrzeuge vergeht, bis es zu einem Unfall kommen würde. Mit zunehmendem Ausrüstungsgrad der Fahrzeuge tritt ein Rückgang des Anteils geringer TTC-Werte ein und eine gleichmässige Geschwindigkeitsverteilung ist zu beobachten. Beides führt schlussendlich zu einer Verminderung des Unfallrisikos.

Im Projekt EMPHASES [12] wurden die Systeme ACC und Querführung (Heading Control, HC), je ein System zur Längs- und zur Querführung, ausführlich mit Fahrsimulatoren untersucht. Unter dem Aspekt der Belastung und Beanspruchung ergab sich generell, dass informierende Systeme (visuelles ACC, akustisches HC) den Fahrer deutlich mehr beanspruchen als eingreifende Systeme. Beim visuellen ACC konnte aufgezeigt werden, dass eine hohe Informationsdichte sich gerade in kritischeren Situationen des Annäherns negativ auf die Fahrpräzision und damit auch auf die Fahrsicherheit auswirken kann.

Das ACC als handlungsersetzendes System führt dazu, dass der Fahrer dem System die Längsregulation weitgehend überlässt. Im Langzeitversuch zeigte sich, dass die Fahrer teilweise ihren Fahrstil so verändern, dass die Systemfunktionen nicht abschalten (Verhaltensadaptation). Die deutliche Entlastung des Fahrers in der Längsregulation führt aber nicht zu einer Verbesserung der Querregulation. Die durch ein Assistenzsystem freiwerdenden Ressourcen werden nicht an anderer fahrrelevanter Stelle eingesetzt. Die Entlastung in der Längsregulation führt zu einem Rückzug des Fahrers aus der gesamten Stabilisierungsaufgabe und schlägt sich damit auch in einer schlechteren Spurhaltung nieder. Dieser Effekt tritt bei der HC mit seiner haptischen<sup>23</sup> Rückmeldung von Spurabweichungen nicht ein. Da das HC mit seinen kurzen Aufschaltungen von Momenten kein Querführungssystem ist, wird der Fahrer durch die von ihm zu dämpfende Systemaktion im Regelkreis gehalten. Positiv zu werten ist die Kombination von ACC und HC. Das HC ist in der Lage, auch bei automatischer Längsregulation den Fahrer im Regelkreis zu halten.

Weiter konnte bei dieser Studie aufgezeigt werden, welche Auswirkungen der zunehmende Grad der Automation auf Aufmerksamkeit und Handlungsbereitschaft haben. Mussten die Fahrer bei hohem Automatisierungsgrad (90%) handeln, so vergrösserte sich die Reaktionszeit gegenüber manueller Bedienung um 25%. Der Wechsel vom Monitoring zum Controlling (task switching) ist mit erheblichem kognitiven Aufwand verbunden.

---

<sup>23</sup> den Tastsinn betreffend



Neben dem Einfluss auf die Reaktionszeit kann die zunehmende Automatisierung auch zu einem Verlust an Fahrgeschicklichkeit führen. In kritischen Momenten reagiert der Fahrer nicht richtig, da er mit der Fahreraufgabe nicht mehr vertraut ist.

Eine solche sekundäre Beeinträchtigung im Zusammenhang mit FFU-Systemen zeigt auch Brown [11] auf. Bezüglich der Verhaltensadaption weist er auf entsprechende negative Kopplungen bei Müdigkeitswarnsystemen hin:

- Überhöhtes Vertrauen in die Systemfunktionen kann dazu führen, dass Fahrer die selbständige Überwachung ihres Eigenzustandes vernachlässigen und das System „als Wecker“ verwenden.
- Aufgrund einer zu hohen Rate sogenannter „falscher Alarme“, die letztlich auf die noch nicht zu 100% zuverlässige Erkennung des tatsächlichen Fahrerzustandes zurückführbar ist, könnten sich die Nutzer angewöhnen, die Warnungen des Systems zu ignorieren.

### 8.2.3 Mensch-Maschinen-Schnittstelle (MMS)

Wird das ganze System „Fahrer-Fahrzeug-Umwelt“ betrachtet, so wird deutlich, dass bei der Fahrzeugführung im Strassenverkehr die Rückwirkung innerhalb dieses Systems eine wichtige Rolle spielt. Die Fahrer haben neben der Beeinflussung durch informierende und warnende Systeme Fahreraufgaben zu erfüllen. Bei der Auswahl der für den Fahrer notwendigen Informationen ist eine mögliche Überlastung zu berücksichtigen. Es kommt zu einem Interessenskonflikt zwischen einer möglichen Informationsüberlastung und dem Informationsbedürfnis des Fahrers. Um diesen vor einer Informationsüberlastung zu schützen, bedarf es einer Filterung (Priorisierung der Information), die die Informationsausgabe nur unter bestimmten Randbedingungen zulässt. Es bedarf eines Informationsmanagers. Gemäss Färber et al. [22] hat dieser auf einer Katalogisierung der Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssysteme zu basieren. Aufgrund von Parametern wie Wichtigkeit der Information, Ablenkung des Fahrers durch die Information bzw. gegenwärtige Fahrsituation werden die Informationen entweder nur im Ruhezustand des Fahrzeugs dargestellt, sofort an den Fahrer weitergeleitet oder dem Fahrer erst in einer ruhigen Verkehrssituation übermittelt.

Die Umsetzung dieses Konzepts von Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemen ist an zwei Bedingungen geknüpft: Zum einen muss nachgewiesen werden, ob eine situationsangepasste Informationsdarstellung die Verkehrssicherheit positiv beeinflusst und von den Fahrern akzeptiert wird, zum andern müssen Module erarbeitet werden, die eine Abschätzung der Fahrerbeanspruchung und der Verkehrssituation ermöglichen.

### 8.2.4 Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit

Bemühungen, die Effekte von Fahrerassistenzsystemen auf verkehrliche Auswirkungen abzuschätzen, zeigen ein breites Spektrum an denkbaren Veränderungen. Überwiegend stehen die Ergebnisse von Untersuchungen unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit. Zudem sind sich die Experten einig, dass Kapazitätsreserven der Strassen durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen freigesetzt werden können. Mittels Simulationen können Szenarien erzeugt werden, in denen Fahrzeuge mit Fahrerassistenzsystemen neben herkömmlichen Fahrzeugen existieren, um so Effekte auf die Leistungsfähigkeit untersuchen zu können. So zum Beispiel das in den Niederlanden entwickelte Modell MIXIC (Microscopic Model for Simulation of Intelligent Cruise Control), welches Streckenabschnitte von Autobahnen abbildet und mit einem speziellen ACC-Modell die Wechselwirkungen zwischen Fahrzeugen, Fahrer und automatisierten Systemen simuliert. Sowohl Van Arem et al. [60] mit dem MIXIC Modell, als auch Wallentowitz et al. [64] mit dem ebenfalls submikroskopischen Modell PELOPS, welche Verkehrsabläufe auf Autobahnen bewerteten, kommen zum Schluss, dass eine leichte Steigerung der Leistungsfähigkeit zu erreichen ist. Dies jedoch nur, wenn die Zielabstände (Zeitlücken) der ACC-Systeme innerhalb der von menschlichen Fahrern gewählten (0.8s bis 1.2s) liegen. Werden grössere Zielabstände gewählt, hat das eine Reduktion der Leistungsfähigkeit zur Folge. Die durch Zielabstände von 1.5s entstehenden grossen Weglücken veranlassen ebenfalls unausgerüstete Verkehrsteilnehmer, Spurwechsel durchzuführen und sich vor ACC-Fahrzeugen einzugliedern. Hierauf reagiert das Assistenzsystem zur Wiederherstellung des vorgegebenen Zielabstandes mit einem Abbremsen. Im dichten Verkehr führt das zu deutlichen Inhomogenitäten des Verkehrsflusses.

ACC-Systeme mit Stop-&-Go-Funktion wirken sich vor allem im dichten Stadtverkehr positiv auf die Leistungsfähigkeit aus. Die Anfahrfunktion des Reglers wirkt sich durch die häufigen Anfahrvorgänge positiv im Vergleich zum Fahrer aus, der reaktionszeitbehaftet ist. Stausituationen lösen sich dadurch schneller auf. Bei 100% Ausrüstung der Fahrzeuge mit solchen Systemen kann die Verkehrsstärke im städtischen Verkehr um bis ca. 25% gesteigert werden.

Da sich ein grosser Teil der schweizerischen Stauprobleme auf Stadtstrassen befinden, kann erwartet werden, dass mit dem Einsatz von ACC-Systemen neben der Erhöhung der Sicherheit auch eine verbesserte Durchfluss möglich ist. Anhand der Erkenntnisse der Forschung bei ACC-Systemen zeigt sich jedoch, dass die entstehenden Verbesserungen bezüglich Leistungsfähigkeit ebenfalls stark von der Ausbildung des Systems selber abhängen. Vermögen Systeme vor allem Komfortansprüche decken, kann das ein Verlust an Leistungsfähigkeit bedeuten.

Aufgrund der allgemeinen Verkehrszunahme in den letzten Jahren sowie der weiter steigenden Verkehrsnachfrage treten zunehmend Überlastungen des Strassennetzes auf. Es werden grosse Anstrengungen gemacht, die Verkehrsprobleme durch bauliche und betriebliche Massnahmen zu entschärfen. Diese stossen jedoch oft an räumliche oder finanzielle Grenzen.

Fahrzeugführerunterstützende Systeme können auch einen Beitrag zum Lösen von Verkehrsproblemen leisten. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit kann dieser wichtige Aspekt nur am Rande beleuchtet werden. Es ist in diesem Zusammenhang bedeutsam, dass einige Systeme ein beträchtliches Potenzial zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit aufweisen. Weitere Untersuchungen bezüglich dieser Forschungslücke, vor allem auch in Hinblick auf die Anwendbarkeit bezüglich schweizerischer Verhältnisse, sollten durchgeführt werden.

### 8.2.5 Weitere Effekte

#### **Auswirkung der mit FFU-Systemen ausgerüsteten Fahrzeuge auf nicht ausgerüstete Fahrzeuge.**

Ein weiterer potenzieller Konfliktbereich besteht beim Aufeinandertreffen von ausgerüsteten und nicht ausgerüsteten Fahrzeugen. Das Verhalten von Lenkern ausgerüsteter Fahrzeuge für nachfolgende Lenker nicht ausgerüsteter Fahrzeuge ist unter Umständen schwer nachvollziehbar und kann neue Gefahrenquellen ergeben. Der plötzliche Einsatz der Systeme Automatic Cruise Control (ACC), Collision Warning (CW) oder Collision Avoidance (CA) kann durch Umwelteinwirkungen (z.B. Vogel dicht vor dem Sensor) oder durch Beschädigungen hervorgerufen werden. Zur Bewertung der Risikopotenziale, die aufgrund unerwarteter Bremsaktionen durch Assistenzsysteme für die nachfolgenden Verkehrsteilnehmer entstehen können, entwickelte Wallentowitz et al. [64] ein Szenario, bei dem Fahrzeugführer auf unterschiedliche systembedingte Verzögerungswerte reagieren müssen. Auf die durch die Assistenzsysteme ACC und CW ausgelösten Bremsaktionen können die nachfolgenden Fahrer reagieren und vor dem Hindernis anhalten. Die Notfallbremsung des Kollisionsvermeidungssystems (CA, inkl. Einsatz des Bremsassistenten) stellt den kritischen Fall dar, da der direkt folgende Fahrer trotz eigener Notfallbremsung einen Unfall nicht verhindern konnte.

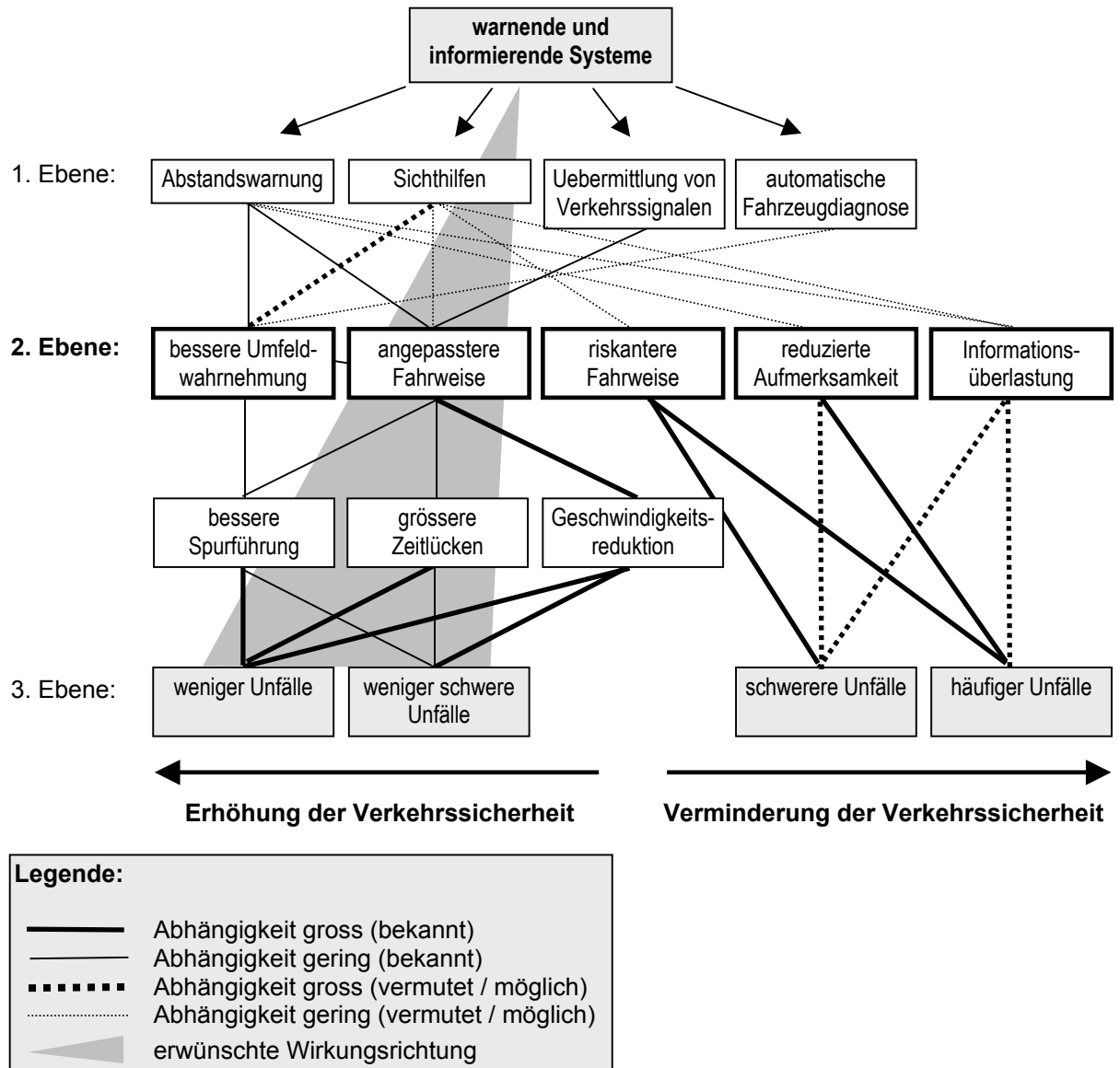
### 8.2.6 Wirkungsketten

Für eine bessere Beurteilung der Zusammenhänge ist eine Differenzierung nach Wirkungsketten zweckmässig. Diese Wirkungsketten zeigen die mutmasslichen oder auch nur möglichen Wirkungen auf den verschiedenen Ebenen zwischen den fahrzeugführerunterstützenden Systemen und der Auswirkung auf die Verkehrssicherheit.

Die Gliederung der Wirkungsketten erfolgt nach folgendem Schema:

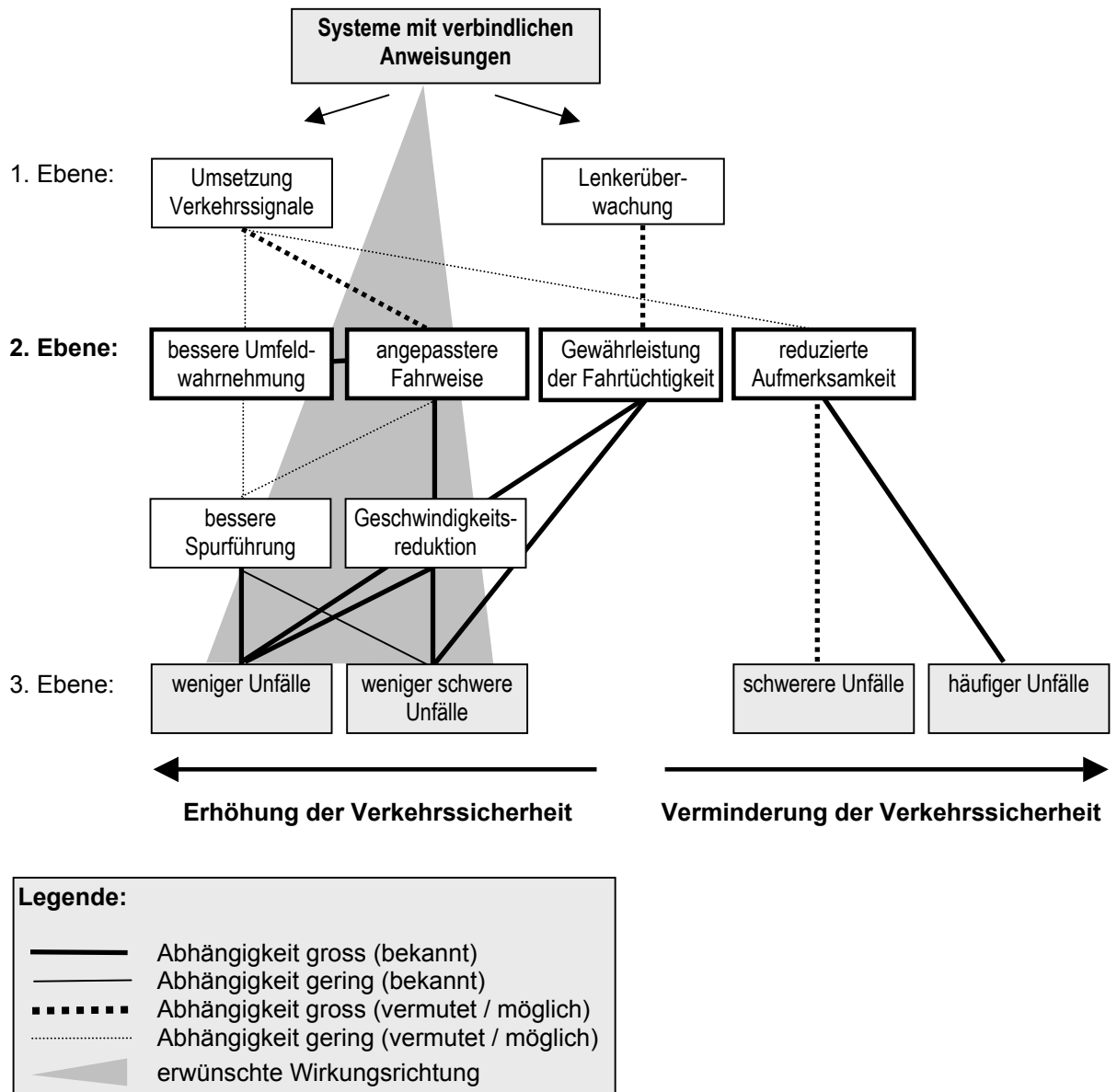
1. Ebene: FFU- Systeme
2. Ebene: Reaktion auf Mensch / Fahrzeug
3. Ebene: Wirkung auf Unfallgeschehen / Verkehrssicherheit

Abb. 8.4 Wirkungskette „warnende und informierende FFU-Systeme“



Die Auswirkungen der warnenden und informierenden FFU-Systeme (1. Ebene) binden den Fahrzeugführer in die Reaktion ein. Da die Anweisungen unverbindlich sind, unterstützen sie den Fahrzeugführer, greifen jedoch nicht direkt in die Steuerung ein. Die Abhängigkeit zu den Reaktionen ist deshalb oftmals nicht gross. Allenfalls erzeugte Reaktionen (2. Ebene) können jedoch direkt mit einer Veränderung des Unfallgeschehens in Verbindung gesetzt werden (3. Ebene).

Abb. 8.5 Wirkungskette „FFU-Systeme mit verbindlichen Anweisungen“



Die Systematik mit verbindlichen Anweisungen erzeugt eine direkte Beziehung zwischen den Ebenen 1 und 2. Neben den positiven Effekten auf die Verkehrssicherheit können auch allfällige negative Effekte wie reduzierte Aufmerksamkeit (vgl. sekundäre Effekte) in Beziehung gesetzt werden.



## 9. Expertenbefragung

### 9.1 Vorgehen

Bei vielen FFU-Systemen, insbesondere denen mit komplexen Regelungskreisläufen, ist die Entwicklung noch im Gang resp. die Marktreife noch nicht erreicht. Entsprechend fehlen hierzu noch weitgehend verlässliches Datenmaterial und Erkenntnisse zu Sicherheitswirkungen, Akzeptanz und gegenläufigen Wirkungen. Insbesondere bei letzteren bestehen noch grosse Unsicherheiten. Über eine Befragung von rund 30 Experten wird deshalb das Bild abgerundet, um so die Erkenntnisse zu vertiefen. Als Experten werden Personen oder Institutionen angesehen, die sich mit der Forschung oder Entwicklung sowie den Wirkungen von FFU-Systemen im In- und Ausland vertieft auseinandersetzen. Der Fragebogen wurde inkl. Begleitschreiben des ASTRA elektronisch verschickt. Für Experten in nicht deutschsprachigen Ländern wurde der Fragebogen ins englische übersetzt.

### 9.2 Fragebogen

Der Fragebogen umfasst allgemeine Fragestellungen, Fragen zu Sicherheitswirkungen und solche zu sekundären Effekten. Insbesondere interessieren die Einschätzung

- des Sicherheitspotenzials / der Sicherheitswirkung
- der Akzeptanz und der Verbreitungsgeschwindigkeit von FFU-Systemen
- allfälliger Abhängigkeiten zwischen den Systemen
- allfällig gegenläufiger Wirkungen

Um eine hohe Antwortquote innerhalb der gesetzten Frist zu erreichen, sind einzelne Fragen relativ pauschal gehalten. Dadurch ist der Fragebogen vergleichsweise kurz und die Zahl der Fragen angesichts der Komplexität des Themas eher niedrig.

Die Antwortmöglichkeiten sind mit Blick auf die Auswertung relativ allgemein formuliert, können aber durch differenzierte Kommentare ergänzt werden.

Der vollständige Fragebogen befindet sich im Anhang.

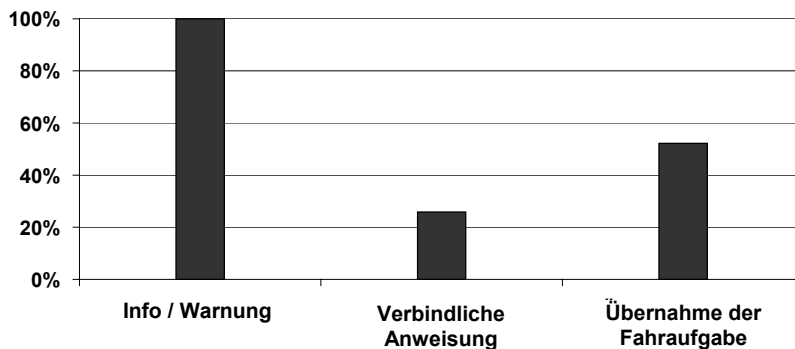
## 9.3 Ergebnisse

### 9.3.1 Allgemein

Insgesamt wurden 32 Experten um eine Einschätzung gebeten. Für die Auswertung konnten schliesslich 23 ausgefüllte Fragebogen berücksichtigt werden (Rücklaufquote ca. 70%). Nachfolgend werden die Ergebnisse der Befragung dargestellt.

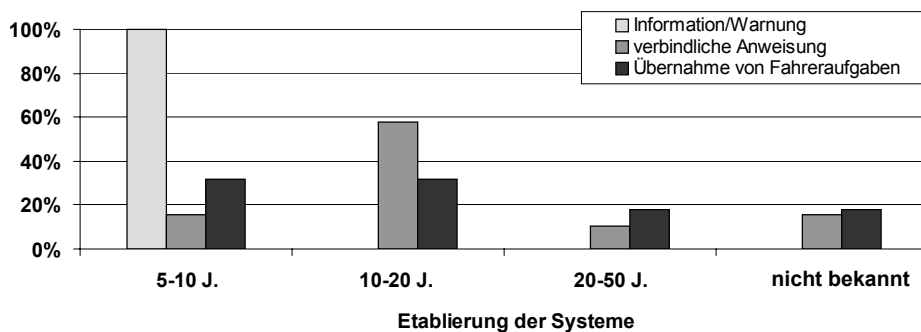
### 9.3.2 Auswertung der allgemeinen Fragen (Teil A)

**Abb. 9.1 Systeme, welche sich am stärksten durchsetzen können (1.2)**  
(Mehrfachantworten möglich)



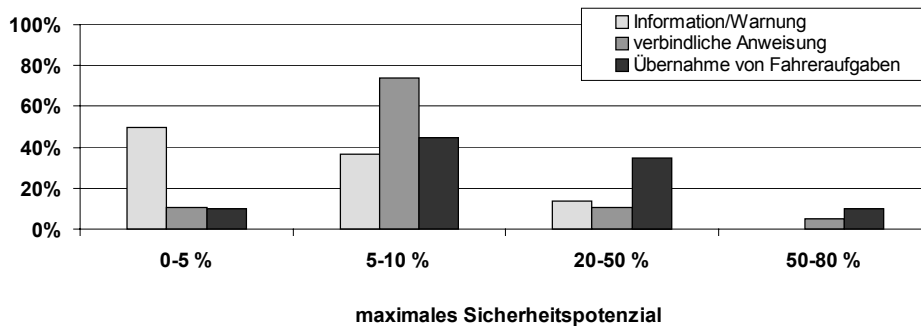
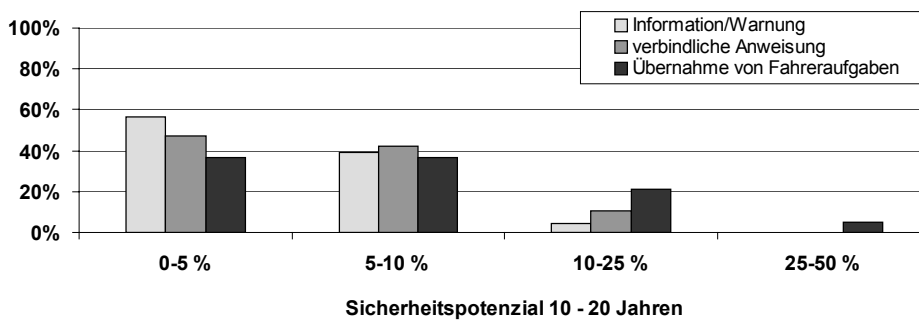
Es wird erwartet, dass sich vor allem Systeme durchsetzen, welche den Fahrzeugführer mit Information und Warnung bei der Fahraufgabe unterstützen. Diese Systeme können auch schneller die Marktreife erlangen, da weniger komplexe Steuerungen nötig sind.

**Abb. 9.2 Ab wann werden die Systeme auf dem Fahrzeugmarkt etabliert sein (1.3)**



Nur von Informations-/Warnungssystemen wird erwartet, dass sie bereits in naher Zukunft auf dem Markt sind und verbreitet eingesetzt werden. Stärker in die Fahrzeugsteuerung eingreifende Systeme werden demgegenüber erst mittel- bis längerfristig Verbreitung finden.



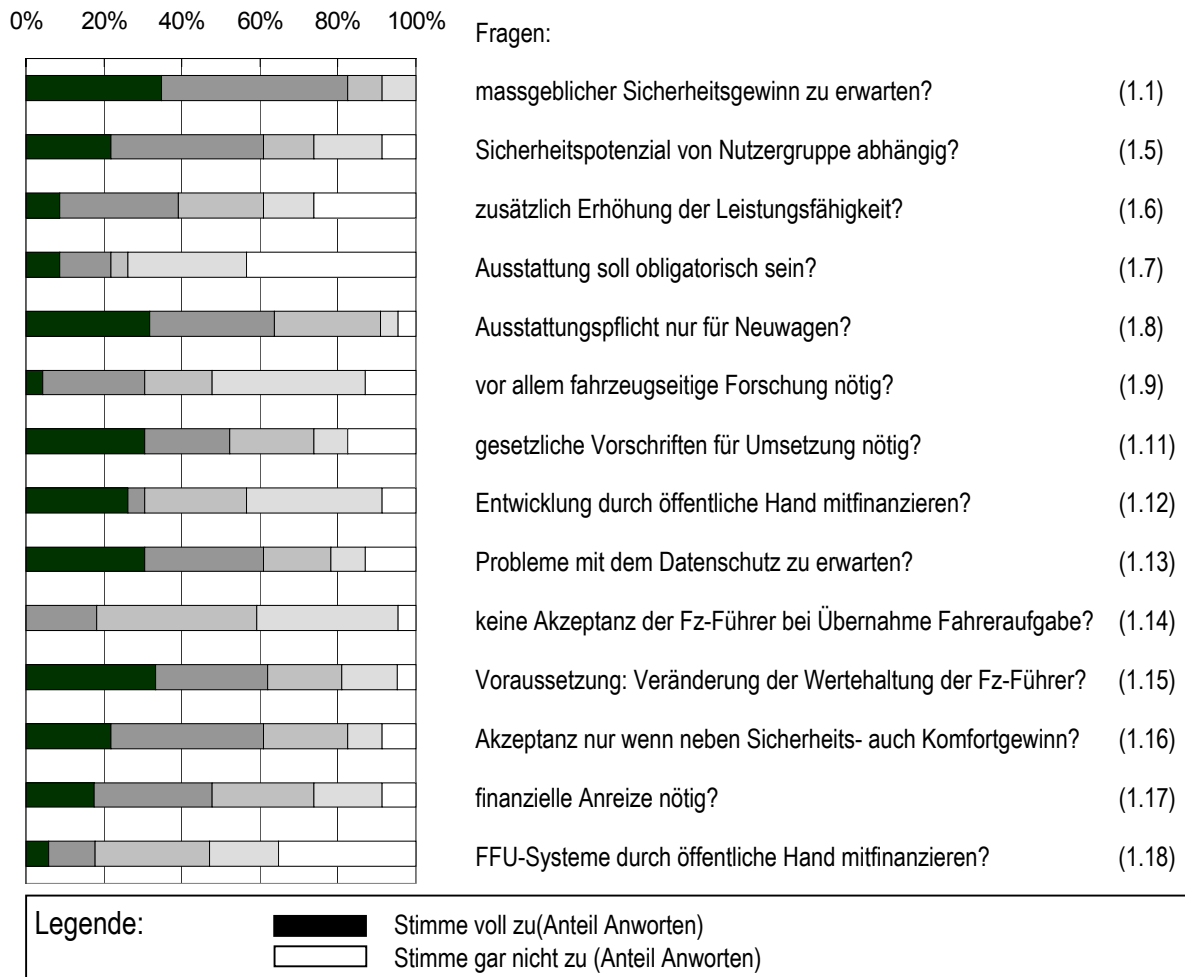
**Abb. 9.3 Erwartetes Sicherheitspotenzial bei flächendeckender Verbreitung (1.4a)****Abb. 9.4 Erwartetes Sicherheitspotenzial gemäss realistischen Erwartungen (1.4b)**

Bei flächendeckender Verbreitung wird FFU-Systemen mit informierender resp. warnender Funktion grundsätzlich ein Sicherheitspotenzial von im Mittel lediglich 5-10 % zugesprochen. Ein höherer Sicherheitsgewinn wird demgegenüber von Systemen mit verbindlichen Anweisungen (10-15%) und von der Übernahme von Fahreraufgaben (15-20%) erwartet.

Ein ähnliches Bild, wenn auch teilweise abgeschwächt, zeigt sich bei den Antworten bezüglich realistischer Umsetzungserwartungen. Die Sicherheitserwartungen werden vor allem bei den Systemen mit verbindlichen Anweisungen und Übernahme der Fahreraufgaben nach unten korrigiert.

Ein Teil der Fragen konnte durch Zustimmung (5 Klassen) beantwortet werden. Die folgende Abbildung zeigt die Prozentverteilung (je dunkler die Balken, desto grösser die Zustimmung).

**Abb. 9.5 Fragen nach Zustimmungsanteil (1.1 - 1.18)**

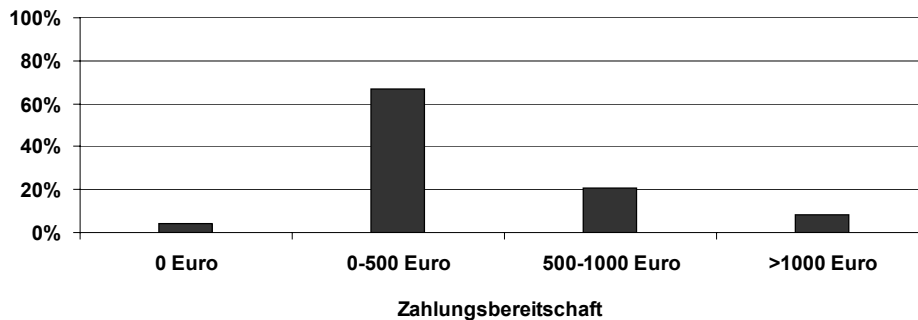


Die grösste Zustimmung zeigt sich bezüglich des zu erwartenden Sicherheitsgewinns (Frage 1.1, mehr als 80% der Befragten stimmen voll oder teilweise zu) sowie bezüglich der Aussage, dass für eine erfolgreiche Umsetzung eine Veränderung der Werthaltung der Fahrzeugführer eine Voraussetzung ist (Frage 1.15). Ebenfalls werden mehrheitlich gesetzliche Vorschriften als nötig erachtet (1.11), Probleme bezüglich Datenschutz erwartet (1.13) und die Wirksamkeit der Systeme in Abhängigkeit von der Nutzergruppe gesehen (1.5). Weiter wird erwartet, dass die Akzeptanz seitens der Fahrzeugführer nur zu erreichen ist, wenn neben dem Sicherheits- auch ein Komfortgewinn (1.16) zu erwarten ist.

Während der Ausstattungspflicht für Neuwagen zugestimmt wird (1.8), soll von einer obligatorischen Ausstattungspflicht für alle Fahrzeuge abgesehen werden (1.7). Darüberhinaus wird erwartet, dass die Fahrzeugführer eine Übernahme der Fahraufgabe eher akzeptieren als ablehnen (1.14).

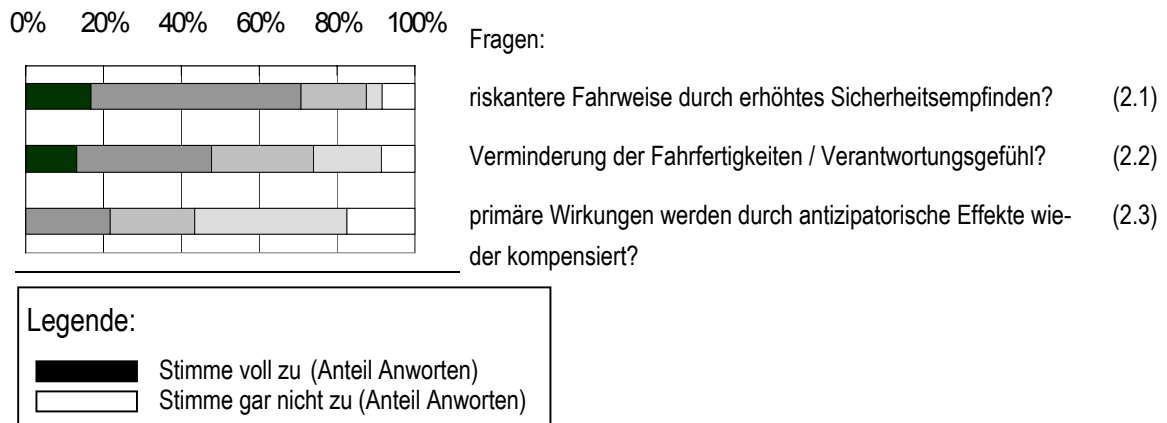
Der erste Fragebogenteil wird abgerundet durch eine Frage zur erwarteten Zahlungsbereitschaft. Ein grosser Teil der Experten erwartet, dass die Fahrzeugeigner bereit sind, in der Regel bis 500 Euro<sup>24</sup> an Zusatzkosten für FFU-Systeme zu bezahlen (vgl. Abb. 8.12). Selbstverständlich ist die Höhe der Zahlungsbereitschaft abhängig von der Systemausgestaltung.

**Abb. 9.6** Bereitschaft für Übernahme von Zusatzkosten für FFU-Systeme (1.19)



### 9.3.3 Auswertung der Fragen bezüglich sekundärer Effekte (Teil B)

**Abb. 9.7** Fragen nach Zustimmungsanteil (2.1 - 2.3)



Die befragten Experten erwarten mehrheitlich, dass unterstützende Systeme auch eine riskantere Fahrweise bewirken (2.1). Die Hälfte der Experten rechnet darüberhinaus mit einer Verminderung der Fahrfertigkeit respektive des Verantwortungsgefühls als Folge der Benützung solcher Assistenzsysteme (2.2). Nur ein kleiner Teil der Experten vertritt hingegen die Meinung, dass die sekundären Wirkungen den Sicherheitsgewinn kompensieren werden (2.3).

<sup>24</sup> entspricht gegenwärtig einem Betrag von knapp 800 Fr.

### 9.3.4 Ergänzende Bemerkungen und Fazit

Die fahrzeugführerunterstützenden Systeme können wie in Kapitel 5 beschrieben ganz unterschiedlich ausgestattet sein. Die Systeme greifen vielfältig in den Fahrzeugsteuerungsmechanismus ein und stehen auch in ganz unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Im Fragebogen konnte nicht auf einzelne Systemteilbereiche eingegangen werden. Trotz der relativ allgemeinen Fragestellung können aber Rückschlüsse gezogen werden. Dabei zielen einzelne Fragen auch auf Erfahrungen, welche die Experten in ihrer Tätigkeit gesammelt haben. Im Teil C) der Befragung konnten weitere Bemerkungen zu den vorher gestellten Fragen ergänzt werden. Damit war gewährleistet, dass einzelne Antworten vertieft begründet und umfassender dargestellt werden können.

Grundsätzlich sollen bei der Einführung von FFU-Systemen zwingend Zusatzschulungen erfolgen. Dies ist bei der Fahrerausbildung zu berücksichtigen. Im Zusammenhang mit weiteren Massnahmen wurde auch auf Tempo-Enforcement hingewiesen, das zum Ziel hat, unangepasste Geschwindigkeiten zu verunmöglichen. Ein finanzieller Anreiz für den Einsatz solcher Systeme könne beispielsweise von den Versicherungen ausgehen (reduzierte Versicherungsprämien o.ä.), dies unter der Bedingung, dass sich nachweislich ein Rückgang der Unfallschäden durch das System abzeichnet. Auch sollte eine obligatorische Einführung nur dann erfolgen, wenn ein erheblicher Sicherheitsgewinn nachgewiesen werden kann.

Bezüglich gesetzlicher Vorschriften wird darauf hingewiesen, dass normative Grundlagen bestehen müssen, bevor aktive Fahrzeugbeeinflussungssysteme eingeführt werden können. Richtlinien bezüglich Sicherheit sind zu definieren (z.B. Standard-Testverfahren, Risk-Benefit Analysen, Gestaltung der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstellen, vgl. auch VESIPO [63]). Bezüglich der Finanzierung soll die öffentliche Hand infrastrukturseitig einen Beitrag zur Einführung der Systeme leisten (Zulassung, Forschung und Bewertung der Wirkung). Dies kann jedoch nicht als Subvention im eigentlichen Sinne bezeichnet werden. Auch muss die öffentliche Hand die Rahmenbedingungen regeln, dies in direktem Kontakt mit europäischen Gremien (Europäische Wirtschaftskommission ECE u.a.), da eine Interoperabilität gefordert ist.

Bei der Marktpositionierung der Systeme spielt die Benutzerfreundlichkeit eine zentrale Rolle. Diese muss auch für Gelegenheitsfahrer und ältere Lenker gelten. Da Sicherheit häufig nicht das wichtigste Motiv für den Fahrer ist und Mobilität im Vordergrund steht, müssen FFU-Systeme, welche auf der Manöver- und Navigationsebene eingreifen, neben der Sicherheit noch weitere Zusatznutzen erfüllen. Sie sollten beispielsweise auch einen erhöhten Fahrkomfort bieten. Bezüglich Risikokompensation und Handlungsdelegation werden vor allem in der Einführungsphase neuer Systeme Probleme erwartet.

## 10. Ausgewählte rechtliche Aspekte

In dieser Untersuchung stehen Sicherheitsaspekte im Vordergrund. Es wird keine umfassende Analyse der rechtlichen Aspekte vorgenommen, obwohl dieser Bereich für die Marktfähigkeit der Fahrerassistenzsysteme von grosser Bedeutung ist. Auf ausgewählte rechtliche Aspekte soll in der Folge jedoch kurz eingegangen werden:

### Verkehrsrecht

Ignoriert der Fahrer optische oder vor allem akustische Warnsignale, wird in der Regel ein vorsätzlicher Verstoss vorliegen, der stärker geahndet werden kann als eine fahrlässige Überschreitung. Vorsätzlichkeit könnte auch dann vorliegen, wenn der Fahrer das Assistenzsystem während der Fahrt abschaltet (Wallentowitz, H. et al. [64]).

### Haftungsrecht

Im Bereich des Haftungsrechts wird zwischen Fahrerhaftung, Halterhaftung und Produkthaftung unterschieden. Der Fahrer ist bei Warn- bzw. Interventionssystemen mit Übersteuerungsmöglichkeit verantwortlich. Er haftet jedoch nicht bei Systemen, die ihm keine Möglichkeit des Überstimmens bieten. Bei einem entsprechenden Konfliktfall mit automatischer Systemreaktion kann er einen allfälligen Unfall weder durch die gebotene Sorgfalt noch durch eigene Aktion verhindern.

### Versicherungsrecht

Für jedes in Verkehr gesetzte Fahrzeug ist eine Haftpflichtversicherung vorgeschrieben. Diese deckt in der Regel Ansprüche, die durch ein Fehlverhalten des Lenkers nicht aber durch eine Fehlreaktion eines FFU-Systems verursacht werden. Was geschieht, wenn ein Fahrzeug mit Fahrerassistenzsystem in einen Unfall verwickelt ist oder ihn verursacht hat? Neben zivil- und strafrechtlichen Konsequenzen ergeben sich auch versicherungstechnische Komplikationen sowie Auswirkungen auf die Versicherungsleistungen. Versicherungsgesellschaften könnten auch jede Deckung für Schäden durch Fahrerassistenzsysteme ausschliessen. Gemäss Wallentowitz et al. [64], welche die rechtlichen Aspekte von FFU-Systemen bei Anwendung in Deutschland abklärten, erbrachte eine Anfrage bei den zehn grössten Versicherern in Deutschland keine Hinweise, ob es zu einer Sonderregelung für Fahrzeuge mit Assistenzsystemen kommen wird.

### Datenschutz (Bundesgesetz über den Datenschutz, 19. Juni 1992)

Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken bei Assistenzsystemen und die damit verbundene Intensivierung der Datenverarbeitung lassen Risiken von Persönlichkeitsverletzungen stark anwachsen. Verknüpft mit den Personendaten kann, bei einer vollkommene Übernahme der Fahreraufgabe etwa, genau aufgezeichnet werden, wo sich eine Person mit dem Fahrzeug aufhält und welche Fahrten unternommen werden (digitaler Fahrtenschrei-

ber, 5.2.1). Bei all diesen Systemen muss gewährleistet sein, dass sensible Daten nicht an unberechtigte Dritte weitergegeben werden.

### Heutige Umsetzbarkeit

Nachfolgend eine Übersicht der Systeme, welche gemäss heute bestehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen eingesetzt werden können. Systeme mit Automatismus greifen direkt in die Fahrzeugsteuerung ein.

**Tab. 10.1 Einsatz der Systeme gemäss gesetzlichen Rahmenbedingungen CH**

	Einsatz CH möglich	
	OHNE Automatismus	MIT Automatismus
Abstandswarnung (Informations-ACC)	ja	-
automatische Abstandshaltung (Adaptive Cruise Control)	-	nein (ja <sup>25</sup> )
Einparkhilfen (Parking Assistent)	ja	nein
Sichthilfen (Enhanced Vision)	ja	-
Totwinkelüberwachung (Blind Spot Monitoring)	ja	nein
Objektwarnsystem	ja	-
Informationsübermittlung (Stauwarnung, Geschwindigkeit u.a.)	ja	nein
Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen (Intelligent Speed Adaptation u.a.)	-	nein
automatische Fahrzeugdiagnose. (Onboard-Diagnostic-system)	ja	nein
Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)	ja	nein
Anti-Blockier-System (ABS)	-	ja
Bremsassistenten	-	ja
elektronisches Stabilitätsprogramm ESP (Komb. ABS + ASR)	-	ja
automatische Spurhaltung (Heading Control)	-	nein
Spurwechselassistenten	ja	nein
Kollisionswarnsysteme (Collision warning System), ohne direkten Steuerungseingriff	ja	-
Notmanöver (Collision avoidance)	-	nein
umfassende Fahrzeuglenkung (Automated Highway u.a.)	-	nein

Grundsätzlich sind heute all jene Systeme auf dem Markt (noch) nicht einsatzfähig, welche dem Fahrer die Verantwortung über die Fahrzeugführung abnehmen (Problem des Haftungsrechts u.a.) - somit alle Systeme, welche aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen.

<sup>25</sup> Teilreaktionen möglich, vgl. System bei LW von Volvo, Kapitel 5.3.2

# 11. Verkehrspsychologische Beurteilung

(Verfasser: PD Dr. Phil. Urs Gerhard, Verkehrspsychologe, Universität Basel)

## 11.1 Einleitende Bemerkungen

Es ist nicht selbstverständlich, dass bei der Evaluation technischer Systeme psychologisches Expertenwissen eingeholt wird. Häufig geschieht dies nämlich erst im Nachhinein, wenn sich trotz technischer Raffinesse und vermeintlicher Sicherheit der Technik gravierende Anwendungsfehler bis hin zu Katastrophen ergeben. So geschehen mit Atomkraftwerken (Havarie im Reaktor Three Mile Island und Explosion des Reaktors von Tschernobyl), in der Raumfahrt (Explosion der Discovery). Grundsätzlich ist zu bedenken, dass für die Interaktion von Mensch-Maschine-Systemen *Murphy's Law* zur Anwendung kommt, welches besagt, *dass prinzipiell alles einmal schief geht, was irgendwie schief gehen kann*. Edward Murphy fasste 1949 seine langjährigen Erfahrungen als Armeeangehöriger mit der Feststellung zusammen: *„Wenn jemand die Möglichkeit hat, etwas falsch zu machen, tut er dies.“* Wer diese fundamentale psychologische Erfahrungstatsache zur Kenntnis nimmt, ist auch bei der Einführung von Elektronik und Telematik für die Fahrzeugführerunterstützung gut beraten, nach möglichen Schwächen im System und vor allem in der menschlichen Anwendung Ausschau zu halten. Denn wie bereits ihr Name sagt, beinhalten diese Systeme nicht nur Technik, sondern wollen Mensch, Strasse und Fahrzeug eng miteinander verzahnen.

Und noch eine weitere entscheidende Erkenntnis beim Gebrauch der Technik durch den Menschen: Hauptursache von Unfällen ist bekanntlich eher selten technisches Versagen, sondern weit häufiger der falsche Umgang mit der Technik. An vorderster Stelle zu nennen sind neben den altbekannten Faktoren wie *ungenügende Ausbildung und Erfahrung, Selbstüberschätzung, ungenügendes Risikobewusstsein und Kommunikationsmängel*. Letztere spielen überall dort eine Rolle, wo Partner miteinander Informationen austauschen oder austauschen sollten. Kürzlich wäre beinahe der Bundesratsjet mit Frau Metzler an Bord abgestürzt, weil der Kopilot eine Anweisung des Captains falsch verstanden hat. Als das Flugzeug durch Fehlmanipulation in den unkontrollierten Sinkflug überging, hatten beide ungenügend Erfahrung auf dem betreffenden Flugzeugtyp, um die Situation rasch unter Kontrolle zu bringen. Das Heranziehen von Beispielen aus der Luftfahrt erfolgt deshalb, weil hier Navigationssysteme, wie sie jetzt dem Strassenverkehr bevorstehen, bereits seit langem Einzug gehalten haben. Im Umgang mit Instrumenten hat sich das falsche Ablesen, die Fehlinterpretation und das Nichtwahrnehmen von Warnsignalen sowie die Nichtbeachtung von Regeln als die häufigste Fehlerursache erwiesen.

Erfreulich am vorliegenden Bericht ist das stete Nebeneinander von sicherheitsfördernden und sicherheitsgefährdenden Aspekten elektronischer Leitsysteme. Auch das Hinterfragen, wie die Fahrer auf die vorgesehene Entlastung reagieren werden, ob sie diese nicht gar als Ent-

mündigung empfinden und wie das Verhalten bei einem Ausfall des Systems ist, zeugen von einem sorgfältig reflektierten Herangehen der Ingenieur-Autoren. Die Art und Weise, wie die möglichen Probleme antizipiert werden, belegt einen vertieften und aktuellen Wissensstand nicht nur der Telematik, sondern auch der Psychologie. Insgesamt ist der Bericht deshalb als ausgewogen zu betrachten, auch wenn er von einer positiven Nutzenerwartung geleitet ist.

Die in diesem Kapitel von den Autoren vorgesehene Beurteilung durch einen Verkehrspsychologen spielt deshalb absichtlich und betont etwas die Rolle des *Advocatus Diaboli*, um potenzielle Probleme klar sichtbar zu machen.

## 11.2 Allgemeine Probleme aus psychologischer Sicht

Mit den telematischen Systemen zur Fahrzeugführerunterstützung werden zwei ganz verschiedene Ziele angestrebt: einerseits die *Erhöhung der Verkehrssicherheit*; andererseits gleichzeitig eine *Verkehrsverdichtung* (Shladover, Zitat 41, Kap 5.3.4). Das mag ein Stück weit möglich sein. Prinzipiell aber gilt es zu erkennen, dass dies *zwei konfliktträchtige Ziele* sind. Die Vision des wie von Geisterhand gesteuerten Trosses einer Kolonne von Fahrzeugen gebietet aller Technik zum Trotz einen minimalen Sicherheitsabstand zwischen den einzelnen Fahrzeugen. Zu glauben, Autos könnten durch Telematik eines Tages so nahe aufeinander folgen wie die physisch aneinander gekoppelten Wagen einer Zugkomposition, ist aus heutiger Sicht illusorisch. Man stelle sich die Folgen bei einem Systemausfall vor! Die auf Sicherheit bedachte Telematik wird wohl eher grössere Minimalabstände vorsehen als die meisten gottvertrauenden Durchschnittsfahrer, welche die 2-Sekunden-Regel chronisch unterschreiten. Das könnte aber dazu führen, dass dieses System häufig ausgeschaltet wird, weil das Einhalten dieses Sicherheitsabstandes im dichten Verkehr das Vorankommen behindert, indem ungeduldige Fahrer in diese Abstände reindrängeln. Dies berichten Lastwagenfahrer, deren Fahrzeuge kürzlich mit solchen Systemen ausgerüstet worden sind.

Durch die automatischen Warn- und vor allem Führungssysteme kommt es zu einer *Unterforderung*, wie sie die Autoren in Kapitel 8.8.2 in Erwägung ziehen. Nur sehen wir dies nicht als mögliche Verhaltensadaptation, sondern als *zwangsläufige und gesetzmässig* erfolgende Reaktion. *Durch Unterforderung entsteht Monotonie*. Bei Monotonie wird *Aufmerksamkeit von der Fahrtätigkeit abgezogen und steht im Notfall nicht für den Eingriff zur Verfügung*. Gegen Monotonie ist kein Kraut gewachsen. An Arbeitsplätzen wird deshalb weltweit versucht, Monotonie durch Job-Enrichment abzubauen. Wie ihr trotz Telematik entgegen gesteuert werden kann, erscheint ein ungelöstes Problem.

*Risiko-Kompensation* (G. Wilde) ist ein ubiquitäres Phänomen im Strassenverkehr. Wenn Fahrzeuge und Strassen sicherer gemacht werden, tendieren die Menschen häufig dazu, die-



sen Sicherheitsgewinn durch neue gefährliche Verhaltensweisen zunichte zu machen. Auf besseren Strassen wird schneller gefahren, auf breiteren Strassen häufiger überholt etc. Es ist anzunehmen, dass viele Menschen die durch Telematik erhöhte Sicherheit zu schätzen wissen. Aber ebenso ist anzunehmen, dass sich ein nicht näher zu beziffernder Anteil von Verkehrsteilnehmern *kontraproduktiv* verhalten wird, indem er das System *irgendwie zu überlisten versucht*. Hier teilen wir die optimistische Meinung der Autoren nicht, dass diese Risikokompensation nur eine vorübergehende Erscheinung ist.

Damit ein System seinen Nutzen voll entfalten kann, bedarf es der Ausbildung und Vertrautheit seiner Nutzer. Korrekterweise ist deshalb im Bericht verschiedentlich die Rede von der Notwendigkeit der Schulung. Das wäre natürlich eine einmalige Chance, Autofahrer zu einer Nachschulung anzubieten, und vom Aspekt der Verkehrssicherheit höchst wünschenswert. *Ist aber diese Forderung nach Schulung effektiv realistisch* oder dient dieses in Aussicht-Stellen lediglich der Beruhigung der Gemüter?

*Bereits heute sind manche Fahrer überfordert* mit der Einstellung der elektrisch gesteuerten Aussenspiegel, mit der Verstellung des Fahrersitzes, geschweige denn mit einem Routenplaner. Von ihnen kann nicht erwartet werden, dass sie die komplexeren Telematiksysteme ohne weiteres beherrschen werden. Wenn erwünscht ist, dass sie angewendet werden, müssen diese also zum einen *extrem benutzerfreundlich* konzipiert sein. *Trotzdem werden insbesondere ältere Fahrer diese neuen Systeme nicht so rasch begreifen*. Wenn es heute einzelne nicht schaffen, auffällige und mehrfach wiederholte Beschilderungen wie „verbotene Einfahrt“ zu beachten und in der Folge zu Geisterfahrern in der falschen Fahrtrichtung werden, dürften diese auch grösste Mühe haben mit dem Verstehen von Führerstandssignalen und Warnhinweisen. Immerhin ist anzuerkennen, dass Navigationssysteme für Fahrer mit schlechem Orientierungssinn eine echte Hilfe darstellen. Statt dass sie sich verfahren, nervös werden, nach Namensschildern von Strassen Ausschau halten und dabei ihre Aufmerksamkeit vom eigentlichen Fahren abziehen, können sie sich getrost durch eine freundliche Stimme lenken lassen, als ob ein ortskundiger Beifahrer neben ihnen sässe. Dank dieser Technik konnten Gutachter einen Senioren, dessen Gedächtnisleistung und entsprechend auch dessen Orientierungsvermögen stark abgebaut war, mit gutem Gewissen wieder zum Strassenverkehr zulassen. Bei dieser Gelegenheit ist auch die Tatsache hervorzuheben, dass sich das Fahrtziel nur bei stehendem Fahrzeug eingeben lässt. Damit ist die Gefahr gebannt, dass *während der Fahrt* Aufmerksamkeit durch die Bedienung des Bordcomputers abgezogen wird, wie wir es derzeit von der Mobil-Telefonie kennen.

Somit wird nicht nur das Alter der Fahrzeuge eine Verzögerung in der flächendeckenden Einführung von Telematik-Systemen zur Folge haben, sondern auch die verminderte Lernfähigkeit der Senioren.

Das Lernen bedarf für Senioren besonderer Anstrengungen. Aber über die Lernphase hinaus bleibt die Teilung der Aufmerksamkeit ein grundsätzliches Problem. Insbesondere die Teilung der visuellen Aufmerksamkeit auf Strasse und Anzeigen am Armaturenbrett führen bei solchen Personen zu einer mentalen Überlastung (mental overload). Die einfacher handhabbare Teilung der Aufmerksamkeit auf visuelle und akustische Informationen stellt für Senioren und schwächere Lenker eine gangbare Alternative dar.

Motorrad- und Autofahren sind für manche Menschen mit einem erheblichen Lustfaktor verbunden. Das Auto im realen Strassenverkehr ist nicht nur Transportmittel, sondern auch Spassmaschine. Deshalb sei die Frage erlaubt, wie sich Telematik-Systeme auf den Fahrspass auswirken. In welchem Masse sind die Menschen bereit, auf die Freude am aktiven Lenken zu verzichten? Ein erheblicher Teil wird eine gewisse Entlastung vom monotonen Spur- und Abstandhalten mit Genugtuung aufnehmen, darunter vor allem die routinemässigen Vielfahrer, welche im Fahren weniger einen Sport als ein notwendiges Übel sehen, es aber aus einer gewissen Bequemlichkeit heraus oder wegen der Zeitersparnis der Beförderung durch den ÖV vorziehen. Für die grosse Mehrheit dürften die Lenkhilfen die Attraktivität des Individualverkehrs noch steigern.

### 11.3 Spezielle Probleme aus psychologischer Sicht

Spurwechselassistenten (Kap 5.3.2) stellen eine sinnvolle und wohl rasch akzeptierte Hilfe dar. Gefährliche Spurwechsel werden meist aus Versehen vorgenommen, weil ein von hinten herannahendes Fahrzeug übersehen worden ist. Solche Warnsysteme sind quasi eine Ergänzung des Rückspiegels und als solche sicher sinnvoll. Sie helfen, vergessene Blicke zurück oder den toten Winkel zu kompensieren. Falls technisch ausgereift, dürften sie vollkommen unbestritten sein. Allerdings darf dieser Assistent den seitlichen Blick nicht ersetzen, sondern lediglich ergänzen. Sonst besteht bei Fahrern, die häufig das Fahrzeug wechseln, die Gefahr, dass sie auf diese Einrichtung verlassen, obwohl das momentan gefahrene Fahrzeug nicht über diese Sicherheitseinrichtung verfügt.

Bringt die Übermittlung von Verkehrssignalen am Strassenrand auf eine gut sichtbare Anzeige auf dem Armaturenbrett (Head-on Display) (Kap. 5.1.3) einen Sicherheitsgewinn? Es wird argumentiert, dass der Vorteil vor allem bei schlechten Sichtbedingungen, also nachts und bei Regen zum Tragen kommt. Allerdings ist gerade dann besondere Vorsicht geboten, für die es weder eines Warnschildes auf der Strasse noch im Display bedarf. Bei ungünstigen Wetterbedingungen könnte die gute Sichtbarkeit von Verkehrszeichen ein falsches Signal setzen, nämlich, dass die Strasse völlig normal ist. Anstatt dass bei schlechtem Wetter langsam gefahren wird, um der verminderten Sichtweite Rechnung zu tragen, könnten die normal sichtbaren

Head-on-Displays tendenziell zum schnelleren Fahren verleiten. Hier ist die *Gefahr der Risikokompensation bereits im Hilfssystem inhärent*.

Bei der Begutachtung von verkehrsauffälligen Lenkern taucht häufig das Argument auf, sie hätten das relevante Signal, etwa die Geschwindigkeitsbegrenzung, übersehen und seien deshalb zu schnell gefahren. Dieses Argument (oder diese Ausrede) entfällt mit der Führerstandssignalisation. Aber vielleicht wichtiger, weil der breiten Bevölkerung dienlich: Auch *die Unsicherheit, welche Geschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt gültig ist, selbst lange nach dem letzten relevanten Signal, lässt sich technisch durch das künstliche Gedächtnis des Head-on Displays beseitigen*. Aufgrund der Informationsflut durch Verkehrsschilder ereilt diese Unsicherheit nicht nur krankhaft vergessliche Fahrer. Allerdings wird das Problem der Signalflut noch gelöst werden müssen: Wenn nämlich auf dem Display alle Signale erscheinen, die den Strassenrand säumen, wird der Fahrer in der Informationsflut ertrinken.

Aus psychologischer Sicht muss kritisch eingewendet werden, dass Verkehrsregelübertretungen grossmehrheitlich nicht begangen werden, weil das entsprechende Signal nicht wahrgenommen, sondern weil es nicht respektiert („missachtet“) worden ist. Chronische Schnellfahrer haben längst Radarerkennungsgeräte eingebaut und wissen ganz genau, wo wie schnell gefahren werden darf. Sie verfügen somit eher über zu viel als zu wenig Information! Es fehlt ihnen an der verantwortungsbewussten Umsetzung ihres Wissens. Für diese Klientel bringt dieses verbesserte Warnsystem kaum einen Sicherheitsgewinn. Eher geeignet für diese Gruppe wäre die zwangsweise Limitierung der Maximalgeschwindigkeit durch die fahrzeugseitige Umsetzung von externen Signalen (Kapitel 5.2.2). *Für Verkehrsregelmisser stellt also nicht das warnende, sondern nur das kontrollierend-eingreifende System den Weg zur erfolgreichen Durchsetzung eines Gesetzes dar*. Die Einführung einer solchen, in der Geschichte des Strassenverkehrs einmaligen Kontrolle der Geschwindigkeit an jedem Ort und zu jeder Zeit wird in der Schweiz kaum ohne die Beteiligung des Souveräns (Volksabstimmung) möglich sein. Wenn der Volkswille zur Bekämpfung der Raser echt ist, müsste dieser Eingriff befürwortet werden.

Neben der gültigen Höchstgeschwindigkeit zusätzlich die Differenz zur gefahrenen Geschwindigkeit zu projizieren bzw. beim Überschreiten eines Grenzwertes einen Warnton erklingen zu lassen, stellt gegenüber dem heutigen Ablesen des Tachos lediglich ein verdeutlichtes Feedback dar. Am Fahrverhalten wird es nicht viel ändern. Fahrer, die wegen chronischer Geschwindigkeitsübertretung einen Dauerton auslösen, legen sich dann vermutlich einen Gehörschutz zu.

Sehr problematisch dürften Systeme sein, welche die fehlende Vigilanz bzw. die Müdigkeit des Fahrers über den Zustand des Auges oder des Lidschlusses zu erfassen versuchen (Kap. 5.2). Die Korrelationen zwischen physiologischen Messwerten und der Müdigkeit sind unbe-

friedigend. Indessen vermögen Fahrer ihre Müdigkeit sehr wohl äusserst präzise und korrekt zu beurteilen. Wie der weltweit führende Forscher im Bereich von Unfällen durch Übermüdung, J. Horn [34], kürzlich am internationalen Kongress für Sicherheit im Strassenverkehr (ICTTP Nottingham) eindrücklich dargelegt hat, bedürfen die Fahrer zur Diagnose der Müdigkeit gar keiner Instrumente. Das Problem ist viel mehr, wie sie mit dieser subjektiven Wahrnehmung umgehen. Statt umgehend anzuhalten und ein Nickerchen zu machen, versuchen sie alle erdenklichen Tricks zur Selbstüberlistung wie Fenster öffnen, Musik laut aufdrehen, sich einen kalten Lappen auf den Kopf legen, sich kneifen oder gar mit Nadeln stechen. Die Tatsache, dass sie solche, obzwar untaugliche, Gegenmassnahmen ergreifen, beweist, dass sie ihre Übermüdung sehr wohl wahrgenommen haben, aber inadäquat darauf reagieren. Somit liegt das Problem wiederum nicht bei der fehlenden Information, sondern beim verantwortungsvollen und kompetenten Umgang mit dieser.

Sollte die Telematik dereinst in ferner Zukunft eine Ausgereiftheit und Sicherheit erreichen, welche den Fahrer derart entlastet, dass sie ihm während der Fahrt von A nach B ermöglicht, die Zeitung oder ein Buch zu lesen, Büroarbeiten zu verrichten oder fernzusehen, dann wird aus der heute verlorenen Fahrtzeit wertvolle Arbeits- oder Erholungszeit. Bis dahin ist es allerdings ein weiter Weg. Und Zweifel, ob diese Vision je erreicht werden wird, sind berechtigt (Brookhuis K., [10]). Zunächst werden wir es mit **Zwischenstufen** zu tun haben, die nur **partiell entlasten**, etwa nur informieren, aber nicht agieren. Und genau darin steckt eine erhebliche Gefahr. So lange die Telematik nicht die gesamte Lenkung übernimmt, gibt es eine Aufgabenteilung zwischen Mensch und Technik. Die letztendliche Verantwortung für Entscheidungen und Manöver wird dem Fahrer vor der Vollautomation nicht abgenommen werden können. Zu Recht wird deshalb in Kap 5.3.2 festgehalten, dass der Fahrer die vorgeschlagenen Brems- und Beschleunigungsbewegungen grundsätzlich jederzeit übersteuern kann. Aber in der Obhut von Warn- und Kontrollsystemen besteht die Gefahr, dass sich der Fahrer in falscher Sicherheit wähnt und deshalb die erforderliche Aufmerksamkeit im kritischen Moment nicht aufbringt (Nilsson, L., [45]). Mit der Übernahme von Aufgaben durch automatisierte Lenksysteme wird der Mensch von der Informationsverarbeitung und Interventionen entlastet. Dadurch wird seine Aufgabe monoton. Bei Monotonie sinkt die Wachsamkeit und damit die Alarmbereitschaft für die seltenen Notfälle. Es muss also generell mit einer höheren Trägheit der Fahrer gerechnet werden. Dies auch in Situationen, wo deren Eingreifen erforderlich wird. *Auf diese verminderte Vigilanz müssen die Kontrollsysteme Rücksicht nehmen, damit der erreichte Sicherheitsgewinn nicht wieder verloren geht.* Tun dies die geplanten Fahrhilfesysteme in genügendem Ausmass?

Der Erfolg von Informationssystemen und Fahrhilfen wird stark von deren Akzeptanz abhängen. Automobilhersteller haben in der Vergangenheit diverse Systeme entwickelt, von denen sie wieder Abstand genommen haben. Startblockaden für den Fall nicht eingeklinkter Sicherheitsgurte mussten in den 70er Jahren wegen mangelnder Akzeptanz wieder ausgebaut wer-

den. Noch unbeliebter waren Autos, die vor dem Anspringen einen Blastest für die Atemalkoholanalyse verlangten (siehe Kapitel 5.2). Zwangsmassnahmen haben sich als problematisch erwiesen. Die Freiwilligkeit spielt eine wichtige Rolle für die Akzeptanz einer Massnahme, wie ein wichtiges sozialpsychologisches Gesetz besagt (Reaktanztheorie). Der Einsatz von Längsabstands- und Seitenkontrollhilfen in modernen Lastwagen ist freiwillig. Mehrere Fahrer haben mir berichtet, dass sie diese Systeme nur gelegentlich zuschalten und besonders bei dichtem Verkehr darauf verzichten, weil sie dort ständig Alarm auslösen. Ein automatisches System hält zum einen strikte einen grösseren Sicherheitsabstand ein als die meisten Automobilisten und vermag zum anderen die dynamische Entwicklung des Fahrgeschehens in den nächsten Sekunden zu wenig von den situativen Umständen her zu antizipieren: Es reagiert stereotyp sicherheitsorientiert nach den wenigen eingegebenen Parametern (eigene Geschwindigkeit, Geschwindigkeit des Vorderfahrzeuges und Abstand zum Vorderfahrzeug) Dies empfindet der routinierte Fahrer als lästig, weil er aufgrund seiner Erfahrung und seines dynamisch-vorausschauenden Wahrnehmung viel mehr Aspekte zu berücksichtigen vermag.

*Automatische Führungshilfen in der Fahrtrichtung bringen eine entscheidende Verbesserung bezüglich der Homogenisierung der gefahrenen Geschwindigkeiten.* Die egoistischen Motive für Geschwindigkeitsübertretungen sind einem solchen Systemen fremd. Wenn der Parameter Höchstgeschwindigkeit eingegeben ist, erlaubt das System keine Ausnahmen mit den Begründungen: „Ich bin zu spät unterwegs zur Sitzung / zum Abholen meiner Freundin / für den Arzttermin“, „Mein Tacho funktioniert nicht“ oder „Das Fahrzeug vor mir ist geschlichen wie eine Schnecke“. Die Homogenisierung der Geschwindigkeit würde entscheidend zur Erhöhung der Sicherheit beitragen, sofern sie akzeptiert wird. Tempomaten mit vergleichbarem Ziel gibt es schon lange, doch ist ihre Akzeptanz gering, weil sie individuell eingestellt werden. Ein überindividuelles Steuerungssystem wird eine viel höhere Verbindlichkeit mit sich bringen. Ein Ausscheren eines Einzelnen würde vom System sofort erkannt und könnte geahndet werden. So lange die Cruise Control Systeme nicht 100% Abdeckungsgrad haben, also noch vereinzelt Fahrzeuge ohne diese Führungshilfe unterwegs sind, kann ihre potenzielle Effizienz nicht voll ausgeschöpft werden. Es muss stets Rücksicht nehmen auf die „autonomen Lenker“, die es nicht informieren oder steuern kann.

Bei der Quantifizierung der Reduktion von Toten und Verletzten als Folge telematischer Warn- und Kontrollsystemen enthalten wir uns einer Stellungnahme, da aus psychologischer Sicht keine Berechnungsmöglichkeiten existieren. Wir können uns lediglich dem allgemeinen Trend des Berichts anschliessen, dass mit einer Reduktion zu rechnen ist, was durchaus nicht selbstverständlich ist, da häufig mit einer Risikokompensation zu rechnen ist, auf die der Bericht zurecht in Kapitel 8.2.2 eingeht. *Das grösste Potenzial der Telematik zur Lenkung des Verkehrs liegt aus psychologischer Sicht in der Reduktion der Geschwindigkeit.* Von der Überwachung des Fahrerzustandes erwarten wir aus den bereits dargelegten Gründen kaum eine Erhöhung der Sicherheit.

## 12. Sicherheitspotenziale und Eignungsbewertung CH

Aufgrund des sehr unterschiedlichen Entwicklungsstandes der Systeme sowie der grossen Vielfalt an Systemauslegungen bedarf es einer differenzierten Darstellung der Sicherheitspotenziale. Die in den Kapiteln 5 resp. 6 beschriebenen, gemessenen oder erwarteten Sicherheitseffekte sind im Allgemeinen auch auf schweizerische Verhältnisse anwendbar. Die von Fahrzeugherstellern angegebenen Sicherheitserwartungen müssen hingegen kritisch betrachtet werden. Die Besonderheiten des schweizerischen Verkehrsnetzes gegenüber jenen beispielsweise von Skandinavien, Amerika oder auch Japan liegen wohl in der starken Anpassung an die Topographie. Einzelne Systeme könnten auf dem Schweizer Strassensystem ihre Wirkung sogar stärker entfalten (z.B. adaptives Kurvenlicht). Andererseits bedarf es in der Schweiz wiederum spezifische Systemadaptionen, die den nationalen Besonderheiten gerecht werden. So müssen beispielsweise Systeme mit Satellitenunterstützung aufgrund der vielen Tunnelstrecken hierzulande allenfalls erweitert werden.

Die stärkste Wirkung kann von diesen Systemen erwartet werden, wenn sie vor allem dort zum Einsatz kommen, wo grundsätzlich Schwächen des Fahrers bestehen oder in kritischen Situationen entstehen können.

Eine nicht unwesentliche Rolle bei der Beurteilung der Eignung spielt auch die Akzeptanz solcher Systeme durch den Fahrzeuglenker. Insbesondere bei der Umsetzung neuer Techniken braucht es neben dem Komfortvorteil auch klar ersichtliche Sicherheitsvorteile. Der Akzeptanz sollte jedoch nicht zu starkes Gewicht beigemessen werden, da diese stark mit der Werterhaltung verknüpft ist, welche über die Zeit nicht konstant ist und durch entsprechende Öffentlichkeitsarbeit beeinflusst werden kann.

Potenzial, Möglichkeiten und Grenzen von FFU-Systemen in der Schweiz sind auch abhängig von verkehrspolitischen Rahmenbedingungen, die den Erfolg des Einsatzes solcher Massnahmen entscheidend beeinflussen können. So werden sich FFU-Systeme beispielsweise bei nachweisbar positivem Einfluss auf die Verkehrssicherheit rascher und kompromissloser umsetzen lassen, als wenn ein solcher in Zweifel gezogen werden kann. In der Schweiz hängt, worauf im allgemeinen Teil bereits hingewiesen wurde, die Umsetzbarkeit zudem stark von der Akzeptanz durch die betroffenen Verkehrsteilnehmer ab. Diese wird nur gegeben sein, wenn der Sinn der veranlassten Massnahmen eingesehen wird resp. wenn die Fahrzeuglenker davon einen persönlichen Nutzen erwarten.

Einen wichtigen Faktor bei der Akzeptanz durch Fahrzeuglenker sowie durch die öffentliche Hand stellen auch die Kosten dar. Diese können zur Zeit noch nicht quantifiziert werden und müssen deshalb in der folgenden Gesamtbeurteilung noch vernachlässigt werden.

Wird vor allem vom erwarteten Sicherheitspotenzial, der rechtlich-technischen Umsetzbarkeit und der zu erwartenden Akzeptanz ausgegangen ergibt sich bezüglich der einzelnen FFU-Systeme folgendes Ergebnis:

**Tab. 12.1 Beurteilung einzelner FFU-Systeme bezüglich Anwendbarkeit in der Schweiz**

FFU-System	erwartetes Sicherheitspotenzial <sup>26</sup>	rechtliche/technische Umsetzbarkeit	erwartete Akzeptanz <sup>27</sup>	Wirksamkeitsbeurteilung bez. Verkehrssicherheitspolitik der Schweiz
Gewichtung	60%	20%	20%	
Abstandswarnung	◆	◆◆◆	◆◆	+/++
automatische Abstandshaltung	◆◆	◆	◆◆	++
Einparkhilfen	-/◆	◆◆◆	◆◆◆	+/++ (Komfortsystem)
Sichthilfen	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Totwinkelüberwachung	◆	◆◆ ↑ <sup>28</sup>	◆◆◆	+/++ ↑
Objektwarnsystem	◆	◆◆	◆◆◆	+/++
Informationsübermittlung inkl Stauwarnung (Geschwindigkeit u.a.)	◆	◆◆	◆◆◆	+/++
Fz-seitige Umsetzung von Verkehrssign.	◆◆◆	◆	◆	++
automatische Fahrzeugdiagnose	-/◆	◆◆	◆◆◆	+
Sensorik für Lenkerüberwachung	◆◆◆	-/◆	◆/◆◆	++/
Anti-Blockier-System (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Bremsassistenten	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
automatische Spurhaltung	◆◆	◆	◆	+/++
Spurwechselassistenten	◆	◆◆	◆◆◆	+/++
Kollisionswarnsysteme, ohne direkten Steuerungseingriff	◆	◆	◆◆	+
Notmanöver	◆◆	-	◆	+/++
umfassende Fahrzeuglenkung	◆◆◆	-	◆	++

Legende:

◆◆◆ gross / hoch	+++ sehr gut geeignet für den Einsatz in der Schweiz im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie
◆◆ mittel	++ nur mit zusätzlichen Massnahmen geeignet für den Einsatz in der Schweiz resp. weniger wirksam bzgl. Verkehrssicherheit
◆ klein / tief	+ (vorerst) nur bedingt geeignet für den Einsatz in der Schweiz resp. vergleichsweise wenig wirksam bzgl. Verkehrssicherheit

Die Wirksamkeitsbewertung versteht sich hier im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie, das heisst, werden deren Ziele stark, mässig oder nur wenig unterstützt. Eine hohe Wirksamkeit wird darum einer guten Eignung für den Einsatz in der Schweiz gleichgesetzt. Der

<sup>26</sup> Einfluss auf die Gesamtzahl der Unfälle

<sup>27</sup> Umfrage bfu, gemäss Jahresbericht 2002 [7]/ Verkehrspsychologische Beurteilung (Kap. 11)

<sup>28</sup> Neue EU-Richtlinie für LW/Busse fördert entsprechende Systeme; → bessere Umsetzbarkeit (?)

Tabelle zufolge müssen Systeme zur Lenkerüberwachung, die fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen sowie die elektronischen Fahrhilfen wie ABS und ESP als besonders geeignet angesehen werden. Es zeigt sich, dass einige Systeme rechtlich und technisch gut umsetzbar sind und auch in hohem Masse akzeptiert werden, bezüglich Sicherheitswirkungen jedoch weniger gut abschneiden. Gleichwohl können auch diese zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen.

FFU-Systeme sind meist als eigenständige Systemtechniken in Entwicklung. Eine Etappierung von Systemteilen ist nicht vorgesehen. Jedoch können Systeme mit unterschiedlichem Beeinflussungs- und Unterstützungsgrad als Etappierung angesehen werden. So sind beispielsweise intelligente Tempomaten schon auf dem Markt; als weitere Entwicklungsstufe für dieses System kann dann die automatische Abstandshaltung angesehen werden. Der Wechsel von handlungsunterstützenden Systemen zu handlungsübernehmenden Systemen kann ebenfalls als Etappe definiert werden.

Werden nur Neuwagen mit FFU-Systemen ausgestattet, so bedarf es einer geraumen Zeit bis ein grosser Teil der Strassenfahrzeuge diese Ausrüstung aufweist. So werden die erwarteten Sicherheitsgewinne erst nach längerer Zeit richtig greifen. Wie im Abschnitt 6.3 gezeigt, ist gegenwärtig mit etwa sieben Jahren zu rechnen, bis die Hälfte der Personenwagen in der Schweiz erneuert ist. Neben der benötigten Zeit für die eigentlichen Systementwicklung bedarf es folglich einer nicht unbedeutenden Zeit für die Marktdurchdringung der Systeme, insbesondere wenn nur Neuwagen ausgerüstet werden.

Die Eignung der Systeme für die Schweiz bezieht sich primär auf die Personenwagen. Die Forschung konzentriert sich ebenfalls vor allem auf den Einsatz der Systeme für diese Fahrzeugklasse. Die Unfallzahlen der Schweiz zeigen auch, dass nur in einem relativ kleinen Teil der Unfälle Sachtransportfahrzeuge involviert sind<sup>29</sup>. Grundsätzlich können für Lastwagen dieselben Aussagen wie für Personenwagen gemacht werden. Einzelne Systeme, wie beispielsweise das ESP, verbessern bei Lastwagen die Sicherheit deutlicher als bei Personenwagen. Hinzu kommt, dass Sachtransportfahrzeuge meist von Berufsfahrern gelenkt werden welche effiziente sicherheitserhöhende Systeme in der Regel viel eher nutzen als Lenker von Personenwagen. Wirkungsvolle Systeme können einfacher eingeführt werden. Der reine Komfortgedanke tritt eher in den Hintergrund.

---

<sup>29</sup> Gemäss bfs (Statistik 1992-2003) sind in nur etwa 5% aller Unfälle Lastwagen beteiligt. Bezüglich der Gesamtzahl aller Verletzten und Getöteten sind dies knapp 4%. Allerdings ist der Case fatality-Wert (Verhältnis Getötete pro Verunfallte) bei Unfällen mit Beteiligung von Lastwagen gegenüber der Gesamtzahl der Unfälle um den Faktor 3 erhöht.



## 13. Schlussfolgerungen

Die Literaturrecherchen zeigen, dass viele unterschiedliche Systeme zur Unterstützung der Fahrzeugführer in Entwicklung sind. Die Fahrzeughersteller entwickeln oftmals herstellerspezifische Systeme, um mit dem Verkaufsargument Sicherheit und insbesondere Komfort ihre Produkte auf dem Fahrzeugmarkt besser positionieren zu können. Die Schweiz ist in diesem Prozess nur als Zulieferer tätig und kann ihn darum normativ kaum beeinflussen. Trotzdem ist es wichtig, die Entwicklung aufmerksam zu verfolgen, wächst doch auch in der Schweiz die Zahl der Fahrzeuge, in welchen FFU-Systeme integriert sind, rasch an – mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit.

Die Systeme mit dem höchsten erwarteten Sicherheitspotenzial sind autonome Systeme wie ABS oder ESP und Systeme, welche aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen (Sensorik für Lenkerüberwachung, automatische Geschwindigkeitsbegrenzung). Aufgrund der rechtlichen und technischen Randbedingungen aber auch wegen ungenügender Akzeptanz werden besonders Systeme, welche aktiv in die Fahrzeuglenkung eingreifen, im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie als (noch) nicht sehr geeignet bewertet.

Im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie werden die folgenden Systeme als sehr gut geeignet eingestuft:

- Anti-Blockier-Systeme (ABS)
- elektronische Stabilitätsprogramme (ESP)

Nur mit zusätzlichen Massnahmen geeignet, aber immer noch als recht wirksam werden angesehen

- Sichthilfen
- Sensorik für Lenkerüberwachung
- Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen
- Bremsassistenten
- automatische Abstandshaltung
- Umfassende Fahrzeuglenkung

Grundsätzlich bewirken alle aufgezählten Systeme einen mehr oder minder grossen Sicherheitsgewinn – zumindest aus der Sicht der primären Wirkung dieser Systeme. Nur wenige Erfahrungen gibt es allerdings zu den sekundären Effekten. Diese wirken häufig gegenläufig und führen zu einer Reduktion der Verkehrssicherheit, so dass teilweise der Nutzen neutral oder sogar negativ ausfallen kann.

In der nahen Zukunft werden sich vor allem Systeme durchsetzen, welche im Fahrzeug integriert sind (autonom agieren) und dem Fahrer einen spürbaren Sicherheits- und Komfortvorteil bieten. Systeme, welche nur Sicherheitsvorteile und keine Komfortvorteile bieten, so bei-

spielsweise das System zur automatischen Geschwindigkeitsbegrenzung oder das aktive Zündschloss, können nur mit verstärkten Mitteln (Enforcement/ tiefere Versicherungsprämien) gefördert werden. Es muss noch ein eigentlicher Paradigmawechsel stattfinden, so dass die heute als unattraktiv geltenden Systeme ebenfalls akzeptiert werden. Dies kann jedoch in erster Linie dann geschehen, wenn nachweislich ein massgeblicher Sicherheitsgewinn zu verzeichnen ist. Entsprechende unabhängige Studien müssen dies belegen. Sekundäre Effekte dürfen dabei nicht vernachlässigt werden, da diese die erhofften Sicherheitsgewinne stark reduzieren können.

Viele Systeme sind noch im Entwicklungsstadium. Dabei besteht eine grosse Diskrepanz zwischen den Sicherheitseinschätzungen der Hersteller und den zu erwartenden, tatsächlich eintretenden Sicherheitsgewinnen. Dies vor allem bei Systemen, welche sich erst in einem frühen Entwicklungsstand befinden und eine umfassende Unterstützung des Fahrzeugführers bieten.

Da die Schweiz ein Interesse daran haben muss, im Sinne der postulierten Sicherheitsstrategie die bestmögliche Entwicklung zu fördern und ihre spezifischen Rahmenbedingungen zur Geltung zu bringen, ist eine aktive Mitwirkung in den entsprechenden europäischen und internationalen Gremien wichtig. Umfassende Systeme können nur greifen, wenn die Umsetzung europaweit geschieht und keine Systemgrenzen bestehen. Insellösungen, der Verzicht auf Standardisierung und die Integration kaum kompatibler Systemelemente erweisen sich als längerfristig unflexibel, schlecht erweiterbar und damit letztendlich teuer. Insbesondere gilt das für Systeme, welche eine Umsetzung in allen Fahrzeugen voraussetzt. Werden die Systeme nicht nur fahrzeugautonom betrieben, besteht die Problematik der unterschiedlichen Besitzverhältnisse der Verkehrsinfrastruktur (Bund/Kanton/Gemeinde/Private). Zu klären sind auch die Fragen bezüglich Finanzierung der Systemeinstellungen auf öffentlichem Grund und bezüglich des Umfangs der Beteiligung der öffentlichen Hand an der Erforschung der Systemwirkungen. In der Schweiz wird vor allem im Bereich der passiven Sicherheit (DTC/Vauffelin u.a.) Forschung betrieben. Bezüglich aktiver Sicherheit sollte die Forschungstätigkeit noch intensiviert werden. Geschwindigkeitsversuche, wie sie beispielsweise in Schweden durchgeführt wurden, tragen ebenfalls dazu bei, dass Grundsatzdiskussionen über diese Systeme geführt werden. Die öffentliche Meinung kann dadurch besser beeinflusst werden.

Neben den rein technischen sowie psychologischen Aspekten müssen auch noch rechtliche Aspekte geklärt werden, immer in Bezug zur Wirkungsweise der Systeme (Unterstützungsgrad). Bisher wurden beispielsweise in diesem Zusammenhang noch keine Rückfragen zur Haltung schweizerischer Versicherungsunternehmen durchgeführt. Von diesen liegen auch keine Stellungnahmen vor.

Nicht nur bezüglich Verkehrssicherheit können einige Systeme einen positiven Effekt ausweisen. Bei einzelnen Systemen zeichnet sich auch eine Beeinflussung der Streckenkapazität ab. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit konnte dieser Frage nicht vertieft nachgegangen werden. Insbesondere in Bezug zu den verkehrlichen Gegebenheiten in der Schweiz bestehen Forschungslücken, welche geschlossen werden sollten (Simulationsmodelle u.a.).

Wie die Literaturrecherchen zeigen, kamen viele FFU-Systeme soeben erst auf den Markt oder sind in den nächsten Jahren erst serienreif. Die aktuelle Situation kann für einen grossen Teil der FFU-Systeme als allgemeine Etablierungsphase bezeichnet werden. Damit können auch in zunehmendem Umfang Erfahrungen gesammelt und analysiert werden. Eine Neubewertung solcher Systeme innerhalb der nächsten Jahre wird den Nutzen der vorliegenden Arbeit erhöhen. Die zuständige VSS-Expertenkommission hat sich dies zur Aufgabe gemacht.

## Quellenverzeichnis

- [1] Ackermann, J. et al. (1996) Fahrsicherheit durch robuste Lenkregelung, Automatisierungstechnik, Heft 5, 1996
- [2] Aebischer, L. und H.-D. Schneider (1991) Die Schweizer als Autofahrer: Ergebnisse einer Repräsentativbefragung über Bedingungen unfallträchtigen Verhaltens im Verkehr, Freiburg, Schweiz, Universitätsverlag, 1991
- [3] ASIT, Potenziale der Telematik im Strassenverkehr für Verkehrsmanagement und Umwelt, Bern, 1998
- [4] Ayala B., P. Barham and P. Oxley (1995) Advanced transport telematics (ATT) and elderly drivers: benefits and safety implications. In: Nwagboso C.O. (1995): Road Vehicle Automation II. Toward Systems Integration. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Road Vehicle Automation. 11<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> Sept. 1995. Chichester etc.: John Wiley & Sons.
- [5] Becker, St., J. Sonntag und R. Krause (1994) PROMETHEUS CED 5 (AICC): Zur Auswirkung eines Intelligenten Tempomaten auf die mentale Belastung des Fahrers, seine Sicherheitsüberzeugungen und (kompensatorischen) Verhaltensweisen, Bericht zum Testauftrag der Firma Daimler Benz AG, Stuttgart, im Rahmen des PROMETHEUS-Projektes EU 45 Phase II, TV 8940 4, „Method for Measuring Driver Capacity“ des TÜV Rheinland, Köln
- [6] bfu (2003) bfu-Meinungsumfragen, Fragen und Resultate von repräsentativen bfu-Meinungsumfragen, Ausgabe 2003, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu), Bern
- [7] bfu (2003) Jahresbericht 2002, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu), Bern
- [8] Braess, H.-H. und R. Günter (1995) Prometheus: Vision des „intelligenten Automobils“ auf „intelligenter Strasse“? – Versuch einer kritischen Würdigung, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, 97, 1995, S. 220-205/330-343
- [9] Breuer, J. (2002) DaimlerChrysler Pressemitteilung, „ESP Safety Benefits“, November 2002
- [10] Brookhuis, K. and D. de Waard (2004) Driver assistance and automated driving systems: Acceptance and effects on behaviour, International Conference on Communities and Technologies (ICCT), Nottingham, 5.-9. Sept. 2004
- [11] Brown, I.D. (1994) Driver Fatigue. Human Factors, 36, 298-314

- [12] Buld, S. und H.-P. Krüger (2002) Wirkungen von Assistenz und Automation auf Fahrerzustand und Fahrsicherheit, Abschlussbericht Projekt EMPHASES, Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) an der Uni Würzburg, Würzburg, September 2002
- [13] Chaloupka, C., R. Risser, A. Antoniadou, U. Lehner und M. Praschl (1998) Auswirkungen neuer Technologien im Fahrzeug auf das Fahrverhalten. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 84. Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW.
- [14] Christ, R. et al. (1999) GADGET - Guarding Automobile Drivers through Guidance Education and Technology. Final Report. Investigations on Influences upon Driver Behaviour - Safety Approaches in Comparison and Combination. Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV), Austrian Road Safety Board, Wien, September 1999
- [15] ConnectedDrive (2002) ConnectedDrive Powered by Intelligence, Informationen der BMW Group, 2002
- [16] Continental Temic (2003) Intelligentes Komfortsystem und Basis für künftige Fahrerassistenz- und Sicherheitssysteme, Bericht zum Continental Sicherheitsforum Arvidsjaur, Februar 2003
- [17] DaimlerChrysler (2000) Das mitdenkende Fahrzeug – wie Assistenzsysteme den Fahrer unterstützen, Stuttgart, November 2000
- [18] Dangelmaier, M. (2000) Fahrerzustandsdiagnose und Notfallmanagementsysteme, Unveröffentlichtes Manuskript, Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- [19] Donges, E. (1978) Ein regelungstechnisches Zwei-Ebenen-Modell des menschlichen Lenkverhaltens im Kraftfahrzeug, Zeitschrift für Verkehrssicherheit 24, TÜV-Verlag Köln, 1978
- [20] Evans, L. (1998) Antilock brake systems and risk of different types of crashes in traffic. Abstracts of the 16<sup>th</sup> ESV Conference of the NHTSA, Windsor, Canada, Juni 1998
- [21] Falk, E., A. Varhelyi und M. Draskoczy (2004) *Field trials with ISA in Hungary*, European Congress on Intelligent Transportation Systems, Budapest, May, 2004
- [22] Färber, B. (2003) Auswirkungen neuer Informationstechnologien auf das Fahrverhalten, Heft M 149, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2003
- [23] Feller, Ch. (2003) Alarm im Schlafwagen, Fachartikel in New World 3/2003, S. 40 -41
- [24] Gaupp, W., D. Wobben, M. Horn und M. Seemann (2001) Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen, Fahrzeugtechnik, Heft F 33, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2001

- [25] Gelau, Ch. (2003) Assistenzsysteme zur Überwachung des Fahrzeugstandes: Möglichkeiten und Grenzen, Bericht zur 10. Dreiländertagung, Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach, Bern 2003
- [26] Gerster, G., M. Muser, P. Niederer und F. Walz (2001) Aktive und passive Fahrzeugsicherheit, Teilprojekt zu den Grundlagen für eine Strassenverkehrssicherheitspolitik des Bundes, Im Auftrag der bfu, Bern, November 2001
- [27] Gies, S. (1991) Die Sicherheitsrelevanz neuer Fahrhilfen in Kraftfahrzeugen. Bericht zum Forschungsbericht 8716 der Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach. (Heft 84, S.28/55)
- [28] Gobiet, W. (2001) Verkehrstelematik – Einführung, Beitrag zur Tagung Verkehrstelematik, Donau-Universität Krems, April 2001
- [29] Grimmer, W., P.J. Adelt und E.R. Stephan (1995) Die Akzeptanz von Navigations- und Verkehrsführungssystemen der Zukunft, AXA-Direkt-Verkehrsstudie, Deutscher Psychologen Verlag, Bonn, 1995
- [30] Haller, R., S. Becker, W. Gerbino, O. Hofmann, E. Morello, L. Nilsson and G. Varalda (1995) Final Assessment of MMI Evaluation Methods, DRIVE II Projekt, EMMIS (Evaluation of Man Machine Interfaces by Simulation Techniques), Deliverable No. 12., Commission of the European Communities
- [31] Hering, K. (1999) Situationsabhängiges Verfahren zur standardisierten Messung der kognitiven Beanspruchung im Strassenverkehr, Linaugural-Dissertation, Universität Köln, Düsseldorf, 1999
- [32] Hernandez-Gress, N. (1997) Driver drowsiness detection, Traffic Technology International, Juni/Juli 1997, S. 86 - 90
- [33] Hipp, E. und Ch. Jung (1997) Intelligente Fahrerunterstützung: Der Abstandsgeregelte Tempomat. Internationales Verkehrswesen, 49, 7 - 8, 1997, S. 403 - 407.
- [34] Horn, J. (2004) Sleep related vehicle crashes - findings from the Loughborough Sleep Research Centre, International Conference on Communities and Technologies (ICCT), Nottingham, 5.-9. Sept. 2004
- [35] INFRAS, Leitbild Strassenverkehrstelematik Schweiz, Potenziale und Auswirkungen, 1999
- [36] Jenni + Gottardi (1998) Wirksamkeit von Verkehrssystem-Managementmassnahmen in der Schweiz, Kilchberg, 1998
- [37] Jenni + Gottardi (1999) Auswirkungen Telematikprojekte auf die Verkehrssicherheit in der Schweiz, Kilchberg, 1999

- [38] Lamm, R. und J. Treiterer, Das Unfallgeschehen in den Vereinigten Staaten von Amerika und in der Bundesrepublik Deutschland (Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen), Sonderdruck aus Strassen- und Tiefbau, Heft 11/80, 12/80, 11/81, 1981
- [39] Langwieder K., U. Frost and E. Bach (1998) The requirements for driver assistance systems and their effects on real-life accidents. Paper, vorgestellt: National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA, ESV-Conference, Windsor, Canada, 1 - 4 June 1998
- [40] Management Analysis Inc. (1995) US army wheeled vehicle accidents: Statistics and strategy, Technical report, US Army, Alabama, 1995
- [41] Matthews, W. und F. Mühlethaler (2003) Elektronische Verkehrssignale, Voruntersuchung, Forschungsauftrag VSS 1999/ 306 im Rahmen der Forschung SBT des ASTRA, Bern, 2003
- [42] Mühlethaler, F. (2003) ICT für Verkehrstelematik, Ergänzungsstudie im Auftrag von soft[net] zum Bericht „Das vernetzte Fahrzeug“, PTV SWISS AG, Bern, Juni 2003
- [43] Mühlethaler, F. et al. (2003) Das Vernetzte Fahrzeug, Verkehrstelematik für Strasse und Schiene, Arbeitsdokument, Studie im Auftrag des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS und Bundesamt für Strassen (ASTRA), TA-DT 33/20003, Bern, Januar 2003
- [44] Nilsson, L. (1996) Safety effects of adaptive cruise controls in critical traffic situations. VTI särtryck No. 265. Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden
- [45] Nilsson, L. (2004) Automated driving doesn't work without the involvement of the driver, International Conference on Communities and Technologies (ICCT), Nottingham, 5.-9. Sept. 2004
- [46] Nilsson, L. and A. Hakan (1996) Effects of a vision enhancement system on drivers' ability to drive safely in fog. VTI särtryck No. 264, Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden.
- [47] Oei, H.L. (2003) Experience with advanced cruise control ACC. A short term test on the road, D-2003-4 SWOV, Leidschendam, 2003
- [48] Pelluet, D., Extrait du plan de developpement SASW, Le meilleur atout pour renforcer la sécurité routière, Bevaix
- [49] Perrett, K.E. and A. Stevens (1996) Review of the potential benefits of Road Transport Telematics, Transport Research Laboratory, TRL Report 2020
- [50] PSA Peugeot Citroen (2003) Actualité – Innovation et Technologie, Le Groupe présente deux systèmes de sécurité innovants, April 2003

- [51] Rapp AG, Ingenieure + Planer (2002) Erarbeitung der Grundlagen für eine Strassenverkehrspolitik des Bundes, Schlussbericht, Forschungsauftrag VSS 2000/447 auf Antrag des ASTRA, Bern, Mai 2002
- [52] Rapp, M., A. Felix, und P. Hamet (2001) Beitrag der Verkehrstelematik zu einer Verkehrssicherheitsstrategie (VESIPO), Schlussbericht, Bundesamt für Strassen, Bern, August 2001
- [53] Roskam, A.J., D. De Waard, K. Brookhuis, E. Uneken, S. Boverie and A. Giralt, Drowsiness warning and driver acceptance - a simulator experiment, Journal of transportation systems, S. 217 – 229, Januar 2001
- [54] Shladover, S.E., (1993) Highway Automation: Regional Mobility Impacts Assessment“, Preprint of Paper No. 930522, Transportation Research Board, 72<sup>nd</sup> Annual Meeting, Washington, D.C., 10.-18. Februar 1993
- [55] Stabaty, M. (2004) Elektronik gegen den Sekundenschlaf, IN: Die Welt, S. 30, 13. Juli 2004.
- [56] Tingvall, C., M. Krafft, A. Kullgren and A. Lie (2003) The effectiveness of ESP (electronic stability programme) in reducing real life accidents, ESV Conference 2003, Nagoya
- [57] Totzke, I. und H.-P. Krüger (2003) Fahrerassistenz und Fahrsicherheit – eine Literaturübersicht zu den Wirkungen des ACC- und HC-Systems, Vortragsunterlage, Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) an der Uni Würzburg, Würzburg, Februar 2003
- [58] Touran, A., M.A. Brackstone and M. McDonald (1999) A Collision Model for Safety Evaluation of Autonomous Intelligent Cruise Control, Accident Analysis and Prevention, 31, 567-578
- [59] Ulmer, B. (2001) Introduction to ADASE2. ADASE2 – First Concertation Meeting, Brussels, 24.-25. Oktober 2001
- [60] Van Arem, B., J.H. Hogema, M.J. Vanderschuren and C.H. Verheul (1996) An Assessment of the Impact of Autonomous Intelligent Cruise Control, TNO-report, commissioned by the Transport Research Centre, Ministry of Transport, Public works and Water Management, Delft, 1996
- [61] Varhelyi, A. (1997) Experience with the implementation of on-board navigation systems. Proceedings, 4<sup>th</sup> World congress on intelligent transport systems, 21-24 October, Berlin, Germany
- [62] VESIPO (2002) Erarbeitung der Grundlagen für eine Strassenverkehrssicherheitspolitik des Bundes, Schlussbericht, Forschungsauftrag ASTRA 2000/477 auf Antrag des ASTRA, Bern, Mai 2002



- [63] VESIPO (2004) Zu prüfende Ideen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, Neue Strassen-Verkehrssicherheitspolitik, Projekt VESIPO, ASTRA, Bern, Januar 2004
- [64] Wallentowitz, H. et al. (2001) Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Heft F35, Bergisch Gladbach, Mai 2001
- [65] Wallentowitz, H. und H. Adam, (1997) Abschlussbericht, Ausfälle sicherheitsrelevanter elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen, Institut für Kraftfahrwesen Aachen, Bundesanstalt für Strassenwesen, Aachen
- [66] Wördenweber, B., R. Lachmaywer und U. Witt (1996) Intelligente Frontbeleuchtung, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, 98, 1996, 10, S. 546 – 551
- [67] Zapp, K. (2001) Fahrerassistenzsysteme: Was gibt es, was kommt, Internationales Verkehrswesen (53), 4/2001, S. 155 – 156

#### Websites (URL's)

- [68] [www.santosweb.de](http://www.santosweb.de) Im Projekt SANTOS wird experimentell untersucht, wie Kommunikations- und Assistenzfunktionen nutzerorientiert und situationsangepasst gestaltet werden können. Neben BMW und BOSCH sind Hochschulinstitute in das Projekt eingebunden. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in Deutschland.
- [69] [www.invent-online.de](http://www.invent-online.de) Von Bundesministerium für Bildung und Forschung (Deutschland) unterstütztes Forschungsprojekt, an welchem 23 Unternehmen aus der Automobil-, Telekommunikationsindustrie und Forschungsinstitute zusammenarbeiten. In drei Projekten zu den Themen Sicherheit, Verkehrsmanagement und Logistik wird die Entwicklung von intelligenten Autos und intelligente Verkehrsnetz vorangetrieben.
- [70] [www.cadillac.com](http://www.cadillac.com) Fahrzeughersteller
- [71] <http://world.honda.com> Fahrzeughersteller (Pressebericht; 24. August 2004)
- [72] [www.ertico.com](http://www.ertico.com) Im Jahre 1991 wurde das europäische Projekt ERTICO gestartet, an welchem 80 Partner aus dem öffentlichen und privaten Bereich beteiligt sind. Namhafte Firmen der Transport- und Elektronikindustrie sowie Ministerien

- aus 11 Mitgliedstaaten unterstützen die Implementierung von Intelligenten Transport-Systemen (ITS).
- [73] [www.advisors.iao.fhg.de](http://www.advisors.iao.fhg.de) Forschungsprojekt, an dem staatliche Forschungsstellen, Industriebetriebe und Transportfirmen aus zehn europäischen Ländern beteiligt sind. welches an welchem zehn unterschiedliche Länder. Unterschiedliche Assistenzsysteme der Fahrzeugführung werden umfassend untersucht (Projektende: Juni 2003).
- [74] [www.vv.se/isa](http://www.vv.se/isa) Grossversuch (1991 bis 2001) des Systems Intelligent Speed Adaptation (ISA) in Schweden, welcher vom Swedish National Road Administration (SNRA) initiiert und in vier schwedischen Städten durchgeführt wurde.
- [75] [www.ahsra.or.jp](http://www.ahsra.or.jp) Das Forschungsprogramm AHSRA (Advanced Cruise-Assist Highway System) wird vom Ministerium für Land, Infrastruktur und Transport (Japan) unterstützt. Seit 1991 werden vor allem infrastrukturseitig Systeme entwickelt, welche in Feldstudien untersucht und etabliert werden.
- [76] [www.psa-peugeot-citroen.com](http://www.psa-peugeot-citroen.com) Fahrzeughersteller
- [77] [www.toyota.co.jp](http://www.toyota.co.jp) Fahrzeughersteller
- [78] [www.valeo.com](http://www.valeo.com) Hersteller von Komponenten für Personenwagen und leichte Nutzfahrzeuge

## Abkürzungen und Begriffe

ABS	Anti-Blockier-System
ACC	Adaptive Cruise Control
ACCI	Abstandwanrung (Informations-ACC)
AFIL	Alarm bei Fahrbahnabweichung per Infrarot-Linienerkennung
AHK	Aktive Hinterachsenkinematik
AHS	Umfassende Fahrzeuglenkung (automated Highways u.a.)
ASIT	privates Beratungs- und Planungsbüro in Bern (Aktiengesellschaft für Sicherheit und Information in Transportsystemen)
ASR	Antriebs-Schlupfregelung
BA	Bremsassistent
BSM	Totwinkelüberwachung (Blind Spot Monotoring)
CA	Notmanöver (Collision Avoidance)
CAN	Controller Area Network
CW	Kollisionswarnsystem (Collision Warning System)
DAMS	Sensork Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)
DRIVE	Dedicated Road Infrastructure for Vehicles in Europe
DSRC	Dedicated short range administration
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
EV	Sichthilfen (Enhanced Vision)
FDR	Fahrdynamikregelung
FFU	Fahrzeugführerunterstützung
FTA	Fail tree analysis
GADGET	Guarding Automobile Drivers through Guidance, Education and Technologys
GPS	Satellitennavigationssystem (global positioning system)
GSM	internationaler Standard für den digitalen Mobilfunk (global system for mobile communication)
HC	Automatische Spurhaltung (System Heading Control)
INFO	Informationsübermittlung

INFRAS	Privates und unabhängiges Forschungs- und Beratungsunternehmen in Zürich
INVENT	Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik; Forschungsinitiative
ISA	Intelligent Speed Adaptation
ITS	Intelligent Transportation System
IVHS	Intelligent vehicle highway system
IVIS	Influence of Modern In-Vehicle Information Systems on Road Safety Requirements
MIXIC	Microscopic Model for Simulation of Intelligent Cruise Control
MMS	Mensch-Maschinen-Schnittstelle
MOTIV	Mobilität und Transport im intermodalen Verkehr
OBD	Onboard-Diagnostic-System
OW	Objektwarnsystem
PA	Einparkhilfen (Parking Assistent)
PATH	Partners for Advanced Transit and Highways
PELOPS	Programmsystem zur Entwicklung längsdynamischer Mikroskopischer Verkehrsprozesse in Systemrelevanter Umgebung
PROMETHEUS	Programme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety
RTI	Road Transport Informatics
SWA	Spurwechselassistenten
UMTS	Standard für die paketvermittelte Datenübertragung über GSM (general packet radio service)
VESIPO	Gesamtbericht Verkehrssicherheitspolitik des Bundes (neu: VIA SICURA)

# Anhang



## Fragebogen der Expertenbefragung

Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung zur Erhöhung der Verkehrssicherheit

Expertenbefragung

### Systeme der Fahrzeugführerunterstützung (Fahrerassistenzsysteme)

- FRAGEBOGEN -

#### Vorbemerkungen

- Die Fragen sind relativ allgemein formuliert und können durch Ankreuzen (interaktive Felder ) beantwortet werden, weshalb Sie zum Ausfüllen des Fragebogens etwa **10 Minuten** benötigen. Für allfällige differenzierte Kommentare steht ein Zusatzblatt zur Verfügung (Teil C).
- Bei Unklarheiten wenden Sie sich bitte an Herr Markus Schirmer Tel. 0041(0)1 716 10 80, e-mail: [gottardi@swissonline.ch](mailto:gottardi@swissonline.ch)

Bitte senden Sie den ausgefüllten Fragebogen bis spätestens **Freitag 21. Mai 2004** in elektronischer Form oder per Post an uns zurück.

Jenni + Gottardi AG  
Hornhaldenstr. 9  
8802 Kilchberg / Zürich  
Schweiz

e-mail: [gottardi@swissonline.ch](mailto:gottardi@swissonline.ch)

- Vielen herzlichen Dank für Ihre wertvolle Mitarbeit! -

#### Einbezogene Systeme der Fahrzeugführerassistenz

*Warnende und Informierende Systeme:*

- Abstandswarnung (inkl. Parkhilfen) und Spurassistent
- Sichthilfen (Enhanced Vision)

*Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen:*

- Automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf
- Systeme mit verbindlichen Anweisungen
- Sensorik für Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)
- Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen

*Übernahme von Fahreraufgaben:*

- Autonome, stabilisierende Systeme (ABS /ASR /ESP)
- Automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik
- Automatische Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen /autom. Notmanöver
- Automatische Fahrzeugortung und -lenkung

Mai 2004

Jenni + Gottardi AG

## Teil A) Allgemeine Fragen

Zutreffendes bitte ankreuzen (☐ Felder sind interaktiv)

- |   | Stimme voll zu           |                                   |                          |                          | Stimme gar nicht zu      |
|---|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1.1 Systeme der Fahrzeugführerunterstützung (FFU) werden in Zukunft massgeblich zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.2 Welche Systeme werden sich am stärksten durchsetzen können?<br>(Mehrfachantworten möglich; es können auch Teilsysteme aus der Gruppe genannt werden, vgl. Einleitung) | <input type="checkbox"/> | Information/Warnung               | <input type="checkbox"/> | verbindliche Anweisung   | <input type="checkbox"/> |
|   | <input type="checkbox"/> | Übernahme von Fahrer-<br>aufgaben | <input type="checkbox"/> |                          | <input type="checkbox"/> |
| 1.3 Ab wann werden diese Systeme Ihrer Meinung nach auf dem Fahrzeugmarkt eingeführt und etabliert sein?  |                          | 5-10 J.                           | 10-20 J.                 | 20-50 J.                 | nicht bekannt            |
| -> Information/Warnung:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> verbindliche Anweisung:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> Übernahme von Fahreraufgaben:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.4 Wie gross schätzen Sie das Sicherheitspotenzial von FFU-Systemen (Abnahme der Anzahl Tote/Schwerverletzte im Strassenverkehr im Bezug zum Total)?                     |                          | 0-5%                              | 5-20%                    | 20-50%                   | 50-80%                   |
| - bei flächendeckender Verbreitung der Systeme  |                          |                                   |                          |                          |                          |
| -> Information/Warnung:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> verbindliche Anweisung:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> Übernahme von Fahreraufgaben:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - bei einer Verbreitung der Systeme gemäss realistischen Erwartungen (in 10 - 20 Jahren)  |                          | 0-5%                              | 5-10%                    | 10-25%                   | 25-50%                   |
| -> Information/Warnung:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> verbindliche Anweisung:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> Übernahme von Fahreraufgaben:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.5 Das Sicherheitspotential der Systeme ist stark von der Nutzergruppe abhängig (viel/wenig Nutzer, ältere/jüngere Fahrer u.a.).   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.6 Ein weiterer Effekt bei Systemen der FFU ist die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Strassennetzes.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.7 Bei der Einführung eines FFU-Systems sollen alle Fahrzeuge auf dem Markt damit ausgestattet werden (Ausstattung obligatorisch).                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.8 Bei der Einführung eines FFU-Systems sollen nur Neuwagen ausgestattet werden (Ausstattung der Altwagen nicht obligatorisch).  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.9 Die Forschung in Bezug auf FFU wird vor allem fahrzeugseitige Impulse setzen (ein unterstützender Ausbau der Infrastruktur ist nicht so wichtig).                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung zur Erhöhung der Verkehrssicherheit	Expertenbefragung			
1.10 Die Einführung von Systemen der FFU bedarf zwingend der Umsetzung weiterer Massnahmen, nämlich:	<input type="checkbox"/>	Zusatzschulung		
	<input type="checkbox"/>	tiefere Tempolimiten		
	<input type="checkbox"/>	tiefere Promille-Grenze		
	<input type="checkbox"/>	höhere Bussen		
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			



# Inhaltsverzeichnis

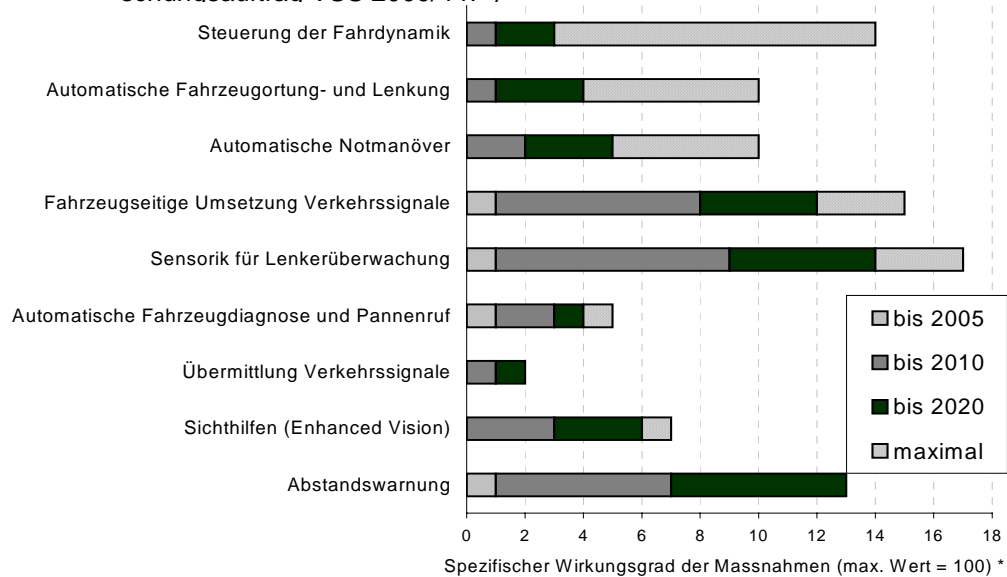
	<b>Seite</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>I</b>
<b>1. Ausgangslage und Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2. Vorgehen</b>	<b>2</b>
<b>3. Begriffe und Gliederung</b>	<b>6</b>
3.1 Ebenen der Fahrzeugführung	6
3.2 Unterstützungsgrad der Assistenzsysteme	7
3.3 Fahrzeugführung als Regelkreislauf	8
<b>4. Grundlagen</b>	<b>10</b>
<b>5. Stand der Forschung und Technik</b>	<b>14</b>
5.1 Warnende und Informierende Systeme	14
5.1.1 Abstandswarnung (inkl. Parkhilfen) und Spurassistent	14
5.1.2 Sichthilfen (Enhanced Vision)	15
Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	18
5.1.3 Automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf	21
5.2 Systeme mit verbindlichen Anweisungen	22
5.2.1 Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)	22
5.2.2 Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	24
5.3 Übernahme von Fahreraufgaben	25
5.3.1 Autonome, stabilisierende Systeme (ABS /ASR /ESP)	25
5.3.2 Automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik	27
5.3.3 Automatische Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen / automatische Notmanöver (Collision avoidance)	30
5.3.4 Automatische Fahrzeugortung und –lenkung auf bestimmten Strecken resp. in speziellen Gebieten oder gesamthaft	32
5.4 Einteilung der Systeme	34
5.4.1 Strassenseitiger- /fahrzeugseitiger Ausbau	34
5.4.2 Wirkungsweise der Systeme – Zeitpunkt der Intervention	35
5.5 Zusammenfassung der primären Wirkungen	36
<b>6. Analyse der Unfalldaten und Potenzialbetrachtung</b>	<b>40</b>
6.1 Generelle Bemerkungen	40
6.2 Unfallanalyse im Rahmen VESIPO	41

6.2.1	Quantifizierung des Rettungspotenzials	41
6.2.2	Resultate Unfall- und Wirkungsanalyse	44
6.3	Einfluss der Lebensdauer des Fahrzeugparks	46
<b>7.</b>	<b>Zwischenbilanz</b>	<b>47</b>
<b>8.</b>	<b>Weitere Effekte der Assistenzsysteme</b>	<b>48</b>
8.1	System- und Interaktionssicherheit	48
8.2	Sekundäre Wirkungen	52
8.2.1	Anpassungsprozesse	52
8.2.2	Kompensatorische Effekte	54
8.2.3	Mensch-Maschinen-Schnittstelle (MMS)	57
8.2.4	Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit	58
8.2.5	Weitere Effekte	59
8.2.6	Wirkungsketten	59
<b>9.</b>	<b>Expertenbefragung</b>	<b>63</b>
9.1	Vorgehen	63
9.2	Fragebogen	63
9.3	Ergebnisse	64
9.3.1	Allgemein	64
9.3.2	Auswertung der allgemeinen Fragen (Teil A)	64
9.3.3	Auswertung der Fragen bezüglich sekundärer Effekte (Teil B)	67
9.3.4	Ergänzende Bemerkungen und Fazit	68
<b>10.</b>	<b>Ausgewählte rechtliche Aspekte</b>	<b>69</b>
<b>11.</b>	<b>Verkehrspsychologische Beurteilung</b>	<b>71</b>
11.1	Einleitende Bemerkungen	71
11.2	Allgemeine Probleme aus psychologischer Sicht	72
11.3	Spezielle Probleme aus psychologischer Sicht	74
<b>12.</b>	<b>Sicherheitspotenziale und Eignungsbewertung CH</b>	<b>78</b>
<b>13.</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>81</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>84</b>
	<b>Abkürzungen und Begriffe</b>	<b>91</b>
	<b>Anhang</b>	
	<b>Fragebogen der Expertenbefragung</b>	

## Zusammenfassung

- Aufgabenstellung* Mit neuen Telematiksystemen, die den Fahrer unterstützen, soll eine bessere Wahrnehmung der unmittelbaren externen Bestimmungsgrössen des Verkehrsablaufs sowie der momentanen Fahrtauglichkeit des Lenkers und damit eine Steigerung der Verkehrssicherheit erreicht werden.
- Die Forschungsarbeit soll einerseits den Entwicklungsstand der fahrzeugführerunterstützenden Systeme dokumentieren, andererseits die möglichen oder tatsächlichen Sicherheitspotenziale in Bezug auf den Strassenverkehr und die Eignung in der Schweiz aufzeigen.
- Vorgehen* Neben der Analyse der Systeme und ihrer primären Wirkungen werden auch allfällige sekundäre Wirkungen ergründet und soweit möglich quantifiziert. Es geht darum, wie Fahrzeuglenker auf den Verlust von Handlungskompetenzen reagieren. Ist statt des erwarteten Sicherheitsgewinns ein Sicherheitsverlust zu erwarten?
- Neben Literaturanalysen erhellen auch theoretische Überlegungen anhand von Wirkungsketten sowie eine Expertenbefragung und ein fachpsychologisches Gutachten die Zusammenhänge.
- fahrzeugführerunterstützende Systeme (FFU-Systeme)* Zu den untersuchten FFU-Systemen gehören
- Warnende und informierende Systeme (Abstandswarnung inkl. Parkhilfen, Spurassistent, Sichthilfen, Übermittlung von Verkehrssignalen, automatische Fahrzeugdiagnose und Pannenanruf)
  - Systeme mit verbindlichen Anweisungen (Lenkerüberwachung, fahrzeugseitige Umsetzung von Signalen und Tempobeschränkungen)
  - Übernahme von Fahreraufgaben (autonome, stabilisierende Systeme, automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik, automatische Fahrzeugsteuerung, automatische Fahrzeugortung und -lenkung)
- Wirkungen der FFU- Systeme* Die einzelnen FFU-Systeme wirken sich mehr oder weniger deutlich auf die Unfallzahlen aus. Für die primäre Wirkung wird gemäss verschiedener Studien ein Ausmass von nahezu 0% bis etwa 30% an Unfallverminderung erwartet.
- Das theoretische Rettungspotenzial, welches oftmals recht gross ist, wird jedoch durch verschiedene Faktoren teilweise deutlich vermindert. Nur ein bedeutend kleinerer Teil der Unfälle wird sich darum letztlich durch die Systeme effektiv vermeiden lassen (tatsächliches Rettungspotenzial). Vor allem bei Systemen mit unverbindlichen Anweisungen oder Informationen können diese vom Fahrzeuglenker ignoriert werden, was die Wirksamkeit zusätzlich reduziert (vgl. Abb. auf der folgenden Seite)

Abbildung: Spezifische Wirksamkeit der FFU-Systeme bzgl. Unfällen (in Anlehnung an die Studie „Rapp, Grundlagen für eine Strassenverkehrspolitik des Bundes, Forschungsauftrag VSS 2000/447“)



#### Sekundäre Wirkungen

Voraussetzung für die Marktauglichkeit der Systeme ist ein fehlerfreies Funktionieren. Die erwarteten primären Sicherheitsgewinne können jedoch aufgrund von Anpassungsprozessen, kompensatorischen Wirkungen oder aber nur teilweiser Marktdurchdringung der Systeme deutlich reduziert werden.

Bei einzelnen Systemen werden neben Sicherheitsaspekten auch zusätzlich positive Wirkungen in Bezug auf die Leistungsfähigkeit des Strassennetzes erwartet.

#### Expertenmeinung

Eine Befragung in- und ausländischer Experten per Fragebogen zeigt, dass für eine erfolgreiche Marktetablierung eine Veränderung der Werthaltung der Fahrzeugführer sowie Komfortvorteile vorausgesetzt werden. Mehrheitlich werden auch sekundäre Effekte wie eine riskantere Fahrweise sowie eine Verminderung der Fahrfertigkeiten erwartet. Neben Zusatzschulungen, die als zwingend angesehen werden, müssen der Umfrage zufolge weitere gesetzliche Grundlagen geschaffen werden.

Nur ein kleiner Teil der Experten ist allerdings der Meinung, dass sekundäre Wirkungen den Sicherheitsgewinn kompensieren könnten. Bezüglich Risikokompensation und Handlungsdelegation werden vor allem in der Einführungsphase neuer Systeme Probleme erwartet. Mehr als 80% der Befragten erwarten jedoch von FFU-Massnahmen selbst bei realistischen Erwartungen einen massgeblichen Sicherheitsgewinn.

\* Der spezifische Wirkungsgrad beschreibt das mögliche Unfallverminderungspotential unter Berücksichtigung von Systemunzuverlässigkeit, Fehlbedienung, Beachtungs- und Verbreitungsgrad

*Weiterer Forschungsbedarf*

In der Schweiz wird vor allem im Bereich der passiven Sicherheit Forschung betrieben. Bezüglich aktiver Sicherheit sollte die Forschungstätigkeit noch intensiviert werden.

Viele FFU-Systeme kommen eben erst auf den Markt oder sind erst in den nächsten Jahren serienreif. Damit werden in zunehmendem Umfang auch weitere Erfahrungen vorliegen. Eine Neubewertung der FFU-Systeme innerhalb der nächsten ca. fünf Jahre ist notwendig.

Neben technischen und psychologischen Aspekten müssen auch die rechtlichen Aspekte noch vertiefter abgeklärt werden, immer in Bezug zur Wirkungsweise der Systeme (Unterstützungsgrad), beispielsweise versicherungsrechtliche Fragen.

Bei einzelnen Systemen zeichnet sich neben Sicherheitswirkungen auch eine Beeinflussung der Streckenkapazität ab. Insbesondere in Bezug zu den verkehrlichen Gegebenheiten in der Schweiz (z.B. Topographie) bestehen hier Forschungslücken, welche geschlossen werden sollten.

*Schlussfolgerungen*

Grundsätzlich bewirken alle aufzeigten Systeme einen mehr oder minder grossen Sicherheitsgewinn – zumindest aus der Sicht der primären Wirkung dieser Systeme. Nur wenige Erfahrungen gibt es allerdings zu den sekundären Effekten. Diese wirken häufig gegenläufig und führen zu einer Reduktion der Verkehrssicherheit, so dass teilweise der Nutzen neutral oder sogar negativ ausfallen kann.

Die Systeme mit dem derzeit höchsten erwarteten Sicherheitspotenzial sind autonome Systeme wie ABS<sup>1</sup> oder ESP<sup>1</sup> und Systeme, welche aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen. Aufgrund der rechtlichen und technischen Randbedingungen aber auch wegen ungenügender Akzeptanz werden insbesondere die letzteren in Bezug auf die nationale Verkehrssicherheitsstrategie als weniger geeignet bewertet (vgl. Abb. auf S. IV).

In naher Zukunft werden sich vor allem Systeme durchsetzen, welche im Fahrzeug integriert sind (autonom agieren) und dem Fahrer einen spürbaren Sicherheits- und Komfortvorteil bieten. Systeme, welche nur Sicherheits- und keine Komfortvorteile bieten, können nur mit verstärkten Mitteln (Enforcement, tiefere Versicherungsprämien, etc.) gefördert werden.

Viele Systeme sind noch im Entwicklungsstadium. Dabei besteht eine grosse Diskrepanz zwischen den Sicherheitseinschätzungen der Hersteller und den zu erwartenden, tatsächlich eintretenden Sicherheitsgewinnen, dies vor allem bei Systemen, welche sich erst in einem frühen Entwicklungsstand befinden und eine umfassende Unterstützung des Fahrzeugführers bieten.

---

<sup>1</sup> ABS = Anti-Blockier-System, ESP = elektronisches Stabilitätsprogramm

**Beurteilung einzelner FFU-Systeme bezüglich Anwendbarkeit in der Schweiz**

FFU-System	erwartetes Sicherheitspotenzial <sup>2</sup>	rechtliche/technische Umsetzbarkeit	erwartete Akzeptanz	Wirksamkeitsbeurteilung bez. Verkehrssicherheitspolitik der Schweiz
Gewichtung	60%	20%	20%	
Abstandswarnung	◆	◆◆◆	◆◆	+ / +++
automatische Abstandshaltung	◆◆	◆	◆◆	++
Einparkhilfen	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / +++ (Komfortsystem)
Sichthilfen	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Totwinkelüberwachung	◆	◆◆ ↑ <sup>3</sup>	◆◆◆	+ / +++ ↑
Objektwarnsystem	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Informationsübermittlung inkl. Stauwarnung (Geschwindigkeit u.a.)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Fz-seitige Umsetzung von Verkehrssign.	◆◆◆	◆	◆	++
automatische Fahrzeugdiagnose	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Sensorik für Lenkerüberwachung	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Anti-Blockier-System (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Bremsassistenten	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
automatische Spurhaltung	◆◆	◆	◆	+ / +++
Spurwechselassistenten	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Kollisionswarnsysteme, ohne direkten Steuerungseingriff	◆	◆	◆◆	+
Notmanöver	◆◆	-	◆	+ / +++
umfassende Fahrzeuglenkung	◆◆◆	-	◆	++

Legende:

◆◆◆	gross / hoch	+++	sehr gut geeignet für den Einsatz in der Schweiz im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie
◆◆	mittel	++	nur mit zusätzlichen Massnahmen geeignet für den Einsatz in der Schweiz resp. weniger wirksam bzgl. Verkehrssicherheit
◆	klein / tief	+	(vorerst) nur bedingt geeignet für den Einsatz in der Schweiz

**Schlussfolgerungen (Forts.)** Aus Schweizer Sicht ist eine aktive Mitwirkung in entsprechenden europäischen und internationalen Gremien, die sich mit Erforschung und Normierung entsprechender Systeme auseinandersetzen, wichtig. Diese können nur greifen, wenn die Umsetzung europaweit geschieht und keine Systemgrenzen bestehen. Insellösungen, der Verzicht auf Standardisierung und die Integration kaum kompatibler Systemelemente werden längerfristig unflexibel, schlecht erweiterbar und damit letztendlich teuer.

<sup>2</sup> Einfluss auf die Gesamtzahl der Unfälle

<sup>3</sup> Neue EU-Richtlinie für LW/Busse fördert entsprechende Systeme, → eventuell bessere Umsetzbarkeit



## Résumé

*Objet de la thèse* Les nouveaux systèmes de télématique développés pour assister le conducteur doivent permettre d'améliorer la perception des conditions immédiates de la circulation, et de vérifier l'aptitude du conducteur à réagir, dans l'instant, de manière adéquate, ce qui doit se traduire par une amélioration de la sécurité routière.

Le travail de recherche a pour objectif de faire le point sur le stade de développement des systèmes d'assistance au conducteur de véhicule, et mettre en lumière les gains de sécurité, potentiels ou avérés, et leur adéquation ou la pertinence de leur mise en oeuvre sur le réseau routier en Suisse.

*Procédure* outre l'analyse des systèmes et de leurs incidences premières, sont également analysées les éventuelles incidences secondaires, avec quantification dans la mesure du possible. La question est de savoir comment réagit un conducteur de véhicule dans le contexte d'un rétrécissement du champ de ses compétences. Faut-il s'attendre à une réduction du niveau de sécurité, plutôt qu'à l'amélioration attendue ?

A côté de l'analyse de la littérature en la matière, les réflexions théoriques fondées sur l'enchaînement des diverses incidences, ainsi qu'une enquête menée auprès d'experts et une expertise réalisée par un psychologue spécialiste du comportement sur route permettent de réunir et assembler bout à bout les composantes de la problématique.

*Aperçu des systèmes d'assistance au conducteur de véhicule*

- Systèmes d'alerte et d'information (régulateur de distance par signal sonore ou acoustique, y compris l'assistance pendant les manoeuvres de stationnement, stabilisateur de trajectoire, aides à la visualisation, et mécanismes automatiques – transmission des signaux routiers, autodiagnostic du véhicule, appel service de dépannage)
- Systèmes à instructions plus contraignantes (surveillance de la vigilance du conducteur, respect des signaux imposés par le véhicule, et limiteur de vitesse)
- Prise en charge des tâches du conducteur (systèmes autonomes de stabilisation, respect automatique de la distance entre véhicules et stabilisateur de trajectoire, commande intégrale de la dynamique de conduite, système de pilotage automatique, localisation automatique et téléguidage du véhicule)

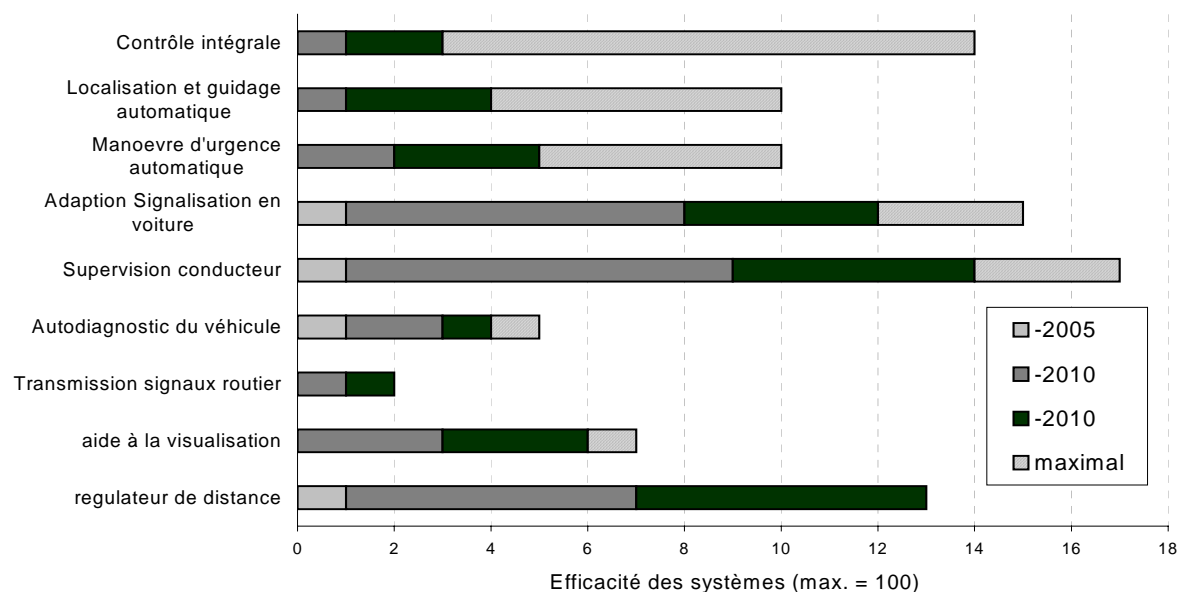
*Incidences des systèmes*

Les différents systèmes d'assistance au conducteur ont une incidence plus ou moins nette sur les chiffres des accidents. Pour l'efficacité première, on table sur une réduction allant de 0% jusqu'à environ 30%, en fonction des études réalisées.

*Incidences des systèmes (suiv.)*

Le potentiel théorique de prévention des accidents, un chiffre souvent assez important, est cependant atténué de manière parfois très sensible, par un certain nombre de facteurs. En fait, tous ces systèmes ne devraient permettre d'éviter qu'une fraction nettement moindre des accidents (= potentiel de prévention réelle). En particulier les systèmes d'alerte et de simple information peuvent être ignorés par le conducteur, ce qui réduit d'autant leur efficacité (voir graphique suivante).

**Efficacité des systèmes d'assistance de conducteur en référence des accidents**



*Incidences secondaires*

La condition pour la diffusion de ces systèmes sur le marché est la fiabilité absolue de fonctionnement. Les gains de sécurité "immédiats" que l'on peut en attendre doivent cependant être relativisés, en raison de l'adaptation progressive du conducteur à leur présence, des réflexes compensatoires, ou tout simplement de la facilité, ou non, à les trouver dans le commerce.

Dans le cas de certains systèmes, outre les aspects de sécurité, on s'attend par ailleurs à d'autres incidences positives, dans le sens d'une meilleure efficacité du réseau routier.

*Opinion des experts*

Une enquête menée auprès d'experts en Suisse et à l'étranger révèle que le succès de ces systèmes sur le marché nécessite une modification de l'opinion des conducteurs à ce propos, et l'apport d'avantages en termes de confort. Dans leur majorité, les experts s'attendent également à des effets secondaires, par exemple, un style de conduite plus risqué, de même qu'une réduction du savoir-faire au volant. A part les formations complémentaires, considérées comme absolument indispensables, le résultat de l'enquête met en lumière la nécessité d'adapter la législation en la matière.

Seule une minorité parmi les experts estime que les incidences secondaires pourraient contrebalancer le gain de sécurité. S'agissant de la compensation du risque et de la tendance du conducteur à déléguer à son véhicule le soin de réagir, les problèmes posés par les nouveaux systèmes ne devraient se manifester que pendant la phase d'introduction. Plus de 80% des personnes interrogées estiment en fait que les systèmes d'assistance devraient se traduire par un gain de sécurité significatif, même en restant réaliste

*Nécessité  
d'approfondir  
la recherche*

En Suisse, la recherche porte surtout dans le domaine de la sécurité passive. S'agissant de la sécurité active, l'activité de recherche devrait être intensifiée.

En fait, l'émergence sur le marché d'un grand nombre de systèmes d'assistance de conducteur est très récente, parfois même il s'agit de systèmes qui ne seront disponibles en série que dans les prochaines années. L'expérience dont on dispose à ce sujet ne fera que croître. C'est pourquoi il est nécessaire de procéder à une réévaluation de ces systèmes dans les cinq prochaines années.

Outre les aspects techniques et psychologiques, il faut également approfondir les aspects juridiques, toujours pour ce qui concerne le mode de fonctionnement de ces systèmes (degré d'assistance), par exemple, les questions d'assurance de responsabilité civile.

Dans le cas de certains systèmes, outre les incidences sur la sécurité, il faut tenir compte de l'incidence des caractéristiques en fonction du parcours. Notamment, du point de vue des réalités de la circulation routière en Suisse (par exemple : topographie), on constate des lacunes dans les travaux de recherche, qu'il convient de combler pour traiter la matière en connaissance de cause.

*Conclusions*

Fondamentalement, tous les systèmes analysés permettent un gain de sécurité plus ou moins important - à tout le moins du point de vue de l'efficacité première ou "immédiate". Peu de données existent à l'heure actuelle sur les incidences secondaires. Il s'agit d'effets allant souvent dans le sens contraire, au point d'annuler le gain de sécurité, voire même d'être contreproductifs.

Les systèmes répondant à l'heure actuelle aux attentes en terme de potentiel de sécurité le plus élevé sont les systèmes autonomes, par exemple les systèmes ABS<sup>4</sup> ou ESP<sup>1</sup> et les systèmes qui interviennent de manière active dans le pilotage (voir graphique à la page suivante).

Ces derniers, en particulier, sont considérés comme moins adéquats, dans le contexte de la politique nationale de sécurité routière, non seulement pour des raisons juridiques et techniques, mais également en raison du faible degré d'acceptance dont ils font l'objet.

---

<sup>4</sup> ABS = Système d'antiblocage des freins, ESP = Programme de stabilisation électronique

### Appréciation des systèmes d'assistance de conducteur en référence de l'applicabilité en Suisse

Système	Potentiel de sécurité prévu	Application juridique et technique	Acceptance prévue	Appréciation d'efficacité en référence de la politique sécurité routière en Suisse
Gewichtung	60%	20%	20%	
Régulateur de distance en veille	◆	◆◆◆	◆◆	+ / ++
Régulateur de distances actif	◆◆	◆	◆◆	++
Assistance au stationnement	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / ++ (système de confort)
Aide à la visualisation	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Détection de l'angle morte	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Système d'avertissement d'objet	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Transmission d'information (avertissement de bouchon, limitation de vitesse et autres)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Adaption de la signalisation routière en voiture.	◆◆◆	◆	◆	++
Autodiagnostic du véhicule	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Supervision automatique du conducteur	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Système antiblocage des freins (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Assistance au freinage	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
Programme de stabilisation électron. (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Stabilisateur de trajectoire automatique	◆◆	◆	◆	+ / ++
Assistance au changement de voie	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Système de pré-collision (alerte)	◆	◆	◆◆	+
Assistance au manoeuvre d'urgence	◆◆	-	◆	+ / ++
Contrôle intégrale de la voiture	◆◆◆	-	◆	++

Explication: ◆◆◆ élevé / haut

◆◆ médian

◆ bas / petit

+++ très bon approprié pour la mise en action en Suisse en référence de la politique sécurité routière en Suisse

++ seulement avec des mesures complémentaires pour la mise en action en Suisse

+ (au moment) seulement partiel approprié pour la mise en action en Suisse

Dans un avenir proche, les systèmes qui s'imposeront sont avant tout ceux qui sont intégrés dans le véhicule (systèmes autonomes) et qui apportent un avantage de sécurité et de confort directement perceptible pour le conducteur. Les systèmes qui n'offrent qu'un supplément de sécurité, sans supplément de confort, ne pourront se faire accepter que par des moyens renforcés (dispositions législatives, réduction des primes d'assurance, etc.).

Beaucoup de systèmes sont encore dans le stade de développement. Il existe un décalage important entre les estimations du gain de sécurité avancé par les fabricants et les gains de sécurité espérés et effectifs, principalement dans le cas des systèmes se trouvant encore dans un stade de développement

précoce et qui ambitionne d'apporter une assistance complète au conducteur de véhicule.

Pour la Suisse, il est important de participer de manière active dans les comités techniques au niveau européen et international, qui se consacrent à la recherche, l'analyse et l'élaboration des normes pour les systèmes en question. L'efficacité de ces systèmes est tributaire d'une mise en oeuvre à l'échelle de l'Europe, sans limitation d'ordre technique. A long terme, les solutions autarciques, fondées sur le renoncement à la standardisation, de même que l'intégration de composants quasi incompatibles, ne peuvent que se révéler peu évolutives, en offrant peu de possibilités d'extension, et finalement revenir plus cher.

## Abstract

*Terms of reference* New telematics systems to assist drivers are intended to achieve better perception of the direct, external determining parameters of traffic flow and the driver's current fitness to drive and, thus, enhance traffic safety.

The research work is intended to document the state of development of driver assistance systems and illustrate the possible or actual safety potentials in relation to road traffic and suitability in Switzerland.

*Procedure* Any secondary effects will be determined and quantified as far as possible, besides analysing the systems and their primary effects. We aim to establish how vehicle drivers respond to a loss of ability to intervene. Can a loss in safety be expected instead of the anticipated gain in safety?

Besides analyses of relevant literature, light is also to be shed on the interrelationships with theoretical considerations on the basis of chains of cause and effect and both a survey of experts and a specialist psychological expertise.

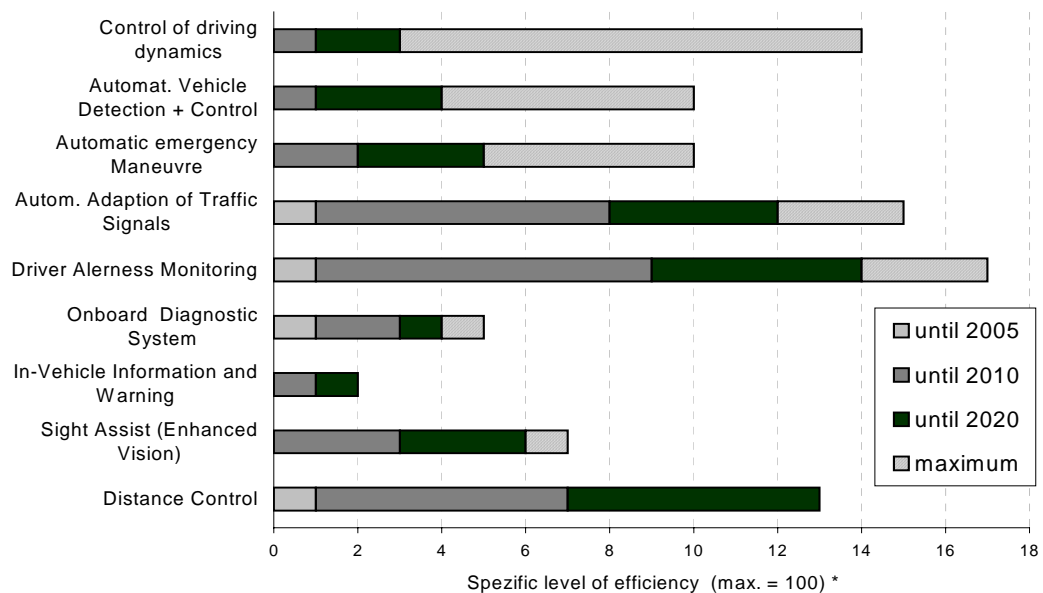
*Driver assistance (DA) systems* The systems include

- Warning and information systems (proximity warning, including parking assistance systems, lane departure warning systems, visibility assistance systems, transmission of traffic signals, automatic vehicle diagnosis and automatic breakdown call transmission)
- Systems with mandatory instructions (driver monitoring, automatic adaptation to traffic signals and speed limits)
- Systems which assume the driver's tasks (autonomous stabilising systems, automatic adaptive cruise control and automatic heading control, comprehensive control of driving dynamics, automatic vehicle control and automatic vehicle detection and guidance)

*Effects of the systems* The individual DA systems have a more or less clear impact on accident figures. On a basis of various studies, a figure of 0 % to around 30 % is anticipated for accident avoidance for the primary effect.

However, the theoretical avoidance potential which is frequently very high is substantially reduced by various factors in some cases. Only a significantly lower share of accidents will ultimately be effectively avoided by these systems as a result of this (actual avoidance potential). In the case of systems with non-mandatory instructions or information in particular, these may be ignored by the vehicle driver, which additionally reduces effectiveness (cf. illustration overleaf).

### Accident reducing effects of driver assistance systems



*Secondary effects* The systems must function error-free in order to be suitable for the market. However, the anticipated primary safety gains may be substantially reduced as the result of adaptation processes, compensatory effects or only partial market penetration.

In the case of individual systems, additional, positive effects in relation to performance of the road network are anticipated besides safety aspects.

*Expert opinion* A survey of experts both at home and abroad conducted with a questionnaire illustrates that successful establishment on the market prerequisites a change in vehicle drivers' values and also convenience advantages. In the majority of cases, secondary effects such as more risky driving style and a reduction in driving skills are also anticipated. Besides additional training courses which are considered to be urgently necessary, the survey indicates that a more extensive legal basis must be created.

Only a few of the experts however are of the opinion that secondary effects could offset the safety gain. Problems are anticipated in respect of risk compensation and delegation of action primarily in the introductory phases of new systems. Over 80 % of those questioned do, however, anticipate a substantial safety gain from DA systems even in the case of realistic expectations.

*Further re-  
search re-  
quired*

Research is underway in Switzerland primarily in the sector of passive safety. Research activities into active safety should be intensified.

Many driver assistance systems are just coming onto the market or will not be sufficiently advanced for introduction on a series basis until a few years time. This will mean that more experience will be available as time goes on. It will be necessary to reassess the driver assistance systems within the next approx. 5 years.

Besides technical and psychological aspects, it will also be necessary to clarify the legal aspects in greater depth, always in relation to the mode of operation of the system (degree of assistance), for example aspects relating to insurance legislation.

In the case of certain systems, there are also signs of an influence on stretch-related capacity, besides safety effects. Certain areas still require research, in particular in relation to the traffic situation in Switzerland (e.g. topography).

*Conclusions*

little experience is available in relation to the secondary effects. These secondary effects frequently act in opposition and lead to a reduction in traffic safety so that, in some cases, the benefit may be either neutral or even negative.

Basically, all systems illustrated result in a safety gain, the extent of which varies from system to system - at least from the point of view of the primary effect of the systems. However, only

The systems with the greatest anticipated safety potential from a contemporary point of view are autonomous systems such as ABS<sup>5</sup> or ESP<sup>1</sup> and systems which actively intervene in vehicle control. The latter in particular are rated as less appropriate in relation to the national traffic safety strategy owing to the legal and technical boundary conditions but also owing to inadequate acceptance.

In the near future, it will primarily be systems which are integrated in the vehicle (which act autonomously) and which offer drivers a perceptible safety and convenience advantage which will gain acceptance. Systems which offer only safety advantages and no convenience advantages can be promoted only by more powerful means (enforcement and lower insurance premiums etc.).

---

<sup>5</sup> ABS = Antilock brake system, ESP = Electronic stability programme

**Evaluation of different driver assistance systems regarding the applicability in Switzerland**

FFU-System	Expected safety potential	Legal / technical feasibility	Expected acceptance	Effectiveness in relation to the swiss traffic safety policy
Weighting factor	60%	20%	20%	
Distance Control (Proximity Warning)	◆	◆◆◆	◆◆	+ / +++
Adaptive Cruise (Distance) Control	◆◆	◆	◆◆	++
Parking Assist	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / +++ (Comfort system)
Enhanced Vision	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Blind Spot Monitoring	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Object Warning System	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
In-Vehicle Information and Warning Systems (speedlimits etc..)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Intelligent Traffic Signal Adaption	◆◆◆	◆	◆	++
Onboard Diagnostic System	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Driver Alertness Monitoring	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Antilock Brake System (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Brake Assist System	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
Electronic Stability Programm (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Heading Control (automatic lane keeping)	◆◆	◆	◆	+ / +++
Lane Departure Assist	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Collision Avoidance System (without Direct Vehicle Control)	◆	◆	◆◆	+
Emergency Manoeuvre	◆◆	-	◆	+ / +++
Automated Highway (fully automatic guidance)	◆◆◆	-	◆	++

Legend:

◆◆◆ high

+++ appropriated for use in switzerland regarding the national traffic safety vision

◆◆ medium

++ additional measures/ actions necessary for use in switzerland

◆ small

+ (current) less suitable for use in switzerland

Many systems are still at the development stage. There is a major discrepancy between the safety assessments of the manufacturers and the anticipated safety gains actually achieved, primarily in the case of systems which are only at an early stage of development and which offer comprehensive assistance to the vehicle driver.

From a Swiss point of view, active participation in corresponding European and international committees dealing with research into and standardisation of corresponding systems is important. These systems can be effective only if they are implemented Europe-wide and only if there are no system limits. Insular solutions, waiving standardisation and the integration of system elements which are not very compatible lead to inflexibility, poor expansibility and, thus, ultimately expense in the long term.



# 1. Ausgangslage und Aufgabenstellung

Das System Mensch-Fahrzeug-Fahrbahn stösst zunehmend an seine Grenzen. Da sind einerseits die immer engeren Grenzen, die einer Anpassung des Strassennetzes an die nach wie vor rasch steigende Nachfrage gesetzt sind. Die Folgen sind übermässig zunehmende Konfliktdichten, häufigere Staus, Unfälle und sinkende Verfügbarkeit vor allem im Bereich der Hochleistungsstrassen. Andererseits sind dem Mensch Grenzen gesetzt, in der Hektik des heutigen Strassenverkehrs und der wachsenden Informations- und Reizdichte im Fahrerumfeld die Übersicht zu bewahren und in Sekundenbruchteilen die richtigen Entscheide zu fällen. Neue Telematiksysteme, die den Fahrer unterstützen, zielen auf eine bessere Wahrnehmung der unmittelbaren externen Bestimmungsgrössen des Verkehrsablaufs sowie der momentanen Fahrtauglichkeit des Lenkers und damit in erster Linie auf eine Steigerung der Verkehrssicherheit.

Zwar konnte die Verkehrssicherheit auf dem Schweizerischen Strassennetz in den letzten Jahrzehnten beträchtlich verbessert werden, doch genügt dies noch nicht. Trotz sorgfältigster Strassenraumgestaltung, Fahrzeugen mit einer immer noch besseren passiven Sicherheit, hochstehender Fahrerausbildung und -nachschulung, situationsbezogener Signalisation und immer rascherer Information ereignen sich immer noch zu viele schwere Unfälle. Angesichts der mit dem Begriff „Vision Zero“ umschriebenen langfristigen Absicht, die Zahl von Toten und Verletzten möglichst nahe an Null anzunähern, sind deshalb immer mehr auch Anstrengungen im Bereich Mensch und Fahrzeug erforderlich, wo Sicherheitsgewinne nur mit hohen Investitionen erzielt werden können oder wo sich trotz heute noch fehlender Voraussetzungen möglicherweise bereits in naher Zukunft grosse Sicherheitsgewinne abzeichnen.

Mit der Forschungsarbeit sollen einerseits der Entwicklungsstand der Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung ausführlich und übersichtlich dokumentiert, andererseits ihre möglichen oder tatsächlichen Sicherheitspotenziale in Bezug auf den schweizerischen Strassenverkehr und damit ihrer Eignung in der Schweiz aufgezeigt werden.

## 2. Vorgehen

Der Forschungsansatz zielt in der ersten Arbeitsphase auf eine Übersicht über den Entwicklungsstand solcher fahrerunterstützenden Systeme. Dabei werden vor allem die Projekte näher betrachtet, die bereits eine gewisse Entwicklungsreife erreicht haben und die aus Sicht potenzieller Anwendungsfelder in der Schweiz besonderes Interesse verdienen. Dabei wird insbesondere auf die zu erwartenden Ergebnisse des UVEK-Projekts VESIPO abgestellt. Die dort zur detaillierteren Prüfung ausgewählten Fahrerassistenz-Systeme stehen im Vordergrund der Arbeiten. Deren Entwicklungsstand wird detailliert dargestellt, ausserdem werden die Effekte auf Informationsverarbeitung und Benutzerverhalten analysiert, die Auswirkungen konkretisiert und der Handlungsbedarf in Bezug auf die Rahmenbedingungen in der Schweiz untersucht.

Um die möglichen oder tatsächlichen Sicherheitspotenziale aufzuzeigen, werden diese fahrerunterstützenden Systeme auf ihre möglichen Sicherheitspotenziale, bereits dokumentierte Wirkungen aber auch ihre Sicherheitsrisiken hin untersucht und beurteilt.

Dabei werden bekannte, theoretisch hergeleitete und vermutete Wirkungen der realen Unfallsituation auf den Schweizer Strassen gegenübergestellt und entsprechende Schlussfolgerungen daraus gezogen. Bei diesen primären Wirkungen wird eine Bilanz zumindest für einen Teil der untersuchten Bereiche möglich sein.

Das oben genannte Projekt VESIPO wird integriert und die weiteren Analysen bauen auf dessen Erkenntnissen auf. Koordiniert wird auch mit dem EU-Projekt GADGET (Guarding Automobile Drivers through Guidance, Education and Technology), von dem der Einteilungsraster der Assistenzsysteme übernommen werden kann, sowie mit der COST Action 352 „Influence of Modern In-Vehicle Information Systems on Road Safety Requirements“ (IVIS), die sich gegenwärtig allerdings erst in der Anfangsphase befindet. Daneben werden weitere aktuelle nationale und internationale Arbeiten zum Thema Fahrzeugführerunterstützung beachtet.

Anspruchsvoller als die Analyse der Systeme und ihrer primären Wirkungen ist die Begründung und allenfalls Quantifizierung sekundärer Wirkungen. Birgt doch die Individualisierung der Verkehrstelematik nicht nur grosse Chancen sondern auch die Gefahr gegenläufiger Entwicklungen in sich. Fragen, die im Vordergrund stehen, sind:

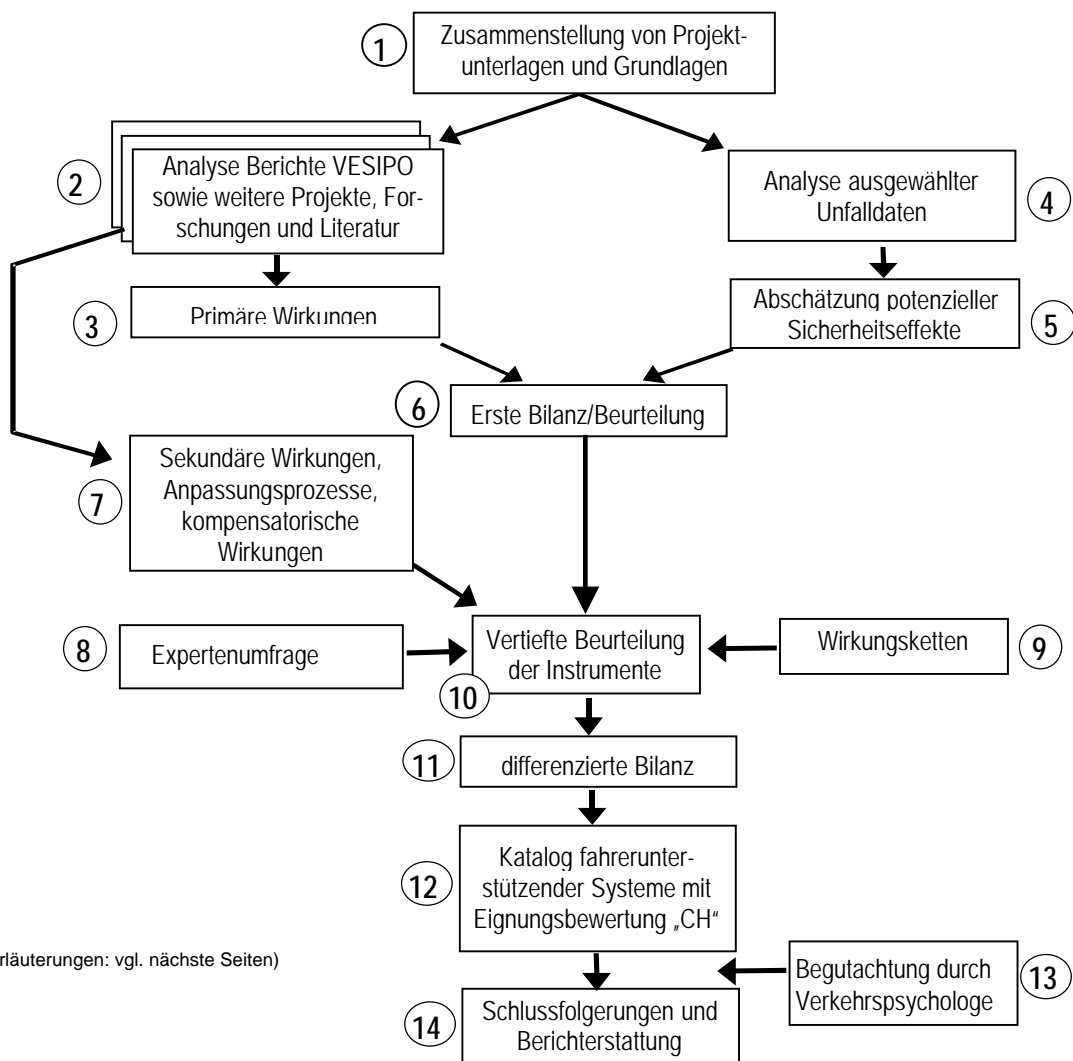
- Wie reagiert der Fahrzeuglenker auf den Verlust von Handlungskompetenzen? Wird seine Aufmerksamkeit resp. seine Fahrfähigkeit dadurch beeinträchtigt und wenn ja, in welchem Grade?
- Wie reagiert der Fahrzeuglenker auf den tatsächlichen oder vermeintlichen Sicherheitsgewinn? Reagiert er mit veränderter Fahrweise? Kommt es zu einer sogenannten Risikokompensation?
- Ist als Folge dieser Prozesse unter Umständen statt des in Aussicht gestellten Sicherheitsgewinns vielmehr ein Sicherheitsverlust zu erwarten?

Für die Beurteilung der Systemwirkungen im Rahmen dieser Arbeit sind schliesslich am Rande auch Aspekte von Bedeutung, die nicht den Fahrer sondern den Betreiber betreffen. Einerseits sind viele der generierten Daten auch für den Strassenbetreiber von Interesse, auch dort unter anderem mit Bezug zur Verkehrssicherheit, andererseits sind Vorleistungen des Betreibers bezüglich Systemkomponenten nötig, die kostenträchtig sind und Fragen der Akzeptanz auf Betreiberseite aufwerfen.

Diesen Fragen und Aspekten wird aufgrund der gefundenen Forschungsergebnisse nachgegangen. Wo noch keine Ergebnisse vorliegen, wird versucht, aus den Meinungen involvierter Verkehrswissenschaftler ein schlüssigeres Bild zu erhalten.

Abschliessend werden die Resultate durch eine separate verkehrspsychologische Beurteilung ergänzt. Damit sollen vor allem die oben angesprochenen sekundären Wirkungen auf eine breitere Erkenntnisbasis gestellt werden.

**Abb. 2.1 Vorgehensplan (schematisiert)**



## Erläuterungen:

1. Unterlagen zu den verschiedenen laufenden und geplanten Fahrerassistenz-Systemen einerseits und zum Unfallgeschehen auf dem schweizerischen Strassennetz andererseits werden zusammengestellt, gesichtet und strukturiert (Kap. 4/5).
2. Der im Mai 2002 herausgegebene Schlussbericht VESIPO [51] mit Teilberichten sowie weitere Unterlagen, Forschungsergebnisse, Literaturangaben, theoretischen Überlegungen, Wirkungsketten, etc. wird analysiert und ausgewertet; dabei geht es auch um eine Analyse und Aufbereitung der Parameter und Mechanismen, mit denen diese Systeme ‚funktionieren‘ resp. auf die sie einwirken (Kap. 5).
3. Die Wirkungen werden beurteilt, gruppiert und soweit wie möglich quantifiziert; vorerst stehen die primären Wirkungen im Vordergrund, die zumeist mit den Entwicklungszielen dieser Systeme identisch sind; neben den Sicherheitseffekten wird bei den Wirkungen auch die Kosten- und Akzeptanzseite beachtet. Bei allen bereits dokumentierten Wirkungen und Aussagen aus dem Ausland wird ganz besonders auch die Übertragbarkeit auf schweizerische Verhältnisse in den Vordergrund gestellt (Kap. 5).
4. Es werden Daten zum Unfallgeschehen auf dem schweizerischen Strassennetz analysiert und gruppiert; es sollen diejenigen Unfalltypen herauskristallisiert und quantifiziert werden, auf die mit Fahrerassistenz-Systemen eingewirkt werden soll und kann (Kap. 6).
5. Davon ausgehend erfolgt eine grobe Abschätzung der potenziellen Sicherheitseffekte in Bezug auf das Unfallgeschehen gesamthaft; dabei muss häufig eine beträchtliche Unsicherheit in Kauf genommen werden; so gibt es beispielsweise keine verlässlichen Zahlen über Unfälle im Zusammenhang mit Müdigkeit oder Einschlafen am Steuer. In diesen Bereichen müssen vorsichtige Schätzungen vorgenommen werden (Kap. 6).
6. Die im Zusammenhang mit der Analyse von Projekten und Forschungen ermittelten Wirkungen werden den entsprechenden spezifischen Unfallkategorien und –mengen gegenübergestellt und eine erste Bilanz zu den möglichen Wirkungen angestellt; nach wie vor geht es vorerst nur um primäre Wirkungen (Kap. 6/7).
7. Die Untersuchung wird jetzt auf mögliche sekundäre Wirkungen ausgeweitet; es geht darum, Aspekte wie den Verlust von Handlungskompetenzen, die Folgen der Gewöhnung auf Aufmerksamkeit und Fahrfähigkeit generell, die Möglichkeit kompensatorischer Reaktionsweisen, etc. näher zu untersuchen. Sind gegenläufige Effekte wahrscheinlich? Hierzu werden spezifische Studien ausgewertet, aber auch eigene Überlegungen angestellt (Kap. 8).
8. Durch eine ergänzende Umfrage wird versucht, die möglichen sekundären Wirkungen mit Hilfe von Expertenmeinungen einzugrenzen; diese erfolgt mittels eines kurzen Fragebogens, der an einen repräsentativen Expertenkreis (ca. 8-10 Experten) im In- und Ausland versandt wird (Kap. 9).

9. Für die Beurteilung der Wirkungen werden zusätzlich auch Wirkungsketten erarbeitet und analysiert (Kap. 8).
10. Diese Unterlagen werden analysiert und ausgewertet. Es wird eine vertiefte Beurteilung der neuen Systeme und der erwarteten sowie der möglichen Wirkungen vorgenommen.
11. Die Bilanz gibt differenziert nach Wirkungsbereichen Auskunft über die wahrscheinlichen, die möglichen und die eher unwahrscheinlichen Wirkungen der verschiedenen Assistenz-Systeme.
12. Es wird ein Katalog erstellt der alle untersuchten Fahrerassistenz-Systeme auflistet, die Wirkungen gemäss Ziffer 11 enthält und eine Eignungsbewertung mit Blick auf den Einsatz in der Schweiz vornimmt. Diese wird einerseits bestimmt vom Ausmass und der Eintrittswahrscheinlichkeit der erwarteten Sicherheitswirkungen, aber auch von den Kosten und von Akzeptanzüberlegungen (vgl. Ziffer 3).
13. Die Resultate bezüglich Sicherheitswirkungen, insbesondere was die sekundären Wirkungen anbelangt, werden durch ein kurzes verkehrspsychologisches Gutachten vertieft (Kap. 11).
14. Die Analysen und Überlegungen münden in Schlussfolgerungen und Vorschlägen, die in diesem Bericht dokumentiert werden.

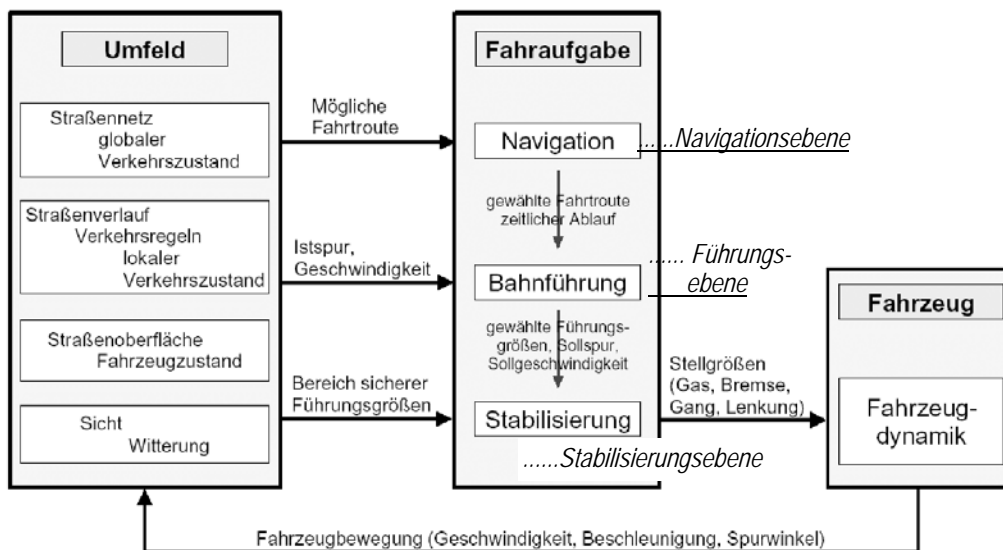
### 3. Begriffe und Gliederung

Eine Gliederung von Fahrerassistenzsystemen kann aufgrund von Bereichen (Ebenen) erfolgen, in denen die zu unterstützende Teilaufgabe der Fahrzeugführung liegt, oder aber durch die Art und den Grad der Assistenz. Nachfolgend werden beide Einteilungen aufgezeigt. Auch auf den Regelkreis Mensch/Fahrzeug/Umwelt wird eingegangen.

#### 3.1 Ebenen der Fahrzeugführung

Bei der Entwicklung von Systemen zur Fahrerunterstützung ist zunächst eine Auseinandersetzung mit der Fahreraufgabe sinnvoll. Eine Einteilung der Fahreraufgabe kann entsprechend dem 3-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung nach Donges [19] erfolgen. Navigations-, Führungs- und Stabilisierungsebene werden von einander unterschieden (Abb. 3.1).

Abb. 3.1 3-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung gemäss Donges [19]



In der Navigationsebene führen Fahrzeuglenker beispielsweise die Routenfestlegung durch. Hier sind verschiedene Routen unter Aspekten wie beispielsweise erwartete Fahrzeit, Fahrtzweck bzw. deren Kombination sowie Wünsche von Mitfahrern zu analysieren und die geeignete Route auszuwählen. Während der Fahrt kann durch äussere Umstände wie zum Beispiel Unfälle die Notwendigkeit bestehen, eine Alternativroute zu wählen.

Die Führungsebene wird dadurch charakterisiert, dass die Fahrtroute umgesetzt wird. Die Fahrweise wird dem wahrgenommenen Strassenverlauf und -zustand, der Witterung usw.

sowie dem umgebenden Verkehr angepasst. Die Führungsebene schliesst damit Teilaufgaben wie Spurhaltung, Folgefahren, Überholen und Reaktion auf Verkehrszeichen ein.

Auf der Stabilisierungsebene werden Zielgrössen des Fahrerwunsches in Bezug auf Quer- und Längsführung in Fahrzeugbewegungen umgesetzt. Fahrzeugseitige Stellgrössen wie Lenkbewegung, Gaspedal, Bremse und Gangstellung werden hier festgelegt. Es findet ein permanenter Abgleich zwischen den Soll- und den Ist-Werten von Geschwindigkeit und Spur statt, um Abweichungen, z.B. aufgrund von Seitenwind oder glatter Fahrbahn, zu korrigieren.

Beim Vergleich der Aktivitäten auf den unterschiedlichen Ebenen der Fahreraufgabe fällt auf, dass die für die Bearbeitung zur Verfügung stehende Zeit der einzelnen Aufgabe von der Navigations- über die Führungs- bis hin zur Stabilisierungsebene immer kürzer wird. Sind es bei der Routenwahl noch mehrere Minuten vor Fahrtbeginn, so sind es auf der Stabilisierungsebene beispielsweise bei Ausweichmanövern nur noch Bruchteile von Sekunden.

### 3.2 Unterstützungsgrad der Assistenzsysteme

Wie Wallentowitz et al. [64] in ihrer Arbeit aufzeigen, können Assistenzsysteme auch aufgrund der Stärke der Unterstützung eingeteilt werden:

- Warnung und Information
- Verbindliche Anweisung
- Korrigierende Eingriffe
- Übernahme der Fahreraufgaben

Informierende Systeme stellen zusätzliche, häufig nicht direkt zu erfassende Informationen über Fahrsituationen, Fahrzeugzustand oder auch Infrastruktur zur Verfügung. Teilweise erfolgt bereits eine Wertung oder Aufbereitung der Information, wodurch häufig eine warnende Funktion des Systems entsteht. Bekannte Beispiele dafür sind die Kontrollleuchten im Armaturenbrett, die Check-Control oder auch die Aussentemperaturanzeige.

Neben der reinen Information und der akustischen oder optischen Warnung kann bei einer Wertung bzw. Aufbereitung der Information auch eine verbindliche Anweisung an die Fahrer erfolgen.

Eine weitere Stufe auf dem Weg zum automatischen Fahren stellen Systeme mit korrigierendem Eingriff dar. Diese Systeme können den automatisch intervenierenden Systemen zugeordnet werden. Sie sollen allfällige Unzulänglichkeiten des Fahrers bei der Fahrzeugführung ausgleichen. Solche Systeme werden bisher nur auf der Ebene der Stabilisierung eingesetzt. Bekannte Systeme sind das Anti-Blockier-System (ABS), die Antriebs-Schlupfregelung (ASR), die aktive Hinterachskinematik (AHK) und die Fahrdynamikregelung (FDR). Diese Systeme dienen dazu, in Grenzsituationen das Fahrzeug wieder zu stabilisieren. Als neueres System

kann auch der Bremsassistent (BA) hierzu gezählt werden, der die Fahrer bei der Auslösung von Vollbremsungen unterstützt.

Die Endstufe des automatischen Fahrens stellt die Übernahme der Fahreraufgabe dar. Der Fahrer hat jetzt nur noch eine rein überwachende Funktion. Die eigentliche Fahrzeugführung wird vom System übernommen. Es können bei dieser Form des automatischen Systems die Längs- und die Querverführung sowie die Kombination aus beiden betrachtet werden.

Bei näherer Untersuchung der Systeme muss als weitere Betrachtungsebene diejenige berücksichtigt werden, auf der die notwendigen Informationen ermittelt werden. Einerseits ist eine fahrzeugautonome Ermittlung möglich, bei der auf Sensoren zurückgegriffen wird, die ihre Informationen umgebungsunabhängig gewinnen (beispielsweise Radarsensoren). Andererseits kann die Information für das jeweilige System über eine externe Infrastruktur oder die Umgebung erhalten oder weitergegeben werden (Navigationssysteme). Eine Kombination fahrzeugautonomer und infrastrukturgestützter Systeme versprechen eine deutlich gesteigerte Leistungsfähigkeit für neue Telematiksysteme. Ein Anwendungsbeispiel solcher integrierter Systeme stellen beispielsweise die „Automated Highways“ (AHS) dar. Die Zielvorstellung geht hier davon aus, dass es in Zukunft möglich sein wird, selbstfahrende Einzelfahrzeuge in einem Verbund zusammenzuschliessen um den Verkehrsraum optimal auszunutzen.

Im Abschnitt Forschung und Technik werden die einzelnen Systeme der Fahrzeugführerunterstützung gemäss Stärke der Assistenz gegliedert. Einzelne Systeme können dabei je nach Ausbildung unterschiedlich stark beeinflussend wirken (von ‚warnend‘ über ‚korrigierend‘ bis hin zur ‚Übernahme der Steuerung‘).

### **3.3 Fahrzeugführung als Regelkreislauf**

Die Fahrzeugführung kann ebenfalls als ein Regelkreis zwischen Mensch, Fahrzeug und Umwelt beschrieben werden (vgl. auch Abb. 3.1). Der Fahrzeugführer<sup>6</sup> (Regler) hat die Aufgabe, den Ist-Kurs des Fahrzeuges mit dem Soll-Kurs zu vergleichen und bei Abweichungen einzugreifen. Das Fahrverhalten bestimmt die Fahrzeugreaktion. Wie in jedem Regelkreis kann ein gewisser Teil der Fahreraufgabe in Form von Steuerung wahrgenommen werden. Je grösser dieser Anteil ist, desto geringer wird die Gefahr des Aufschwings und der damit in Zusammenhang stehenden Resonanzphänomene, welche Instabilitäten und damit zusätzliches Gefahrenpotenzial ergeben.

Wird die Fahreraufgabe als Regelkreis verstanden, wird einerseits sichtbar, wie eminent wichtig die korrekte Information des Lenkers als Regler ist. Dabei steht nicht die Informationsmenge im Vordergrund, sondern deren Qualität. Andererseits wird klar, wo und wie

---

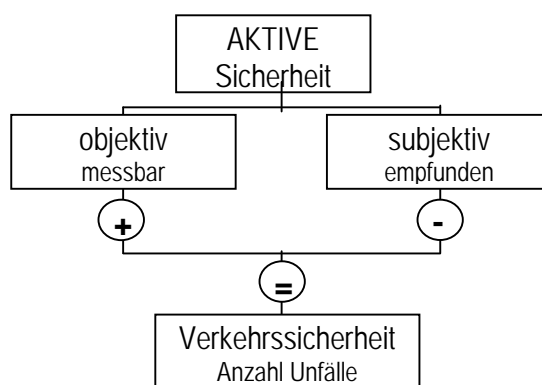
<sup>6</sup> Die in diesem Bericht aus Gründen der besseren Lesbarkeit gewählte männliche Schreibform gilt selbstverständlich für beide Geschlechter



Fahrerassistenzsysteme einzuordnen sind. Diese können mit unterschiedlicher Stärke auf den Regelkreislauf eingreifen (vgl. 3.2) und damit die Fahrzeuglenker in ihrer Aufgabe unterstützen. Der Fahrzeugführer hat somit, abhängig vom Fahrerassistenzsystem, unterschiedlich stark auf den Regelkreis einzuwirken.

Gerster et al. [26] beschreiben, wie der Mensch, der letztlich die Kontrolle über die Fahraufgabe hat, mit dem Risiko umgeht. Das folgende vereinfachtes Modell zur Charakterisierung der aktiven Sicherheit wird der Analyse unterstellt.

**Abb. 3.2 Systematik der aktiven Sicherheit gemäss Gerster et al. [26]**



Das Niveau der objektiven aktiven Sicherheit wird durch die messbare Kraftübertragungsmöglichkeit auf die Fahrbahn und/oder deren Ausnutzungsmöglichkeit definiert. Hierbei handelt es sich um rein fahrzeug- und umweltspezifische Zusammenhänge. Worunter alle, das Fahrverhalten betreffenden Konstruktionsmerkmale sowie die Fahrbahn zu verstehen sind. Assistenzsysteme, welche direkt auf das Fahrzeug einwirken, können die objektive aktive Sicherheit erhöhen.

Das Niveau der subjektiven aktiven Sicherheit wird aus Informationen des Fahrers, respektive dem Informationsaufnahmevermögen gebildet. Es sind dies sämtliche Informationen vor Fahrtantritt und während der Fahrt. Die Informationen können visuell, akustisch oder taktil (fühlbar) sein. Während der Fahrt tragen vor allem informierende und warnende Assistenzsysteme zu einer Erhöhung der subjektiven Sicherheit bei.

Die Wahrscheinlichkeit von Verkehrsunfällen, welche sich aus einer ungenügenden Funktion des Regelkreises Fahrer/Fahrzeug/Umwelt ergeben, hängt vom Verhältnis der objektiven zur subjektiven aktiven Sicherheit ab. Je besser der Mensch das objektiv vorhandene Sicherheitsniveau abschätzen kann, desto kleiner wird das Unfall-Risiko. Weiter beschreiben Gerster et al. [26], dass für eine wirkliche Verbesserung der Verkehrssicherheit nur Massnahmen in Frage kommen, welche die positive Differenz zwischen objektiver und subjektiver (aktiver) Sicherheit vergrössern. In diesem Sinne schlecht sind Einrichtungen und Massnahmen, welche objektiv nicht oder nicht in dem Masse wirken, wie subjektiv empfunden.

## 4. Grundlagen

Systeme, welche den Fahrer bei seiner Fahreraufgabe unterstützen, lassen sich, wie im vorhergehenden Kapitel gezeigt, aufgrund des Grades der Unterstützung klassifizieren. Dabei haben informierende und warnende Systeme mittlerweile bereits einen hohen Entwicklungsstand erreicht und sind schon relativ weit verbreitet. Auch der korrigierende Eingriff durch ABS, ASR, FDR wird inzwischen zunehmend auch für untere Fahrzeugklassen zum Standard. Systeme, die Fahreraufgaben oder Teile davon selbständig bzw. unterstützend übernehmen, befinden sich hingegen noch weitgehend im Forschungs- bzw. Entwicklungsstadium. Das komplett autonome Fahren schliesslich ist noch Gegenstand der Forschung und noch nicht marktreif.

Zahlreiche Forschungsprojekte haben jedoch wichtige Beiträge zur Entwicklung von Teilsystemen der Fahrerassistenz geliefert. So zum Beispiel das Projekt **PROMETHEUS** (Programme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) (vgl. auch [28]). Es ist das grösste und zur Zeit bedeutendste Entwicklungsprojekt im Bereich des Intelligent Vehicle Highway System (IVHS, Intelligentes Fahrzeug/ Strassensystem), welches von elf Fahrzeugherstellern mit dem Ziel gefördert wird, einen intelligenten Copiloten zu entwickeln. Das anspruchsvolle Ziel von PROMETHEUS ist es, bereits erprobte Lösungen zur Verfügung zu stellen. Deshalb soll in diesem Programm auch mit Hilfe von Demonstrationsprojekten (Pilotprojekten) die Einsatzbarkeit der Lösungen demonstriert bzw. erprobt werden. Erwähnenswert sind insbesondere die entwickelten und getesteten Informationssysteme resp. Navigationssysteme. Diese sind im Rahmen des Forschungsprojekts bis fast zur Serienreife entwickelt worden.

Dem Projekt PROMETHEUS sehr ähnlich ist das Projekt **DRIVE** (Dedicated Road Infrastructure for Vehicles in Europe). Der Forschungsschwerpunkt ist hier auf die Strasseninfrastruktur (RTI, Road Transport Informatics) ausgerichtet. Drive wurde erst 1989 gestartet, wobei schon über hundert Unterprojekte bearbeitet wurden und werden. Als Anschlussförderung von PROMETHEUS und DRIVE wurde in Deutschland das Projekt **MOTIV** (Mobilität und Transport im Intermodalen Verkehr) mit dem Ziel eingerichtet, in Teilprojekten die Telematik zur Serienreife und für den Einsatz in der Praxis vorzubereiten.

Das im Jahr 2001 gestartete Forschungsprojekt **INVENT** [69], gefördert vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, befasst sich ebenfalls mit der Thematik der intelligenten Autos und dem intelligenten Verkehrsnetz. 23 Unternehmen aus der Automobil-, Zuliefer-, Elektronik-, Telekommunikations- und IT-Industrie, Logistikdienstleister, Softwarehäuser sowie Forschungsinstitute arbeiten zusammen, um gemeinsam neue Fahrerassistenzsysteme, Informationstechnologien für den Lieferverkehr und Lösungen für ein effizientes Verkehrsmanagement zu entwickeln. Das vierjährige Vorhaben läuft bis 2005.

Die Forschung in der Schweiz widmet sich diesem Thema seit Mitte der 90er Jahre. Ersten Beurteilungen der Wirkungen durch ASIT [3], INFRAS [35] und Jenni + Gottardi [36]/[37] folgt

2002 eine erste vertiefte Bilanz durch Rapp et al. [52]. Dieser zieht im Bericht *Beitrag der Verkehrstelematik zu einer Verkehrssicherheitsstrategie* eine zusammenfassende Bilanz über die verschiedenen Verkehrstelematiksysteme sowie deren Entwicklungsstand. In diesem Bericht, der als Vorstudie den Teilbereich Verkehrstelematik im bereits zitierten Gesamtbericht Verkehrssicherheitspolitik des Bundes (VESIPO) [62] beleuchtet, wird unter anderem auch auf Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung eingegangen. Die Auswirkungen von Strassenverkehrstelematik-Anwendungen auf die Verkehrssicherheit werden entsprechend der Datenlage quantifiziert, wobei auch wichtige Einflussgrößen wie Verbreitungs- und Beachtungsgrad Eingang finden. In einer Detailuntersuchung werden 27 Einzelmassnahmen auf ihre Gesamtwirkung (Systemsicherheit, Bedienerführung und Einfluss auf die Verkehrssicherheit) untersucht. Zur Beurteilung wurde jede Massnahme in einem Raster beschrieben. Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft an der Massnahme ‚Sensorik für Lenkerüberwachung‘ wie bei der Beurteilung vorgegangen wurde:

**Tab. 4.1 Beispiel zur Beurteilung der ‚Sensorik für Lenkerüberwachung‘ gemäss Rapp et al. [52]**

Realisierung, Verbreitungs- und Beachtungsgrad

	Jahr / Grad	Kommentar
Initiierung / Start	2005	Diverse Hersteller und Forschungsanstalten arbeiten an Pilotprojekten, mit praktischen Anwendungen ist aber erst im Verlauf der nächsten Jahre zu rechnen.
Realisierung / Ende	2030	
Verbreitungsgrad 2005	5 %	
Verbreitungsgrad 2010	50 %	Sobald sich die Systeme etabliert haben, kann mit einer schnellen Verbreitung gerechnet werden.
Verbreitungsgrad 2020	80 %	
Beachtungsgrad	100 %	Passive Massnahme, die vom Lenker nicht beeinflusst werden kann.

Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und Begründung

	Abschätzung	Begründung
Wirkungsgrad der Massnahme allgemein	15 %	Die Unfallverhütung verspricht sich von Driver alertness monitoring Systemen eine sehr hohe Wirksamkeit.
Risikominderung infolge Reduktion Exposition	5 %	Wegfahrsperrern führen zu einer spezifischen Reduktion der Exposition.
Risikoerhöhung infolge Human Machine Interface	-	
Verminderung der Wirksamkeit infolge Systemunzuverlässigkeit	10 %	Die Systeme sind so ausgerichtet, dass sie vom Fahrzeuglenker nicht ausgeschaltet oder überlistet werden können.

## Zusammenfassung

	Wirkung und Wirkungsfelder der Massnahme			
	Potenziell möglich	Jahr 2005	Jahr 2010	Jahr 2020
Wirkungsgrad in %	17	1	9	14
Betroffene	Alle Fahrzeuge			
Unfalltypen	Alle Unfalltypen, v.a. nachts			
Strassenart oder Gebiet	Alle Strassen			

Die Resultate dieser Studie wurden im UVEK-Projekt VESIPO [62] verarbeitet, das sich neben vielen anderen sicherheitsrelevanten Massnahmen auch mit Aspekten der Fahrzeugführerunterstützung auseinandersetzt. Unter diesen werden insbesondere die Teilbereiche Sensorik für Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system), Abstandswarnung, Sichthilfen (Enhanced Vision), Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen, automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf sowie Sensorik für Lenkerüberwachung hervorgehoben und entsprechender Forschungsbedarf ausgewiesen. In Bezug auf diese (und andere) Anwendungen wird gefordert:

- I. Detaillierte Darstellung des Entwicklungsstandes einzelner Anwendungen und Untersuchung von primären und sekundären Effekten auf der Ebene der menschlichen Informationsverarbeitung und des Benützerverhaltens (wenn möglich empirisch).
- II. Auf der Basis von Ergebnissen des ersten Bereiches: zuverlässigere Abschätzung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und Erarbeiten von Vorschlägen zur Anpassung einzelner Systeme. Möglicherweise sind Übergangslösungen vorzuschlagen zur Kompensation temporärer Probleme während der Einführungsphase. (Gewisse negative Verhaltensanpassungen sind nur kurzfristig, zum Beispiel bei ABS).
- III. Analyse des Handlungsbedarfs auf der Ebene der technischen Realisierung von Verkehrstelematikanwendungen unter Berücksichtigung der schweizerischen Rahmenbedingungen (Recht, Konsumentenverhalten, Politik, Aufgabenteilung Gemeinde/Kanton/Bund, Abhängigkeit von EU, Finanzierung und andere)

An weiteren Grundlagen sind insbesondere die Arbeiten von Wallentowitz et al. [64] und Hering [31] zu nennen. Wallentowitz befasst sich mit den Sicherheitsaspekten bei Systemen zum automatischen Fahren, während Hering sich mit der Interaktion Mensch-Maschine und den dabei entstehenden verkehrspsychologischen Konsequenzen befasst.

Vertiefende Erkenntnisse zum Thema Sicherheitswirkungen von Überwachungsmaßnahmen, fahrzeuginternen Steuerungsmaßnahmen, Ausbildungsmaßnahmen und technologischer Entwicklung bieten auch die Arbeiten eines europäischen Forscherteams unter dem Arbeitstitel **GADGET** (Guarding Automobile Drivers through Guidance, Education and Technology). Die Liste der Massnahmen reicht von einfachen bis zu high-tech Massnahmen und sie beinhaltet auch Ausbildung sowie rechtliche als auch Überwachungsmaßnahmen. Das Konsortium erfasste die bis dato bekannten Massnahmen, studierte alle verfügbaren Studien und fasste die Ergebnisse in fünf Arbeitsgruppenberichten zusammen, von denen sich jeder auf eine spezifische Gruppe von Verkehrssicherheitsmassnahmen konzentriert - darunter Sicherheitseinrichtungen im Fahrzeug.

Um eine Voraussetzung für eine allgemeine Beurteilung der Massnahmen zu schaffen - die Massnahmen sollten vergleichbar beurteilt werden, und Kosten-Nutzen Rechnungen sind gefragt - wurde ein theoretisches Modell entwickelt, das auf alle Sicherheitsmassnahmen gleichermaßen angewandt werden kann. Der Prozess der Ausbildung von Verhaltensweisen, der Verhaltenssteuerung und der Verhaltensänderung, welcher drei unterschiedlich komplexe Stufen beinhaltet, muss bei der Beurteilung von Sicherheitsmassnahmen beachtet werden. Sicherheitsmassnahmen, denen es gelingt, den Zustand des Fahrers direkt zu beeinflussen, haben eine Chance, ungünstige Nebeneffekte zu vermeiden.

Sobald allerdings eines der klassisch verhaltenssteuernden Elemente wie Reiz, Bewertung und Überzeugung einbezogen ist, müssen auch Rückkoppelungsmechanismen - einfach automatisierte ebenso wie komplexe kognitive<sup>7</sup> - berücksichtigt werden. Aufbauend auf diesen Annahmen zieht GADGET Schlussfolgerungen im Hinblick auf optimale Ausführung von Verkehrssicherheitsmassnahmen und vor allem auch im Hinblick auf sinnvolle Kombinationen von Verkehrssicherheitsmassnahmen.

Eine weitere internationale Forschergruppe hat sich unter dem Namen **COST Action 352** konstituiert, die die Sicherheitswirkungen moderner fahrzeuginterner Informationssysteme untersucht (Arbeitstitel: Influence of Modern In-Vehicle Information Systems on Road Safety Requirements, IVIS). Unter den sechs Mitgliedsstaaten befindet sich auch die Schweiz. Die Arbeiten haben erst begonnen. Resultate liegen noch nicht vor.

---

<sup>7</sup> das Erkennen (Wahrnehmen, Denken) betreffend; verstandesgemäss

## 5. Stand der Forschung und Technik

### 5.1 Warnende und Informierende Systeme

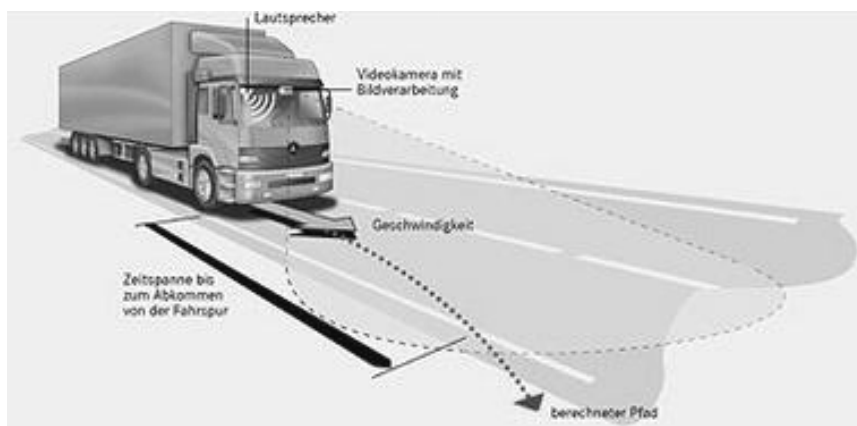
#### 5.1.1 Abstandswarnung (inkl. Parkhilfen) und Spurassistent

##### Beschreibung

Die Abstandswarnung sieht den Einsatz von fahrzeugseitigen Sensoren zur Messung und Anzeige von Abständen zu anderen Fahrzeugen oder Hindernissen vorn, hinten und seitlich vor. Der Fahrzeuglenker wird nur auf die Gefahrensituationen aufmerksam gemacht, es erfolgt aber keine automatische Reaktion auf die Gefahrensituation durch das Fahrzeug (Informations-ACC). Die Warnung wird akustisch aber auch optisch weitergegeben. Ausserdem sind Systeme in Entwicklung, welche bei zu nahem Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug ebenfalls aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen (Adaptive Cruise Control ACC, vgl. Abschnitt 5.3.2).

Speziell für LW und Busse entwickelte Chrysler den Spurassistent (Lane Departure Warning) [17]. Beim System für die Querführung ist eine kleine Kamera hinter der Windschutzscheibe angebracht, welche den Fahrbahnbereich direkt vor dem LW aufnimmt (vgl. Abb. 5.1). Ein Hochleistungsrechner wertet die Bilder aus und analysiert die Position des Fahrzeugs innerhalb der Spur, in dem er sich an den Fahrbahnmarkierungen orientiert. Anhand dieser Information und der Geschwindigkeit berechnet er, ob Gefahr besteht, dass das Fahrzeug die Spur verlässt. Bei kritischen Werten kommt der Warner zum Einsatz: Es ertönt ein Nagelbandrattern – ein Geräusch, wie man es beim Überfahren von Markierungspunkten an Baustellen kennt.

**Abb. 5.1** Spurassistent (Lane Departure Warning) für LW gem. DymlerChrysler [17]



Bei Einparkhilfen (Parkpilot) wird mittels Ultraschalltechnik der Nahbereich überwacht. Beim rückwärts fahren werden in Stosstangen integrierte Ultraschallsensoren aktiviert. Sobald der Fahrer sich einem Hindernis nähert, erhält er eine optische/akustische Warnung. Einzelne Systeme verändern den Warnton, abhängig von der Distanz zwischen Fahrzeug und Hindernis.

### **Primäre Wirkung**

Warnt den Fahrer bei zu nahem Auffahren auf das Vorderfahrzeug. Hindernisse auf der Fahrbahn können ebenfalls angezeigt werden. Dabei können vor allem Auffahrunfälle vermieden werden. Durch Parkassistenten werden vor allem Parkschäden vermieden. Es sollen aber auch Personen (spielende Kinder) erkannt werden und die verfügbaren Parkflächen optimaler genutzt werden können.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Diverse Fahrzeughersteller sind mit der Entwicklung dynamischer Systeme beschäftigt. Mercedes und BMW rüsten Fahrzeuge aus dem höheren Preissegment bereits mit solchen Systemen aus (vgl. ebenfalls Abschnitt 5.3.2). Der Spurassistent von DaimlerChrysler ist seit 2000 auf dem europäischen Markt erhältlich.

Einparkhilfen sind mittlerweile schon weit verbreitet, haben eine hohe Akzeptanz beim Kunden gefunden und gehören in einigen Fahrzeugmodellen bereits zur Serienausstattung. Nicht ausgerüstete Fahrzeuge können ebenfalls problemlos mit einem solchen System nachgerüstet werden.

## **5.1.2 Sichthilfen (Enhanced Vision)**

### **Beschreibung**

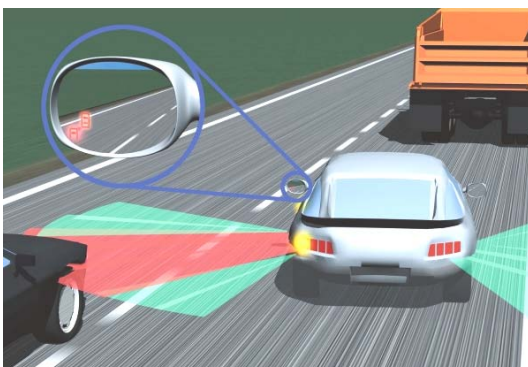
Hinter dem Begriff Adaptive Light Control [15] verbirgt sich eine der Fahrsituation angepasste, variable Scheinwerferlichtverteilung. Durch mitlenkende Scheinwerfer, die bis zu 15 Grad nach rechts oder links schwenken, kann der Fahrbahnverlauf in Kurven besser ausgeleuchtet werden. Gesteuert wird das System über Messgrößen wie Lenkwinkel oder Geschwindigkeit. Zukünftig sollen die Scheinwerfer durch Informationen des GPS-Satellitensystems und digitalisierter Strassenkarten gesteuert werden (vgl. Abb. 5.2). Ebenfalls ist es dann möglich, innerhalb geschlossener Ortschaften mit einem breiten Lichtband die Trottoirbereiche auszuleuchten und ausserhalb mit starkem, gebündeltem Lichtkegel zu fahren. Insbesondere neue Pixelscheinwerfer ermöglichen eine punktgenaue Lichtverteilung. Mikrofeine, steuerbare Spiegel übernehmen die Aufgabe des herkömmlichen Scheinwerferreflektors, dadurch können beispielsweise blendfreie Permanentfernlichter eingesetzt oder Fahrbahnmarkierungen besonders intensiv ausgeleuchtet werden.

**Abb. 5.2 Adaptives Kurvenlicht gemäss BMW [15]**

Ein weiteres System zur Unterstützung der Sicht ist das System Enhanced Vision [70]/[71]. Zwei an der Fahrzeugfront angebrachte Laserscheinwerfer leuchten mit einem für das menschliche Auge unsichtbaren Infrarot-Lichtbündel die Strasse aus. Eine Videokamera nimmt das reflektierte Bild der Strassenszene auf. Über Ermittlung der Wärmestrahlung sowie Bewegung der Objekte können beispielsweise Fussgänger detektiert werden. In der Folge wird eine Schwarz-Weiss-Abbildung erzeugt, welche auf einem Bildschirm direkt im Blickfeld des Fahrers dargestellt oder in einem Head-up-Display auf die Frontscheibe projiziert wird. Zusätzlich kann durch akustische Warnsignale verstärkt auf Fussgänger aufmerksam gemacht werden. Mit diesem System können Autofahrer auch dunkel gekleidete Fussgänger und Radfahrer in grosser Entfernung sicher erkennen. Ebenso werden Hindernisse und der weitere Strassenverlauf auf eine Distanz von etwa 150 Metern sichtbar - ohne dabei den Gegenverkehr zu blenden.

**Abb. 5.3 Night Vision System, gemäss Honda [71]**

Bei Überhol- und Abbiegemanövern hilft das radargestützte Totwinkelüberwachungssystem (Blind Spot Monitoring) Unfälle zu vermeiden.

**Abb. 5.4 Blind Spot Monitoring, gemäss Valeo [78]**



Fahrzeugkomponentenhersteller wie Valeo [78] sind an der Entwicklung von Systemen, welche mittels Sensoren den Bereich seitlich und hinten des Fahrzeugs überwachen. Wenn sich ein überholendes Fahrzeug im überwachten Bereich befindet, wird mittels eines Symbols im Seitenspiegel eine Warnung angezeigt.

Ein weiteres System der Sichthilfen ist das Objektwarnsystem. Bei diesem passiven System werden mittels Infrastruktursensoren Informationen über den Strassenzustand gesammelt. Informationen wie „nasse Fahrbahn“, „Eisglätte“ oder „Unfall hinter der Kurve“ werden dem Fahrzeugführer übermittelt, so dass dieser schon frühzeitig bezüglich auftretender Gefahrenmomente auf dem vorausliegenden Strassenabschnitt gewarnt wird. Möglich ist ebenfalls eine Übermittlung des Fahrzeugumfeldes von Fahrzeug zu Fahrzeug, so dass ein vorausfahrendes Fahrzeug mit seiner Sensorik dem nachfolgenden Fahrzeug wertvolle Informationen bezüglich Verkehrssituation, Strassenzustand, mögliche Hindernisse oder lokale Witterungsbedingungen weitergeben kann (Zapp, K. [67]).

### **Primäre Wirkung**

Diese Systeme tragen bei, Hindernisse und Objekte auf und neben der Fahrbahn oder im toten Winkel frühzeitig erkennbar zu machen und dem Fahrer das Einschätzen der Fahrzeugumgebung zu erleichtern. Kollisionen mit Tieren und Objekten auf der Strasse, Unfälle mit Fussgängern und Radfahrern können dadurch vermindert werden. Enhanced Vision und das Adaptive Light Control können vor allem bei schlechter Sicht (Dunkelheit) eingesetzt werden. Beim Objektwarnsystem können Folgeereignissen (Unfall in Kurve) vermieden werden. Auf das Ereignis zufahrende Fahrzeuge werden gezielt gewarnt.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Das adaptive Kurvenlicht ist schon serienreif. Fahrzeuge der Herstellerfirma BMW im oberen Preissegment sind mit einem solchen System ausgerüstet. In den Vereinigten Staaten werden bereits erste Enhanced Vision Systeme angeboten. Totwinkelüberwachungssysteme werden voraussichtlich ab dem Jahre 2006 serienmässig hergestellt und in Fahrzeuge eingebaut<sup>8</sup>. Das Objektwarnsystem ist hingegen erst in Entwicklung. In Japan werden verstärkt passive Systeme gefördert. Im Gegensatz zum „intelligenten Fahrzeug“ wird hier das Konzept der „intelligenten Strasse“<sup>9</sup> favorisiert. Honda hat, wie oben bereits erwähnt, ebenfalls ein Night Vision System entwickelt, welches Fussgänger detektieren kann und dem Fahrer nicht nur eine verbesserte Sicht sondern ebenfalls die Information bezüglich Fussgängern vermittelt. Erste Fahrzeuge von Honda sollen Ende 2004 mit solchen Systemen ausgerüstet werden.

---

<sup>8</sup> Europäisches Parlament und Rat haben eine neue Richtlinie über Rückspiegel und andere Einrichtungen für indirekte Sicht an Kraftfahrzeugen verabschiedet (2003/97/EG). Mehr Sicherheit durch verbesserte Spiegelsysteme und beschleunigte Einführung neuer Techniken soll erreicht werden.

<sup>9</sup> strassenseitige innovative Verkehrslösungen, die eine in allen Bereichen effektivere und sicherere Nutzung des bestehenden Straßennetzes ermöglichen

## Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen

### Beschreibung

Diese Massnahme sieht die Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen in das Fahrzeug vor. Die optische und akustische Anzeige im Fahrzeug dient ausschliesslich der Information des Fahrzeugführers und die übermittelte Information greift nicht direkt auf das Fahrzeug ein.

Die Übermittlung der Verkehrssignale erfolgt beispielsweise mittels:

- Strassenseitiger Ausrüstung der Verkehrssignale mit Transpondern und Empfängern im Fahrzeug.
- Digitaler Strassenkarten mit Verkehrssignalen und Geschwindigkeitslimiten, Aktualisierung über Digitalradio oder Mobiltelefon,

Der Fahrzeugführer kann bei Überschreiten der zulässigen Geschwindigkeit beispielsweise mit einer optischen Warnung, wie in der nachfolgenden Abbildung gezeigt, informiert werden. Die Höhe der Geschwindigkeitsüberschreitung wird angezeigt. Denkbar wäre auch eine Anzeige der Höhe der zu erwartenden Geschwindigkeitsbusse bei einer Geschwindigkeitskontrolle.

**Abb. 5.5 Informationsübermittlung; Geschwindigkeit, gemäss Pelluet [48]**



Die Übertragung der Verkehrssignal-Daten kann von einer im Strassenraum (d.h. in der Regel neben oder über der Strasse) aufgebauten Funkstation (Abb. 5.6), einer sogenannten Bake während der Vorbeifahrt des Fahrzeuges erfolgen [41]. Im Fahrzeug befindet sich ein Empfangsgerät, welches die Daten aufnimmt. Der Funkstrahl der Bake ist auf einen Kegel gebündelt, welcher so ausgerichtet ist, dass die Daten nur an die in eine vorgegebene Fahrtrichtung fahrenden Fahrzeuge übertragen werden. Diese sogenannten DSRC-Systeme (dedicated short range administration; bidirektionale Funkwellenkommunikation mit einer Frequenz von 5.8 GHz) werden heute hauptsächlich für die Erfassung von Strassengebühren eingesetzt.

**Abb. 5.6 Baken zur Informationsübermittlung gemäss Peugeot [76]**

Systeme mit Videodetektion erfassen die Verkehrssignale und Schilder mittels einer Kamera und werten diese Information aus. Die Farbinformation spielt dabei eine wichtige Rolle. Über Verkehrssignale angezeigte Geschwindigkeitsbeschränkungen haben jedoch den Nachteil, dass die Information nur an einzelnen Punkten verfügbar ist.

Ein von Peugeot [50] in Entwicklung stehendes System sieht vor, dass auf der Fahrbahn aufgetragene Markierungsbalken vom Fahrzeug optisch abgetastet und interpretiert werden. Ähnlich wie beim Strichcode der Warendeklaration kann durch unterschiedliche Abstände von ca. 15 cm breiten Markierungstreifen eine Information beschrieben werden (vgl. Ab. 5.7). Bei vier Balken sind schon 125 unterschiedliche Kombinationen und damit unterschiedliche Informationen codierbar.

**Abb. 5.7 Codemarkierungen zur Informationsübermittlung gemäss Peugeot [76]**

Diese sich bei den Signalisationsquerschnitten befindenden Codemarkierungen können bedeutend einfacher gelesen (Videodetektion) und interpretiert werden als die strassenseitigen Signaltafeln. Dem Fahrer kann nachfolgend mittels Anzeigen von Piktogrammen, Warnleuchten oder aber auch akustischen oder taktilen Warnungen (Vibration des Gaspedals u.a.) zu-

sätzliche Information zur Verfügung gestellt werden. Für die Umsetzung dieses Assistenzsystems bedarf es allerdings strassenseitig grösserer Zusatzaufwendungen.

Anders als bei den vorher genannten Systemen basieren **autonome Systeme** auf einer Navigationseinrichtung im Fahrzeug, welche die Fahrzeugposition im Bezug auf vorgegebene Strassendaten fortlaufend bestimmt. Permanente oder temporäre Verkehrssignalinformationen können auf einem Datenträger im Fahrzeug vorgehalten werden, so dass durch Abgleich der örtlichen Gültigkeit mit der aktuellen Fahrzeugposition die Informationen zur Verfügung gestellt werden. Weitere Informationen können über eine mobile Datenübertragung (GSM/UMTS) in das Fahrzeug übertragen werden.

### **Primäre Wirkung**

Die Übermittlung der Verkehrssignale zum Fahrzeug kann zuverlässig ausgeführt werden. Die Wahrnehmung des Fahrzeugführers wird nicht durch Verschmutzung, schlechte Sichtbedingungen u.a. beeinträchtigt. Zusätzlich können ergänzende Informationen zur Verfügung gestellt werden, wie eine Anzeige/Warnung bei nicht vorschriftsgemässer Fahrt. Geschwindigkeitsübertretungen sowie andere signalisierte Gefahrensituationen können bewusst gemacht werden.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Ein vom Swedish National Road Administration (SNRA) initiiertes Grossversuch [72]/[74] hat gezeigt, dass die fahrzeugseitige Übermittlung von Geschwindigkeitssignalen (inkl. Warnung beim Übertreten der Tempolimiten) auf eine beträchtliche Akzeptanz bei der Bevölkerung trifft. In vier Städten in Schweden (Umea, Borlänge, Lidköping und Lund) wurden versuchsweise 5'000 Fahrzeuge mit dem System „Intelligent Speed Adaptation“ (ISA) ausgerüstet. Von den 40'000 Testpersonen befürworteten 60 – 70% ein derartiges System. Aufgrund der Versuchsergebnisse kann erwartet werden, dass durch eine konsequente Einführung dieses Systems 20-25% weniger Verletzte zu erwarten sind. In Holland wurden ebenfalls solche Versuche durchgeführt.

Das Forschungsprojekt INVENT befasst sich ebenfalls mit der Entwicklung von Assistenzsystemen, welche vor Rotüberfahrten warnen und schützen. Es kann erwartet werden, dass bis ins Jahr 2005 erste Systeme mit Geschwindigkeitssignalübermittlung auf dem Markt sein werden. Diese sollen jedoch vorerst aus Komfortgründen eingesetzt werden. Bei der Entwicklung solcher Systeme bereiten vor allem die Schnittstellen Probleme. Um eine flächendeckende Realisierung garantieren zu können, müssen grosse Investitionen getätigt werden.

Eine Forschungsarbeit von Matthews und Mühlethaler (ASIT) [41] kommt zum Schluss, dass mittels Elektronik ins Fahrzeug übermittelten Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen ein wesentlicher Beitrag zur Verminderung der Verkehrsoffer geleistet werden kann.

Die grösste diesbezügliche Wirkung lasse sich von Systemen im Fahrzeug erzielen, die in Verbindung mit von aussen übertragenen Daten das Fahrverhalten beeinflussen. Auch wenn der Nutzen elektronischer Verkehrssignale noch nicht abschliessend beurteilt werden kann, zeichnet sich doch ein beträchtliches Anwendungspotenzial ab, wobei die erwarteten positiven Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit besonders hervorzuheben sind. Zu klären sind allerdings noch eine Reihe rechtlicher Fragen, insbesondere die der Haftung (vgl. Kap. 10).

### **5.1.3 Automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf**

#### **Beschreibung**

Schon heute rufen die Werkstätten für neuere Fahrzeugtypen mit sogenannten „Scantools“ über eine Kabelverbindung Daten der Fahrzeugdiagnose ab. In den USA wurde für Fahrzeuge ab Baujahr 1996 und in der EU für alle Fahrzeuge mit Otto-Motor ab Baujahr 2000 ein Onboard-Diagnostic-System (OBD) eingeführt. Neben der permanenten Überwachung des Emissionsverhaltens und damit einer Überwachung der wesentlichen Motor-Parameter liefert dieses Computersysteme eine Diagnose-Schnittstelle zur einfachen Bestimmung von fehlerhaften Aggregaten und Sensoren. Der nächste Schritt besteht in der Verwendung mobiler Datenübertragung, die auch eine Ferndiagnose möglich macht. Da die Funktionsmerkmale und Leistungsfähigkeit von Fahrzeugen immer mehr durch Software bestimmt werden, ist dann auch möglich, mit der Übertragung angepasster Software in das Fahrzeug Pannen zu beheben und die Fahrzeugeigenschaften zu verändern.

Einfachere Systeme beschränken sich auf den Einsatz von fahrzeugseitiger Ausrüstung und Sensoren für die Fahrzeugüberwachung (inkl. Reifen, Bremsen) und automatischer resp. frühzeitiger Anzeige von Abweichungen.

#### **Primäre Wirkung**

Die direkte Auswirkung auf das Unfallgeschehen kann als relativ klein eingestuft werden. Auf Schweizer Strassen befinden sich heute zwar Fahrzeuge mit sehr hohem Sicherheitsstandard und grosser Systemausfallsicherheit, zunehmende Nachlässigkeit und Sparmassnahmen wirken sich jedoch negativ aus. Systeme, welche bei einem Unfall einen automatischen Notruf auslösen, können bezüglich Sicherheit ebenfalls einen positiven Effekt erzeugen.

#### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Nebst den Überwachungssystemen, die schon heute zur Standardausrüstung der meisten Fahrzeugen gehört, werden komplexere Systeme zur Fahrzeugüberwachung und Datenübermittlung vermehrt Einzug halten. Insbesondere seitens des Transportgewerbes besteht eine grosse Nachfrage nach Hilfsmitteln in diesem Bereich.

## 5.2 Systeme mit verbindlichen Anweisungen

### 5.2.1 Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)

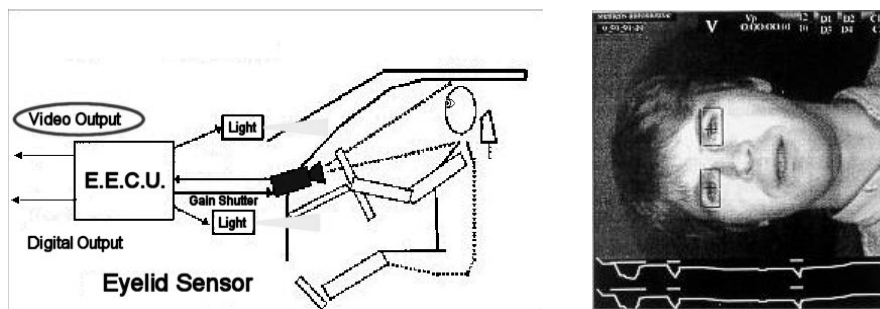
#### Beschreibung

Diese Massnahme sieht den Einsatz von fahrzeugseitiger Ausrüstung und Sensoren zur Beurteilung der Fahrtüchtigkeit des Fahrzeuglenkers vor [23]/[32]. Abweichungen vom Normalzustand werden signalisiert oder können gegebenenfalls auch zur Blockierung des Zündschlosses vor der Abfahrt oder zu kontrolliertem Anhalten führen. Weniger restriktive Systeme sehen nur eine Warnung ohne verbindliche Anweisungen vor (Ausströmen von Duft, Stop- and Go-Betrieb der Radiomusik, sprachliche, optische und haptische<sup>10</sup> Warnungen).

Die Beurteilung erfolgt beispielsweise mittels:

- Profil der Lenkkorrekturen, laterale Position des Fahrzeugs (Müdigkeit, Alkohol, etc.)
- Messung Augentätigkeit: die Frequenz und Geschwindigkeit der Lidschläge, der Öffnungsgrad der Augenlider sowie die Blickrichtung werden mittels Infrarotkameras überprüft (Müdigkeit, Drogen)
- Analyse der Atemluft (Alkohol)
- Sensor im Lenkrad, welcher misst, wie kräftig es die Hände umgreifen.

**Abb. 5.8 Schematische Ansicht des Lidschlusssensors und des Videobildes, Roskam et al. [53]**



#### Primäre Wirkung

Die Unfallverhütung verspricht sich von Driver alertness monitoring Systemen eine sehr hohe Wirksamkeit. Wegfahrsperrern, kontrolliertes Anhalten und Warneinrichtungen sobald die Fahrtüchtigkeit nicht mehr garantiert ist, stellen ein wirksames Mittel zur Verhinderung von Unfällen dar.

<sup>10</sup> den Tastsinn betreffend

Eine Bewertung von Müdigkeitswarnsystemen wurde im Rahmen des EU-Projekts ADVISORS<sup>11</sup> auf der Grundlage von Expertenbefragungen, Untersuchungen im Fahrsimulator und Literaturanalyse durchgeführt. Gemäss Gelau [25] kommt das ADVISOR-Konsortium zum Ergebnis, dass die Ausgestaltung der Fahrzeugflotte im gewerblichen Bereich zu einer Reduzierung der Unfallhäufigkeit um ca. 4% und zu einer Reduktion der Zahl der Getöteten und Verletzten um ca. 10-15% beitragen könne. Dabei handelt es sich um ein reines Warnsystem. Das im Rahmen der EU-Forschung durchgeführte Projekt SAVE<sup>12</sup> kommt zum Ergebnis, dass ca. 30% aller Unfälle durch Beeinträchtigungen der Fahrtüchtigkeit verursacht werden.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Die Systeme sind so ausgerichtet, dass sie vom Fahrzeuglenker nicht ausgeschaltet oder überlistet werden können. Es bedarf aber in jedem Fall einer sehr ausgeklügelten und empfindlichen Technik. Die Kombination mehrerer Sensoren erhöht die Wirksamkeit. Fahrzeughersteller tendieren eher dazu, die Aufmerksamkeits-Assistenz als Warnsystem zu entwickeln. Der Fahrer wird frühzeitig gewarnt, wenn seine Aufmerksamkeit abnimmt. Dabei soll er jedoch nicht entmündigt werden.

Die Ergebnisse der Befragung der Teilnehmer eines durchgeführten Simulatorexperiments (Universität Groningen, NL) mit dem im EU-Projekt SAVE entwickelten Prototypen eines Müdigkeitswarnsystems deuten auf eine hohe Akzeptanz des Systems hin. Dessen Nützlichkeit wurde insbesondere für Fahrten auf Ausserortsstrassen und auf Autobahnen als besonders hoch bewertet.

Mit praktischen Anwendungen ist erst im Verlauf der nächsten Jahre zu rechnen. Nach den Ergebnissen von ADVISORS kann im gewerblichen Verkehr, insbesondere in Lastwagen, erst ab 2006 mit der Existenz von Müdigkeitswarnsystemen gerechnet werden. Entsprechend werden Systeme mit verbindlichen Anweisungen kaum früher auf dem Markt sein. Im europäischen Forschungsprojekt „Awake“, an welchem die Automobilhersteller Daimler-Chrysler, Volvo und Fiat beteiligt sind, entwickeln Wissenschaftler des Stuttgarter Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) ein Müdigkeitswarnsystem. In zehn Jahren, so glauben die Forscher, könnte diese Technik zur Standardausrüstung in deutschen Autos gehören (Stabaty, M. [55]).

In den USA werden Systeme zur Überwachung des Alkoholkonsums bei Fahrzeugführern mit einer Verurteilung wegen Alkohol am Steuer schon länger eingesetzt. Ihre Verbreitung in anderen Ländern hängt weitgehend von rechtlichen Vorgaben ab. Saab testet zurzeit in Schweden einen Autoschlüssel mit integriertem Alkoholtester: Bevor man den Schlüssel in die Zündung steckt, bläst man in ein Mundstück. Wenn der Alkoholpegel zu hoch ist, leuchtet ein rotes

---

<sup>11</sup> Action for advanced Driver assistance and Vehicle control systems Implementation, Standardisation and Optimum use for Road network and Safety [73]

<sup>12</sup> System for effective Assessment of the driver state and Vehicle control in Emergency situations

Lämpchen auf und der Wagen lässt sich nicht mehr starten. Probleme ergeben sich bei der Fälschungssicherheit, so könnte ein betrunkenen Fahrer einen nüchternen Freund in das Röhrchen blasen lassen. Daher müsste der "Alcokey" mit einem System zur Personenidentifizierung kombiniert werden, was das Gerät wiederum teuer machen würde.

Neben den FFU-Systemen, welche präventiv wirken könnten auch beweissichernde Systeme zur Anwendung kommen. So würden Aufzeichnungsgeräte (digitale Fahrtenschreiber, ähnlich wie in der Aviatik verwendet) Fahrparameter wie Geschwindigkeit, Beschleunigung oder Radstellung u.a. speichern, welche dann helfen, die Unfallursachen abzuklären. Neben den versicherungstechnischen Vorteilen werden jedoch auch Datenschutzüberlegungen einzubeziehen sein (Aufzeichnung nur der letzten 30 Fahrsekunden). Bei flächendeckender Umsetzung könnten die Versicherungen bei unangepasstem Fahrverhalten den Versicherungsschutz verweigern. Was sich dann ebenfalls auf das Fahrverhalten sowie positiv auf die Unfallhäufigkeit auswirken kann. Solche Systeme treffen bei der schweizer Bevölkerung auf keine grosse Akzeptanz. So äussern sich in einer aktuellen Meinungsumfrage des bfu nur 39% positiv bezüglich Fahrtenschreibern, welche die momentane Geschwindigkeit festhalten [6].

## **5.2.2 Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen**

### **Beschreibung**

Die Übermittlung der Verkehrssignale erfolgt wie in Abschnitt 0 beschrieben. Es erfolgt aber eine fahrzeugseitige Umsetzung der übermittelten Information, wobei unterschieden werden muss zwischen:

- Komfortsystemen (z.B. intelligenter Tempomat), die vom Fahrer ausgeschaltet werden können.
- Zwangsweiser Fahrzeugbeeinflussung; das System passt die Fahrzeuggeschwindigkeit auf die Höchstgeschwindigkeit des gerade befahrenen Strassenstückes an. Diese Systeme werden auch als Intelligent Speed Adaptation (ISA) bezeichnet.

### **Primäre Wirkung**

Überschreitungen von Tempolimiten und Missachtung signalisierter Gefahren sowie damit zusammenhängende Unfälle können reduziert werden. Vor allem innerorts in Kombination mit verschärften Geschwindigkeitsbegrenzungen (z.B. Tempo 30-Zonen) ist mit einer gewissen Wirkung zu rechnen. Solche Systeme haben keinen Einfluss auf unangepasste Geschwindigkeit innerhalb der Tempolimiten (bzgl. reduziertem Fahrvermögen infolge Alkohol, Drogen usw. sowie bzgl. Linienführung, Strassen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen usw.), wo hingegen autonome, stabilisierende Systeme noch eingreifen können (vgl. Kap. 5.3). Weitaus kom-



plexer wären jedoch Systeme welche nicht nur die gesetzlichen Tempo-Limiten sondern auch der Witterung angepasste Geschwindigkeit vorschlagen. Infrastruktureitig wären entsprechende Witterungs- und Strassenzustandssensoren nötig, verknüpft mit einer entsprechenden Datenaufbereitung und -übermittlung. Ebenfalls verspricht man sich von solchen Systemen, dass eine Homogenisierung des Verkehrsflusses eintritt, da die Fahrzeuggeschwindigkeiten einander angeglichen werden.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Erste Pilotversuche wurden bereits realisiert (z.B. in Lund, Schweden, und in Tilburg, Holland). Es ist zu erwarten, dass intelligente Tempomate vor allem bei Fahrzeugen aus den höheren Preissegmenten verbreitet auf den Markt kommen. Es bedarf jedoch eines fahrzeugseitigen Entwicklungsschritts (Signalerkennung), oder aber es muss ein Informationssystem für die Übermittlung von Verkehrssignalen zur Verfügung stehen. Es ist nicht zu erwarten, dass vor dem Jahr 2005 solche Systeme für Fahrzeuge flächendeckend angeboten werden.

Ein Vorteil dieses Systems werden Einsparungen bei der Strasseninfrastruktur sein. Aufwendige Bauwerke (Schwellen etc.) zur Reduktion und Begrenzung der Geschwindigkeit sind dann nicht mehr nötig.

## **5.3 Übernahme von Fahreraufgaben**

### **5.3.1 Autonome, stabilisierende Systeme (ABS /ASR /ESP)**

#### **Beschreibung**

Vom Fahrer bestimmte Fahrmanöver können durch automatisch intervenierende Systeme unterstützt werden, um die Fahrzeugstabilisierung zu garantieren. Das älteste dieser Systeme ist das **Anti-Blockier-System (ABS)**. Durch die Regelung des Bremsdrucks in den Radbremszylindern wird beim ABS der Bremsschlupf zwischen Reifen und Fahrbahn begrenzt. Dadurch blockieren die Ränder bei Bremsmanövern nicht und die Manövrierfähigkeit des Fahrzeugs wird beibehalten. Im Zusammenhang mit der Leistungsfähigkeit moderner Bremsanlagen hat sich gezeigt, dass der Fahrer die Schwachstelle im System bildet. Eine Betätigung des Bremspedals mit zu geringer Kraft führt zu nicht ausreichender Bremswirkung. Um dies zu vermeiden, wurde der **Bremsassistent (BA)** entwickelt. Bei Auslösung des Systems (Notbremsung) wird der Bremsdruck auf das mögliche Maximum erhöht, so dass der Bremsweg verkürzt wird. Auf Basis der ABS-Technik wurde die **Antriebsschlupfregelung (ASR)**, die das Spiel der Längskräfte auch beim Beschleunigen regelt, entwickelt. Über Raddrehzahlsensoren wird der Schlupf gemessen und falls nötig die Antriebsleistung reduziert.

Das auf den Komponenten ABS und ASR aufgebaute elektronische Stabilitätsprogramm (**ESP**) verbessert darüberhinaus die Kontrolle über querdynamische Fahrzeugbewegungen. Dieses System steuert die komplette Fahrzeugdynamik (Längs- und Querrichtung) bei kritischen Situationen, unabhängig vom Fahrer. Indem ESP sämtliche fahrzeugrelevanten Daten (Geschwindigkeit Beschleunigung, Verzögerung u.a.) kennt, den Input des Fahrers misst (Lenkwinkel, Gaspedal, Bremspedal) und mit dem gemessenen Verhalten des Fahrzeugs vergleicht (Querbewegung, Gierwinkel<sup>13</sup>, Radgeschwindigkeit), bremst ESP die Räder individuell, reduziert die Motorleistung und verbessert so die Stabilität und Kontrollierbarkeit des Fahrzeugs.

### **Primäre Wirkung**

Durch das ABS-System wird die Steuerfähigkeit bei Bremsmanövern verbessert. Nach Ausführung von Evans [20], der in einer Forschungsstudie Fahrzeuge von General Motors mit und ohne ABS vergleicht, können vor allem Auffahrunfälle bei nasser Strasse verhindert werden (um ca. 30%). Vor allem bei unangepasster Geschwindigkeit an schwierige äussere Bedingungen wie Eisglätte, schneebedeckte Strassen usw. verhindert das ASR-System, dass die Kontrolle über das Fahrzeug verloren geht. Bei diesen Strassenbedingungen können gemäss Braess [8] ca. 5% der Unfälle verhindert werden. Bei normalen Strassenbedingungen sind es noch 0.4% der Unfälle. Das ESP-System korrigiert sowohl Fahrfehler als auch Schleuderbewegungen, die durch Glätte, Nässe, Rrollsplitt oder andere widrige Fahrbahnzustände verursacht werden. Durch die gezielten Bremsimpulse wird eine Rotation des Fahrzeugs um die Hochachse verhindert und das Fahrzeug steuerbar gehalten. Gemäss ersten Analysen der Unfalldaten des statistischen Bundesamts in Deutschland lässt sich der Anteil Fahrunfälle bei Personenwagen mit ESP um über 30% verringern (37% der tödlichen Unfälle in Deutschland im Jahr 2002 geschahen bei Kollisionen mit Objekten ausserhalb des Strassenraums). In der gebirgigen Schweiz dürfte der Effekt noch stärker sein.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Das ABS-System stellt in heutigen Fahrzeugen bereits beinahe Ausstattungsstandard dar. Seit 1. Juli 2004 sind alle in Europa verkauften Neuwagen serienmässig mit dem System ausgerüstet. Auch der Bremsassistent sowie die Antriebsschlupfregelung gehören mittlerweile zur Serienausstattung von Fahrzeugen des oberen Preissegments. Seit 1995 ist ebenfalls die erste Generation des ESP-Systems auf dem europäischen Markt. Bei DaimlerChrysler wird heute das System serienmässig bei allen Fahrzeugen eingebaut. So konnte auch aus vergleichenden Unfallanalysen an Fahrzeugen mit und ohne ESP aufgezeigt werden, dass der Einsatz des Assistenzsystems zu einer signifikanten Erhöhung der aktiven Sicherheit führt. Das System steht ebenfalls bei Nutzfahrzeugen zur Verfügung. So kann bei diesen mit Aufliegern oder Anhängern auch der sogenannte Klappmessereffekt verhindert werden.

---

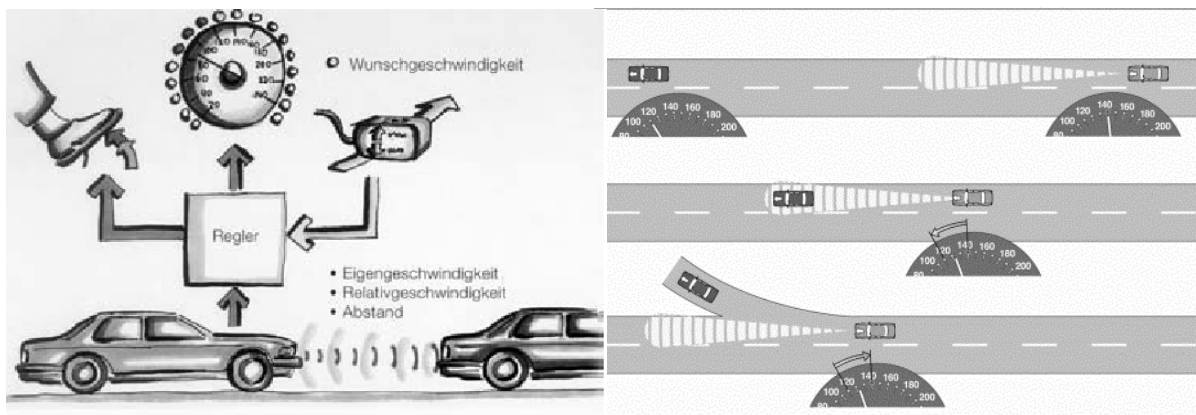
<sup>13</sup> Gierwinkel = Drehbewegung des Fahrzeugs um die Vertikalachse

### 5.3.2 Automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik

#### Beschreibung

Eines der vielversprechendsten Systeme, das aus dem Forschungsprojekt PROMETHEUS hervorgegangen ist, ist das sog. Adaptive Cruise Control (ACC). Dieser übernimmt, gegenüber einem herkömmlichen Tempomaten, die längsdynamische Steuerung des Fahrzeugs. Die ACC-Systeme erweitern die Funktion des Abstandswarners (vgl. 5.1.1) um einen längsdynamischen Eingriff, indem sie sowohl Gas als auch Bremse automatisch betätigen. Abstand und Differenzgeschwindigkeit können grundsätzlich auf drei Arten ermittelt werden. Mit einem Radarsensor, einem Lidarsensor<sup>14</sup> oder mittels Bildverarbeitung. Derzeit findet der Radarsensor aufgrund seiner Vorteile (z.B. geringe Verschmutzungsempfindlichkeit, Mehrzielfähigkeit) Einsatz bei den Seriensystemen. Aufgrund des eingeschränkten Sensorsichtfeldes, das sich auf ein vorausfahrendes Fahrzeug in der eigenen Fahrspur konzentriert, sind heutige Systeme für den Einsatz auf Autobahnen und autobahnähnlichen Landstrassen ausgelegt (Geschwindigkeitsbereich 30 – 180 km/h). Eine sehr schmale Radarkeule tastet den Raum vor dem Fahrzeug ab, um den Abstand zu den vorausfahrenden Fahrzeugen zu ermitteln.

Abb. 5.9 System Adaptive Cruise Control (ACC) gemäss Totzke et al. [57]



Diese Systeme vom Hersteller als ‚Komfortsystem‘ bezeichnet (statt ‚Sicherheitssystem‘) verzögern (meist mit einem Viertel der maximalen Bremsleistung) und beschleunigen und schalten sich zudem bei langsamen Geschwindigkeiten ab. Reicht die von der ACC geleistete Verzögerung nicht aus, weil zum Beispiel ein Auto plötzlich einschert, fordert ACC den Fahrer durch akustische Signale auf, selbst zusätzlich zu bremsen. Grundsätzlich kann der Fahrer, nur schon aus rechtlichen Erwägungen, die vorgeschlagenen Brems- und Beschleunigungsvorgänge jederzeit übersteuern.

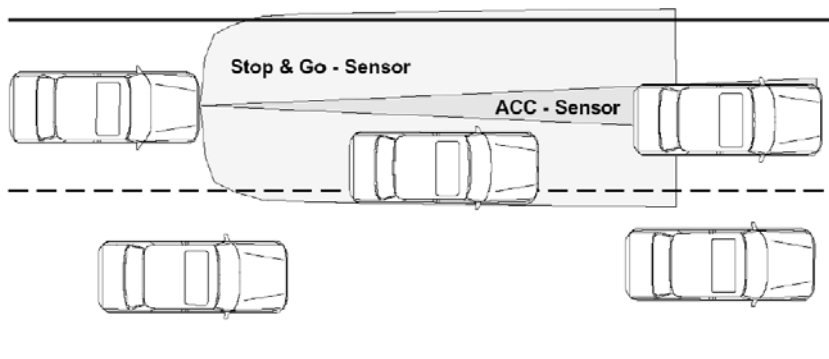
Eine zusätzliche Hilfe bei der längsdynamischen Fahrzeugsteuerung kann durch Datenaustausch von Fahrzeug zu Fahrzeug geschehen. Der Informationsaustausch zwischen den in

<sup>14</sup> Lidar = Erfassung per Infrarotlaserstrahlen

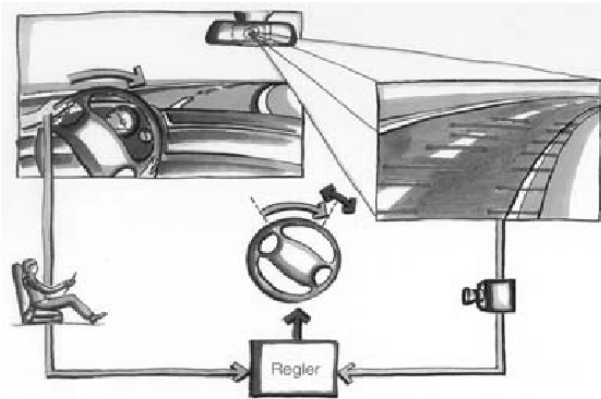
Fahrzeugverbänden (Platoons) fahrenden Fahrzeugen ermöglicht eine verbesserte Abstimmung der Abstände.

Eine deutliche Erweiterung auf Basis dieser ACC-Auslegung stellt das im Rahmen des nationalen Forschungsprojektes MoTIV (Mobilität und Transport im intermodalen Verkehr) entwickelte ACC für Ballungsräume dar. Es erweitert den Einsatzbereich durch geeignete Regelstrategien, die den niedrigen Geschwindigkeitsbereich sowie den Stop-and-Go-Verkehr berücksichtigen. Es soll den Fahrer in stark belasteten Situationen bei Stau oder dichtem Verkehr auf innerstädtischen Haupttrouten unterstützen. Hierzu wird allerdings eine Erweiterung der Umfeldsensorik notwendig, die jetzt auch versetzt fahrende Fahrzeuge im Nahbereich erfassen muss.

**Abb. 5.10 Stop & Go – Sensor; Erfassungsprobleme bei einscherenden Fahrzeugen gemäss Wallentowitz et al. [64]**



Neben den längsdynamischen Fahrerassistenzsystemen sind auch Systeme für die **Querführung** (Heading Control) in Entwicklung. So kann mit Hilfe eines Spurhalteassistenten dem Fahrer die Führung auf der Fahrspur erleichtert werden. Unter Einsatz eines Bildverarbeitungssystems werden dabei die Spurgrenzen ermittelt und die optimale Linienführung aus den Bewegungsdaten des Fahrzeugs bestimmt. Es besteht auch die Möglichkeit, die Position des Fahrzeugs auf der Strasse mit Lasersensoren zu ermitteln, die das von Randmarkierungen reflektierte Licht auswerten. Gemäss Ackermann et al. [1] kann je nach Strategie durch ein Moment im Lenkrad eine Rückmeldung über die optimale Spurführung an den Fahrer gegeben oder der Lenkwinkel direkt durch das System eingestellt werden. Nach Ausführung von Totzke [57] kann bei der Rückmeldung über Lenkmomente weiter zwischen lenkunterstützendem System (ansteigendes Lenkmoment bei zunehmender Spurabweichung – sanfte Führung) und randwarnendem System unterschieden werden, bei dem bei Überschreiten einer maximalen Spurabweichung ein starkes Moment eine harte Warnung erzeugt. Bei der „sanften Führung“ spürt der Fahrer verstärkt die ideale Fahrweise, eine klare Trennung zwischen Fahrerassistenz und Fahrerinformationen kann hier nicht mehr vollzogen werden.

**Abb. 5.11 System Heading Control (HC), Totzke et al. [57]**

Die Kombination von Fahrzeuglängs- und -querführung ermöglicht schliesslich ebenfalls ein **Spurwechselassistenten (SWA)** mit den entsprechenden Eingriffsmöglichkeiten in die Fahrdynamik. Diese Fahrerassistenzfunktion unterstützt den Fahrer bei beabsichtigten Spurwechseln und gibt ihm im Gefahrenfall eine Warnung oder greift zudem in die Fahrdynamik ein.

Um Parkschäden zu vermeiden, werden vor allem in Japan Systeme entwickelt, welche das automatische Einparken des Autos ermöglichen. Beim Rückwärtsfahren wird die Parklücke mittels Videodetektion ausgemessen und ein virtueller "Einschlagspunkt" errechnet. Elektromotoren setzen die Steuersignale in Bewegungen des Lenkrads um. Das einzige, was der Fahrer tun muss, ist das Gaspedal zu betätigen. Die Einparkhilfe warnt zusätzlich vor Bordsteinen und Bodenmarkierungen.

### **Primäre Wirkung**

Beim Einsatz der ACC-Systeme wird der nötiger Sicherheitsabstand (über Bremswegformel) zu vorausfahrendem Fahrzeug eingehalten. Bei Nebel, Schneefall oder starkem Regen kann die Sensorik die tatsächliche Sichtweite erkennen und dem Fahrer eine angepasste Geschwindigkeit nahe legen. Weiter erkennt das System durch den Abstandssensor sich verändernde Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug eher als der Fahrer. Auffahrunfälle können vermieden werden. Grundsätzlich wird mit diesen Systemen der Fahrer von Routineaufgaben entlastet. Von den Autoherstellern wird vor allem der erhöhte Komfort betont.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

ACC-Systeme sind auf dem europäischen Markt erstmals seit 1999 bei Mercedes-Benz für die S-Klasse erhältlich. Andere Hersteller von Oberklassefahrzeugen wie BMW und Jaguar tragen zur weiteren Verbreitung bei. Auch in Amerika und Japan wird an der Entwicklung von ACC-Systemen gearbeitet. In Japan wurde 1995 auf dem inländischen Markt mit dem Mitsubishi Diamant das erste Serienfahrzeug mit ACC angeboten. Seit 2002 ist das ACC-System ebenfalls für Kompakt- und Kleinwagen der Marken Mercedes, BMW, Jaguar, Fiat, Nissan, Renault, Volkswagen, Mitsubishi und Daihatsu erhältlich [16]. Seit Oktober 2002 ist ebenfalls ein von

Honda entwickeltes Fahrzeug auf dem japanischen Markt erhältlich, welches ACC- und HC-Systeme vereint. Im Bereich der Nutzfahrzeuge sind seit Ende 2003 Lastwagen auf dem Markt, welche optional auch mit ACC-System ausgerüstet werden können (Volvo). Die Systeme arbeiten teilautonom; erst wenn verstärkt in die Steuerung eingegriffen werden muss, ertönt ein akustisches Signal für den Fahrer.

Da die bis jetzt eingesetzten ACC-Systeme als Komfortsysteme ausgelegt sind, werden autonome Eingriffe in die Fahrmanöver wie Abstandswahl und Bremsbeschleunigung moderat ausgeführt. Eine Kombination mit einem Objektwarnsystem, welches vor Hindernissen wie Fussgängern, Objekten oder sehr langsam fahrenden Fahrzeugen warnt, ist auf dem Markt noch nicht erhältlich (Oei, H.L. [47]).

Bezüglich ACC-Systeme liegen zahlreiche Forschungsstudien vor. Im Forschungsprojekt EMPHASES<sup>15</sup> [12] konnte aufgezeigt werden, dass ACC-Systeme vor allem in Kombination mit HC-Systemen einen positiven Effekt auf das Fahrverhalten der Fahrzeugführer haben. Die Wahrnehmung und Bewertung von Verkehrssituationen wird dann am stärksten erleichtert und der Fahrer von anderen Bedienaktionen entlastet.

Citroën hat im Sommer 2004 als erster Hersteller einen PW mit Spurassistenten auf den europäischen Markt gebracht (System AFIL = Alarm bei Fahrbahnabweichung per Infrarot-Linienerkennung). Bei diesem System zur Überwachung der Spureinhaltung „lesen“ Infrarotsensoren, die unter dem vorderen Stoßfänger angebracht sind, die weißen Fahrbahnmarkierungen. Beim Überfahren einer durchgezogenen oder gestrichelten Linie, ohne dass der Blinker eingeschaltet ist, warnt das System, indem es den Fahrersitz vibrieren lässt, und zwar auf der Seite, auf die das Fahrzeug abgedriftet ist.

Fahrzeuge mit automatischer Einparkhilfe sind seit 2003 auf dem Markt, so beispielsweise das Hybridauto Prius von Toyota [77]. Die Markteinführung dieses Systems ist vorerst nur für den japanischen Markt vorgesehen.

### **5.3.3 Automatische Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen / automatische Notmanöver (Collision avoidance)**

#### **Beschreibung**

Die Vermeidung möglicher Kollisionen durch Collision Avoidance (CA) geht über die Unterstützung von ACC hinaus. Dazu werden in die Umfelderkennung auch stehende Ziele aufgenommen. Die Situationsinterpretation wird durch die Sicherheitsrelevanz sehr komplex. Es sind dann unkritische Hindernisse, wie innerstädtisch parkierende Autos, von gefährlichen wie plötzlich auftretende Staus zu unterscheiden. Eingesetzt werden zu diesem Zweck sogenann-

---

<sup>15</sup> Effort-Management und Performance-Handling in sicherheitsrelevanten Situationen

te scannende Sensoren auf Radar oder Lidarbasis, die einen grossen Erfassungsbereich haben. Anhand ihrer Daten lassen sich Hindernisse erkennen und ihre Lage genau ermitteln. Wie beim ACC-System ist eine automatische Bremsansteuerung nötig, nur dass beim CA mit maximaler Verzögerung bis in den Stillstand abgebremst werden muss.

Um Unfälle an Knoten zu vermeiden, sind Systeme der Prioritätsüberwachung in Entwicklung. Bei mehreren gleichzeitig auf eine Kreuzung zufahrenden Fahrzeugen bestimmt das System, welches Fahrzeug Priorität hat und sorgt dafür, dass diese gewährt wird. (Mühlethaler, F. [42]/[43]). Dabei können die Fahrzeugführer anderer Fahrzeuge gewarnt oder die anderen Fahrzeuge automatisch rechtzeitig angehalten werden. Die Anwendung kann in Fahrzeugen oder mittels strassenseitiger Einrichtung an Kreuzungen implementiert werden. Eine zuverlässige Erkennung aller auf die Kreuzung zufahrenden Fahrzeuge inkl. Position und Geschwindigkeit ist erforderlich. Prioritätsentscheide müssen innerhalb weniger als einer Sekunde erfolgen.

### **Primäre Wirkung**

Diese Massnahme sieht die intelligente Steuerung von Brems- und Ausweichmanövern vor; dies geschieht mit Hilfe der fahrzeug- oder strassenseitig (Umweltsensoren) aufbereiteten Daten zur Erkennung anderer Fahrzeuge resp. von Hindernissen. Es werden vor allem Auffahrunfälle und Kollisionen mit Fahrzeugen oder Objekten auf der Fahrbahn vermieden. Diese Systeme sind auch als Warnsystem in Entwicklung (Collision Warning Systems; CW), akustische und optische Warnsignale fordern den Fahrer bei entsprechenden Gefahrensituationen auf, ein Bremsmanöver einzuleiten.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Diverse Fahrzeughersteller sind mit der Entwicklung dieser sehr komplexen Anwendung beschäftigt. Erste Pilotanwendungen von Mercedes und BMW wurden durchgeführt. Honda bietet seit Juni 2003 auf dem japanischen Markt ein Fahrzeug mit Kollisionswarnsystem an. Aufgrund von Fahrverhalten des Fahrers, Distanz zu vorausfahrenden Fahrzeugen und Relativgeschwindigkeit werden mögliche Gefahrenmomente errechnet und wenn nötig eine akustische und haptische<sup>16</sup> Warnung abgegeben. Der Bremsassistent sowie der Gurtstraffer werden ebenfalls aktiviert. Im Nissan-Modell Cima greift die Elektronik ab einem bestimmten Punkt auch direkt ins Fahrgeschehen ein. Im Ernstfall wird automatisch eine Vollbremsung eingeleitet. Dieses Fahrzeuge der Luxusklasse ist jedoch nur auf dem japanischen Markt mit dem System der Vollbremsung ausgestattet.

Die komplexe und auch relativ teure Technologie wird sich wahrscheinlich nur langsam durchsetzen können. Bisher sind auch erst Fahrzeuge der höchsten Preisklasse damit ausgerüstet. Hinzu kommt, dass in Europa viele Systemkomponenten wie etwa der elektronische Lenkeingriff gesetzlich noch nicht zugelassen sind.

---

<sup>16</sup> den Tastsinn betreffend

### **5.3.4 Automatische Fahrzeugortung und –lenkung auf bestimmten Strecken resp. in speziellen Gebieten oder gesamthaft**

#### **Beschreibung**

Diese Systeme sehen den Einsatz von strassenseitigen elektronischen Leiteinrichtungen zur automatischen Steuerung von Fahrzeugen auf bestimmten Strecken oder innerhalb spezieller Gebiete vor. Die fahrzeugseitige Ausrüstung kommuniziert mit den Leiteinrichtungen und mit anderen Fahrzeugen und optimiert somit das Fahrverhalten des Fahrzeuges. Eine umfassende Steuerung der Fahrdynamik stellt die maximale Ausweitung eines solchen Systems dar. Eine übergeordnete Leitstelle übernimmt die Koordination, Steuerung und Leitung der Fahrzeuge.

#### **Primäre Wirkung**

Eine umfassende Fahrzeugsteuerung soll eine Vermeidung von Unfällen bewirken. In den Anwendungsgebieten führt der Einsatz dieses Systems zu kontrolliertem und homogenem Verkehrsfluss. Neben der Erhöhung der Sicherheit kann auch mit einer deutlichen Leistungssteigerung des Verkehrssystems gerechnet werden. Gemäss Shladover [54] soll der Verkehrsfluss auf Autobahnen durch die Einführung geeigneter Automatisierungstechnologien bis zum Dreifachen der heutigen Kapazität gesteigert werden können.

#### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Erste Systeme für spezielle Anwendungen sind schon in Betrieb, beispielsweise People Mover am Flughafen in Amsterdam, U-Bahnzubringer „Bus“ Rotterdam. Anwendungen mit Personewagen sind noch nicht über das Experimentierstadium hinaus. Automobilkonzerne arbeiten aber an solchen Anwendungen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika werden im Bereich der automatischen Fahrzeugführung zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte vorangetrieben, zum Beispiel das vom Bundesstaat Kalifornien geförderte Grossprojekt PATH (Partners for Advanced Transit and Highways). Die Grundlagen für diese Arbeiten bestehen in der Philosophie, dass auf einer automatischen Fahrspur Kolonnen von Fahrzeugen gebildet werden, die unabhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit mit konstantem Abstand in Längsrichtung fahren sollen. Dabei wird davon ausgegangen, dass aufgrund der sehr eng gehaltenen Abstände zwischen den Fahrzeugen zu keinem Zeitpunkt ein hoher Wert für die Differenz der Geschwindigkeiten entstehen kann. Dieser Sachverhalt hätte bei einem etwaigen Zusammenstoss nur Schäden von begrenztem Ausmass zur Folge.

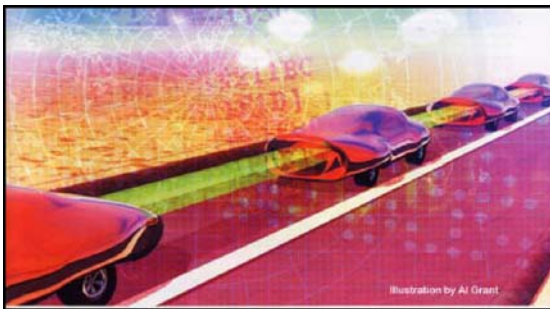
Das AHS-Projekt (Automated Highway), Bestandteil des auf Bundesebene (USA) durchgeführten IVHS-Programmes, beinhaltet sehr enge Berührungspunkte zum PATH-Projekt. In den Vereinigten Staaten besteht die Zielsetzung, diese Technologien zunächst lediglich auf ausgewählten Strecken zum Einsatz zu bringen. Dabei wird darauf geachtet, dass nach der Erst-



einführung für einen Zeitraum von mehreren Jahren der Fahrer immer noch aktiv in der Fahrzeugführung engagiert ist und bei Bedarf jederzeit in geeigneter Weise eingreifen kann. Er ist verantwortlich für das Fahrverhalten und muss stets zur Übernahme des Fahrzeugs in den manuellen Betrieb bereit sein.

Die Frage danach, wie der automatische Highway gestaltet werden könne, wurde anhand zweier Möglichkeiten - gesonderter Fahrspuren oder Teilnahme automatisch fahrender Fahrzeuge im regulären Verkehr - verfolgt. Die Zusammenarbeit von staatlichen Stellen, Forschungsanstalten und privaten Unternehmen bildet die Plattform des „Intelligent Transportation Systems“ (ITS). International beteiligen sich die Europäische Union, die USA und Japan am ITS-Programm.

#### **Abb. 5.12 System Automated Highway**



Die Modelle in Japan und Amerika zeigen die Machbarkeit der autonomen Spurführung bei entsprechend ausgerüsteten Infrastrukturen und Fahrzeugen. Im Bereich des Mischbetriebs auf regulären Autobahnen wird ebenfalls verstärkt geforscht (vgl. Testversuche des „Advanced Cruise-Assist Highway System“ in Tsukuba City, Japan, [75]), es sind jedoch noch Zusatzausstattungen zu entwickeln, die konventionell geführte Fahrzeuge erfassen und bewerten. Ausserdem bedarf es auch zusätzlicher Einrichtungen zur Hinderniserkennung.

Diese Anwendungen werden sich darum vorläufig pilotmässig auf spezielle Gebiete wie Flughäfen, Messe-Areale und Ausstellungen beschränken.

## 5.4 Einteilung der Systeme

### 5.4.1 Strassenseitiger- /fahrzeugseitiger Ausbau

Fahrzeughersteller haben vor allem ein Interesse daran, fahrzeugseitig Systeme zu entwickeln, die einen Beitrag zur Verkehrssicherheit sowie ebenfalls eine Steigerung des Fahrkomforts bewirken, da sie diese gleich mit dem neuen Fahrzeug auf den Markt bringen können. Nachfolgend wird aufgezeigt, ob die untersuchten FFU-Systeme nur eine fahrzeugseitige Investition und Entwicklung oder aber darüber hinaus auch strassenseitige Massnahmen benötigen.

**Tab. 5.1 Ausgestaltung der Systeme**

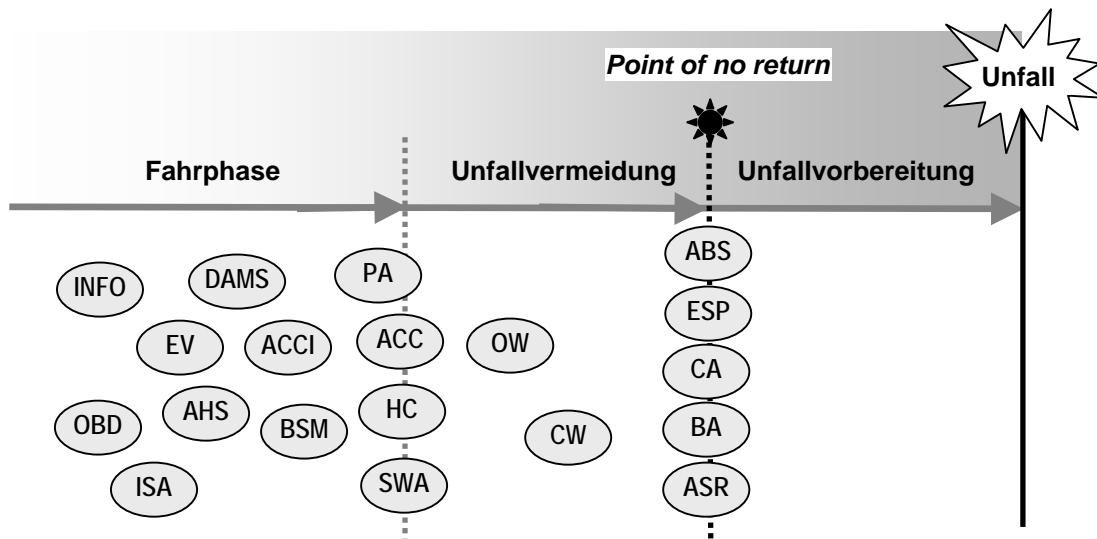
		Umsetzung	
		fahrzeugseitig	strassenseitig
Abstandswarnung (Informations-ACC)	<b>ACCI</b>	X	
Automatische Abstandshaltung (Adaptive Cruise Control)	<b>ACC</b>	X	
Einparkhilfen (Parking Assistent)	<b>PA</b>	X	
Sichthilfen (Enhanced Vision)	<b>EV</b>	X	(X)
Totwinkelüberwachung (Blind Spot Monitoring)	<b>BSM</b>	X	
Objektwarnsystem	<b>OW</b>	X	(X)
Informationsübermittlung (Geschwindigkeit u.a.)	<b>INFO</b>	X	X
Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen (Intelligent Speed Adaptation u.a.)	<b>ISA</b>	X	X
automatische Fahrzeugdiagnose (Onboard-Diagnostic-system)	<b>OBD</b>	X	(X)
Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)	<b>DAMS</b>	X	
Antiblockier-System	<b>ABS</b>	X	
Elektronisches Stabilitätsprogramm	<b>ESP</b>	X	
Bremsassistenten	<b>BA</b>	X	
Antischlupfregelung	<b>ASR</b>	X	
Automatische Spurhaltung (Heading Control)	<b>HC</b>	X	(X)
Spurwechselassistenten	<b>SWA</b>	X	
Kollisionswarnsysteme (Collision warning System)	<b>CW</b>	X	(X)
Notmanöver (Collision avoidance)	<b>CA</b>	X	
umfassende Fahrzeuglenkung (Automated Highway u.a.)	<b>AHS</b>	X	X

Die Tabelle zeigt, dass vor allem Systeme in Entwicklung sind, die fahrzeugseitig umgesetzt werden können. Strassenseitig bedarf es noch erheblicher Anstrengungen, um den für einzelne Systeme notwendigen Ausbau sicherzustellen. Die Nutzung solcher Systeme ist nur in den speziell ausgerüsteten Gebieten möglich. Deshalb weisen Systeme, die auch strassenseitig einen Infrastrukturausbau erfordern, eine hohe Hürde auf, die überwunden werden muss, ehe sie wirksam werden können.

### 5.4.2 Wirkungsweise der Systeme – Zeitpunkt der Intervention

Jedes Fahrzeug im Strassenverkehr ist potentiell Unfällen ausgesetzt. Die Systeme wirken auf unterschiedliche zeitliche Sequenzen eines möglichen Unfallereignisses. Bevor das Fahrzeug in eine Konfliktsituation gerät, befindet es sich über einen längeren Zeitraum in einer unkritischen Fahrsituation, Ulmer [59] nennt dies „Fahrphase“ (Driving Phase). Tritt eine kritische Situation ein, müssen sehr schnell Aktionen zur Unfallvermeidung in der „Interventionsphase“ und zur Unfallvorbereitung in der „Pre-Crash“ Phase erfolgen, im Extremfall durch aktive autonome Eingriffe in die Fahrzeugführung. Entsprechend dem Zeitpunkt der Intervention / Unterstützung können die Systeme klassiert werden.

**Abb. 5.13 Interventionszeitpunkt der Systeme, Bereich aktive Fahrzeugsicherheit (Abkürzungen vgl. Tab. 5.1)**



In Abb. 5.13 ist ersichtlich, dass viele der aufgezeigten Systeme darauf ausgelegt sind, Fahrzeuge in der sicheren Fahrphase zu behalten, so dass gar keine kritischen Situationen entstehen können. Im Bereich, in welchem ein Unfall unvermeidlich ist, werden ebenfalls einige Systeme aktiv. Nach dem ersten Kontakt beim Unfall greifen nur noch Elemente der passiven Fahrzeugsicherheit.

## 5.5 Zusammenfassung der primären Wirkungen

Vor allem an Assistenzsysteme mit Übernahme der Fahreraufgabe werden hohe Erwartungen bezüglich Sicherheitswirkungen gestellt. Da solche technischen Systeme nur marktfähig sind, wenn sie zuverlässig und effizient funktionieren, kann erwartet werden, dass damit Fahrfehler reduziert werden oder bei unerwarteten Verkehrssituationen eine schnelle Reaktion erfolgt. Beides sollte eine starke Reduktion der Unfallzahlen zur Folge haben.

In einzelnen Teilbereichen der automatischen Fahrzeugsteuerung ist die Forschung und Entwicklung schon sehr weit fortgeschritten. Einzelne Systeme haben seit längerem Serienreife erlangt und gehören heute bereits zur Grundausstattung neuer Fahrzeuge (ABS u.ä.) In anderen Bereichen, insbesondere dort wo das Fahrzeug in Beziehung zu anderen Fahrzeugen oder zu festen Objekten im Fahrraum gesteuert wird, müssen sehr komplexe Regelungskreisläufe koordiniert werden. Hier ist die Entwicklung noch im Gang resp. die Marktreife noch nicht erreicht.

Neben unterschiedlichen Stufen in Bezug auf das Eingriffsniveau (von Warnung und Information bis hin zum vollautomatischen Fahren) ist auch zwischen fahrzeug- und infrastrukturseitigen Systemen zu unterscheiden. Bei den fahrzeugseitigen Systemen gibt es bereits eine beträchtliche Vielfalt, weil sich hier vor allem die Fahrzeughersteller stark an der Entwicklung beteiligen. So haben Assistenzsysteme zur automatischen Abstandshaltung bereits Marktreife erlangt, während es bei Systemen, die infrastrukturseitige Massnahmen voraussetzen, deutlich weniger Innovations- und Investitionsschübe gibt.

Bei den fahrzeugseitigen Systemen wird die Assistenz auch als zusätzlicher Komfort vermarktet, was werbewirksam eingesetzt werden kann. Wo eine gesetzliche Verankerung (obligatorische Einführung) fehlt oder gegenwärtig nicht möglich ist, werden solche Systeme im gemischten Betrieb eingesetzt (fakultative Ausrüstung).

Die im Rahmen der Forschung analysierte Literatur zeigt den Nutzen der Systeme oftmals nur qualitativ auf. In der folgenden Tabelle werden die wichtigsten quantitativen Darstellung bezüglich Wirkungen, gegliedert nach Sicherheitserwartungen und Erfahrungen, aufgelistet (vgl. folgende Tabelle).

Tab. 5.2 Primäre Wirkungen einzelner FFU-Systeme

FFU-System	Sicherheitserwartungen	Messungen/ Erfahrungswerte
<i>Warnende und Informierende Systeme</i>		
<b>Abstandswarnung</b>	<b>ACC</b> ([40])  Untersuchungen der US Army zeigen, dass 23 - 31% der Auffahrunfälle von Militärfahrzeugen mit einem Kollisionswarnsysteme (inkl. Heads-Up-Display) verhindert werden könnten.	<b>ACC</b> (Haller, R. et al. [30])  Erkenntnisse aus Fahrsimulator: auf Autobahnen werden grössere Abstände zum Vorderfahrzeug eingehalten (+30m resp. 2s)  <b>Parkhilfen</b> (Ayala, B. et al. [4])  In Tests mit über 100 Personen im Alter zwischen 65 und 85 zeigte sich, dass durch Einparkhilfen 95% der Fahreraufgaben erfolgreich durchgeführt werden konnten gegenüber 58% ohne Einparkhilfe.
<b>Sichthilfen</b>	Wördenweber et al. [66]  Auswertungen der Unfälle in Deutschland im Jahr 1993 zeigen: 50% der schwerwiegenden Unfälle geschehen in der Nacht, obwohl nur 20-25% der Distanz nachts gefahren wird. Ein grosses Potenzial wird vor allem in der Beleuchtung der Fahrzeuge gesehen.	<b>Enhanced Vision</b> (Nilsson, L. et al. [46])  Im Fahrsimulator wurde der Einsatz von einem zusätzlichen Display, welches die vorausliegende Fahrbahn aufzeigt, untersucht. Durch den Einsatz des Systems konnte die Reaktionszeit bei Hindernissen auf der Fahrbahn deutlich verkürzt werden. Die Fahrer hatten jedoch grössere Mühe bei der Querführung des Fahrzeugs und bei der Realisierung einer gleichmässigen Fahrweise (Blickwechsel Display/Strasse)
<b>Übermittlung von Verkehrssignalen</b>	<b>Intelligent Speed Adaptation</b> [74]  Aufgrund der Resultate des Grossversuchs in Schweden wird erwartet, dass bei einer Umsetzung des Systems in allen Fahrzeugen 20 – 25% der Verletzten auf städtischen Strassen vermieden werden können.	<b>Intelligent Speed Adaptation</b> [74]  Der Grossversuch in Schweden zeigte, dass durch eine Ausrüstung von 10% der Fahrzeuge 3 – 4% weniger Verletzte erwartet werden können.
<b>autom. Fahrzeugdiagnose</b>	Keine quantifizierte Sicherheitserwartungen	Keine Erfahrungswerte

FFU-System	Sicherheitserwartungen	Messungen/ Erfahrungswerte
<i>Systeme mit verbindlichen Anweisungen</i>		
<b>Sensorik der Lenkerüberwachung</b>	<p><b>Grundsätzlich:</b> Brown, I.D. [11] 2 – 10 % der Unfälle können auf ein Einschlafen des Fahrers zurück geführt werden. 25% der Unfälle können auf Fahrerermüdung zurück geführt werden Dangelmaier, M. [18] Kommt zum Ergebnis, dass 30% der Unfälle durch Beeinträchtigung der Fahrtüchtigkeit verursacht werden.</p> <p><b>Fahrerüberwachung</b> (Perrett, K.E. and A. Stevens [49]) 4% weniger Unfälle</p> <p><b>Müdigkeitswarnsystem</b> [73] <i>Fzg im gewerblichen Bereich:</i> 4% tiefere Unfallhäufigkeit mit 10-15% weniger Getöteten und Verletzten <i>alle Fzg:</i> 15% weniger Unfälle</p>	
<b>Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen</b>	<p><b>ISA</b> (Varhelyi, A. [61]) 10% Reduktion der Unfälle auf schwedens Überlandstrassen, 12% nachts oder bei schlechter Bodenhaftung</p>	
<i>Übernahme der Fahreraufgabe</i>		
<b>Stabilisierende Systeme</b>	<p><b>ABS</b> (Gies, S. [27]): bei 15 % der Unfälle könnten die Folgen bedeutend verringert oder der Unfall ganz vermieden werden. ca. 6% tiefere Unfallhäufigkeit für Unfälle mit Fussgänger</p> <p><b>ASR</b> (Gies, S. [27]) Auf 5.5% der Unfälle kann Einfluss genommen werden.</p>	<p><b>ABS</b> (Evans, L. [20]): Verringerung der Unfälle mit Fussgängern um ca. 22% 39% höhere Wahrscheinlichkeit für ein Überschlagen des Fzg. 32% kleinere Wahrscheinlichkeit, auf Vorderfahrzeug aufzufahren, doch 30% Erhöhung des Risikos vom nachfolgenden Fahrzeug gerammt zu werden.</p>

	<p><b>ASR</b> (Braess, H.-H. und R. Günter [8]):</p> <p>5% der Unfälle können bei Eisglätte und schneebedeckten Strassen verhindert werden, 0.4% der Unfälle bei normalen Strassenbedingungen</p>	<p><b>ESP</b> (Tingvall, C. et al. [56]):</p> <p>Bei allen Strassenbedingungen 22.1 % weniger Unfälle mit Verletzten, bei Nässe 32% und bei Glätte 38%</p> <p><b>ESP</b> (Breuer, J. [9]):</p> <p>Rückgang aller Unfälle von 8%</p>
--	---	---

FFU-System	Sicherheitserwartungen	Messungen/ Erfahrungswerte
<b>autom. Abstands- und Spurhaltung</b>	<p><b>ACC</b> (Hipp, E. und Ch. Jung [33])</p> <p>bei 9% der Unfälle könnten die Folgen bedeutend verringert oder der Unfall vermieden werden. (inkl. Schwerverkehr ca. 15%)</p> <p><b>ACC</b> (Langwieder K. et al. [39])</p> <p>Unter den Annahmen, dass das System nur bei &gt;40km/h im Einsatz ist, alle Fahrzeuge ausgerüstet sind, und das System einwandfrei betrieben wird:</p> <p>40% weniger Auffahrunfälle auf Landstrassen</p> <p>60% weniger Auffahrunfälle auf Autobahnen</p> <p>Erste ACC Systeme und nur ein kleiner Anteil an ausgestatteten Fahrzeugen würden jedoch nur 0.3% resp. 2% an Unfällen reduzieren</p> <p><b>HC / Lane Keeping</b> (Perrett, K.E. and A. Stevens [49])</p> <p>1% weniger Unfälle auf Autobahnen, 2% auf übrigen Strassen</p>	<p><b>ACC</b> (Chaloupka, C. et al. [13]):</p> <p>Ein hoher Anteil an ausgerüsteten Fahrzeugen bewirkt homogenen Verkehrsfluss. Dieser Effekt ist stärker geprägt bei einer höheren Verkehrsdichte</p> <p><b>ACC</b> (Touran, A. et al. [58])</p> <p>v.a. Schutzeffekte, Verringerung der Unfallwahrscheinlichkeit für das ACC-Fahrzeug um 10%</p>
<b>autom. Fahrzeugsteuerung in krit. Situationen</b>	<p>Perrett, K.E. and A. Stevens [49]</p> <p>15% weniger Unfälle auf Überlandstrassen</p>	Keine Erfahrungswerte
<b>autom. Fahrzeuglenkung</b>	Keine quantifizierten Sicherheitserwartungen	Keine Erfahrungswerte

## **6. Analyse der Unfalldaten und Potenzialbeurteilung**

### **6.1 Generelle Bemerkungen**

Verschiedene der genannten Fahrerinformations- und Assistenzsysteme befinden sich noch in der Konzept- oder Entwicklungsphase, so dass zu den Sicherheitswirkungen noch kaum statistisches Datenmaterial vorliegt. Für die Abschätzung der Sicherheitswirkung ist darum auch die Kenntnis des möglichen Potenzials von Bedeutung.

Zu diesem Zweck werden Daten des heutigen Unfallgeschehens aufbereitet, klassiert und analysiert. Allerdings dürfen von dieser Datenanalyse nur approximative Erkenntnisse erwartet werden – sind doch die aktuellen Unfalldaten gemäss heutigen Bedürfnissen erfasst, differenziert und abgelegt. So geben Unfallstatistiken beispielsweise nur beschränkt Auskunft über Detailspekte wie Müdigkeit/ Einschlafen am Steuer oder gefahrene Abstände resp. Geschwindigkeiten vor Auffahrunfällen, etc. Vielfach werden die FFU-relevanten Unfallursachen unter Begriffen wie „nicht angepasste Geschwindigkeit“, „unvorsichtige Fahrweise“ oder „Nichtbeherrschen des Fahrzeugs“ zusammengefasst.

Dennoch sollen in der Folge, ausgehend von den Auswertungen der Unfalldaten im Rahmen der VESIPO-Untersuchung, welche abschätzt, wieviel Personen gerettet werden können, Potenzialschätzungen für die Sicherheitswirkung von Systemen zur Fahrzeugführerunterstützung vorgenommen werden.



## 6.2 Unfallanalyse im Rahmen VESIPO

### 6.2.1 Quantifizierung des Rettungspotenzials

Um über die Wirksamkeit der einzelnen FFU-Systeme Aussagen machen zu können, wird die Klassierung der Unfälle gemäss VESIPO [62] übernommen. Dort wird rechnerisch geschätzt, wieviel Personen durch den Einsatz der einzelnen Systeme gerettet werden könnten. Es wird davon ausgegangen, dass alle Fahrzeuge mit den entsprechenden Systemen ausgerüstet sind (obligatorische Ausrüstung). Zusätzlich wird auch das theoretische Rettungspotenzial aufgezeigt. Dieses wird bestimmt, indem die Zahl der polizeilich registrierten Unfälle aufgrund von bekannten oder vermuteten „Dunkelziffern“ hochgerechnet wird (Quelle: Bundesamt für Statistik, 2001; Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, 2001).

Das tatsächliche Rettungspotenzial errechnet sich schliesslich über die vier verschiedenen Abminderungsfaktoren a – d (VESIPO [62], vgl. auch Abschnitt 6.2.2)

- Wirkungsbereich (a): Bei welchem Anteil dieser Unfälle kann die Massnahme tatsächlich angewandt werden (weil die Massnahme bei diesem Anteil nicht schon realisiert ist bzw. keine Anwendungseinschränkungen vorliegen)?
- Wirksamkeit (b): Welchen Anteil der Verletzungen und Todesfälle kann die Massnahme tatsächlich verhindern, wenn sie angewandt wird? (Bsp. Velohelm: 20% der Radfahrenden tragen den Helm bereits)
- Realisierungsgrad (c): Mit welcher Verbreitung der Massnahme ist unter den gegebenen Bedingungen maximal und im Durchschnitt über eine bestimmte Zeit zu rechnen?
- Beachtungsgrad (d): Mit welchem Grad von Anwendung durch die Verkehrsteilnehmer – sofern diese die Möglichkeit haben, die Massnahme zu umgehen – ist maximal und im Durchschnitt über eine bestimmte Zeit zu rechnen?

Das theoretisch zu vermeidende Verletzungs- und Todesfallpotenzial wird durch die in Prozent angegebenen Werte a bis d reduziert. Das tatsächlich geschätzte Rettungspotenzial errechnet sich demnach nach folgender Formel:

$$\text{tatsächliches Rettungspotenzial} = \text{theoretisches Rettungspotenzial} \times \frac{a}{100} \times \frac{b}{100} \times \frac{c}{100} \times \frac{d}{100}$$

**Tab. 6.1 Theoretisches Rettungspotenzial nach Unfalltyp und FFU-System, Unfallzahlen 2000**

(Grundlagen: Bundesamt für Statistik, 2001; Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, 2001, Quelle: VESIPO [62])

Unfalltyp (Mfz. exkl. Mofa/MR)	theoretisches Rettungspotenzial		FFU-System	spez. Wirksamkeit	maximal Anzahl Gerettete (tatsächliches Rettungspotenzial)**	
	Tote	Verletzte			Tote	Verletzte
Auffahrunfälle	13	425	Abstandswarnung	13%	1	57
Unfälle bei Nacht	210	1241	Sichthilfen	7%	12	72
Nichtanpassen der Geschwindigkeit, Missachten der Verkehrsregeln (Vortritt, Geschw., Überholverbot)	172	1783	Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	2%	2	29
Überschreiten der Geschwindigkeit / Missachten Überholverbot)*	276	828	Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	24%	67	200
Unfälle aufgrund des Fahrerzustands	218	1123	Sensorik für Lenkerüberwachung	27%	60	303
Unfälle allgemein, ohne Schleuder-/Selbstunfälle	294	3249	autom. Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen	2%	7	73
Unfälle Innerorts/Autobahn	230	2932	Fahrzeugortung und -lenkung auf bestimmten Strecken oder innerhalb spezieller Gebiete	10%	23	281
Alle Unfalltypen	525	4380	Steuerung der Fahrodynamik	15%	79	656

)\* Aufgrund der Unvollständigkeit des Unfallmerkmals „Überschreiten der Höchstgeschwindigkeit“ werden die Unfallzahlen weiter mit der Dunkelziffer „Geschwindigkeit“ (Faktor 4) hochgerechnet.

\*\* Anzahl an Unfall beteiligten Personen (keine Differenzierung nach Insassen im Fahrzeug und Personen ausserhalb)

Im Bericht VESIPO werden ebenfalls Durchschnittswerte für die Anzahl jährlich vermeidbarer Todesfälle bis ins Jahr 2020 angegeben. Das relevante Kriterium für die Auswahl der wichtigsten Massnahmen waren hingegen Maximalwerte wie oben dargestellt. So kann unabhängig von einer zu erwartenden Etablierung der Systeme deren grösstmögliche Wirkung dargestellt werden.

Vor allem FFU-Systeme, welche eine verstärkte Assistenzfunktion ausüben, wirken sich auf viele Unfälle aus (theoretisches Rettungspotenzial). Entscheidend ist jedoch vor allem auch die spezifische Gesamtwirkung der Massnahme. So können beispielsweise durch die Sensorik für Lenkerüberwachung (Driver Alertness Monitoring System) aufgrund der grossen Wirksamkeit des Systems viele Opfer vermieden werden.

Systeme, welche nur Informationen und keine verbindlichen Anweisungen geben, werden vom Fahrzeugführer verstärkt missachtet. So reduziert sich beispielsweise der zu erwartende Sicherheitsgewinn beim FFU-System „Übermittlung von Signalen“ massgeblich, da Geschwindigkeitswarnungen u.a. ignoriert werden können. Den informierenden und warnenden Systemen soll jedoch gleichwohl grosses Gewicht beimessen werden. Dies bestätigen auch vertiefte Untersuchungen von Unfallursachen von Lamm et al. [38]. Dort wurden zwischen 41% und 56% der durch den Menschen direkt „verursachten Unfälle“ auf Erkennungsfehler, zwischen 29% und 52% auf Entscheidungsfehler und lediglich zwischen 7% und 11% auf Ausführungsfehler zurückgeführt, wobei der jeweils erste Wert den sicher ermittelten Einfluss und der zweite Wert den wahrscheinlichen Einfluss angibt.

Im folgenden Abschnitt 6.2.2 sowie im Kapitel 8 wird vertieft auf die reduzierenden Effekte des theoretischen Rettungspotenzials der FFU-Systeme eingegangen.

## 6.2.2 Resultate Unfall- und Wirkungsanalyse

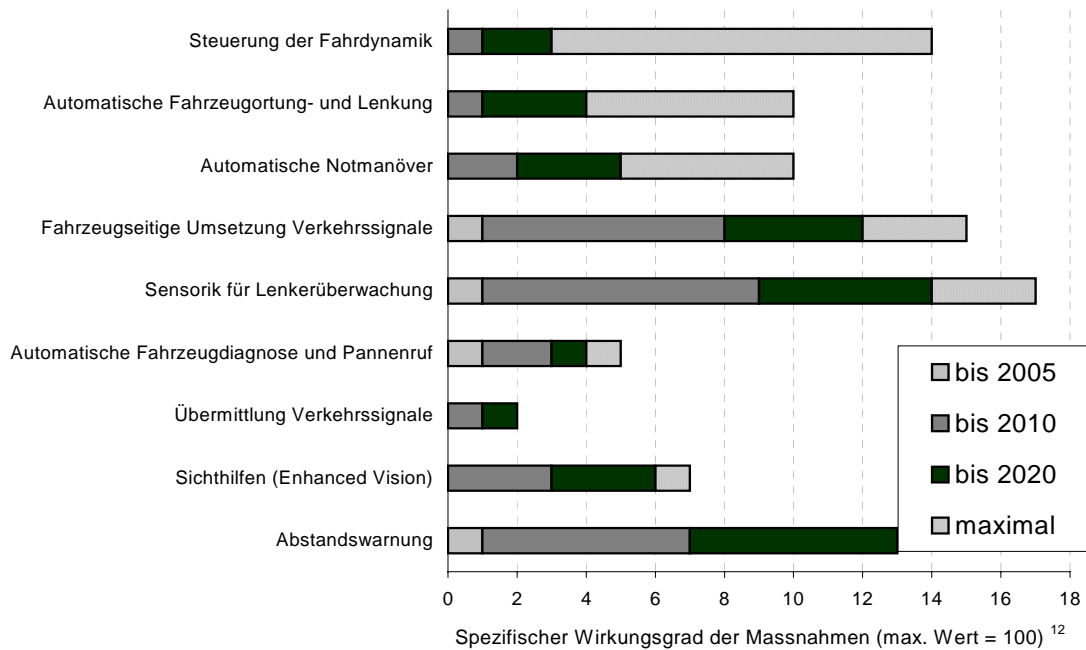
Im Bericht von Rapp [51] wurde die potenzielle spezifische Gesamtwirkung der Massnahmen aufbereitet. Der Bezug zum Rettungspotenzial (Anzahl Gerettete) wurde nicht vollzogen. Bei der Berechnung des Wirkungsgrades wurde wie folgt vorgegangen: In einem ersten Schritt wird die allgemeine Wirksamkeit der FFU-Systeme abgeschätzt, soweit vorhanden gestützt auf vorhandene Grundlagen und Forschungsergebnisse, die mit der jeweiligen Quelle referenziert ist. Falls keine Quelle angegeben ist, stützt sich die angegebene Wirkung auf Schätzungen. Für die Bestimmung der potenziellen spezifischen Wirksamkeit wurden weitere Faktoren berücksichtigt, welche zu einer Verminderung oder Erhöhung der Wirksamkeit der Massnahmen beitragen.

**Tab. 6.2 Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit der FFU-Systeme gemäss Rapp [51]**

Einflussfaktor	Begründung	Abschätzung FFU-Syst.
Risikominderung infolge Reduktion Exposition	Eine Verminderung der Exposition reduziert das Risiko in einen Unfall verwickelt zu werden (vgl. auch Seite 3).	0 – 5%
Risikoerhöhung infolge Human Machine Interface	Die Ablenkung durch das HMI kann zur Erhöhung des Risikos eines Unfalls beitragen.	0 – 7%
Verminderung der Wirksamkeit infolge Systemunzuverlässigkeit	Die Wirksamkeit eines Systems wird reduziert, wenn die Zuverlässigkeit nicht sichergestellt ist.	0 – 10%
Verminderung der Wirksamkeit infolge Nichtbeachtens	Die Wirksamkeit eines System wird reduziert, wenn das System ausgeschaltet, übersteuert oder nicht beachtet werden kann.	0 – 20%

Beim System Sensorik für Lenkerüberwachung wird erwartet, dass durch Wegfahrsperrern eine spezifische Reduktion der Exposition von 5% eintritt und dadurch die Wirksamkeit erhöht werden kann. Ein Ablenkung des Fahrzeugführers mit der damit verbundenen Reduktion des Wirkungsgrads wird vor allem bei Systemen mit Sichthilfen erwartet. Eine Einschränkung der Wirkung ist ebenfalls bei Systemen zu erwarten, bei denen keine zwingende Handlung erfolgt, so zum Beispiel bei Systemen mit Übermittlung von Verkehrssignalen.

Die so ermittelte Wirksamkeit der Massnahme setzt einen Verbreitungsgrad von 100% voraus. In einem letzten Schritt wird die spezifische Wirksamkeit der Massnahmen für die Zeithorizonte 2005 / 2010 / 2020 durch Abschätzung des Verbreitungsgrades in den jeweiligen Zeiträumen ermittelt.

**Abb. 6.1 Spezifische Wirksamkeit<sup>17</sup> der FFU-Systeme gemäss Rapp [51]**

**Achtung:** Werte können gegenüber den Ansätzen in Tab. 6.1 differieren, da das bfu andere Systemansätze für die Bestimmung des spezifischen Wirkungsgrads gewählt hat als Rapp<sup>18</sup>.

Einzelne Systeme schliessen sich gegenseitig aus, so dass die spezifische Wirksamkeit nicht kumuliert werden kann. So zum Beispiel beim System der fahrzeugseitigen Umsetzung von Verkehrssignalen, welches das Übermitteln von Verkehrssignalen überflüssig macht.

Systeme, welche verstärkt den Fahrer bei seiner Fahreraufgabe unterstützen, sind noch in der Entwicklung und deren Einsatz kann erst mittel- oder langfristig erwartet werden. Vor allem bei diesen Massnahmen wird eine besonders hohe spezifische Wirksamkeit erwartet.

Die spezifische Wirksamkeit in den Zeithorizonten wurde direkt durch die Multiplikation mit dem Verbreitungsgrad bestimmt. Es können jedoch weitere, u.a. sekundäre Effekte auftreten, da beispielsweise nicht alle Fahrzeuge mit dem System ausgerüstet sind. Diese werden im Kapitel 8 weiter untersucht.

<sup>17</sup> Die Unterschiede in Bezug auf die Zeithorizonte ergeben sich als Folge unterschiedlicher Verbreitungsgrade

<sup>18</sup> Der Wirkungsgrad beschreibt bei Rapp das generell mögliche Unfallverminderungspotential unter Berücksichtigung von Systemunzuverlässigkeit, Fehlbedienung, Beachtungs- und Verbreitungsgrad

### 6.3 Einfluss der Lebensdauer des Fahrzeugparks

Werden nur Neuwagen mit FFU-Systemen ausgestattet, so bedarf es einer geraumen Zeit bis ein grosser Teil der Strassenfahrzeuge diese Ausrüstung aufweist. So werden die erwarteten Sicherheitsgewinne erst nach einer längeren Zeitspanne richtig greifen können. Um sich ein Bild bezüglich des Schweizer Fahrzeugmarktes machen zu können, wird nachfolgend der Personenwagenbestand der Schweiz nach Alter aufgezeigt.

**Abb. 6.2 Personenwagenbestand in der Schweiz nach Alter, 2003 (Quelle: bfs)**

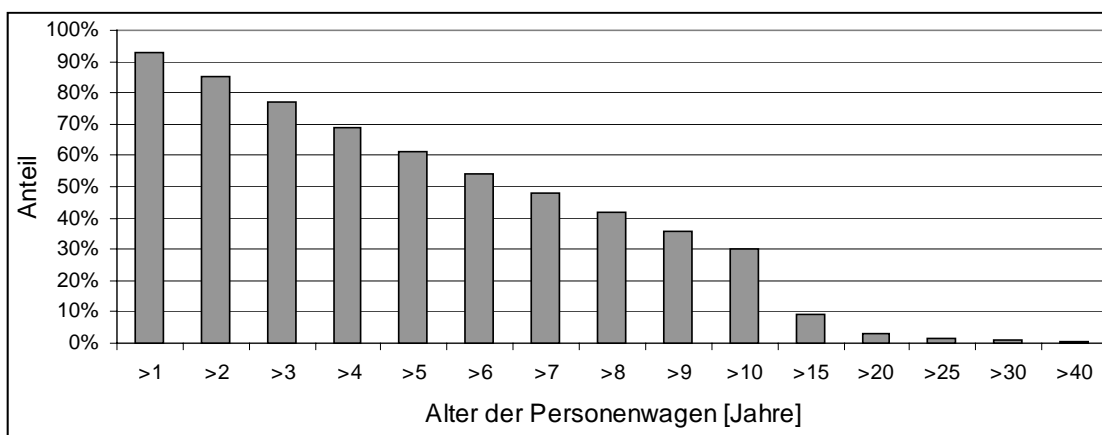


Abb. 6.2 zeigt, dass innerhalb von etwa 7 Jahren die Hälfte der Personenwagen in der Schweiz ersetzt werden. Dieselbe Analyse bezüglich der Altersverteilung im Jahre 1991 zeigt demgegenüber, dass damals die Hälfte der Fahrzeuge nur 5 Jahre oder älter waren. Daraus kann gefolgert werden, dass zukünftig der Anteil älterer Fahrzeuge im Verkehr zunimmt. Das würde bedeuten, dass es immer länger geht, bis Neuwagen mit FFU-Ausrüstung einen bedeutenden Anteil am Schweizer Personenwagenbestand ausmachen.

Das wachsende Durchschnittsalter widerspiegelt auch die Entwicklung der Fahrzeugtechnik. Aufgrund von Technikfortschritten und steigender Fertigungsqualität steigt offensichtlich die Lebenserwartung von Strassenfahrzeugen.

Bezüglich Neuzulassungen von Lastwagen sind in etwa dieselben Schlussfolgerungen zu ziehen. Nur bei Lieferwagen liegt gegenwärtig eine erhöhte Erneuerungsrate vor. Während in den letzten Jahren bei den Personenwagen der Anteil neu zugelassener Fahrzeuge am Gesamtbestand 7 bis 8% betrug, waren es bei den Lieferwagen etwa 7 bis 10%.

Neben der benötigten Zeit für die eigentlichen Systementwicklung bedarf es folglich einer nicht unbedeutenden Zeit für die Marktdurchdringung der Systeme (Akzeptanzfindung / Verbreitungsgrad), insbesondere wenn nur Neuwagen ausgerüstet werden sollen.

## 7. Zwischenbilanz

Die Analyse der Forschungen und Publikationen zum Thema Fahrzeugführerunterstützung ergab, dass an einer Vielzahl solcher Systeme intensiv geforscht und gearbeitet wird. Einzelne haben sich schon auf dem Markt etablieren können (ABS u.a.) und gehören heute zur Standardausrüstung von Fahrzeugen. Andere Systeme wie die Abstandswarnung oder automatische Abstandshaltung sind seit neuestem ebenfalls schon auf dem Markt, jedoch erst bei Fahrzeugen im oberen Preissegment. Die Fahrzeughersteller weisen bei diesen Entwicklungen in erster Linie auf die Erhöhung des Fahrkomforts und erst in zweiter Linie auf die Sicherheitseffekte hin.

Die Entwicklung von Systemen für die sehr komplexe gesamtheitliche Übernahme der Fahrer-aufgabe (automatische Fahrzeugsteuerung) wird vor allem von staatlichen Behörden und den Hochschulen gefördert und in nationalen Forschungsaufträgen vorangetrieben. Aufgrund des Entwicklungsstands dieser Systeme kann jedoch nur wenig bezüglich der Sicherheitsauswirkungen ausgesagt werden. In diesen Systemen wird jedoch das grösste Sicherheitspotenzial erwartet.

Die Analyse der Potenziale zeigt, dass die einzelnen FFU-Systeme sich mehr oder weniger deutlich auf die Unfallzahlen auswirken werden. Das theoretische Rettungspotenzial, welches oftmals recht gross ist, wird jedoch durch verschiedene Faktoren teils deutlich vermindert. Nur ein bedeutend kleinerer Teil der Unfälle wird sich darum letztlich durch die Systeme effektiv vermeiden lassen (tatsächliches Rettungspotenzial). Vor allem bei Systemen mit unverbindlichen Anweisungen oder Informationen können diese vom Fahrzeuglenker ignoriert werden, was die Wirksamkeit zusätzlich reduziert.

Die in der Literatur enthaltenen Angaben bezüglich erwarteter oder gemessener Sicherheitsgewinne beziehen sich oftmals auf ganz spezifische Versuchsbedingungen. Die sehr generellen Annahmen bezüglich spezifischer Wirkungen der Systeme, welche für VESIPO aufbereitet wurden, werden jedoch durch die im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Analysen bestätigt.

Bei den bisherigen Überlegungen zur Wirksamkeit wurde von einer Umsetzung der Massnahme für alle Fahrzeuge (obligatorische Ausrüstung aller Fahrzeuge) ausgegangen. Letztlich kann von den dokumentierten FFU-Massnahmen eine primäre Wirkung im Ausmass von nahezu 0% bis etwa 30% an Unfallverminderung abgeleitet werden. Auf weitere zu erwartende Effekte, welche zum Beispiel bei einer Teileinführung der Systeme entstehen können, wurde bislang nicht weiter eingegangen. Im folgenden Abschnitt werden die übrigen Wirkungen, unter anderem auch die sekundären Effekte, untersucht.

## 8. Weitere Effekte der Assistenzsysteme

### 8.1 System- und Interaktionssicherheit

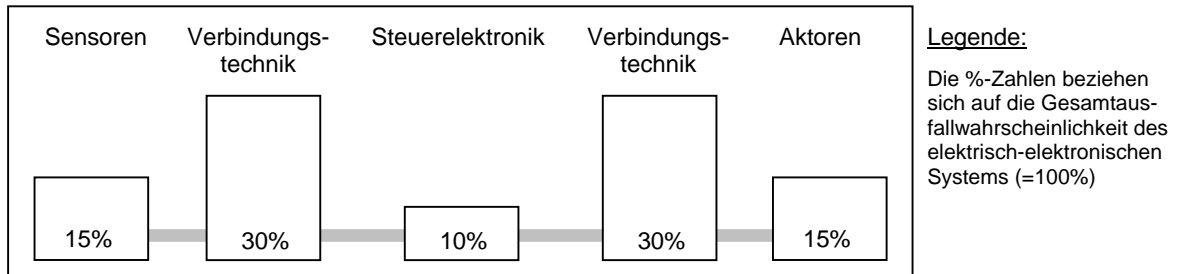
Komponenten der Systeme sowie ganze Systeme können ausfallen, was zu Funktionseinbußen und daraufhin zu Unfällen führen kann. Auf der Systemebene kann mit der Definition sicherer Rückfallebenen Schaden vermieden werden. Bei den Verkehrsteilnehmern hingegen funktioniert die Rückfallebene (Eigenverantwortung und Kontrolle durch den Fahrzeuglenker) nicht unbedingt konfliktfrei. Wird der Fahrer rasch genug reagieren, wenn z.B. die automatische Abstandhaltung ausfällt? In einem ersten Abschnitt wird auf die Fehlerwahrscheinlichkeit der Systeme selbst eingegangen. Nachfolgend wird aufgezeigt, was für Probleme bei einem Ausfall der Systeme auftreten können.

#### Grundlagen der Fehlertheorie

Bezüglich den fahrerunterstützenden Systeme können sich Fehler unterschiedlich auswirken. Gemäss Gaupp et al. [24] muss das Sicherheitskonzept diese Fehler entsprechend erkennen und durch geeignete Massnahmen beherrschen. Charakteristisch für Fehler, Ausfälle und Störungen ist in jedem Fall die Abweichung des Ist-Zustandes vom Sollzustand. Die Sicherheit der im Fahrzeug eingesetzten aktiven Regelungssysteme ist durch Massnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit sowie Massnahmen zum Schutz gegen gefährliche Fehler erreichbar. Hierbei lässt sich eine Erhöhung der Zuverlässigkeit durch Fehlervermeidung realisieren, Massnahmen zum Schutz gegen gefährliche Fehler durch Fehlervermeidung und Fehlerbeherrschung. Da eine 100%ige Fehlervermeidung nicht realistisch ist, müssen die entsprechend möglichen Fehler erkannt und durch ein Sicherheitssystem beherrscht werden. Die Teilsysteme Fehlererkennung und Fehlerbeherrschung ergeben zusammen ein Fehlerdiagnosesystem. Die Fehlererkennung bestimmt das Vorhandensein eines Fehlers. In der Praxis wird in der Regel eine Überwachungslogik eingesetzt, welche die Ausgangsgrössen auf ihre Plausibilität überprüft, indem die Sensorsignale des Systems mit abgespeicherten Daten dauernd verglichen werden. Nach Überschreiten eines festgelegten Schwellwertes meldet das System einen Fehler. Das Festlegen des Schwellwertes erfordert einen Kompromiss zwischen hoher Fehlerempfindlichkeit, was den Vorteil hat, auch sehr kleine Fehler zu erkennen, und hoher Unempfindlichkeit gegenüber Fehlalarmen. Häufige Fehlalarme bewirken, dass der Fahrzeugführer Alarminformation ignoriert oder weniger Beachtung schenkt, was sich stark auf die Systemsicherheit auswirkt.

Sicherheitsrelevante Fehler können in verschiedenen Bereichen der im Fahrzeug eingesetzten Systeme auftreten. Es zeigt sich, dass eine wesentliche Massnahme zur Erhöhung der Fallsicherheit eine Erhöhung der Zuverlässigkeit der Verbindungstechnik darstellt (vgl. Abb. 8.1). Diese wird heute durch den Einsatz eines sogenannten CAN-Bus (Controller Area Network) realisiert, welcher Übertragungsfehler erkennt und diese korrigieren kann.



**Abb. 8.1 Relative Ausfallrate elektrisch-elektronischer Systeme, Gaupp et al. [24]**

Eine Untersuchung von Wallentowitz und Adam [65], in welcher Fahrzeuge von unterschiedlichen Herstellern auf die Fehlerhäufigkeit der elektronischen Systemen überprüft hat (ABS u.a.), kam ebenfalls zum Schluss, dass in den CAN-Leitungen häufig die Ursache von Störungen vorliegen. Diese Fehler werden jedoch von den CAN-Schnittstellen meist erkannt und durch nochmaliges Senden der Daten behoben.

Zur Überprüfung der Zuverlässigkeit und Sicherheit elektrisch-elektronischer Systeme wird im allgemeinen eine Fehlerbaumanalyse (Fail tree analysis, FTA) durchgeführt. Sie eignet sich besonders gut zur zuverlässigkeits- und sicherheitsrelevanten Darstellung und Analyse komplexer Systeme, wie z. B. Fahrdynamikregler. Ausgehend von einem unerwünschten Ereignis, werden die logischen Verknüpfungen von Komponenten ermittelt. Die Ziele der Fehlerbaumanalyse sind im einzelnen:

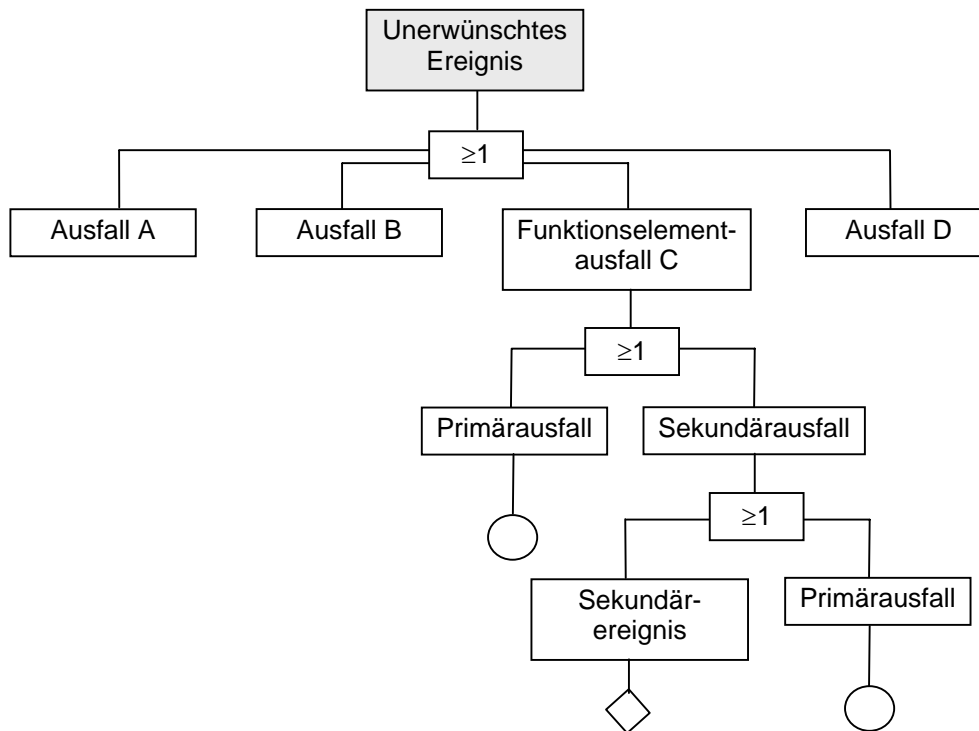
- Die systematische Identifizierung aller möglichen Ausfallkombinationen, die zu einem vorgegebenen unerwünschten Ereignis führen.
- Die Ermittlung von Zuverlässigkeitskenngrößen, wie z.B. Eintrittshäufigkeiten der Ausfallkombinationen oder Eintrittshäufigkeit des unerwünschten Ereignisses.

Als Voraussetzung für die Fehlerbaumanalyse ist eine detaillierte Systemanalyse notwendig. Sie setzt sich zusammen aus einer Beschreibung der Systemfunktionen, der Umgebungsbedingungen, der Komponenten bzw. des Verhaltens der Komponenten untereinander und zur Umwelt. Hierbei werden die sicherheitskritischen Systemausfälle (TOP-Ereignisse) erfasst.

Ausgehend von dem unerwünschten Ereignis wird ein Fehlerbaum aufgestellt und graphisch dargestellt (vgl. Abb. 8.2). In diesem werden die Ausfälle festgelegt, die zu dem TOP-Ereignis führen können. Dabei wird bei mehreren Ausfällen die logische Verknüpfung angegeben, ob Einzelausfälle oder die Kombination mehrerer Ausfälle zum TOP-Ereignis führen. Bei dieser Betrachtung der Ausfälle werden Primärausfälle von Sekundärausfällen unterschieden. Dabei versteht man unter einem Primärausfall den Ausfall eines Funktionselementes, das einen Standardeingang für den Fehlerbaum darstellt. Ein Sekundärausfall stellt den Folgeschaden eines Primärausfalls dar. Eine weitere Betrachtung der Entstehung bis hin zu dem Primäraus-

fall wird notwendig. Eine Möglichkeit zur Quantifizierung der Auftretenswahrscheinlichkeit des TOP-Ereignisses ist durch den Einsatz der Fehlerbaumanalyse gegeben. Sind die Auftretenswahrscheinlichkeiten der Primäreignisse bekannt, können die des TOP-Ereignisses entsprechend der Fehlerbaumstruktur abgeleitet werden.

**Abb. 8.2 Exemplarischer Fehlerbaum, Wallentowitz et al. [64]**



Bei einem Kollisionsvermeidungssystem beispielsweise sind die einzelnen Baugruppen zu unterscheiden. Ein System der Kollisionsvermeidung teilt sich auf in die Umfeldsensorik, die automatischen Bremsen und die automatische Lenkung. In allen Systemelementen können Fehler entstehen. Als unerwünschtes TOP-Ereignis für den übergeordneten Fehlerbaum kann der Ausfall des Gesamtsystems definiert werden, das durch Ausfälle der Teilsysteme hervorgerufen werden kann. Mit Hilfe des Fehlerbaums und der systemischen Betrachtung kann die Gesamtausfallsicherheit bestimmt werden.

### Folgen bei Systemausfall

Entscheidend für das Verhalten des Systems im Fehlerfall ist, ob für das System ein sicherer Zustand definiert ist. So wird bei der Systemkonzeption oftmals ein sogenanntes Fail-Safe-Prinzip definiert. Bei diesem Prinzip beherrscht das System während des Betriebs auftretende Fehler, ohne dass es zu einem gefährlichen Zustand kommt, d.h. das System geht nach einer Fehlererkennung in einen sicheren Zustand über.

Bei warnenden und Informierenden Systemen hat dies zur Folge, dass der Fahrzeugführer keine Assistenzhilfe mehr erhält. Dieser ist direkt mit der Fahreraufgabe vertraut, muss jetzt aber aufgrund seiner direkten Informationen verstärkt Fahrentscheidung fällen.

Ein Ausfall von Systemen mit verbindlichen Anweisungen bewirkt, dass der Fahrzeugführer nicht mehr in seinen allenfalls sicherheitskritischen Handlungen eingeschränkt wird. Es treten vor allem dann Probleme auf, wenn das System als „Testinstrument“ genutzt wird. Wenn sich zum Beispiel der Fahrzeugführer darauf verlässt, dass er von einem Müdigkeitswarnsystem gewarnt wird, wenn er nicht mehr fahrtüchtig ist. Mit deutlicher Warnung, dass das System die Funktion nicht ausführen kann, aber auch durch die Systemauslegung können solche Sicherheitsrisiken vermindert werden.

Bei Systemen, welche Fahreraufgaben übernehmen, besteht ein deutlich grösseres Gefahrenpotenzial. Bei einem Systemausfall haben die Fahrzeugführer wieder vermehrt Fahreraufgaben zu übernehmen. Bei Überforderung, da nicht mehr daran gewöhnt, kann sich das deutlich auf die Sicherheit auswirken. Vor allem aber auch dann, wenn der Sicherheitsgewinn des Systems durch eine aggressivere Fahrweise kompensiert wird (vgl. Kap. 8.3). Zu unterscheiden ist weiter, wie häufig das System in die Steuerung eingreift. Zum Beispiel wirkt sich bei Systemen, die automatische Notmanöver ausführen, der Ausfall nur bei den seltenen Einsätzen aus (dann aber stark). Durch geeignete Diagnosesysteme können allfällige Fehlfunktionen entdeckt und frühzeitig behoben werden.

Anders sieht es jedoch aus, wenn das System nicht auf eine sichere Rückfallebene geführt werden kann. Wenn falsche Informationen oder Warnungen kommuniziert werden oder aber das System falsche Steuerbefehle ausführt. Wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben (Abb. 8.1), kann die Fehlerquelle bei der Bestimmung der Inputgrössen (Infrarotsensoren bei ACC-System<sup>19</sup>) aber auch bei der Übermittlung oder aber bei der Ausführung liegen. An dieser Problematik arbeiten die Fahrzeug- und Fahrzeugkomponentenhersteller zur Zeit noch intensiv, da ein System erst markttauglich ist und durch den Gesetzgeber akzeptiert werden kann, wenn diese Risikofaktoren sehr tief gehalten werden.

---

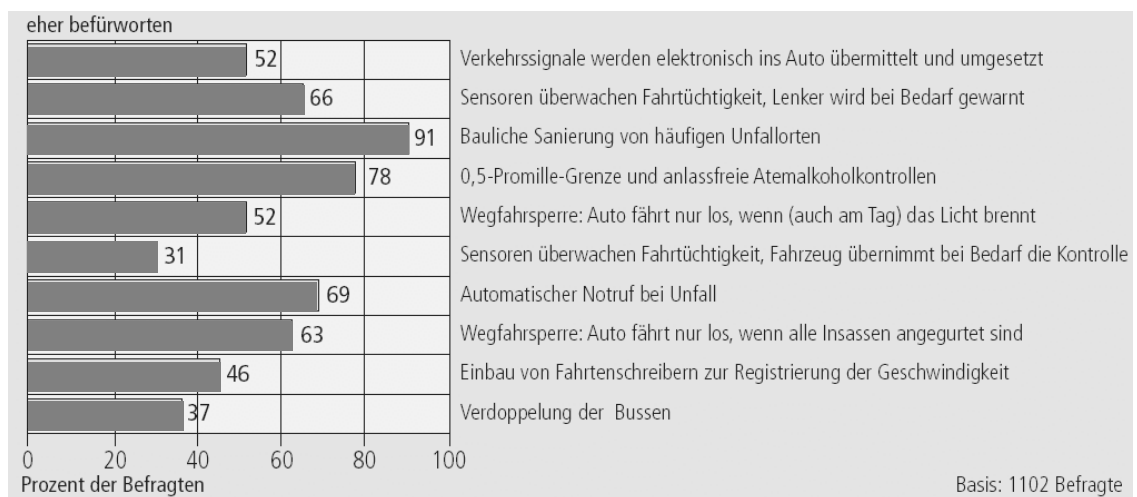
<sup>19</sup> ACC – Automatic Cruise Control

## 8.2 Sekundäre Wirkungen

### 8.2.1 Anpassungsprozesse

Die erfolgreiche Einführung von Assistenzsystemen ist nicht nur an technische Bedingungen geknüpft. Vor allem wenn die Systeme nicht obligatorisch eingeführt werden, braucht es eine grosse politische und gesellschaftliche Akzeptanz, ehe es zur wünschbaren Verbreitung kommt. In der nachfolgenden Tabelle wird eine Auswertung einer Befragung der bfu [7] bezüglich der wirksamsten zehn Massnahmen gemäss VISION ZERO dargestellt.

**Abb. 8.3 Akzeptanz der Schweizer Bevölkerung bezüglich den zehn wirksamsten Massnahmen VISION ZERO, Umfrage bfu, Herbst 2002 [7]**



Aus der Befragung wird deutlich, dass eine einfache Warnung gegenüber einer Übernahme der Fahreraufgabe deutlich mehr Akzeptanz findet. Eine „Bevormundung“ der Fahrzeugführer ist nicht erwünscht. Dies zeigt sich bei den beiden Fragen bezüglich Einsatz von Sensoren zur Überwachung der Fahrtüchtigkeit. Mit zunehmendem Interventionsgrad der Ausrüstungssysteme wird ebenfalls der Freiheitsgrad des Lenkers vermindert. Ein gelenktes und reglementiertes Fahren widerspricht ebenfalls der Fahr-Motivation „Freude am Autofahren“, Ausdruck der Individualität“ oder Demonstration hoher Selbsteinschätzung. Die Selbsteinschätzung ist mit ein Grund für die geringe Akzeptanz „bevormundender“ Systeme: Die Fahrer halten sich überwiegend für gute oder sehr gute Fahrer. Das eigene Fahrkönnen wird allgemein überschätzt wohingegen das Unfallrisiko unterschätzt wird. Dies konnten ebenfalls Aebischer et al [2]. aufzeigen, welche 1000 Führerscheinbesitzer in der Schweiz befragt und die Ergebnisse ausgewertet haben. Von den Befragten schätzen sich 13% als sehr gute und 55% als gute Fahrer ein. Hingegen beurteilen nur 29% ihre fahrerischen Fähigkeiten als „mittel“ und 2% als „nicht so gut“/„gar nicht gut“. Geschlechtsspezifische Unterschiede konnten ebenfalls aufgezeigt werden, so haben Männer mit einer geringen jährlichen Fahrleistung ein deutlich besse-

res Bild von sich als Autofahrer als die Frauen mit derselben niedrigen Fahrleistung. Mit zunehmender Fahrleistung steigt die Selbsteinschätzung vor allem auch bei den Frauen, so dass sich die Frauen mit hoher Fahrleistung (>30'000 km/Jahr) fast so gut einschätzen wie die Männer.

In einer Untersuchung von Grimmer et al. [29], in welcher 1'074 Personen<sup>20</sup> bezüglich ACC-Systemen befragt wurden, würden 86% der befragten Personen das Assistenzsystem bei Bedarf gerne abschalten können. 50% der Personen gaben an, dass sie sich beim Fahren mit ACC unsicherer fühlen würden. 60% haben das Gefühl, die Kontrolle über das Fahrzeug abzugeben, sowie 45% sehen einen Verlust der Fahrfreude beim Einsatz eines solchen Systems.

Vor allem gegenüber neuen Systemen, die unbekannt sind, sind Fahrzeuglenker eher kritisch eingestellt. Dies zeigte sich beim Grossversuch mit elektronischer Geschwindigkeitsübermittlung in vier schwedischen Städten [72]/[74]. Vor dem Versuchsdurchlauf waren nur 40% der beteiligten Personen positiv gegenüber Geschwindigkeitswarnsystemen im Fahrzeug eingestellt. Nachdem sie das System getestet hatten, waren es dann 80%. Ebenfalls änderte sich die Einstellung bezüglich Geschwindigkeitsinformationssystemen (70% gegenüber anfänglich 35%) sowie unterstützenden Systemen, welche direkt in die Fahrzeugsteuerung eingreifen (45% gegenüber 20%). Auch hier zeigt sich, dass eine Informationshilfe stärker akzeptiert ist als ein direktes Eingreifen. Die selben Erkenntnisse bezüglich Akzeptanz konnten Falk et al. [21] in den Feldtests mit zwei unterschiedlichen Geschwindigkeitsbegrenzungssystemen aufzeigen. Nach dem Test bevorzugten drei Viertel der Fahrer das System, welches den Fahrer nur per akustischem Signal warnt und nicht jenes, welches aktiv in die Fahrsteuerung eingreift.

Die Akzeptanz ist auch abhängig von den Verkehrsteilnehmern selbst. Merkmale wie Alter, Fahrerfahrung und Persönlichkeitsstruktur (Flexibilität, Stresstoleranz, Risikobereitschaft u.a.) der Fahrer müssen bei der Einführung innovativer Technologien berücksichtigt werden. Die Fahrermerkmale sind jedoch im Zeitverlauf nicht konstant. Tagesform, Fahrtzweck (beruflich oder privat), Orientiertheit, Beeinflussung durch Beifahrer etc. beeinflussen das Fahrverhalten. Entsprechend kommt der Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) eine besondere Bedeutung zu, vor allem bei Systemen, bei denen der Fahrer Informationen/Warnungen zu interpretieren hat und dann darauf reagieren soll. In wissenschaftlichen Forschungsinstituten wird mit Hilfe von Fahrsimulatoren<sup>21</sup> untersucht, welche Prozesse beim Fahren ablaufen. Im frühen Stadium der Systementwicklung können so ergonomische Aspekte bezüglich Handling untersucht werden. Unterschiedliche Varianten von Displays, Rückmeldesystemen etc. können

---

<sup>20</sup> Personen hatten das System vorgängig nicht gekannt

<sup>21</sup> Die Fahrsimulatoren befinden sich auf einem hohen Entwicklungsstand. Vor allem die immersiven Fahrsimulatoren, bei welchem der Testfahrer in einem realen Fahrzeug sitzt, bilden das Fahrempfinden sehr wirklichkeitsgetreu nach.

getestet sowie bestimmte vorhergesagte Verhaltensaspekte überprüft und unerwünschte Nebenwirkungen festgestellt werden.

Die Risikowahrnehmung spielt bei der Akzeptanz der Systeme ebenfalls eine Rolle, in Abhängigkeit davon, inwieweit ein Assistenzsystem in der Lage ist, Ängste vorwiegend bezüglich besonderer Gefahren zu nehmen, die man selbst nicht unter Kontrolle hat. So besteht beispielsweise eine hohe Akzeptanz des Systems, welches beim Fahren auf Glatteis Unterstützung bietet (Angst vor Glatteis ist sehr gross). Hingegen werden Systeme, die Fahrzeugabstand oder –geschwindigkeit beeinflussen, weniger akzeptiert, da diesbezüglich eine höhere Risikobereitschaft auch aufgrund der Erfahrung, dass es meistens gut geht, besteht.

### **8.2.2 Kompensatorische Effekte**

Ein wichtiger Punkt ist, wie Fahrer mit der entlastenden Funktion der Assistenzsysteme umgehen. Können die Sicherheitsgewinne vollumfänglich genutzt werden oder tritt eine Verhaltensanpassung ein, welche die Sicherheitswirkung massgeblich reduziert? Der Begriff Verhaltensanpassung (Behaviour adaptation) ist dabei negativ besetzt und bedeutet, dass Verkehrsteilnehmer auf neue oder veränderte Gegebenheiten, die im gesamten Verkehrsbereich eintreten können, in einer nicht geplanten, negativen Weise reagieren.

Für ACC-Systeme wurde in zahlreichen Forschungsarbeiten die Interaktion zwischen Assistenzsystem und Lenker ausführlich untersucht. Die Forschungsergebnisse lassen grundsätzlich auf Verhaltensanpassung auch bei den übrigen Assistenzsystemen schliessen.

Becker et al. (1994) zeigte auf, dass es in Abhängigkeit der jeweiligen situativen Bedingung zu Veränderungen im Fahrverhalten kommt. Augenbewegungsanalysen zeigten, dass der Fahrer in Situationen mit geringer mentaler Belastung das Unterstützungssystem ausnutzte, um seine Aufmerksamkeit nicht fahrrelevanten Tätigkeiten zuzuwenden (Radio einstellen u.a.). Dies zeigte sich zum einen im verlängerten Betrachten von Ersatzobjekten (z.B. Display des ACC-Systems) und einem damit gleichbedeutenden Rückgang der Aufmerksamkeit in Bezug auf das unmittelbare Verkehrsgeschehen bei eingeschaltetem ACC. Die Befunde deuten darauf hin, dass während der Fahrzeugführung, aufgrund der gesunkenen mentalen Belastung und einer damit einhergehenden veränderten subjektiven Risikoeinschätzung, die Aufmerksamkeit länger von der Verkehrssituation weg auf andere Tätigkeiten gerichtet wird und dadurch unter Umständen ein riskanteres Fahrverhalten provoziert wird. Färber et al. [22] kommen zu ähnlichen Erkenntnissen. In einem gross angelegten Feldversuch zur Evaluation des Informations-Managers werden die Fahrzeugunterstützungssysteme Rückschaukameras und Distanzregelung (ACC im Stop & Go-Verkehr) untersucht. Sie kommen zum Schluss, dass Fahrzeugführer eine Art konstantes Beanspruchungsniveau herstellen. Sie nutzen die Entlastung, die durch Informationsmanagement oder Unterstützungssysteme geboten werden, für eine Veränderung

ihres Verhaltens. Das zeigt sich unter anderem darin, dass die Blickdauer auf die Displays mit zunehmender Assistenzfunktion zunimmt.

Chaloupka et al. [5], welche mittels Verhaltensbeobachtungen in mit ACC-Systemen ausgerüsteten Testfahrzeugen vorgängig definierte Hypothesen der Verhaltensveränderungen überprüft haben, kommen zu folgenden weiteren Erkenntnissen:

- Wenn die Ausrüstung den Handlungsspielraum des Lenkers einschränkt, dann ist mit negativen Gefühlsregungen des Lenkers zu rechnen. So wird teilweise das ACC bewusst ausgeschaltet, um dichter auffahren zu können. Knappes Auffahren ist offensichtlich für einige Lenker eine Art „Kommunikation“. Sie soll eine Beschleunigung oder eine Fahrstreifenfreigabe des Vordermannes bewirken.
- Bei Fahren mit dem ACC-System wurden vor allem gegenüber ungeschützten Verkehrsteilnehmern (Fussgänger/Fahrradfahrer) häufiger Sicherheitsfehler gemacht. Es wurde auch oft zu spät geblinkt.
- Ohne ACC-System verzögerten die Fahrer frühzeitiger vor Kreuzungen.
- Ein Verhaltenstransfer von der Autobahn in den Stadtverkehr, wo die Ausrüstung gar nicht funktioniert, konnte beobachtet werden. Dass man sich auf die Ausrüstung konzentriert und etwas weniger auf die Umwelt, konnte ebenfalls im Stadtverkehr beobachtet werden.
- Risikokompensation (Risiko-Homöostase<sup>22</sup>) kann angenommen werden. So konnte bei Personen, die in den vorgängigen Interviews angaben, dass sie dem System vertrauten, ein Verhalten beobachtet werden, aus dem sich schliessen lässt, dass sie durch die offensichtlich wahrgenommenen Vorteile mehr Sicherheit empfanden. Sie fuhren im Vergleich zu anderen Fahrzeuglenkern häufiger über dem Limit, behinderten andere Lenker häufiger und wechselten seltener die Spur.
- Unterschiedliche Akzeptanz der unterschiedlichen Einflussstufen der Ausrüstung konnte bestätigt werden. Das System, welches aktiv in das Fahrgeschehen eingreift wurde positiver bewertet als jenes, welches nur eine Warnung/Info gibt. Dies ist damit zu erklären, dass manche Lenker sich offenbar auf den Komfort, den das System bietet, einlassen können.
- Positive Veränderungen konnten bezüglich homogeneren Geschwindigkeiten und korrekterer Sicherheitsabstände zum Vordermann beobachtet werden.

---

<sup>22</sup> Die Wirkung von neu eingeführten Sicherheitsmassnahmen kann dadurch kompensiert, oder sogar *überkompensiert* werden, wenn im Wissen um diese zusätzliche objektive Sicherheit das Fahrverhalten risikoreicher wird. Dadurch wird letztlich das absolute Niveau der Sicherheit konstant gehalten, bzw., bei Überkompensation, sogar erniedrigt.

In weiteren Studien (Van Arem et al. [60] u.a.) konnte beobachtet werden, dass die Fahrer des mit einem ACC-System ausgerüsteten Fahrzeugs vermehrt auf der Überholspur verbleiben, um nicht immer von einem vorausfahrenden Fahrzeug abgebremst zu werden. Van Arem et al. zeigen ebenfalls auf, dass sich der Einsatz von ACC-Systemen positiv auf die Verkehrssicherheit auswirkt. Als Sicherheitskriterium werden die Time-To-Collision-Werte bewertet. Die Time to Collision beschreibt den Zeitraum, der bei einer unveränderten Einhaltung der Geschwindigkeitsdifferenz zweier aufeinanderfolgender Fahrzeuge vergeht, bis es zu einem Unfall kommen würde. Mit zunehmendem Ausrüstungsgrad der Fahrzeuge tritt ein Rückgang des Anteils geringer TTC-Werte ein und eine gleichmässige Geschwindigkeitsverteilung ist zu beobachten. Beides führt schlussendlich zu einer Verminderung des Unfallrisikos.

Im Projekt EMPHASES [12] wurden die Systeme ACC und Querführung (Heading Control, HC), je ein System zur Längs- und zur Querführung, ausführlich mit Fahrsimulatoren untersucht. Unter dem Aspekt der Belastung und Beanspruchung ergab sich generell, dass informierende Systeme (visuelles ACC, akustisches HC) den Fahrer deutlich mehr beanspruchen als eingreifende Systeme. Beim visuellen ACC konnte aufgezeigt werden, dass eine hohe Informationsdichte sich gerade in kritischeren Situationen des Annäherns negativ auf die Fahrpräzision und damit auch auf die Fahrsicherheit auswirken kann.

Das ACC als handlungsersetzendes System führt dazu, dass der Fahrer dem System die Längsregulation weitgehend überlässt. Im Langzeitversuch zeigte sich, dass die Fahrer teilweise ihren Fahrstil so verändern, dass die Systemfunktionen nicht abschalten (Verhaltensadaptation). Die deutliche Entlastung des Fahrers in der Längsregulation führt aber nicht zu einer Verbesserung der Querregulation. Die durch ein Assistenzsystem freiwerdenden Ressourcen werden nicht an anderer fahrrelevanter Stelle eingesetzt. Die Entlastung in der Längsregulation führt zu einem Rückzug des Fahrers aus der gesamten Stabilisierungsaufgabe und schlägt sich damit auch in einer schlechteren Spurhaltung nieder. Dieser Effekt tritt bei der HC mit seiner haptischen<sup>23</sup> Rückmeldung von Spurabweichungen nicht ein. Da das HC mit seinen kurzen Aufschaltungen von Momenten kein Querführungssystem ist, wird der Fahrer durch die von ihm zu dämpfende Systemaktion im Regelkreis gehalten. Positiv zu werten ist die Kombination von ACC und HC. Das HC ist in der Lage, auch bei automatischer Längsregulation den Fahrer im Regelkreis zu halten.

Weiter konnte bei dieser Studie aufgezeigt werden, welche Auswirkungen der zunehmende Grad der Automation auf Aufmerksamkeit und Handlungsbereitschaft haben. Mussten die Fahrer bei hohem Automatisierungsgrad (90%) handeln, so vergrösserte sich die Reaktionszeit gegenüber manueller Bedienung um 25%. Der Wechsel vom Monitoring zum Controlling (task switching) ist mit erheblichem kognitiven Aufwand verbunden.

---

<sup>23</sup> den Tastsinn betreffend



Neben dem Einfluss auf die Reaktionszeit kann die zunehmende Automatisierung auch zu einem Verlust an Fahrgeschicklichkeit führen. In kritischen Momenten reagiert der Fahrer nicht richtig, da er mit der Fahreraufgabe nicht mehr vertraut ist.

Eine solche sekundäre Beeinträchtigung im Zusammenhang mit FFU-Systemen zeigt auch Brown [11] auf. Bezüglich der Verhaltensadaption weist er auf entsprechende negative Kopplungen bei Müdigkeitswarnsystemen hin:

- Überhöhtes Vertrauen in die Systemfunktionen kann dazu führen, dass Fahrer die selbständige Überwachung ihres Eigenzustandes vernachlässigen und das System „als Wecker“ verwenden.
- Aufgrund einer zu hohen Rate sogenannter „falscher Alarme“, die letztlich auf die noch nicht zu 100% zuverlässige Erkennung des tatsächlichen Fahrerzustandes zurückführbar ist, könnten sich die Nutzer angewöhnen, die Warnungen des Systems zu ignorieren.

### 8.2.3 Mensch-Maschinen-Schnittstelle (MMS)

Wird das ganze System „Fahrer-Fahrzeug-Umwelt“ betrachtet, so wird deutlich, dass bei der Fahrzeugführung im Strassenverkehr die Rückwirkung innerhalb dieses Systems eine wichtige Rolle spielt. Die Fahrer haben neben der Beeinflussung durch informierende und warnende Systeme Fahreraufgaben zu erfüllen. Bei der Auswahl der für den Fahrer notwendigen Informationen ist eine mögliche Überlastung zu berücksichtigen. Es kommt zu einem Interessenskonflikt zwischen einer möglichen Informationsüberlastung und dem Informationsbedürfnis des Fahrers. Um diesen vor einer Informationsüberlastung zu schützen, bedarf es einer Filterung (Priorisierung der Information), die die Informationsausgabe nur unter bestimmten Randbedingungen zulässt. Es bedarf eines Informationsmanagers. Gemäss Färber et al. [22] hat dieser auf einer Katalogisierung der Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssysteme zu basieren. Aufgrund von Parametern wie Wichtigkeit der Information, Ablenkung des Fahrers durch die Information bzw. gegenwärtige Fahrsituation werden die Informationen entweder nur im Ruhezustand des Fahrzeugs dargestellt, sofort an den Fahrer weitergeleitet oder dem Fahrer erst in einer ruhigen Verkehrssituation übermittelt.

Die Umsetzung dieses Konzepts von Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemen ist an zwei Bedingungen geknüpft: Zum einen muss nachgewiesen werden, ob eine situationsangepasste Informationsdarstellung die Verkehrssicherheit positiv beeinflusst und von den Fahrern akzeptiert wird, zum andern müssen Module erarbeitet werden, die eine Abschätzung der Fahrerbeanspruchung und der Verkehrssituation ermöglichen.

### 8.2.4 Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit

Bemühungen, die Effekte von Fahrerassistenzsystemen auf verkehrliche Auswirkungen abzuschätzen, zeigen ein breites Spektrum an denkbaren Veränderungen. Überwiegend stehen die Ergebnisse von Untersuchungen unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit. Zudem sind sich die Experten einig, dass Kapazitätsreserven der Strassen durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen freigesetzt werden können. Mittels Simulationen können Szenarien erzeugt werden, in denen Fahrzeuge mit Fahrerassistenzsystemen neben herkömmlichen Fahrzeugen existieren, um so Effekte auf die Leistungsfähigkeit untersuchen zu können. So zum Beispiel das in den Niederlanden entwickelte Modell MIXIC (Microscopic Model for Simulation of Intelligent Cruise Control), welches Streckenabschnitte von Autobahnen abbildet und mit einem speziellen ACC-Modell die Wechselwirkungen zwischen Fahrzeugen, Fahrer und automatisierten Systemen simuliert. Sowohl Van Arem et al. [60] mit dem MIXIC Modell, als auch Wallentowitz et al. [64] mit dem ebenfalls submikroskopischen Modell PELOPS, welche Verkehrsabläufe auf Autobahnen bewerteten, kommen zum Schluss, dass eine leichte Steigerung der Leistungsfähigkeit zu erreichen ist. Dies jedoch nur, wenn die Zielabstände (Zeitlücken) der ACC-Systeme innerhalb der von menschlichen Fahrern gewählten (0.8s bis 1.2s) liegen. Werden grössere Zielabstände gewählt, hat das eine Reduktion der Leistungsfähigkeit zur Folge. Die durch Zielabstände von 1.5s entstehenden grossen Weglücken veranlassen ebenfalls unausgerüstete Verkehrsteilnehmer, Spurwechsel durchzuführen und sich vor ACC-Fahrzeugen einzugliedern. Hierauf reagiert das Assistenzsystem zur Wiederherstellung des vorgegebenen Zielabstandes mit einem Abbremsen. Im dichten Verkehr führt das zu deutlichen Inhomogenitäten des Verkehrsflusses.

ACC-Systeme mit Stop-&-Go-Funktion wirken sich vor allem im dichten Stadtverkehr positiv auf die Leistungsfähigkeit aus. Die Anfahrfunktion des Reglers wirkt sich durch die häufigen Anfahrvorgänge positiv im Vergleich zum Fahrer aus, der reaktionszeitbehaftet ist. Stausituationen lösen sich dadurch schneller auf. Bei 100% Ausrüstung der Fahrzeuge mit solchen Systemen kann die Verkehrsstärke im städtischen Verkehr um bis ca. 25% gesteigert werden.

Da sich ein grosser Teil der schweizerischen Stauprobleme auf Stadtstrassen befinden, kann erwartet werden, dass mit dem Einsatz von ACC-Systemen neben der Erhöhung der Sicherheit auch eine verbesserte Durchfluss möglich ist. Anhand der Erkenntnisse der Forschung bei ACC-Systemen zeigt sich jedoch, dass die entstehenden Verbesserungen bezüglich Leistungsfähigkeit ebenfalls stark von der Ausbildung des Systems selber abhängen. Vermögen Systeme vor allem Komfortansprüche decken, kann das ein Verlust an Leistungsfähigkeit bedeuten.

Aufgrund der allgemeinen Verkehrszunahme in den letzten Jahren sowie der weiter steigenden Verkehrsnachfrage treten zunehmend Überlastungen des Strassennetzes auf. Es werden grosse Anstrengungen gemacht, die Verkehrsprobleme durch bauliche und betriebliche Massnahmen zu entschärfen. Diese stossen jedoch oft an räumliche oder finanzielle Grenzen.

Fahrzeugführerunterstützende Systeme können auch einen Beitrag zum Lösen von Verkehrsproblemen leisten. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit kann dieser wichtige Aspekt nur am Rande beleuchtet werden. Es ist in diesem Zusammenhang bedeutsam, dass einige Systeme ein beträchtliches Potenzial zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit aufweisen. Weitere Untersuchungen bezüglich dieser Forschungslücke, vor allem auch in Hinblick auf die Anwendbarkeit bezüglich schweizerischer Verhältnisse, sollten durchgeführt werden.

### 8.2.5 Weitere Effekte

#### **Auswirkung der mit FFU-Systemen ausgerüsteten Fahrzeuge auf nicht ausgerüstete Fahrzeuge.**

Ein weiterer potenzieller Konfliktbereich besteht beim Aufeinandertreffen von ausgerüsteten und nicht ausgerüsteten Fahrzeugen. Das Verhalten von Lenkern ausgerüsteter Fahrzeuge für nachfolgende Lenker nicht ausgerüsteter Fahrzeuge ist unter Umständen schwer nachvollziehbar und kann neue Gefahrenquellen ergeben. Der plötzliche Einsatz der Systeme Automatic Cruise Control (ACC), Collision Warning (CW) oder Collision Avoidance (CA) kann durch Umwelteinwirkungen (z.B. Vogel dicht vor dem Sensor) oder durch Beschädigungen hervorgerufen werden. Zur Bewertung der Risikopotenziale, die aufgrund unerwarteter Bremsaktionen durch Assistenzsysteme für die nachfolgenden Verkehrsteilnehmer entstehen können, entwickelte Wallentowitz et al. [64] ein Szenario, bei dem Fahrzeugführer auf unterschiedliche systembedingte Verzögerungswerte reagieren müssen. Auf die durch die Assistenzsysteme ACC und CW ausgelösten Bremsaktionen können die nachfolgenden Fahrer reagieren und vor dem Hindernis anhalten. Die Notfallbremsung des Kollisionsvermeidungssystems (CA, inkl. Einsatz des Bremsassistenten) stellt den kritischen Fall dar, da der direkt folgende Fahrer trotz eigener Notfallbremsung einen Unfall nicht verhindern konnte.

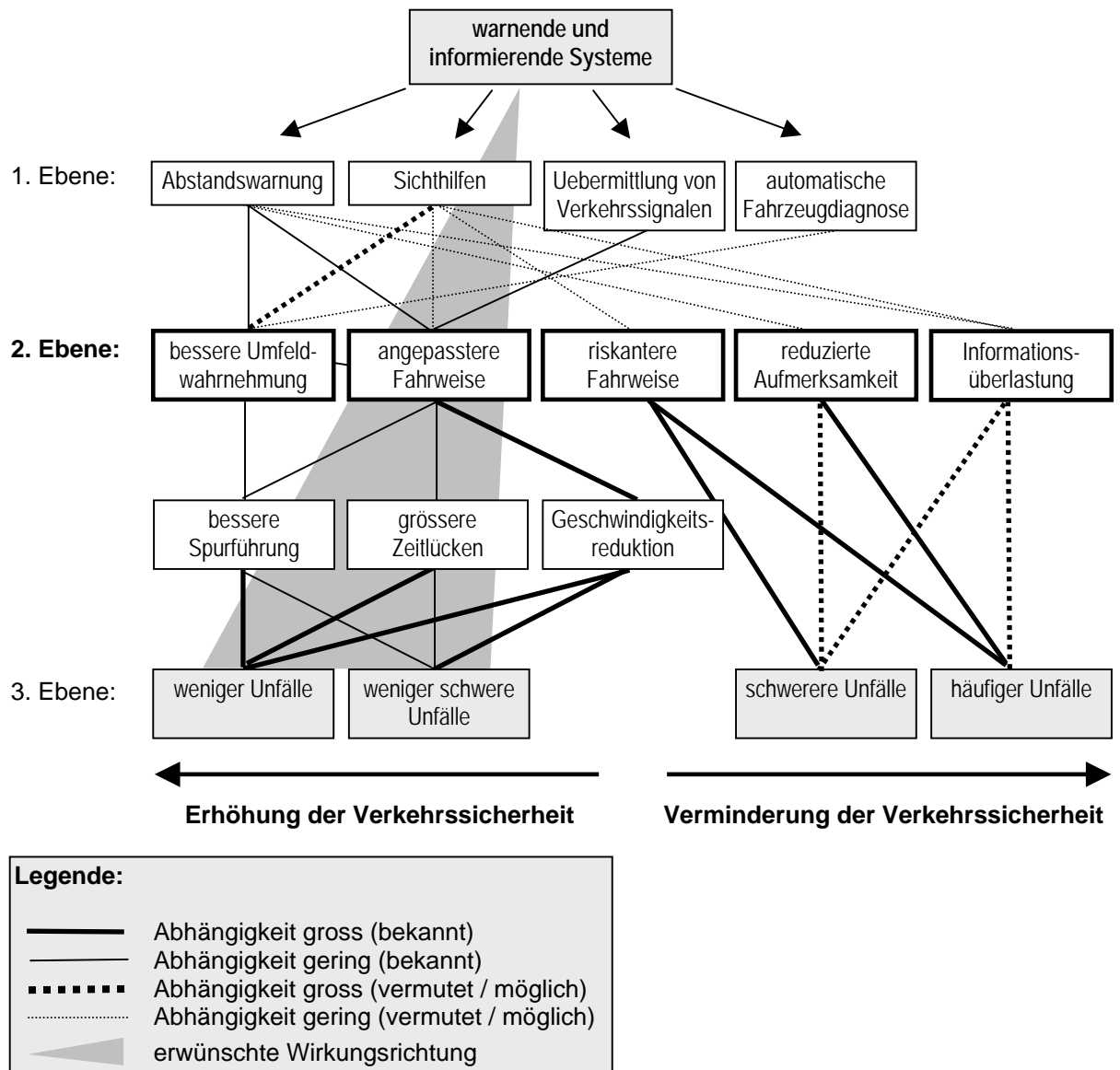
### 8.2.6 Wirkungsketten

Für eine bessere Beurteilung der Zusammenhänge ist eine Differenzierung nach Wirkungsketten zweckmässig. Diese Wirkungsketten zeigen die mutmasslichen oder auch nur möglichen Wirkungen auf den verschiedenen Ebenen zwischen den fahrzeugführerunterstützenden Systemen und der Auswirkung auf die Verkehrssicherheit.

Die Gliederung der Wirkungsketten erfolgt nach folgendem Schema:

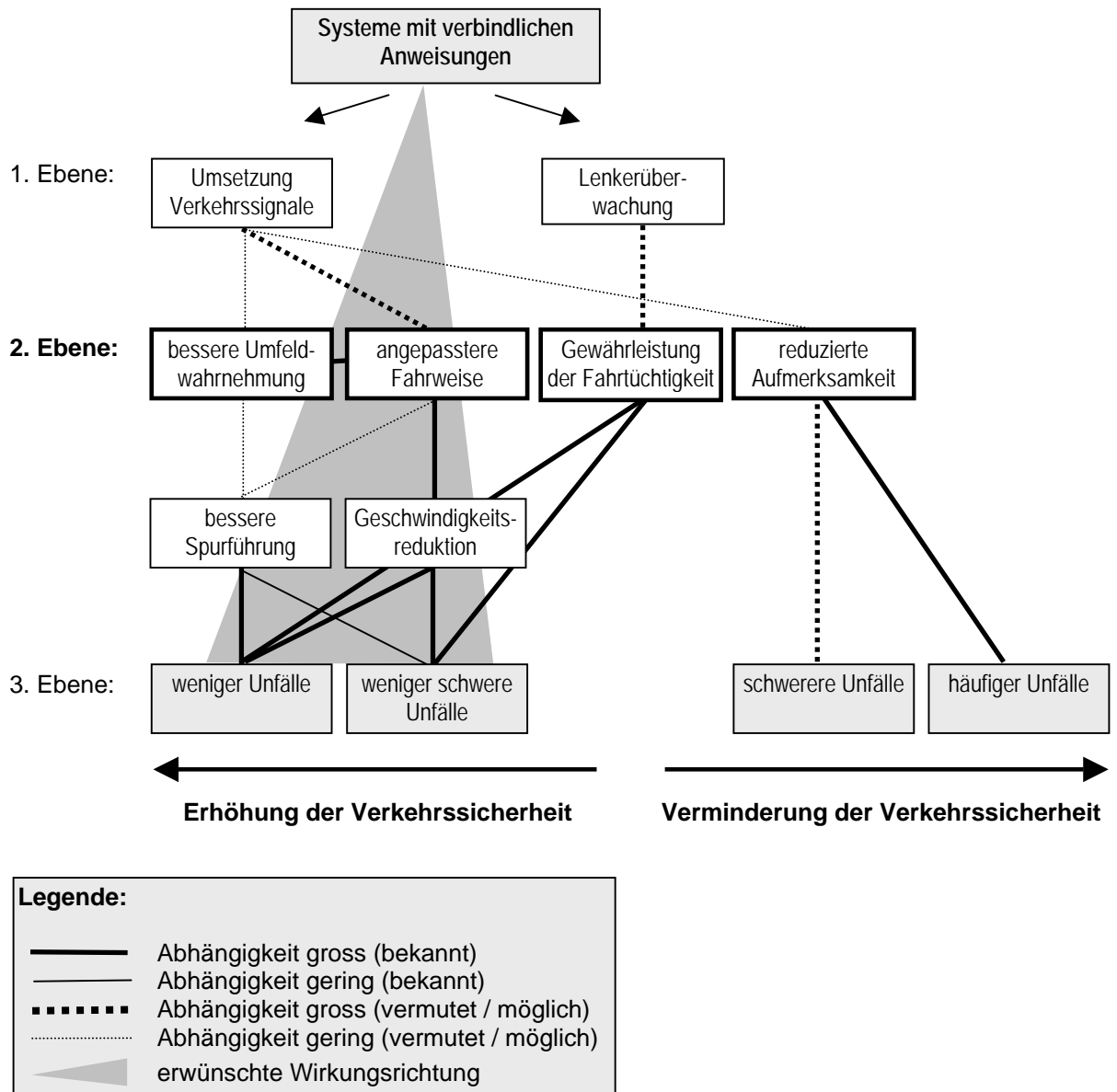
1. Ebene: FFU- Systeme
2. Ebene: Reaktion auf Mensch / Fahrzeug
3. Ebene: Wirkung auf Unfallgeschehen / Verkehrssicherheit

Abb. 8.4 Wirkungskette „warnende und informierende FFU-Systeme“



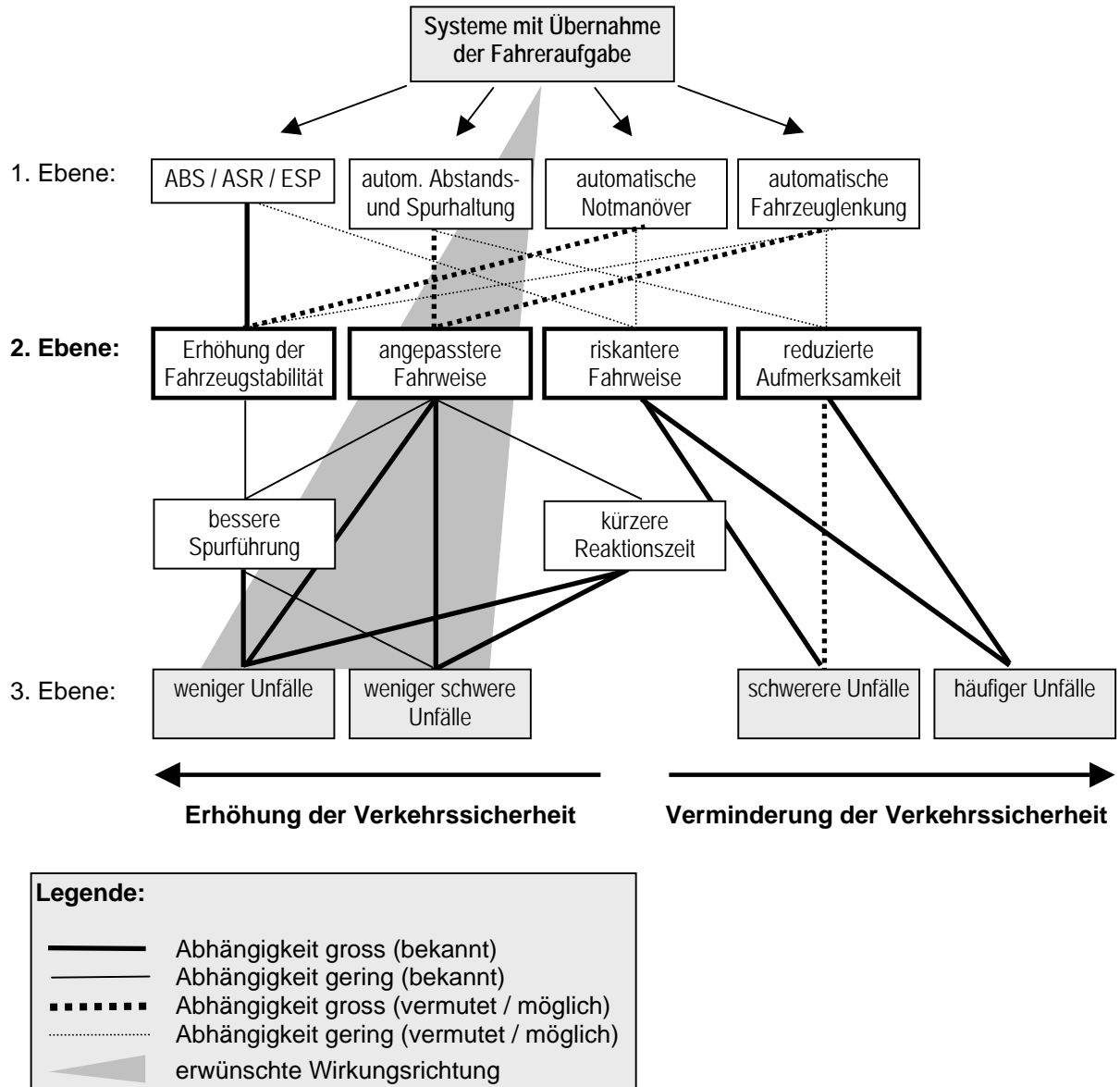
Die Auswirkungen der warnenden und informierenden FFU-Systeme (1. Ebene) binden den Fahrzeugführer in die Reaktion ein. Da die Anweisungen unverbindlich sind, unterstützen sie den Fahrzeugführer, greifen jedoch nicht direkt in die Steuerung ein. Die Abhängigkeit zu den Reaktionen ist deshalb oftmals nicht gross. Allenfalls erzeugte Reaktionen (2. Ebene) können jedoch direkt mit einer Veränderung des Unfallgeschehens in Verbindung gesetzt werden (3. Ebene).

Abb. 8.5 Wirkungskette „FFU-Systeme mit verbindlichen Anweisungen“



Die Systematik mit verbindlichen Anweisungen erzeugt eine direkte Beziehung zwischen den Ebenen 1 und 2. Neben den positiven Effekten auf die Verkehrssicherheit können auch allfällige negative Effekte wie reduzierte Aufmerksamkeit (vgl. sekundäre Effekte) in Beziehung gesetzt werden.

Abb. 8.6 Wirkungskette „FFU-Systeme mit Übernahme der Fahreraufgabe“



Aufgrund der gesamtheitlichen Übernahme von Fahreraufgaben durch die Systeme können von Fahrzeugführern erzeugte Fahrfehler vermieden oder dessen negative Auswirkungen stark vermindert werden. Solche umfassende und komplexe Systeme stehen meist erst im Entwicklungsstadium, so dass oftmals nur vermutete Effekte auf das Fahrgeschehen und somit auf die Verkehrssicherheit aufgezeigt werden können.

## 9. Expertenbefragung

### 9.1 Vorgehen

Bei vielen FFU-Systemen, insbesondere denen mit komplexen Regelungskreisläufen, ist die Entwicklung noch im Gang resp. die Marktreife noch nicht erreicht. Entsprechend fehlen hierzu noch weitgehend verlässliches Datenmaterial und Erkenntnisse zu Sicherheitswirkungen, Akzeptanz und gegenläufigen Wirkungen. Insbesondere bei letzteren bestehen noch grosse Unsicherheiten. Über eine Befragung von rund 30 Experten wird deshalb das Bild abgerundet, um so die Erkenntnisse zu vertiefen. Als Experten werden Personen oder Institutionen angesehen, die sich mit der Forschung oder Entwicklung sowie den Wirkungen von FFU-Systemen im In- und Ausland vertieft auseinandersetzen. Der Fragebogen wurde inkl. Begleitschreiben des ASTRA elektronisch verschickt. Für Experten in nicht deutschsprachigen Ländern wurde der Fragebogen ins englische übersetzt.

### 9.2 Fragebogen

Der Fragebogen umfasst allgemeine Fragestellungen, Fragen zu Sicherheitswirkungen und solche zu sekundären Effekten. Insbesondere interessieren die Einschätzung

- des Sicherheitspotenzials / der Sicherheitswirkung
- der Akzeptanz und der Verbreitungsgeschwindigkeit von FFU-Systemen
- allfälliger Abhängigkeiten zwischen den Systemen
- allfällig gegenläufiger Wirkungen

Um eine hohe Antwortquote innerhalb der gesetzten Frist zu erreichen, sind einzelne Fragen relativ pauschal gehalten. Dadurch ist der Fragebogen vergleichsweise kurz und die Zahl der Fragen angesichts der Komplexität des Themas eher niedrig.

Die Antwortmöglichkeiten sind mit Blick auf die Auswertung relativ allgemein formuliert, können aber durch differenzierte Kommentare ergänzt werden.

Der vollständige Fragebogen befindet sich im Anhang.

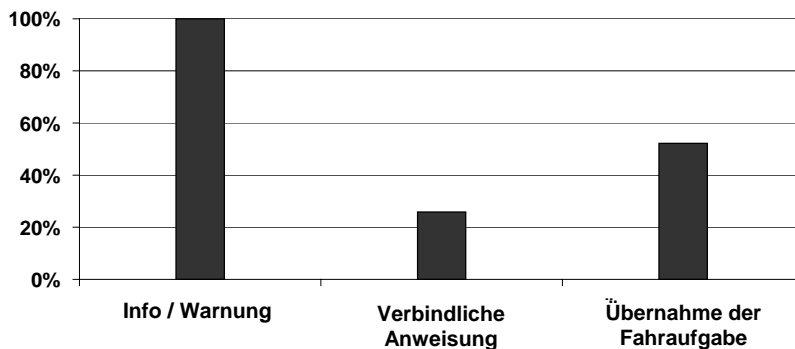
## 9.3 Ergebnisse

### 9.3.1 Allgemein

Insgesamt wurden 32 Experten um eine Einschätzung gebeten. Für die Auswertung konnten schliesslich 23 ausgefüllte Fragebogen berücksichtigt werden (Rücklaufquote ca. 70%). Nachfolgend werden die Ergebnisse der Befragung dargestellt.

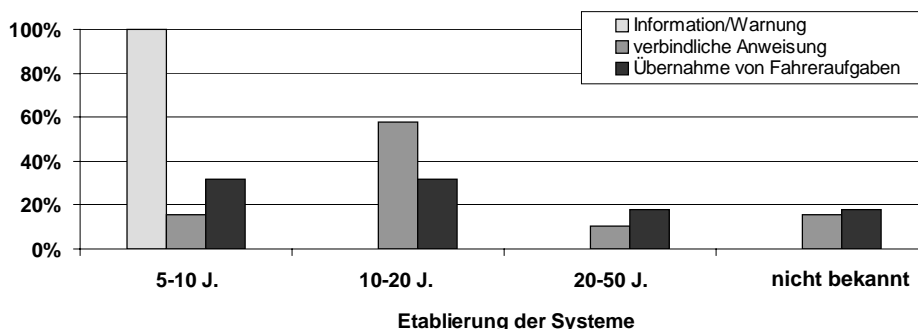
### 9.3.2 Auswertung der allgemeinen Fragen (Teil A)

**Abb. 9.1 Systeme, welche sich am stärksten durchsetzen können (1.2)**  
(Mehrfachantworten möglich)



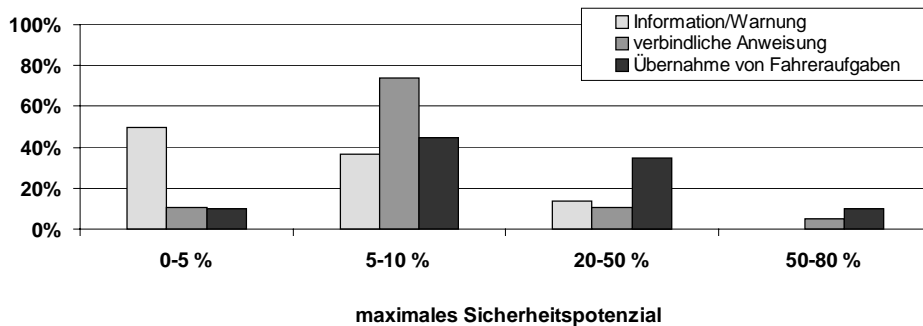
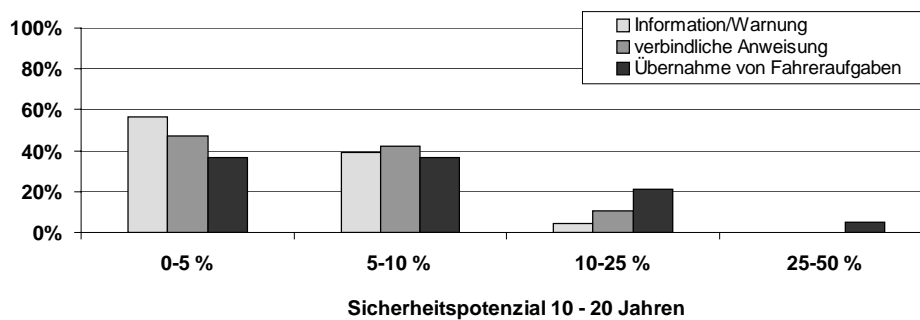
Es wird erwartet, dass sich vor allem Systeme durchsetzen, welche den Fahrzeugführer mit Information und Warnung bei der Fahraufgabe unterstützen. Diese Systeme können auch schneller die Marktreife erlangen, da weniger komplexe Steuerungen nötig sind.

**Abb. 9.2 Ab wann werden die Systeme auf dem Fahrzeugmarkt etabliert sein (1.3)**



Nur von Informations-/Warnungssystemen wird erwartet, dass sie bereits in naher Zukunft auf dem Markt sind und verbreitet eingesetzt werden. Stärker in die Fahrzeugsteuerung eingreifende Systeme werden demgegenüber erst mittel- bis längerfristig Verbreitung finden.



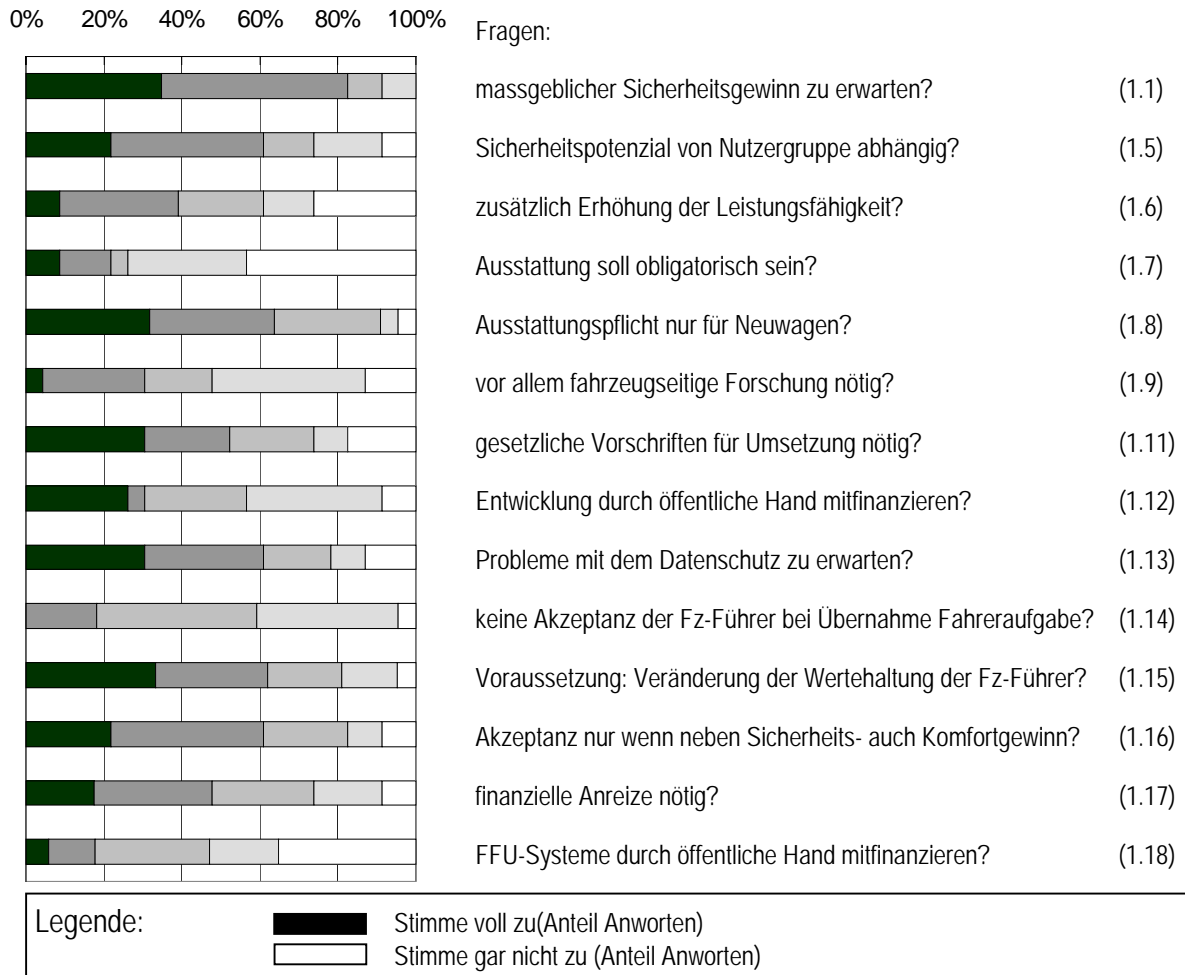
**Abb. 9.3 Erwartetes Sicherheitspotenzial bei flächendeckender Verbreitung (1.4a)****Abb. 9.4 Erwartetes Sicherheitspotenzial gemäss realistischen Erwartungen (1.4b)**

Bei flächendeckender Verbreitung wird FFU-Systemen mit informierender resp. warnender Funktion grundsätzlich ein Sicherheitspotenzial von im Mittel lediglich 5-10 % zugesprochen. Ein höherer Sicherheitsgewinn wird demgegenüber von Systemen mit verbindlichen Anweisungen (10-15%) und von der Übernahme von Fahreraufgaben (15-20%) erwartet.

Ein ähnliches Bild, wenn auch teilweise abgeschwächt, zeigt sich bei den Antworten bezüglich realistischer Umsetzungserwartungen. Die Sicherheitserwartungen werden vor allem bei den Systemen mit verbindlichen Anweisungen und Übernahme der Fahreraufgaben nach unten korrigiert.

Ein Teil der Fragen konnte durch Zustimmung (5 Klassen) beantwortet werden. Die folgende Abbildung zeigt die Prozentverteilung (je dunkler die Balken, desto grösser die Zustimmung).

**Abb. 9.5 Fragen nach Zustimmungsanteil (1.1 - 1.18)**

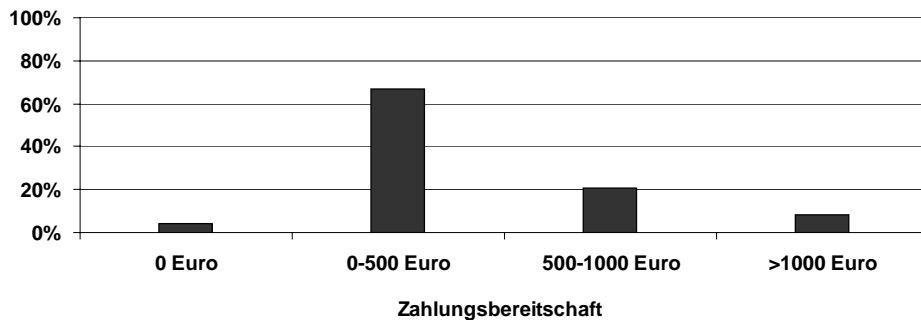


Die grösste Zustimmung zeigt sich bezüglich des zu erwartenden Sicherheitsgewinns (Frage 1.1, mehr als 80% der Befragten stimmen voll oder teilweise zu) sowie bezüglich der Aussage, dass für eine erfolgreiche Umsetzung eine Veränderung der Werthaltung der Fahrzeugführer eine Voraussetzung ist (Frage 1.15). Ebenfalls werden mehrheitlich gesetzliche Vorschriften als nötig erachtet (1.11), Probleme bezüglich Datenschutz erwartet (1.13) und die Wirksamkeit der Systeme in Abhängigkeit von der Nutzergruppe gesehen (1.5). Weiter wird erwartet, dass die Akzeptanz seitens der Fahrzeugführer nur zu erreichen ist, wenn neben dem Sicherheits- auch ein Komfortgewinn (1.16) zu erwarten ist.

Während der Ausstattungspflicht für Neuwagen zugestimmt wird (1.8), soll von einer obligatorischen Ausstattungspflicht für alle Fahrzeuge abgesehen werden (1.7). Darüberhinaus wird erwartet, dass die Fahrzeugführer eine Übernahme der Fahraufgabe eher akzeptieren als ablehnen (1.14).

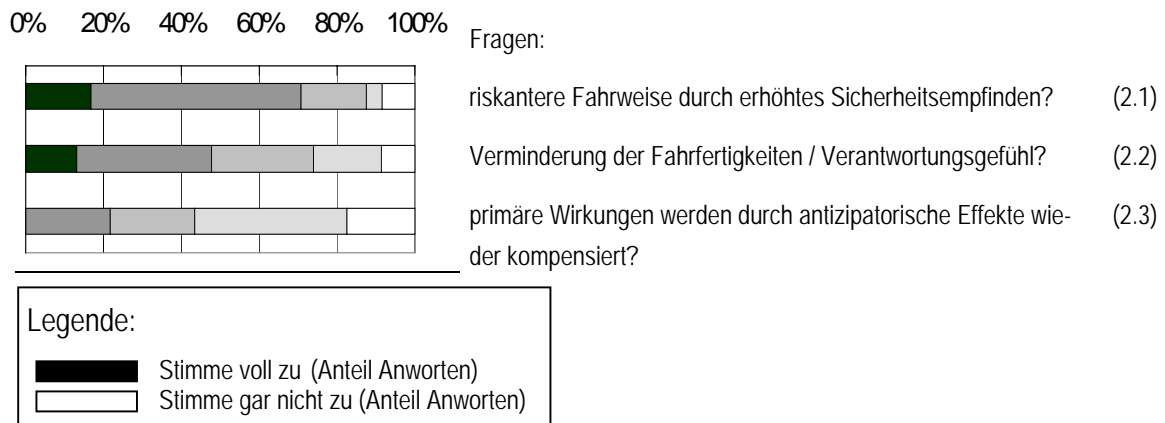
Der erste Fragebogenteil wird abgerundet durch eine Frage zur erwarteten Zahlungsbereitschaft. Ein grosser Teil der Experten erwartet, dass die Fahrzeugeigner bereit sind, in der Regel bis 500 Euro<sup>24</sup> an Zusatzkosten für FFU-Systeme zu bezahlen (vgl. Abb. 8.12). Selbstverständlich ist die Höhe der Zahlungsbereitschaft abhängig von der Systemausgestaltung.

**Abb. 9.6** Bereitschaft für Übernahme von Zusatzkosten für FFU-Systeme (1.19)



### 9.3.3 Auswertung der Fragen bezüglich sekundärer Effekte (Teil B)

**Abb. 9.7** Fragen nach Zustimmungsanteil (2.1 - 2.3)



Die befragten Experten erwarten mehrheitlich, dass unterstützende Systeme auch eine riskantere Fahrweise bewirken (2.1). Die Hälfte der Experten rechnet darüberhinaus mit einer Verminderung der Fahrfertigkeit respektive des Verantwortungsgefühls als Folge der Benützung solcher Assistenzsysteme (2.2). Nur ein kleiner Teil der Experten vertritt hingegen die Meinung, dass die sekundären Wirkungen den Sicherheitsgewinn kompensieren werden (2.3).

<sup>24</sup> entspricht gegenwärtig einem Betrag von knapp 800 Fr.

### 9.3.4 Ergänzende Bemerkungen und Fazit

Die fahrzeugführerunterstützenden Systeme können wie in Kapitel 5 beschrieben ganz unterschiedlich ausgestattet sein. Die Systeme greifen vielfältig in den Fahrzeugsteuerungsmechanismus ein und stehen auch in ganz unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Im Fragebogen konnte nicht auf einzelne Systemteilbereiche eingegangen werden. Trotz der relativ allgemeinen Fragestellung können aber Rückschlüsse gezogen werden. Dabei zielen einzelne Fragen auch auf Erfahrungen, welche die Experten in ihrer Tätigkeit gesammelt haben. Im Teil C) der Befragung konnten weitere Bemerkungen zu den vorher gestellten Fragen ergänzt werden. Damit war gewährleistet, dass einzelne Antworten vertieft begründet und umfassender dargestellt werden können.

Grundsätzlich sollen bei der Einführung von FFU-Systemen zwingend Zusatzschulungen erfolgen. Dies ist bei der Fahrerausbildung zu berücksichtigen. Im Zusammenhang mit weiteren Massnahmen wurde auch auf Tempo-Enforcement hingewiesen, das zum Ziel hat, unangepasste Geschwindigkeiten zu verunmöglichen. Ein finanzieller Anreiz für den Einsatz solcher Systeme könne beispielsweise von den Versicherungen ausgehen (reduzierte Versicherungsprämien o.ä.), dies unter der Bedingung, dass sich nachweislich ein Rückgang der Unfallschäden durch das System abzeichnet. Auch sollte eine obligatorische Einführung nur dann erfolgen, wenn ein erheblicher Sicherheitsgewinn nachgewiesen werden kann.

Bezüglich gesetzlicher Vorschriften wird darauf hingewiesen, dass normative Grundlagen bestehen müssen, bevor aktive Fahrzeugbeeinflussungssysteme eingeführt werden können. Richtlinien bezüglich Sicherheit sind zu definieren (z.B. Standard-Testverfahren, Risk-Benefit Analysen, Gestaltung der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstellen, vgl. auch VESIPO [63]). Bezüglich der Finanzierung soll die öffentliche Hand infrastrukturseitig einen Beitrag zur Einführung der Systeme leisten (Zulassung, Forschung und Bewertung der Wirkung). Dies kann jedoch nicht als Subvention im eigentlichen Sinne bezeichnet werden. Auch muss die öffentliche Hand die Rahmenbedingungen regeln, dies in direktem Kontakt mit europäischen Gremien (Europäische Wirtschaftskommission ECE u.a.), da eine Interoperabilität gefordert ist.

Bei der Marktpositionierung der Systeme spielt die Benutzerfreundlichkeit eine zentrale Rolle. Diese muss auch für Gelegenheitsfahrer und ältere Lenker gelten. Da Sicherheit häufig nicht das wichtigste Motiv für den Fahrer ist und Mobilität im Vordergrund steht, müssen FFU-Systeme, welche auf der Manöver- und Navigationsebene eingreifen, neben der Sicherheit noch weitere Zusatznutzen erfüllen. Sie sollten beispielsweise auch einen erhöhten Fahrkomfort bieten. Bezüglich Risikokompensation und Handlungsdelegation werden vor allem in der Einführungsphase neuer Systeme Probleme erwartet.

## 10. Ausgewählte rechtliche Aspekte

In dieser Untersuchung stehen Sicherheitsaspekte im Vordergrund. Es wird keine umfassende Analyse der rechtlichen Aspekte vorgenommen, obwohl dieser Bereich für die Marktfähigkeit der Fahrerassistenzsysteme von grosser Bedeutung ist. Auf ausgewählte rechtliche Aspekte soll in der Folge jedoch kurz eingegangen werden:

### Verkehrsrecht

Ignoriert der Fahrer optische oder vor allem akustische Warnsignale, wird in der Regel ein vorsätzlicher Verstoss vorliegen, der stärker geahndet werden kann als eine fahrlässige Überschreitung. Vorsätzlichkeit könnte auch dann vorliegen, wenn der Fahrer das Assistenzsystem während der Fahrt abschaltet (Wallentowitz, H. et al. [64]).

### Haftungsrecht

Im Bereich des Haftungsrechts wird zwischen Fahrerhaftung, Halterhaftung und Produkthaftung unterschieden. Der Fahrer ist bei Warn- bzw. Interventionssystemen mit Übersteuerungsmöglichkeit verantwortlich. Er haftet jedoch nicht bei Systemen, die ihm keine Möglichkeit des Überstimmens bieten. Bei einem entsprechenden Konfliktfall mit automatischer Systemreaktion kann er einen allfälligen Unfall weder durch die gebotene Sorgfalt noch durch eigene Aktion verhindern.

### Versicherungsrecht

Für jedes in Verkehr gesetzte Fahrzeug ist eine Haftpflichtversicherung vorgeschrieben. Diese deckt in der Regel Ansprüche, die durch ein Fehlverhalten des Lenkers nicht aber durch eine Fehlreaktion eines FFU-Systems verursacht werden. Was geschieht, wenn ein Fahrzeug mit Fahrerassistenzsystem in einen Unfall verwickelt ist oder ihn verursacht hat? Neben zivil- und strafrechtlichen Konsequenzen ergeben sich auch versicherungstechnische Komplikationen sowie Auswirkungen auf die Versicherungsleistungen. Versicherungsgesellschaften könnten auch jede Deckung für Schäden durch Fahrerassistenzsysteme ausschliessen. Gemäss Wallentowitz et al. [64], welche die rechtlichen Aspekte von FFU-Systemen bei Anwendung in Deutschland abklärten, erbrachte eine Anfrage bei den zehn grössten Versicherern in Deutschland keine Hinweise, ob es zu einer Sonderregelung für Fahrzeuge mit Assistenzsystemen kommen wird.

### Datenschutz (Bundesgesetz über den Datenschutz, 19. Juni 1992)

Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken bei Assistenzsystemen und die damit verbundene Intensivierung der Datenverarbeitung lassen Risiken von Persönlichkeitsverletzungen stark anwachsen. Verknüpft mit den Personendaten kann, bei einer vollkommene Übernahme der Fahreraufgabe etwa, genau aufgezeichnet werden, wo sich eine Person mit dem Fahrzeug aufhält und welche Fahrten unternommen werden (digitaler Fahrtenschrei-

ber, 5.2.1). Bei all diesen Systemen muss gewährleistet sein, dass sensible Daten nicht an unberechtigte Dritte weitergegeben werden.

### Heutige Umsetzbarkeit

Nachfolgend eine Übersicht der Systeme, welche gemäss heute bestehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen eingesetzt werden können. Systeme mit Automatismus greifen direkt in die Fahrzeugsteuerung ein.

**Tab. 10.1 Einsatz der Systeme gemäss gesetzlichen Rahmenbedingungen CH**

	Einsatz CH möglich	
	OHNE Automatismus	MIT Automatismus
Abstandswarnung (Informations-ACC)	ja	-
automatische Abstandshaltung (Adaptive Cruise Control)	-	nein (ja <sup>25</sup> )
Einparkhilfen (Parking Assistent)	ja	nein
Sichthilfen (Enhanced Vision)	ja	-
Totwinkelüberwachung (Blind Spot Monitoring)	ja	nein
Objektwarnsystem	ja	-
Informationsübermittlung (Stauwarnung, Geschwindigkeit u.a.)	ja	nein
Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen (Intelligent Speed Adaptation u.a.)	-	nein
automatische Fahrzeugdiagnose. (Onboard-Diagnostic-system)	ja	nein
Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)	ja	nein
Anti-Blockier-System (ABS)	-	ja
Bremsassistenten	-	ja
elektronisches Stabilitätsprogramm ESP (Komb. ABS + ASR)	-	ja
automatische Spurhaltung (Heading Control)	-	nein
Spurwechselassistenten	ja	nein
Kollisionswarnsysteme (Collision warning System), ohne direkten Steuerungseingriff	ja	-
Notmanöver (Collision avoidance)	-	nein
umfassende Fahrzeuglenkung (Automated Highway u.a.)	-	nein

Grundsätzlich sind heute all jene Systeme auf dem Markt (noch) nicht einsatzfähig, welche dem Fahrer die Verantwortung über die Fahrzeugführung abnehmen (Problem des Haftungsrechts u.a.) - somit alle Systeme, welche aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen.

<sup>25</sup> Teilreaktionen möglich, vgl. System bei LW von Volvo, Kapitel 5.3.2

# 11. Verkehrspsychologische Beurteilung

(Verfasser: PD Dr. Phil. Urs Gerhard, Verkehrspsychologe, Universität Basel)

## 11.1 Einleitende Bemerkungen

Es ist nicht selbstverständlich, dass bei der Evaluation technischer Systeme psychologisches Expertenwissen eingeholt wird. Häufig geschieht dies nämlich erst im Nachhinein, wenn sich trotz technischer Raffinesse und vermeintlicher Sicherheit der Technik gravierende Anwendungsfehler bis hin zu Katastrophen ergeben. So geschehen mit Atomkraftwerken (Havarie im Reaktor Three Mile Island und Explosion des Reaktors von Tschernobyl), in der Raumfahrt (Explosion der Discovery). Grundsätzlich ist zu bedenken, dass für die Interaktion von Mensch-Maschine-Systemen *Murphy's Law* zur Anwendung kommt, welches besagt, dass *prinzipiell alles einmal schief geht, was irgendwie schief gehen kann*. Edward Murphy fasste 1949 seine langjährigen Erfahrungen als Armeeangehöriger mit der Feststellung zusammen: „*Wenn jemand die Möglichkeit hat, etwas falsch zu machen, tut er dies.*“ Wer diese fundamentale psychologische Erfahrungstatsache zur Kenntnis nimmt, ist auch bei der Einführung von Elektronik und Telematik für die Fahrzeugführerunterstützung gut beraten, nach möglichen Schwächen im System und vor allem in der menschlichen Anwendung Ausschau zu halten. Denn wie bereits ihr Name sagt, beinhalten diese Systeme nicht nur Technik, sondern wollen Mensch, Strasse und Fahrzeug eng miteinander verzahnen.

Und noch eine weitere entscheidende Erkenntnis beim Gebrauch der Technik durch den Menschen: Hauptursache von Unfällen ist bekanntlich eher selten technisches Versagen, sondern weit häufiger der falsche Umgang mit der Technik. An vorderster Stelle zu nennen sind neben den altbekannten Faktoren wie *ungenügende Ausbildung und Erfahrung, Selbstüberschätzung, ungenügendes Risikobewusstsein und Kommunikationsmängel*. Letztere spielen überall dort eine Rolle, wo Partner miteinander Informationen austauschen oder austauschen sollten. Kürzlich wäre beinahe der Bundesratsjet mit Frau Metzler an Bord abgestürzt, weil der Kopilot eine Anweisung des Captains falsch verstanden hat. Als das Flugzeug durch Fehlmanipulation in den unkontrollierten Sinkflug überging, hatten beide ungenügend Erfahrung auf dem betreffenden Flugzeugtyp, um die Situation rasch unter Kontrolle zu bringen. Das Heranziehen von Beispielen aus der Luftfahrt erfolgt deshalb, weil hier Navigationssysteme, wie sie jetzt dem Strassenverkehr bevorstehen, bereits seit langem Einzug gehalten haben. Im Umgang mit Instrumenten hat sich das falsche Ablesen, die Fehlinterpretation und das Nichtwahrnehmen von Warnsignalen sowie die Nichtbeachtung von Regeln als die häufigste Fehlerursache erwiesen.

Erfreulich am vorliegenden Bericht ist das stete Nebeneinander von sicherheitsfördernden und sicherheitsgefährdenden Aspekten elektronischer Leitsysteme. Auch das Hinterfragen, wie die Fahrer auf die vorgesehene Entlastung reagieren werden, ob sie diese nicht gar als Ent-

mündigung empfinden und wie das Verhalten bei einem Ausfall des Systems ist, zeugen von einem sorgfältig reflektierten Herangehen der Ingenieur-Autoren. Die Art und Weise, wie die möglichen Probleme antizipiert werden, belegt einen vertieften und aktuellen Wissensstand nicht nur der Telematik, sondern auch der Psychologie. Insgesamt ist der Bericht deshalb als ausgewogen zu betrachten, auch wenn er von einer positiven Nutzenerwartung geleitet ist.

Die in diesem Kapitel von den Autoren vorgesehene Beurteilung durch einen Verkehrspsychologen spielt deshalb absichtlich und betont etwas die Rolle des *Advocatus Diaboli*, um potenzielle Probleme klar sichtbar zu machen.

## 11.2 Allgemeine Probleme aus psychologischer Sicht

Mit den telematischen Systemen zur Fahrzeugführerunterstützung werden zwei ganz verschiedene Ziele angestrebt: einerseits die *Erhöhung der Verkehrssicherheit*, andererseits gleichzeitig eine *Verkehrsverdichtung* (Shladover, Zitat 41, Kap 5.3.4). Das mag ein Stück weit möglich sein. Prinzipiell aber gilt es zu erkennen, dass dies *zwei konfliktträchtige Ziele* sind. Die Vision des wie von Geisterhand gesteuerten Trosses einer Kolonne von Fahrzeugen gebietet aller Technik zum Trotz einen minimalen Sicherheitsabstand zwischen den einzelnen Fahrzeugen. Zu glauben, Autos könnten durch Telematik eines Tages so nahe aufeinander folgen wie die physisch aneinander gekoppelten Wagen einer Zugkomposition, ist aus heutiger Sicht illusorisch. Man stelle sich die Folgen bei einem Systemausfall vor! Die auf Sicherheit bedachte Telematik wird wohl eher grössere Minimalabstände vorsehen als die meisten gottvertrauenden Durchschnittsfahrer, welche die 2-Sekunden-Regel chronisch unterschreiten. Das könnte aber dazu führen, dass dieses System häufig ausgeschaltet wird, weil das Einhalten dieses Sicherheitsabstandes im dichten Verkehr das Vorankommen behindert, indem ungeduldige Fahrer in diese Abstände reindrängeln. Dies berichten Lastwagenfahrer, deren Fahrzeuge kürzlich mit solchen Systemen ausgerüstet worden sind.

Durch die automatischen Warn- und vor allem Führungssysteme kommt es zu einer *Unterforderung*, wie sie die Autoren in Kapitel 8.8.2 in Erwägung ziehen. Nur sehen wir dies nicht als mögliche Verhaltensadaptation, sondern als *zwangsläufige und gesetzmässig* erfolgende Reaktion. *Durch Unterforderung entsteht Monotonie*. Bei Monotonie wird *Aufmerksamkeit von der Fahrtätigkeit abgezogen und steht im Notfall nicht für den Eingriff zur Verfügung*. Gegen Monotonie ist kein Kraut gewachsen. An Arbeitsplätzen wird deshalb weltweit versucht, Monotonie durch Job-Enrichment abzubauen. Wie ihr trotz Telematik entgegen gesteuert werden kann, erscheint ein ungelöstes Problem.

*Risiko-Kompensation* (G. Wilde) ist ein ubiquitäres Phänomen im Strassenverkehr. Wenn Fahrzeuge und Strassen sicherer gemacht werden, tendieren die Menschen häufig dazu, die-



sen Sicherheitsgewinn durch neue gefährliche Verhaltensweisen zunichte zu machen. Auf besseren Strassen wird schneller gefahren, auf breiteren Strassen häufiger überholt etc. Es ist anzunehmen, dass viele Menschen die durch Telematik erhöhte Sicherheit zu schätzen wissen. Aber ebenso ist anzunehmen, dass sich ein nicht näher zu beziffernder Anteil von Verkehrsteilnehmern *kontraproduktiv* verhalten wird, indem er das System *irgendwie zu überlisten versucht*. Hier teilen wir die optimistische Meinung der Autoren nicht, dass diese Risikokompensation nur eine vorübergehende Erscheinung ist.

Damit ein System seinen Nutzen voll entfalten kann, bedarf es der Ausbildung und Vertrautheit seiner Nutzer. Korrekterweise ist deshalb im Bericht verschiedentlich die Rede von der Notwendigkeit der Schulung. Das wäre natürlich eine einmalige Chance, Autofahrer zu einer Nachschulung anzubieten, und vom Aspekt der Verkehrssicherheit höchst wünschenswert. *Ist aber diese Forderung nach Schulung effektiv realistisch* oder dient dieses in Aussicht-Stellen lediglich der Beruhigung der Gemüter?

*Bereits heute sind manche Fahrer überfordert* mit der Einstellung der elektrisch gesteuerten Aussenspiegel, mit der Verstellung des Fahrersitzes, geschweige denn mit einem Routenplaner. Von ihnen kann nicht erwartet werden, dass sie die komplexeren Telematiksysteme ohne weiteres beherrschen werden. Wenn erwünscht ist, dass sie angewendet werden, müssen diese also zum einen *extrem benutzerfreundlich* konzipiert sein. *Trotzdem werden insbesondere ältere Fahrer diese neuen Systeme nicht so rasch begreifen*. Wenn es heute einzelne nicht schaffen, auffällige und mehrfach wiederholte Beschilderungen wie „verbotene Einfahrt“ zu beachten und in der Folge zu Geisterfahrern in der falschen Fahrtrichtung werden, dürften diese auch grösste Mühe haben mit dem Verstehen von Führerstandssignalen und Warnhinweisen. Immerhin ist anzuerkennen, dass Navigationssysteme für Fahrer mit schlechem Orientierungssinn eine echte Hilfe darstellen. Statt dass sie sich verfahren, nervös werden, nach Namensschildern von Strassen Ausschau halten und dabei ihre Aufmerksamkeit vom eigentlichen Fahren abziehen, können sie sich getrost durch eine freundliche Stimme lenken lassen, als ob ein ortskundiger Beifahrer neben ihnen sässe. Dank dieser Technik konnten Gutachter einen Senioren, dessen Gedächtnisleistung und entsprechend auch dessen Orientierungsvermögen stark abgebaut war, mit gutem Gewissen wieder zum Strassenverkehr zulassen. Bei dieser Gelegenheit ist auch die Tatsache hervorzuheben, dass sich das Fahrtziel nur bei stehendem Fahrzeug eingeben lässt. Damit ist die Gefahr gebannt, dass *während der Fahrt* Aufmerksamkeit durch die Bedienung des Bordcomputers abgezogen wird, wie wir es derzeit von der Mobil-Telefonie kennen.

Somit wird nicht nur das Alter der Fahrzeuge eine Verzögerung in der flächendeckenden Einführung von Telematik-Systemen zur Folge haben, sondern auch die verminderte Lernfähigkeit der Senioren.

Das Lernen bedarf für Senioren besonderer Anstrengungen. Aber über die Lernphase hinaus bleibt die Teilung der Aufmerksamkeit ein grundsätzliches Problem. Insbesondere die Teilung der visuellen Aufmerksamkeit auf Strasse und Anzeigen am Armaturenbrett führen bei solchen Personen zu einer mentalen Überlastung (mental overload). Die einfacher handhabbare Teilung der Aufmerksamkeit auf visuelle und akustische Informationen stellt für Senioren und schwächere Lenker eine gangbare Alternative dar.

Motorrad- und Autofahren sind für manche Menschen mit einem erheblichen Lustfaktor verbunden. Das Auto im realen Strassenverkehr ist nicht nur Transportmittel, sondern auch Spassmaschine. Deshalb sei die Frage erlaubt, wie sich Telematik-Systeme auf den Fahrspass auswirken. In welchem Masse sind die Menschen bereit, auf die Freude am aktiven Lenken zu verzichten? Ein erheblicher Teil wird eine gewisse Entlastung vom monotonen Spur- und Abstandhalten mit Genugtuung aufnehmen, darunter vor allem die routinemässigen Vielfahrer, welche im Fahren weniger einen Sport als ein notwendiges Übel sehen, es aber aus einer gewissen Bequemlichkeit heraus oder wegen der Zeitersparnis der Beförderung durch den ÖV vorziehen. Für die grosse Mehrheit dürften die Lenkhilfen die Attraktivität des Individualverkehrs noch steigern.

### **11.3 Spezielle Probleme aus psychologischer Sicht**

Spurwechselassistenten (Kap 5.3.2) stellen eine sinnvolle und wohl rasch akzeptierte Hilfe dar. Gefährliche Spurwechsel werden meist aus Versehen vorgenommen, weil ein von hinten herannahendes Fahrzeug übersehen worden ist. Solche Warnsysteme sind quasi eine Ergänzung des Rückspiegels und als solche sicher sinnvoll. Sie helfen, vergessene Blicke zurück oder den toten Winkel zu kompensieren. Falls technisch ausgereift, dürften sie vollkommen unbestritten sein. Allerdings darf dieser Assistent den seitlichen Blick nicht ersetzen, sondern lediglich ergänzen. Sonst besteht bei Fahrern, die häufig das Fahrzeug wechseln, die Gefahr, dass sie auf diese Einrichtung verlassen, obwohl das momentan gefahrene Fahrzeug nicht über diese Sicherheitseinrichtung verfügt.

Bringt die Übermittlung von Verkehrssignalen am Strassenrand auf eine gut sichtbare Anzeige auf dem Armaturenbrett (Head-on Display) (Kap. 5.1.3) einen Sicherheitsgewinn? Es wird argumentiert, dass der Vorteil vor allem bei schlechten Sichtbedingungen, also nachts und bei Regen zum Tragen kommt. Allerdings ist gerade dann besondere Vorsicht geboten, für die es weder eines Warnschildes auf der Strasse noch im Display bedarf. Bei ungünstigen Wetterbedingungen könnte die gute Sichtbarkeit von Verkehrszeichen ein falsches Signal setzen, nämlich, dass die Strasse völlig normal ist. Anstatt dass bei schlechtem Wetter langsam gefahren wird, um der verminderten Sichtweite Rechnung zu tragen, könnten die normal sichtbaren

Head-on-Displays tendenziell zum schnelleren Fahren verleiten. Hier ist die *Gefahr der Risikokompensation bereits im Hilfssystem inhärent*.

Bei der Begutachtung von verkehrsauffälligen Lenkern taucht häufig das Argument auf, sie hätten das relevante Signal, etwa die Geschwindigkeitsbegrenzung, übersehen und seien deshalb zu schnell gefahren. Dieses Argument (oder diese Ausrede) entfällt mit der Führerstands-signalisation. Aber vielleicht wichtiger, weil der breiten Bevölkerung dienlich: Auch *die Unsicherheit, welche Geschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt gültig ist, selbst lange nach dem letzten relevanten Signal, lässt sich technisch durch das künstliche Gedächtnis des Head-on Displays beseitigen*. Aufgrund der Informationsflut durch Verkehrsschilder ereilt diese Unsicherheit nicht nur krankhaft vergessliche Fahrer. Allerdings wird das Problem der Signalflut noch gelöst werden müssen: Wenn nämlich auf dem Display alle Signale erscheinen, die den Strassenrand säumen, wird der Fahrer in der Informationsflut ertrinken.

Aus psychologischer Sicht muss kritisch eingewendet werden, dass Verkehrsregelübertretungen grossmehrheitlich nicht begangen werden, weil das entsprechende Signal nicht wahrgenommen, sondern weil es nicht respektiert („missachtet“) worden ist. Chronische Schnellfahrer haben längst Radarerkennungsgeräte eingebaut und wissen ganz genau, wo wie schnell gefahren werden darf. Sie verfügen somit eher über zu viel als zu wenig Information! Es fehlt ihnen an der verantwortungsbewussten Umsetzung ihres Wissens. Für diese Klientel bringt dieses verbesserte Warnsystem kaum einen Sicherheitsgewinn. Eher geeignet für diese Gruppe wäre die zwangsweise Limitierung der Maximalgeschwindigkeit durch die fahrzeugseitige Umsetzung von externen Signalen (Kapitel 5.2.2). *Für Verkehrsregelmissachter stellt also nicht das warnende, sondern nur das kontrollierend-eingreifende System den Weg zur erfolgreichen Durchsetzung eines Gesetzes dar*. Die Einführung einer solchen, in der Geschichte des Strassenverkehrs einmaligen Kontrolle der Geschwindigkeit an jedem Ort und zu jeder Zeit wird in der Schweiz kaum ohne die Beteiligung des Souveräns (Volksabstimmung) möglich sein. Wenn der Volkswille zur Bekämpfung der Raser echt ist, müsste dieser Eingriff befürwortet werden.

Neben der gültigen Höchstgeschwindigkeit zusätzlich die Differenz zur gefahrenen Geschwindigkeit zu projizieren bzw. beim Überschreiten eines Grenzwertes einen Warnton erklingen zu lassen, stellt gegenüber dem heutigen Ablesen des Tachos lediglich ein verdeutlichtes Feedback dar. Am Fahrverhalten wird es nicht viel ändern. Fahrer, die wegen chronischer Geschwindigkeitsübertretung einen Dauerton auslösen, legen sich dann vermutlich einen Gehörschutz zu.

Sehr problematisch dürften Systeme sein, welche die fehlende Vigilanz bzw. die Müdigkeit des Fahrers über den Zustand des Auges oder des Lidschlusses zu erfassen versuchen (Kap. 5.2). Die Korrelationen zwischen physiologischen Messwerten und der Müdigkeit sind unbe-

friedigend. Indessen vermögen Fahrer ihre Müdigkeit sehr wohl äusserst präzise und korrekt zu beurteilen. Wie der weltweit führende Forscher im Bereich von Unfällen durch Übermüdung, J. Horn [34], kürzlich am internationalen Kongress für Sicherheit im Strassenverkehr (ICTTP Nottingham) eindrücklich dargelegt hat, bedürfen die Fahrer zur Diagnose der Müdigkeit gar keiner Instrumente. Das Problem ist viel mehr, wie sie mit dieser subjektiven Wahrnehmung umgehen. Statt umgehend anzuhalten und ein Nickerchen zu machen, versuchen sie alle erdenklichen Tricks zur Selbstüberlistung wie Fenster öffnen, Musik laut aufdrehen, sich einen kalten Lappen auf den Kopf legen, sich kneifen oder gar mit Nadeln stechen. Die Tatsache, dass sie solche, obzwar untaugliche, Gegenmassnahmen ergreifen, beweist, dass sie ihre Übermüdung sehr wohl wahrgenommen haben, aber inadäquat darauf reagieren. Somit liegt das Problem wiederum nicht bei der fehlenden Information, sondern beim verantwortungsvollen und kompetenten Umgang mit dieser.

Sollte die Telematik dereinst in ferner Zukunft eine Ausgereiftheit und Sicherheit erreichen, welche den Fahrer derart entlastet, dass sie ihm während der Fahrt von A nach B ermöglicht, die Zeitung oder ein Buch zu lesen, Büroarbeiten zu verrichten oder fernzusehen, dann wird aus der heute verlorenen Fahrtzeit wertvolle Arbeits- oder Erholungszeit. Bis dahin ist es allerdings ein weiter Weg. Und Zweifel, ob diese Vision je erreicht werden wird, sind berechtigt (Brookhuis K., [10]). Zunächst werden wir es mit **Zwischenstufen** zu tun haben, die nur **partiell entlasten**, etwa nur informieren, aber nicht agieren. Und genau darin steckt eine erhebliche Gefahr. So lange die Telematik nicht die gesamte Lenkung übernimmt, gibt es eine Aufgabenteilung zwischen Mensch und Technik. Die letztendliche Verantwortung für Entscheidungen und Manöver wird dem Fahrer vor der Vollautomation nicht abgenommen werden können. Zu Recht wird deshalb in Kap 5.3.2 festgehalten, dass der Fahrer die vorgeschlagenen Brems- und Beschleunigungsbewegungen grundsätzlich jederzeit übersteuern kann. Aber in der Obhut von Warn- und Kontrollsystemen besteht die Gefahr, dass sich der Fahrer in falscher Sicherheit wähnt und deshalb die erforderliche Aufmerksamkeit im kritischen Moment nicht aufbringt (Nilsson, L., [45]). Mit der Übernahme von Aufgaben durch automatisierte Lenksysteme wird der Mensch von der Informationsverarbeitung und Interventionen entlastet. Dadurch wird seine Aufgabe monoton. Bei Monotonie sinkt die Wachsamkeit und damit die Alarmbereitschaft für die seltenen Notfälle. Es muss also generell mit einer höheren Trägheit der Fahrer gerechnet werden. Dies auch in Situationen, wo deren Eingreifen erforderlich wird. *Auf diese verminderte Vigilanz müssen die Kontrollsysteme Rücksicht nehmen, damit der erreichte Sicherheitsgewinn nicht wieder verloren geht.* Tun dies die geplanten Fahrhilfesysteme in genügendem Ausmass?

Der Erfolg von Informationssystemen und Fahrhilfen wird stark von deren Akzeptanz abhängen. Automobilhersteller haben in der Vergangenheit diverse Systeme entwickelt, von denen sie wieder Abstand genommen haben. Startblockaden für den Fall nicht eingeklinkter Sicherheitsgurte mussten in den 70er Jahren wegen mangelnder Akzeptanz wieder ausgebaut wer-

den. Noch unbeliebter waren Autos, die vor dem Anspringen einen Blastest für die Atemalkoholanalyse verlangten (siehe Kapitel 5.2). Zwangsmassnahmen haben sich als problematisch erwiesen. Die Freiwilligkeit spielt eine wichtige Rolle für die Akzeptanz einer Massnahme, wie ein wichtiges sozialpsychologisches Gesetz besagt (Reaktanztheorie). Der Einsatz von Längsabstands- und Seitenkontrollhilfen in modernen Lastwagen ist freiwillig. Mehrere Fahrer haben mir berichtet, dass sie diese Systeme nur gelegentlich zuschalten und besonders bei dichtem Verkehr darauf verzichten, weil sie dort ständig Alarm auslösen. Ein automatisches System hält zum einen strikte einen grösseren Sicherheitsabstand ein als die meisten Automobilisten und vermag zum anderen die dynamische Entwicklung des Fahrgeschehens in den nächsten Sekunden zu wenig von den situativen Umständen her zu antizipieren: Es reagiert stereotyp sicherheitsorientiert nach den wenigen eingegebenen Parametern (eigene Geschwindigkeit, Geschwindigkeit des Vorderfahrzeuges und Abstand zum Vorderfahrzeug) Dies empfindet der routinierte Fahrer als lästig, weil er aufgrund seiner Erfahrung und seines dynamisch-vorausschauenden Wahrnehmung viel mehr Aspekte zu berücksichtigen vermag.

*Automatische Führungshilfen in der Fahrtrichtung bringen eine entscheidende Verbesserung bezüglich der Homogenisierung der gefahrenen Geschwindigkeiten.* Die egoistischen Motive für Geschwindigkeitsübertretungen sind einem solchen Systemen fremd. Wenn der Parameter Höchstgeschwindigkeit eingegeben ist, erlaubt das System keine Ausnahmen mit den Begründungen: „Ich bin zu spät unterwegs zur Sitzung / zum Abholen meiner Freundin / für den Arzttermin“, „Mein Tacho funktioniert nicht“ oder „Das Fahrzeug vor mir ist geschlichen wie eine Schnecke“. Die Homogenisierung der Geschwindigkeit würde entscheidend zur Erhöhung der Sicherheit beitragen, sofern sie akzeptiert wird. Tempomaten mit vergleichbarem Ziel gibt es schon lange, doch ist ihre Akzeptanz gering, weil sie individuell eingestellt werden. Ein überindividuelles Steuerungssystem wird eine viel höhere Verbindlichkeit mit sich bringen. Ein Ausscheren eines Einzelnen würde vom System sofort erkannt und könnte geahndet werden. So lange die Cruise Control Systeme nicht 100% Abdeckungsgrad haben, also noch vereinzelt Fahrzeuge ohne diese Führungshilfe unterwegs sind, kann ihre potenzielle Effizienz nicht voll ausgeschöpft werden. Es muss stets Rücksicht nehmen auf die „autonomen Lenker“, die es nicht informieren oder steuern kann.

Bei der Quantifizierung der Reduktion von Toten und Verletzten als Folge telematischer Warn- und Kontrollsystemen enthalten wir uns einer Stellungnahme, da aus psychologischer Sicht keine Berechnungsmöglichkeiten existieren. Wir können uns lediglich dem allgemeinen Trend des Berichts anschliessen, dass mit einer Reduktion zu rechnen ist, was durchaus nicht selbstverständlich ist, da häufig mit einer Risikokompensation zu rechnen ist, auf die der Bericht zurecht in Kapitel 8.2.2 eingeht. *Das grösste Potenzial der Telematik zur Lenkung des Verkehrs liegt aus psychologischer Sicht in der Reduktion der Geschwindigkeit.* Von der Überwachung des Fahrerzustandes erwarten wir aus den bereits dargelegten Gründen kaum eine Erhöhung der Sicherheit.

## 12. Sicherheitspotenziale und Eignungsbewertung CH

Aufgrund des sehr unterschiedlichen Entwicklungsstandes der Systeme sowie der grossen Vielfalt an Systemauslegungen bedarf es einer differenzierten Darstellung der Sicherheitspotenziale. Die in den Kapiteln 5 resp. 6 beschriebenen, gemessenen oder erwarteten Sicherheitseffekte sind im Allgemeinen auch auf schweizerische Verhältnisse anwendbar. Die von Fahrzeugherstellern angegebenen Sicherheitserwartungen müssen hingegen kritisch betrachtet werden. Die Besonderheiten des schweizerischen Verkehrsnetzes gegenüber jenen beispielsweise von Skandinavien, Amerika oder auch Japan liegen wohl in der starken Anpassung an die Topographie. Einzelne Systeme könnten auf dem Schweizer Strassensystem ihre Wirkung sogar stärker entfalten (z.B. adaptives Kurvenlicht). Andererseits bedarf es in der Schweiz wiederum spezifische Systemadaptionen, die den nationalen Besonderheiten gerecht werden. So müssen beispielsweise Systeme mit Satellitenunterstützung aufgrund der vielen Tunnelstrecken hierzulande allenfalls erweitert werden.

Die stärkste Wirkung kann von diesen Systemen erwartet werden, wenn sie vor allem dort zum Einsatz kommen, wo grundsätzlich Schwächen des Fahrers bestehen oder in kritischen Situationen entstehen können.

Eine nicht unwesentliche Rolle bei der Beurteilung der Eignung spielt auch die Akzeptanz solcher Systeme durch den Fahrzeuglenker. Insbesondere bei der Umsetzung neuer Techniken braucht es neben dem Komfortvorteil auch klar ersichtliche Sicherheitsvorteile. Der Akzeptanz sollte jedoch nicht zu starkes Gewicht beigemessen werden, da diese stark mit der Werterhaltung verknüpft ist, welche über die Zeit nicht konstant ist und durch entsprechende Öffentlichkeitsarbeit beeinflusst werden kann.

Potenzial, Möglichkeiten und Grenzen von FFU-Systemen in der Schweiz sind auch abhängig von verkehrspolitischen Rahmenbedingungen, die den Erfolg des Einsatzes solcher Massnahmen entscheidend beeinflussen können. So werden sich FFU-Systeme beispielsweise bei nachweisbar positivem Einfluss auf die Verkehrssicherheit rascher und kompromissloser umsetzen lassen, als wenn ein solcher in Zweifel gezogen werden kann. In der Schweiz hängt, worauf im allgemeinen Teil bereits hingewiesen wurde, die Umsetzbarkeit zudem stark von der Akzeptanz durch die betroffenen Verkehrsteilnehmer ab. Diese wird nur gegeben sein, wenn der Sinn der veranlassten Massnahmen eingesehen wird resp. wenn die Fahrzeuglenker davon einen persönlichen Nutzen erwarten.

Einen wichtigen Faktor bei der Akzeptanz durch Fahrzeuglenker sowie durch die öffentliche Hand stellen auch die Kosten dar. Diese können zur Zeit noch nicht quantifiziert werden und müssen deshalb in der folgenden Gesamtbeurteilung noch vernachlässigt werden.

Wird vor allem vom erwarteten Sicherheitspotenzial, der rechtlich-technischen Umsetzbarkeit und der zu erwartenden Akzeptanz ausgegangen ergibt sich bezüglich der einzelnen FFU-Systeme folgendes Ergebnis:

**Tab. 12.1 Beurteilung einzelner FFU-Systeme bezüglich Anwendbarkeit in der Schweiz**

FFU-System	erwartetes Sicherheitspotenzial <sup>26</sup>	rechtliche/technische Umsetzbarkeit	erwartete Akzeptanz <sup>27</sup>	Wirksamkeitsbeurteilung bez. Verkehrssicherheitspolitik der Schweiz
Gewichtung	60%	20%	20%	
Abstandswarnung	◆	◆◆◆	◆◆	+ / ++
automatische Abstandshaltung	◆◆	◆	◆◆	++
Einparkhilfen	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / ++ (Komfortsystem)
Sichthilfen	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Totwinkelüberwachung	◆	◆◆ ↑ <sup>28</sup>	◆◆◆	+ / ++ ↑
Objektwarnsystem	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Informationsübermittlung inkl Stauwarnung (Geschwindigkeit u.a.)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Fz-seitige Umsetzung von Verkehrssign.	◆◆◆	◆	◆	++
automatische Fahrzeugdiagnose	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Sensorik für Lenkerüberwachung	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Anti-Blockier-System (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Bremsassistenten	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
automatische Spurhaltung	◆◆	◆	◆	+ / ++
Spurwechselassistenten	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Kollisionswarnsysteme, ohne direkten Steuerungseingriff	◆	◆	◆◆	+
Notmanöver	◆◆	-	◆	+ / ++
umfassende Fahrzeuglenkung	◆◆◆	-	◆	++

Legende:

◆◆◆ gross / hoch	+++ sehr gut geeignet für den Einsatz in der Schweiz im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie
◆◆ mittel	++ nur mit zusätzlichen Massnahmen geeignet für den Einsatz in der Schweiz resp. weniger wirksam bzgl. Verkehrssicherheit
◆ klein / tief	+ (vorerst) nur bedingt geeignet für den Einsatz in der Schweiz resp. vergleichsweise wenig wirksam bzgl. Verkehrssicherheit

Die Wirksamkeitsbewertung versteht sich hier im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie, das heisst, werden deren Ziele stark, mässig oder nur wenig unterstützt. Eine hohe Wirksamkeit wird darum einer guten Eignung für den Einsatz in der Schweiz gleichgesetzt. Der

<sup>26</sup> Einfluss auf die Gesamtzahl der Unfälle

<sup>27</sup> Umfrage bfu, gemäss Jahresbericht 2002 [7]/ Verkehrspsychologische Beurteilung (Kap. 11)

<sup>28</sup> Neue EU-Richtlinie für LW/Busse fördert entsprechende Systeme; → bessere Umsetzbarkeit (?)

Tabelle zufolge müssen Systeme zur Lenkerüberwachung, die fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen sowie die elektronischen Fahrhilfen wie ABS und ESP als besonders geeignet angesehen werden. Es zeigt sich, dass einige Systeme rechtlich und technisch gut umsetzbar sind und auch in hohem Masse akzeptiert werden, bezüglich Sicherheitswirkungen jedoch weniger gut abschneiden. Gleichwohl können auch diese zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen.

FFU-Systeme sind meist als eigenständige Systemtechniken in Entwicklung. Eine Etappierung von Systemteilen ist nicht vorgesehen. Jedoch können Systeme mit unterschiedlichem Beeinflussungs- und Unterstützungsgrad als Etappierung angesehen werden. So sind beispielsweise intelligente Tempomaten schon auf dem Markt; als weitere Entwicklungsstufe für dieses System kann dann die automatische Abstandshaltung angesehen werden. Der Wechsel von handlungsunterstützenden Systemen zu handlungsübernehmenden Systemen kann ebenfalls als Etappe definiert werden.

Werden nur Neuwagen mit FFU-Systemen ausgestattet, so bedarf es einer geraumen Zeit bis ein grosser Teil der Strassenfahrzeuge diese Ausrüstung aufweist. So werden die erwarteten Sicherheitsgewinne erst nach längerer Zeit richtig greifen. Wie im Abschnitt 6.3 gezeigt, ist gegenwärtig mit etwa sieben Jahren zu rechnen, bis die Hälfte der Personenwagen in der Schweiz erneuert ist. Neben der benötigten Zeit für die eigentlichen Systementwicklung bedarf es folglich einer nicht unbedeutenden Zeit für die Marktdurchdringung der Systeme, insbesondere wenn nur Neuwagen ausgerüstet werden.

Die Eignung der Systeme für die Schweiz bezieht sich primär auf die Personenwagen. Die Forschung konzentriert sich ebenfalls vor allem auf den Einsatz der Systeme für diese Fahrzeugklasse. Die Unfallzahlen der Schweiz zeigen auch, dass nur in einem relativ kleinen Teil der Unfälle Sachtransportfahrzeuge involviert sind<sup>29</sup>. Grundsätzlich können für Lastwagen dieselben Aussagen wie für Personenwagen gemacht werden. Einzelne Systeme, wie beispielsweise das ESP, verbessern bei Lastwagen die Sicherheit deutlicher als bei Personenwagen. Hinzu kommt, dass Sachtransportfahrzeuge meist von Berufsfahrern gelenkt werden welche effiziente sicherheitserhöhende Systeme in der Regel viel eher nutzen als Lenker von Personenwagen. Wirkungsvolle Systeme können einfacher eingeführt werden. Der reine Komfortgedanke tritt eher in den Hintergrund.

---

<sup>29</sup> Gemäss bfs (Statistik 1992-2003) sind in nur etwa 5% aller Unfälle Lastwagen beteiligt. Bezüglich der Gesamtzahl aller Verletzten und Getöteten sind dies knapp 4%. Allerdings ist der Case fatality-Wert (Verhältnis Getötete pro Verunfallte) bei Unfällen mit Beteiligung von Lastwagen gegenüber der Gesamtzahl der Unfälle um den Faktor 3 erhöht.



## 13. Schlussfolgerungen

Die Literaturrecherchen zeigen, dass viele unterschiedliche Systeme zur Unterstützung der Fahrzeugführer in Entwicklung sind. Die Fahrzeughersteller entwickeln oftmals herstellerspezifische Systeme, um mit dem Verkaufsargument Sicherheit und insbesondere Komfort ihre Produkte auf dem Fahrzeugmarkt besser positionieren zu können. Die Schweiz ist in diesem Prozess nur als Zulieferer tätig und kann ihn darum normativ kaum beeinflussen. Trotzdem ist es wichtig, die Entwicklung aufmerksam zu verfolgen, wächst doch auch in der Schweiz die Zahl der Fahrzeuge, in welchen FFU-Systeme integriert sind, rasch an – mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit.

Die Systeme mit dem höchsten erwarteten Sicherheitspotenzial sind autonome Systeme wie ABS oder ESP und Systeme, welche aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen (Sensorik für Lenkerüberwachung, automatische Geschwindigkeitsbegrenzung). Aufgrund der rechtlichen und technischen Randbedingungen aber auch wegen ungenügender Akzeptanz werden besonders Systeme, welche aktiv in die Fahrzeuglenkung eingreifen, im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie als (noch) nicht sehr geeignet bewertet.

Im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie werden die folgenden Systeme als sehr gut geeignet eingestuft:

- Anti-Blockier-Systeme (ABS)
- elektronische Stabilitätsprogramme (ESP)

Nur mit zusätzlichen Massnahmen geeignet, aber immer noch als recht wirksam werden angesehen

- Sichthilfen
- Sensorik für Lenkerüberwachung
- Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen
- Bremsassistenten
- automatische Abstandshaltung
- Umfassende Fahrzeuglenkung

Grundsätzlich bewirken alle aufgezählten Systeme einen mehr oder minder grossen Sicherheitsgewinn – zumindest aus der Sicht der primären Wirkung dieser Systeme. Nur wenige Erfahrungen gibt es allerdings zu den sekundären Effekten. Diese wirken häufig gegenläufig und führen zu einer Reduktion der Verkehrssicherheit, so dass teilweise der Nutzen neutral oder sogar negativ ausfallen kann.

In der nahen Zukunft werden sich vor allem Systeme durchsetzen, welche im Fahrzeug integriert sind (autonom agieren) und dem Fahrer einen spürbaren Sicherheits- und Komfortvorteil bieten. Systeme, welche nur Sicherheitsvorteile und keine Komfortvorteile bieten, so bei-

spielsweise das System zur automatischen Geschwindigkeitsbegrenzung oder das aktive Zündschloss, können nur mit verstärkten Mitteln (Enforcement/ tiefere Versicherungsprämien) gefördert werden. Es muss noch ein eigentlicher Paradigmawechsel stattfinden, so dass die heute als unattraktiv geltenden Systeme ebenfalls akzeptiert werden. Dies kann jedoch in erster Linie dann geschehen, wenn nachweislich ein massgeblicher Sicherheitsgewinn zu verzeichnen ist. Entsprechende unabhängige Studien müssen dies belegen. Sekundäre Effekte dürfen dabei nicht vernachlässigt werden, da diese die erhofften Sicherheitsgewinne stark reduzieren können.

Viele Systeme sind noch im Entwicklungsstadium. Dabei besteht eine grosse Diskrepanz zwischen den Sicherheitseinschätzungen der Hersteller und den zu erwartenden, tatsächlich eintretenden Sicherheitsgewinnen. Dies vor allem bei Systemen, welche sich erst in einem frühen Entwicklungsstand befinden und eine umfassende Unterstützung des Fahrzeugführers bieten.

Da die Schweiz ein Interesse daran haben muss, im Sinne der postulierten Sicherheitsstrategie die bestmögliche Entwicklung zu fördern und ihre spezifischen Rahmenbedingungen zur Geltung zu bringen, ist eine aktive Mitwirkung in den entsprechenden europäischen und internationalen Gremien wichtig. Umfassende Systeme können nur greifen, wenn die Umsetzung europaweit geschieht und keine Systemgrenzen bestehen. Insellösungen, der Verzicht auf Standardisierung und die Integration kaum kompatibler Systemelemente erweisen sich als längerfristig unflexibel, schlecht erweiterbar und damit letztendlich teuer. Insbesondere gilt das für Systeme, welche eine Umsetzung in allen Fahrzeugen voraussetzt. Werden die Systeme nicht nur fahrzeugautonom betrieben, besteht die Problematik der unterschiedlichen Besitzverhältnisse der Verkehrsinfrastruktur (Bund/Kanton/Gemeinde/Private). Zu klären sind auch die Fragen bezüglich Finanzierung der Systemeinstellungen auf öffentlichem Grund und bezüglich des Umfangs der Beteiligung der öffentlichen Hand an der Erforschung der Systemwirkungen. In der Schweiz wird vor allem im Bereich der passiven Sicherheit (DTC/Vauffelin u.a.) Forschung betrieben. Bezüglich aktiver Sicherheit sollte die Forschungstätigkeit noch intensiviert werden. Geschwindigkeitsversuche, wie sie beispielsweise in Schweden durchgeführt wurden, tragen ebenfalls dazu bei, dass Grundsatzdiskussionen über diese Systeme geführt werden. Die öffentliche Meinung kann dadurch besser beeinflusst werden.

Neben den rein technischen sowie psychologischen Aspekten müssen auch noch rechtliche Aspekte geklärt werden, immer in Bezug zur Wirkungsweise der Systeme (Unterstützungsgrad). Bisher wurden beispielsweise in diesem Zusammenhang noch keine Rückfragen zur Haltung schweizerischer Versicherungsunternehmen durchgeführt. Von diesen liegen auch keine Stellungnahmen vor.

Nicht nur bezüglich Verkehrssicherheit können einige Systeme einen positiven Effekt ausweisen. Bei einzelnen Systemen zeichnet sich auch eine Beeinflussung der Streckenkapazität ab. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit konnte dieser Frage nicht vertieft nachgegangen werden. Insbesondere in Bezug zu den verkehrlichen Gegebenheiten in der Schweiz bestehen Forschungslücken, welche geschlossen werden sollten (Simulationsmodelle u.a.).

Wie die Literaturrecherchen zeigen, kamen viele FFU-Systeme soeben erst auf den Markt oder sind in den nächsten Jahren erst serienreif. Die aktuelle Situation kann für einen grossen Teil der FFU-Systeme als allgemeine Etablierungsphase bezeichnet werden. Damit können auch in zunehmendem Umfang Erfahrungen gesammelt und analysiert werden. Eine Neubewertung solcher Systeme innerhalb der nächsten Jahre wird den Nutzen der vorliegenden Arbeit erhöhen. Die zuständige VSS-Expertenkommission hat sich dies zur Aufgabe gemacht.

## Quellenverzeichnis

- [1] Ackermann, J. et al. (1996) Fahrsicherheit durch robuste Lenkregelung, Automatisierungstechnik, Heft 5, 1996
- [2] Aebischer, L. und H.-D. Schneider (1991) Die Schweizer als Autofahrer: Ergebnisse einer Repräsentativbefragung über Bedingungen unfallträchtigen Verhaltens im Verkehr, Freiburg, Schweiz, Universitätsverlag, 1991
- [3] ASIT, Potenziale der Telematik im Strassenverkehr für Verkehrsmanagement und Umwelt, Bern, 1998
- [4] Ayala B., P. Barham and P. Oxley (1995) Advanced transport telematics (ATT) and elderly drivers: benefits and safety implications. In: Nwagboso C.O. (1995): Road Vehicle Automation II. Toward Systems Integration. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Road Vehicle Automation. 11<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> Sept. 1995. Chichester etc.: John Wiley & Sons.
- [5] Becker, St., J. Sonntag und R. Krause (1994) PROMETHEUS CED 5 (AICC): Zur Auswirkung eines Intelligenten Tempomaten auf die mentale Belastung des Fahrers, seine Sicherheitsüberzeugungen und (kompensatorischen) Verhaltensweisen, Bericht zum Testauftrag der Firma Daimler Benz AG, Stuttgart, im Rahmen des PROMETHEUS-Projektes EU 45 Phase II, TV 8940 4, „Method for Measuring Driver Capacity“ des TÜV Rheinland, Köln
- [6] bfu (2003) bfu-Meinungsumfragen, Fragen und Resultate von repräsentativen bfu-Meinungsumfragen, Ausgabe 2003, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu), Bern
- [7] bfu (2003) Jahresbericht 2002, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu), Bern
- [8] Braess, H.-H. und R. Günter (1995) Prometheus: Vision des „intelligenten Automobils“ auf „intelligenter Strasse“? – Versuch einer kritischen Würdigung, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, 97, 1995, S. 220-205/330-343
- [9] Breuer, J. (2002) DaimlerChrysler Pressemeldung, „ESP Safety Benefits“, November 2002
- [10] Brookhuis, K. and D. de Waard (2004) Driver assistance and automated driving systems: Acceptance and effects on behaviour, International Conference on Communities and Technologies (ICCT), Nottingham, 5.-9. Sept. 2004
- [11] Brown, I.D. (1994) Driver Fatigue. Human Factors, 36, 298-314

- [12] Buld, S. und H.-P. Krüger (2002) Wirkungen von Assistenz und Automation auf Fahrerzustand und Fahrsicherheit, Abschlussbericht Projekt EMPHASES, Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) an der Uni Würzburg, Würzburg, September 2002
- [13] Chaloupka, C., R. Risser, A. Antoniadou, U. Lehner und M. Praschl (1998) Auswirkungen neuer Technologien im Fahrzeug auf das Fahrverhalten. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 84. Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW.
- [14] Christ, R. et al. (1999) GADGET - Guarding Automobile Drivers through Guidance Education and Technology. Final Report. Investigations on Influences upon Driver Behaviour - Safety Approaches in Comparison and Combination. Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV), Austrian Road Safety Board, Wien, September 1999
- [15] ConnectedDrive (2002) ConnectedDrive Powered by Intelligence, Informationen der BMW Group, 2002
- [16] Continental Temic (2003) Intelligentes Komfortsystem und Basis für künftige Fahrerassistenz- und Sicherheitssysteme, Bericht zum Continental Sicherheitsforum Arvidsjaur, Februar 2003
- [17] DaimlerChrysler (2000) Das mitdenkende Fahrzeug – wie Assistenzsysteme den Fahrer unterstützen, Stuttgart, November 2000
- [18] Dangelmaier, M. (2000) Fahrerzustandsdiagnose und Notfallmanagementsysteme, Unveröffentlichtes Manuskript, Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- [19] Donges, E. (1978) Ein regelungstechnisches Zwei-Ebenen-Modell des menschlichen Lenkverhaltens im Kraftfahrzeug, Zeitschrift für Verkehrssicherheit 24, TÜV-Verlag Köln, 1978
- [20] Evans, L. (1998) Antilock brake systems and risk of different types of crashes in traffic. Abstracts of the 16<sup>th</sup> ESV Conference of the NHTSA, Windsor, Canada, Juni 1998
- [21] Falk, E., A. Varhelyi und M. Draskoczy (2004) *Field trials with ISA in Hungary*, European Congress on Intelligent Transportation Systems, Budapest, May, 2004
- [22] Färber, B. (2003) Auswirkungen neuer Informationstechnologien auf das Fahrerverhalten, Heft M 149, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2003
- [23] Feller, Ch. (2003) Alarm im Schlafwagen, Fachartikel in New World 3/2003, S. 40 -41
- [24] Gaupp, W., D. Wobben, M. Horn und M. Seemann (2001) Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen, Fahrzeugtechnik, Heft F 33, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2001

- [25] Gelau, Ch. (2003) Assistenzsysteme zur Überwachung des Fahrzeugstandes: Möglichkeiten und Grenzen, Bericht zur 10. Dreiländertagung, Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach, Bern 2003
- [26] Gerster, G., M. Muser, P. Niederer und F. Walz (2001) Aktive und passive Fahrzeugsicherheit, Teilprojekt zu den Grundlagen für eine Strassenverkehrssicherheitspolitik des Bundes, Im Auftrag der bfu, Bern, November 2001
- [27] Gies, S. (1991) Die Sicherheitsrelevanz neuer Fahrhilfen in Kraftfahrzeugen. Bericht zum Forschungsbericht 8716 der Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach. (Heft 84, S.28/55)
- [28] Gobiet, W. (2001) Verkehrstelematik – Einführung, Beitrag zur Tagung Verkehrstelematik, Donau-Universität Krems, April 2001
- [29] Grimmer, W., P.J. Adelt und E.R. Stephan (1995) Die Akzeptanz von Navigations- und Verkehrsführungssystemen der Zukunft, AXA-Direkt-Verkehrsstudie, Deutscher Psychologen Verlag, Bonn, 1995
- [30] Haller, R., S. Becker, W. Gerbino, O. Hofmann, E. Morello, L. Nilsson and G. Varalda (1995) Final Assessment of MMI Evaluation Methods, DRIVE II Projekt, EMMIS (Evaluation of Man Machine Interfaces by Simulation Techniques), Deliverable No. 12., Commission of the European Communities
- [31] Hering, K. (1999) Situationsabhängiges Verfahren zur standardisierten Messung der kognitiven Beanspruchung im Strassenverkehr, Linaugural-Dissertation, Universität Köln, Düsseldorf, 1999
- [32] Hernandez-Gress, N. (1997) Driver drowsiness detection, Traffic Technology International, Juni/Juli 1997, S. 86 - 90
- [33] Hipp, E. und Ch. Jung (1997) Intelligente Fahrerunterstützung: Der Abstandsgeregelte Tempomat. Internationales Verkehrswesen, 49, 7 - 8, 1997, S. 403 - 407.
- [34] Horn, J. (2004) Sleep related vehicle crashes - findings from the Loughborough Sleep Research Centre, International Conference on Communities and Technologies (ICCT), Nottingham, 5.-9. Sept. 2004
- [35] INFRAS, Leitbild Strassenverkehrstelematik Schweiz, Potenziale und Auswirkungen, 1999
- [36] Jenni + Gottardi (1998) Wirksamkeit von Verkehrssystem-Managementmassnahmen in der Schweiz, Kilchberg, 1998
- [37] Jenni + Gottardi (1999) Auswirkungen Telematikprojekte auf die Verkehrssicherheit in der Schweiz, Kilchberg, 1999

- [38] Lamm, R. und J. Treiterer, Das Unfallgeschehen in den Vereinigten Staaten von Amerika und in der Bundesrepublik Deutschland (Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen), Sonderdruck aus Strassen- und Tiefbau, Heft 11/80, 12/80, 11/81, 1981
- [39] Langwieder K., U. Frost and E. Bach (1998) The requirements for driver assistance systems and their effects on real-life accidents. Paper, vorgestellt: National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA, ESV-Conference, Windsor, Canada, 1 - 4 June 1998
- [40] Management Analysis Inc. (1995) US army wheeled vehicle accidents: Statistics and strategy, Technical report, US Army, Alabama, 1995
- [41] Matthews, W. und F. Mühlethaler (2003) Elektronische Verkehrssignale, Voruntersuchung, Forschungsauftrag VSS 1999/ 306 im Rahmen der Forschung SBT des ASTRA, Bern, 2003
- [42] Mühlethaler, F. (2003) ICT für Verkehrstelematik, Ergänzungsstudie im Auftrag von soft[net] zum Bericht „Das vernetzte Fahrzeug“, PTV SWISS AG, Bern, Juni 2003
- [43] Mühlethaler, F. et al. (2003) Das Vernetzte Fahrzeug, Verkehrstelematik für Strasse und Schiene, Arbeitsdokument, Studie im Auftrag des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS und Bundesamt für Strassen (ASTRA), TA-DT 33/20003, Bern, Januar 2003
- [44] Nilsson, L. (1996) Safety effects of adaptive cruise controls in critical traffic situations. VTI särtryck No. 265. Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden
- [45] Nilsson, L. (2004) Automated driving doesn't work without the involvement of the driver, International Conference on Communities and Technologies (ICCT), Nottingham, 5.-9. Sept. 2004
- [46] Nilsson, L. and A. Hakan (1996) Effects of a vision enhancement system on drivers' ability to drive safely in fog. VTI särtryck No. 264, Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden.
- [47] Oei, H.L. (2003) Experience with advanced cruise control ACC. A short term test on the road, D-2003-4 SWOV, Leidschendam, 2003
- [48] Pelluet, D., Extrait du plan de developpement SASW, Le meilleur atout pour renforcer la sécurité routière, Bevaix
- [49] Perrett, K.E. and A. Stevens (1996) Review of the potential benefits of Road Transport Telematics, Transport Research Laboratory, TRL Report 2020
- [50] PSA Peugeot Citroen (2003) Actualité – Innovation et Technologie, Le Groupe présente deux systèmes de sécurité innovants, April 2003

- [51] Rapp AG, Ingenieure + Planer (2002) Erarbeitung der Grundlagen für eine Strassenverkehrspolitik des Bundes, Schlussbericht, Forschungsauftrag VSS 2000/447 auf Antrag des ASTRA, Bern, Mai 2002
- [52] Rapp, M., A. Felix, und P. Hamet (2001) Beitrag der Verkehrstelematik zu einer Verkehrssicherheitsstrategie (VESIPO), Schlussbericht, Bundesamt für Strassen, Bern, August 2001
- [53] Roskam, A.J., D. De Waard, K. Brookhuis, E. Uneken, S. Boverie and A. Giralt, Drowsiness warning and driver acceptance - a simulator experiment, Journal of transportation systems, S. 217 – 229, Januar 2001
- [54] Shladover, S.E., (1993) Highway Automation: Regional Mobility Impacts Assessment“, Preprint of Paper No. 930522, Transportation Research Board, 72<sup>nd</sup> Annual Meeting, Washington, D.C., 10.-18. Februar 1993
- [55] Stabaty, M. (2004) Elektronik gegen den Sekundenschlaf, IN: Die Welt, S. 30, 13. Juli 2004.
- [56] Tingvall, C., M. Krafft, A. Kullgren and A. Lie (2003) The effectiveness of ESP (electronic stability programme) in reducing real life accidents, ESV Conference 2003, Nagoya
- [57] Totzke, I. und H.-P. Krüger (2003) Fahrerassistenz und Fahrsicherheit – eine Literaturübersicht zu den Wirkungen des ACC- und HC-Systems, Vortragsunterlage, Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) an der Uni Würzburg, Würzburg, Februar 2003
- [58] Touran, A., M.A. Brackstone and M. McDonald (1999) A Collision Model for Safety Evaluation of Autonomous Intelligent Cruise Control, Accident Analysis and Prevention, 31, 567-578
- [59] Ulmer, B. (2001) Introduction to ADASE2. ADASE2 – First Concertation Meeting, Brussels, 24.-25. Oktober 2001
- [60] Van Arem, B., J.H. Hogema, M.J. Vanderschuren and C.H. Verheul (1996) An Assessment of the Impact of Autonomous Intelligent Cruise Control, TNO-report, commissioned by the Transport Research Centre, Ministry of Transport, Public works and Water Management, Delft, 1996
- [61] Varhelyi, A. (1997) Experience with the implementation of on-board navigation systems. Proceedings, 4<sup>th</sup> World congress on intelligent transport systems, 21-24 October, Berlin, Germany
- [62] VESIPO (2002) Erarbeitung der Grundlagen für eine Strassenverkehrssicherheitspolitik des Bundes, Schlussbericht, Forschungsauftrag ASTRA 2000/477 auf Antrag des ASTRA, Bern, Mai 2002



- [63] VESIPO (2004) Zu prüfende Ideen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, Neue Strassen-Verkehrssicherheitspolitik, Projekt VESIPO, ASTRA, Bern, Januar 2004
- [64] Wallentowitz, H. et al. (2001) Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Heft F35, Bergisch Gladbach, Mai 2001
- [65] Wallentowitz, H. und H. Adam, (1997) Abschlussbericht, Ausfälle sicherheitsrelevanter elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen, Institut für Kraftfahrwesen Aachen, Bundesanstalt für Strassenwesen, Aachen
- [66] Wördenweber, B., R. Lachmaywer und U. Witt (1996) Intelligente Frontbeleuchtung, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, 98, 1996, 10, S. 546 – 551
- [67] Zapp, K. (2001) Fahrerassistenzsysteme: Was gibt es, was kommt, Internationales Verkehrswesen (53), 4/2001, S. 155 – 156

#### Websites (URL's)

- [68] [www.santosweb.de](http://www.santosweb.de) Im Projekt SANTOS wird experimentell untersucht, wie Kommunikations- und Assistenzfunktionen nutzerorientiert und situationsangepasst gestaltet werden können. Neben BMW und BOSCH sind Hochschulinstitute in das Projekt eingebunden. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in Deutschland.
- [69] [www.invent-online.de](http://www.invent-online.de) Von Bundesministerium für Bildung und Forschung (Deutschland) unterstütztes Forschungsprojekt, an welchem 23 Unternehmen aus der Automobil-, Telekommunikationsindustrie und Forschungsinstitute zusammenarbeiten. In drei Projekten zu den Themen Sicherheit, Verkehrsmanagement und Logistik wird die Entwicklung von intelligenten Autos und intelligente Verkehrsnetz vorangetrieben.
- [70] [www.cadillac.com](http://www.cadillac.com) Fahrzeughersteller
- [71] <http://world.honda.com> Fahrzeughersteller (Pressebericht; 24. August 2004)
- [72] [www.ertico.com](http://www.ertico.com) Im Jahre 1991 wurde das europäische Projekt ERTICO gestartet, an welchem 80 Partner aus dem öffentlichen und privaten Bereich beteiligt sind. Namhafte Firmen der Transport- und Elektronikindustrie sowie Ministerien

- aus 11 Mitgliedstaaten unterstützen die Implementierung von Intelligenten Transport-Systemen (ITS).
- [73] [www.advisors.iao.fhg.de](http://www.advisors.iao.fhg.de) Forschungsprojekt, an dem staatliche Forschungsstellen, Industriebetriebe und Transportfirmen aus zehn europäischen Ländern beteiligt sind. welches an welchem zehn unterschiedliche Länder. Unterschiedliche Assistenzsysteme der Fahrzeugführung werden umfassend untersucht (Projektende: Juni 2003).
- [74] [www.vv.se/isa](http://www.vv.se/isa) Grossversuch (1991 bis 2001) des Systems Intelligent Speed Adaptation (ISA) in Schweden, welcher vom Swedish National Road Administration (SNRA) initiiert und in vier schwedischen Städten durchgeführt wurde.
- [75] [www.ahsra.or.jp](http://www.ahsra.or.jp) Das Forschungsprogramm AHSRA (Advanced Cruise-Assist Highway System) wird vom Ministerium für Land, Infrastruktur und Transport (Japan) unterstützt. Seit 1991 werden vor allem infrastrukturseitig Systeme entwickelt, welche in Feldstudien untersucht und etabliert werden.
- [76] [www.psa-peugeot-citroen.com](http://www.psa-peugeot-citroen.com) Fahrzeughersteller
- [77] [www.toyota.co.jp](http://www.toyota.co.jp) Fahrzeughersteller
- [78] [www.valeo.com](http://www.valeo.com) Hersteller von Komponenten für Personenwagen und leichte Nutzfahrzeuge

## Abkürzungen und Begriffe

ABS	Anti-Blockier-System
ACC	Adaptive Cruise Control
ACCI	Abstandwanrung (Informations-ACC)
AFIL	Alarm bei Fahrbahnabweichung per Infrarot-Linienerkennung
AHK	Aktive Hinterachsenkinematik
AHS	Umfassende Fahrzeuglenkung (automated Highways u.a.)
ASIT	privates Beratungs- und Planungsbüro in Bern (Aktiengesellschaft für Sicherheit und Information in Transportsystemen)
ASR	Antriebs-Schlupfregelung
BA	Bremsassistent
BSM	Totwinkelüberwachung (Blind Spot Monotoring)
CA	Notmanöver (Collision Avoidance)
CAN	Controller Area Network
CW	Kollisionswarnsystem (Collision Warning System)
DAMS	Sensork Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)
DRIVE	Dedicated Road Infrastructure for Vehicles in Europe
DSRC	Dedicated short range administration
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
EV	Sichthilfen (Enhanced Vision)
FDR	Fahrdynamikregelung
FFU	Fahrzeugführerunterstützung
FTA	Fail tree analysis
GADGET	Guarding Automobile Drivers through Guidance, Education and Technologys
GPS	Satellitenavigationssystem (global positioning system)
GSM	internationaler Standard für den digitalen Mobilfunk (global system for mobile communication)
HC	Automatische Spurhaltung (System Heading Control)
INFO	Informationsübermittlung

INFRAS	Privates und unabhängiges Forschungs- und Beratungsunternehmen in Zürich
INVENT	Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik; Forschungsinitiative
ISA	Intelligent Speed Adaptation
ITS	Intelligent Transportation System
IVHS	Intelligent vehicle highway system
IVIS	Influence of Modern In-Vehicle Information Systems on Road Safety Requirements
MIXIC	Microscopic Model for Simulation of Intelligent Cruise Control
MMS	Mensch-Maschinen-Schnittstelle
MOTIV	Mobilität und Transport im intermodalen Verkehr
OBD	Onboard-Diagnostic-System
OW	Objektwarnsystem
PA	Einparkhilfen (Parking Assistent)
PATH	Partners for Advanced Transit and Highways
PELOPS	Programmsystem zur Entwicklung längsdynamischer Mikroskopischer Verkehrsprozesse in Systemrelevanter Umgebung
PROMETHEUS	Programme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety
RTI	Road Transport Informatics
SWA	Spurwechselassistenten
UMTS	Standard für die paketvermittelte Datenübertragung über GSM (general packet radio service)
VESIPO	Gesamtbericht Verkehrssicherheitspolitik des Bundes (neu: VIA SICURA)

# Anhang



## Fragebogen der Expertenbefragung

Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung zur Erhöhung der Verkehrssicherheit

Expertenbefragung

### Systeme der Fahrzeugführerunterstützung (Fahrerassistenzsysteme)

#### - FRAGEBOGEN -

#### Vorbemerkungen

- Die Fragen sind relativ allgemein formuliert und können durch Ankreuzen (interaktive Felder ) beantwortet werden, weshalb Sie zum Ausfüllen des Fragebogens etwa **10 Minuten** benötigen. Für allfällige differenzierte Kommentare steht ein Zusatzblatt zur Verfügung (Teil C).
- Bei Unklarheiten wenden Sie sich bitte an Herr Markus Schirmer Tel. 0041(0)1 716 10 80, e-mail: [gottardi@swissonline.ch](mailto:gottardi@swissonline.ch)

Bitte senden Sie den ausgefüllten Fragebogen bis spätestens **Freitag 21. Mai 2004** in elektronischer Form oder per Post an uns zurück.

Jenni + Gottardi AG  
Hornhaldenstr. 9  
8802 Kilchberg / Zürich  
Schweiz

e-mail: [gottardi@swissonline.ch](mailto:gottardi@swissonline.ch)

- Vielen herzlichen Dank für Ihre wertvolle Mitarbeit! -

#### Einbezogene Systeme der Fahrzeugführerassistenz

##### *Warnende und Informierende Systeme:*

- Abstandswarnung (inkl. Parkhilfen) und Spurassistent
- Sichthilfen (Enhanced Vision)

##### *Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen:*

- Automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf
- Systeme mit verbindlichen Anweisungen
- Sensorik für Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)
- Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen

##### *Übernahme von Fahreraufgaben:*

- Autonome, stabilisierende Systeme (ABS /ASR /ESP)
- Automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik
- Automatische Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen /autom. Notmanöver
- Automatische Fahrzeugortung und -lenkung

Mai 2004

Jenni + Gottardi AG

## Teil A) Allgemeine Fragen

Zutreffendes bitte ankreuzen (☐ Felder sind interaktiv)

- |   | Stimme voll zu           |                          |                          |                          | Stimme gar nicht zu      |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1.1 Systeme der Fahrzeugführerunterstützung (FFU) werden in Zukunft massgeblich zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.2 Welche Systeme werden sich am stärksten durchsetzen können?<br>(Mehrfachantworten möglich; es können auch Teilsysteme aus der Gruppe genannt werden, vgl. Einleitung) | <input type="checkbox"/> | Information/Warnung      | <input type="checkbox"/> | verbindliche Anweisung   | <input type="checkbox"/> |
|   | <input type="checkbox"/> | Übernahme von Fahrer-    | <input type="checkbox"/> | aufgaben                 | <input type="checkbox"/> |
|   | <input type="checkbox"/> |                          | <input type="checkbox"/> |                          | <input type="checkbox"/> |
| 1.3 Ab wann werden diese Systeme Ihrer Meinung nach auf dem Fahrzeugmarkt eingeführt und etabliert sein?  |                          | 5-10 J.                  | 10-20 J.                 | 20-50 J.                 | nicht bekannt            |
| -> Information/Warnung:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> verbindliche Anweisung:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> Übernahme von Fahreraufgaben:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.4 Wie gross schätzen Sie das Sicherheitspotenzial von FFU-Systemen (Abnahme der Anzahl Tote/Schwerverletzte im Strassenverkehr im Bezug zum Total)?                     |                          |                          |                          |                          |                          |
| - bei flächendeckender Verbreitung der Systeme  |                          | 0-5%                     | 5-20%                    | 20-50%                   | 50-80%                   |
| -> Information/Warnung:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> verbindliche Anweisung:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> Übernahme von Fahreraufgaben:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - bei einer Verbreitung der Systeme gemäss realistischen Erwartungen (in 10 - 20 Jahren)  |                          | 0-5%                     | 5-10%                    | 10-25%                   | 25-50%                   |
| -> Information/Warnung:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> verbindliche Anweisung:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> Übernahme von Fahreraufgaben:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Stimme voll zu           |                          |                          |                          | Stimme gar nicht zu      |
| 1.5 Das Sicherheitspotential der Systeme ist stark von der Nutzergruppe abhängig (viel/wenig Nutzer, ältere/jüngere Fahrer u.a.).   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.6 Ein weiterer Effekt bei Systemen der FFU ist die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Strassennetzes.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.7 Bei der Einführung eines FFU-Systems sollen alle Fahrzeuge auf dem Markt damit ausgestattet werden (Ausstattung obligatorisch).                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.8 Bei der Einführung eines FFU-Systems sollen nur Neuwagen ausgestattet werden (Ausstattung der Altwagen nicht obligatorisch).  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.9 Die Forschung in Bezug auf FFU wird vor allem fahrzeugseitige Impulse setzen (ein unterstützender Ausbau der Infrastruktur ist nicht so wichtig).                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung zur Erhöhung der Verkehrssicherheit	Expertenbefragung
<p>1.10 Die Einführung von Systemen der FFU bedarf zwingend der Umsetzung weiterer Massnahmen, nämlich:</p>	<input type="checkbox"/> Zusatzschulung <input type="checkbox"/> tiefere Tempolimiten <input type="checkbox"/> tiefere Promille-Grenze <input type="checkbox"/> höhere Bussen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <span>Stimme voll zu</span> <span>Stimme gar nicht zu</span> </div>
<p>1.11 Es braucht gesetzliche Vorschriften um Systeme der FFU wirksam umsetzen und auf dem Markt positionieren zu können.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>1.12 Die Entwicklung der FFU-Systeme unterliegt einem grossen öffentlichen Interesse und soll von der öffentlichen Hand mitfinanziert werden.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>1.13 Durch die Intensivierung der Datenaufbereitung und Aufzeichnung bei FFU-Systemen können Probleme mit dem Datenschutz entstehen.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>1.14 Eine Übernahme der Fahreraufgabe wird von den Fahrzeugführern nicht akzeptiert. Der Wunsch nach freier Fahrt lässt dies nicht zu.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>1.15 Für die Umsetzung von für den Fahrer einschränkenden FFU-Systemen bedarf es einer Veränderung der Wertehaltung der Fahrzeugführer (Paradigmawechsel).</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>1.16 Systeme der FFU finden bei Fahrzeugführern nur eine breite Akzeptanz, wenn neben dem Sicherheitsgewinn auch ein Komfortgewinn zu verzeichnen ist.</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>1.17 Für eine erfolgreiche Umsetzung der FFU-Systeme müssen finanzielle Anreize geschaffen werden (tiefere Fahrzeugsteuern / Versicherungsprämien u. a. für ausgerüstete Fz).</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>1.18 Sollte die öffentliche Hand die FFU-Systeme subventionieren?</p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<p>1.19 Was glauben Sie, was die Mehrheit der Fahrzeugführer bereit wäre an Zusatzkosten für FFU-Systeme zu übernehmen (in Euro)?</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>0</span> <span>0-500</span> <span>500-1000</span> <span>&gt;1000</span> </div> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

### Teil B) Fragen bezüglich sekundären Effekten

Zutreffendes bitte ankreuzen (*☑* Felder sind interaktiv)

- |   |                          |                          |                          |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|   |                          | Stimme<br>voll zu        |                          |                          | Stimme gar<br>nicht zu   |
| 2.1 Durch die unterstützende Technik wägt man sich verstärkt in Sicherheit. Dadurch wird riskanter gefahren.                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.2 Man verlässt sich zunehmend auf solche Systeme, was zu einer Verminderung der Fahrfertigkeiten und des Verantwortungsgefühls führt? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.3 Der primäre Sicherheitsgewinn durch FFU-Systeme wird durch solche antizipatorischen Effekte wieder kompensiert.                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### Teil C) Kommentar / ergänzende Bemerkungen

(*☑* Bitte in die folgende Tabelle eintragen)

Frage:	Bemerkung

# Inhaltsverzeichnis

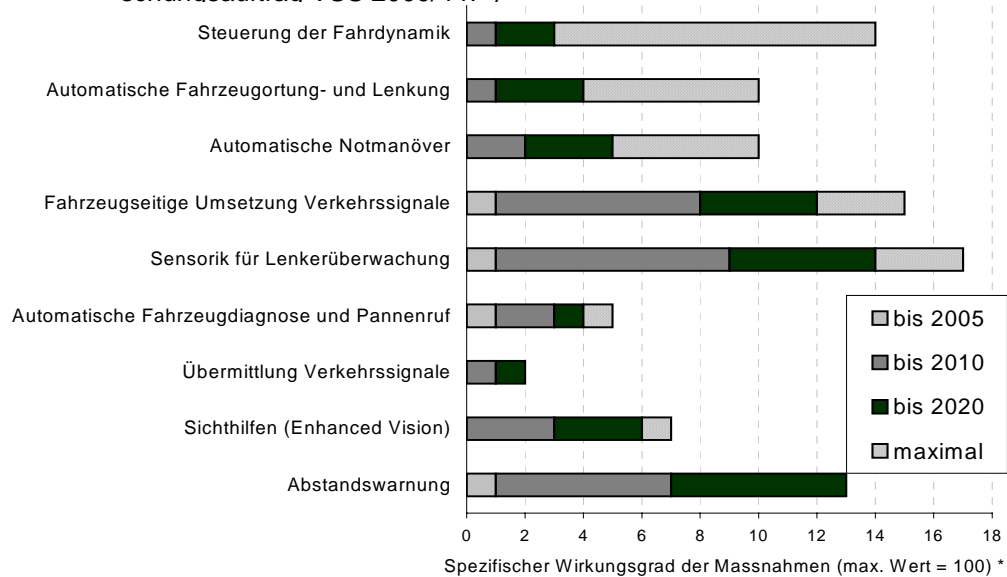
	<b>Seite</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>I</b>
<b>1. Ausgangslage und Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2. Vorgehen</b>	<b>2</b>
<b>3. Begriffe und Gliederung</b>	<b>6</b>
3.1 Ebenen der Fahrzeugführung	6
3.2 Unterstützungsgrad der Assistenzsysteme	7
3.3 Fahrzeugführung als Regelkreislauf	8
<b>4. Grundlagen</b>	<b>10</b>
<b>5. Stand der Forschung und Technik</b>	<b>14</b>
5.1 Warnende und Informierende Systeme	14
5.1.1 Abstandswarnung (inkl. Parkhilfen) und Spurassistent	14
5.1.2 Sichthilfen (Enhanced Vision)	15
Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	18
5.1.3 Automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf	21
5.2 Systeme mit verbindlichen Anweisungen	22
5.2.1 Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)	22
5.2.2 Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	24
5.3 Übernahme von Fahreraufgaben	25
5.3.1 Autonome, stabilisierende Systeme (ABS /ASR /ESP)	25
5.3.2 Automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik	27
5.3.3 Automatische Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen / automatische Notmanöver (Collision avoidance)	30
5.3.4 Automatische Fahrzeugortung und –lenkung auf bestimmten Strecken resp. in speziellen Gebieten oder gesamthaft	32
5.4 Einteilung der Systeme	34
5.4.1 Strassenseitiger- /fahrzeugseitiger Ausbau	34
5.4.2 Wirkungsweise der Systeme – Zeitpunkt der Intervention	35
5.5 Zusammenfassung der primären Wirkungen	36
<b>6. Analyse der Unfalldaten und Potenzialbetrachtung</b>	<b>40</b>
6.1 Generelle Bemerkungen	40
6.2 Unfallanalyse im Rahmen VESIPO	41

6.2.1	Quantifizierung des Rettungspotenzials	41
6.2.2	Resultate Unfall- und Wirkungsanalyse	44
6.3	Einfluss der Lebensdauer des Fahrzeugparks	46
<b>7.</b>	<b>Zwischenbilanz</b>	<b>47</b>
<b>8.</b>	<b>Weitere Effekte der Assistenzsysteme</b>	<b>48</b>
8.1	System- und Interaktionssicherheit	48
8.2	Sekundäre Wirkungen	52
8.2.1	Anpassungsprozesse	52
8.2.2	Kompensatorische Effekte	54
8.2.3	Mensch-Maschinen-Schnittstelle (MMS)	57
8.2.4	Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit	58
8.2.5	Weitere Effekte	59
8.2.6	Wirkungsketten	59
<b>9.</b>	<b>Expertenbefragung</b>	<b>63</b>
9.1	Vorgehen	63
9.2	Fragebogen	63
9.3	Ergebnisse	64
9.3.1	Allgemein	64
9.3.2	Auswertung der allgemeinen Fragen (Teil A)	64
9.3.3	Auswertung der Fragen bezüglich sekundärer Effekte (Teil B)	67
9.3.4	Ergänzende Bemerkungen und Fazit	68
<b>10.</b>	<b>Ausgewählte rechtliche Aspekte</b>	<b>69</b>
<b>11.</b>	<b>Verkehrspsychologische Beurteilung</b>	<b>71</b>
11.1	Einleitende Bemerkungen	71
11.2	Allgemeine Probleme aus psychologischer Sicht	72
11.3	Spezielle Probleme aus psychologischer Sicht	74
<b>12.</b>	<b>Sicherheitspotenziale und Eignungsbewertung CH</b>	<b>78</b>
<b>13.</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>81</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>84</b>
	<b>Abkürzungen und Begriffe</b>	<b>91</b>
	<b>Anhang</b>	
	<b>Fragebogen der Expertenbefragung</b>	

## Zusammenfassung

- Aufgabenstellung* Mit neuen Telematiksystemen, die den Fahrer unterstützen, soll eine bessere Wahrnehmung der unmittelbaren externen Bestimmungsgrössen des Verkehrsablaufs sowie der momentanen Fahrtauglichkeit des Lenkers und damit eine Steigerung der Verkehrssicherheit erreicht werden.
- Die Forschungsarbeit soll einerseits den Entwicklungsstand der fahrzeugführerunterstützenden Systeme dokumentieren, andererseits die möglichen oder tatsächlichen Sicherheitspotenziale in Bezug auf den Strassenverkehr und die Eignung in der Schweiz aufzeigen.
- Vorgehen* Neben der Analyse der Systeme und ihrer primären Wirkungen werden auch allfällige sekundäre Wirkungen ergründet und soweit möglich quantifiziert. Es geht darum, wie Fahrzeuglenker auf den Verlust von Handlungskompetenzen reagieren. Ist statt des erwarteten Sicherheitsgewinns ein Sicherheitsverlust zu erwarten?
- Neben Literaturanalysen erhellen auch theoretische Überlegungen anhand von Wirkungsketten sowie eine Expertenbefragung und ein fachpsychologisches Gutachten die Zusammenhänge.
- fahrzeugführerunterstützende Systeme (FFU-Systeme)* Zu den untersuchten FFU-Systemen gehören
- Warnende und informierende Systeme (Abstandswarnung inkl. Parkhilfen, Spurassistent, Sichthilfen, Übermittlung von Verkehrssignalen, automatische Fahrzeugdiagnose und Pannenanruf)
  - Systeme mit verbindlichen Anweisungen (Lenkerüberwachung, fahrzeugseitige Umsetzung von Signalen und Tempobeschränkungen)
  - Übernahme von Fahreraufgaben (autonome, stabilisierende Systeme, automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik, automatische Fahrzeugsteuerung, automatische Fahrzeugortung und -lenkung)
- Wirkungen der FFU- Systeme* Die einzelnen FFU-Systeme wirken sich mehr oder weniger deutlich auf die Unfallzahlen aus. Für die primäre Wirkung wird gemäss verschiedener Studien ein Ausmass von nahezu 0% bis etwa 30% an Unfallverminderung erwartet.
- Das theoretische Rettungspotenzial, welches oftmals recht gross ist, wird jedoch durch verschiedene Faktoren teilweise deutlich vermindert. Nur ein bedeutend kleinerer Teil der Unfälle wird sich darum letztlich durch die Systeme effektiv vermeiden lassen (tatsächliches Rettungspotenzial). Vor allem bei Systemen mit unverbindlichen Anweisungen oder Informationen können diese vom Fahrzeuglenker ignoriert werden, was die Wirksamkeit zusätzlich reduziert (vgl. Abb. auf der folgenden Seite)

Abbildung: Spezifische Wirksamkeit der FFU-Systeme bzgl. Unfällen (in Anlehnung an die Studie „Rapp, Grundlagen für eine Strassenverkehrspolitik des Bundes, Forschungsauftrag VSS 2000/447“)



#### Sekundäre Wirkungen

Voraussetzung für die Marktauglichkeit der Systeme ist ein fehlerfreies Funktionieren. Die erwarteten primären Sicherheitsgewinne können jedoch aufgrund von Anpassungsprozessen, kompensatorischen Wirkungen oder aber nur teilweiser Marktdurchdringung der Systeme deutlich reduziert werden.

Bei einzelnen Systemen werden neben Sicherheitsaspekten auch zusätzlich positive Wirkungen in Bezug auf die Leistungsfähigkeit des Strassennetzes erwartet.

#### Expertenmeinung

Eine Befragung in- und ausländischer Experten per Fragebogen zeigt, dass für eine erfolgreiche Marktetablierung eine Veränderung der Werthaltung der Fahrzeugführer sowie Komfortvorteile vorausgesetzt werden. Mehrheitlich werden auch sekundäre Effekte wie eine riskantere Fahrweise sowie eine Verminderung der Fahrfertigkeiten erwartet. Neben Zusatzschulungen, die als zwingend angesehen werden, müssen der Umfrage zufolge weitere gesetzliche Grundlagen geschaffen werden.

Nur ein kleiner Teil der Experten ist allerdings der Meinung, dass sekundäre Wirkungen den Sicherheitsgewinn kompensieren könnten. Bezüglich Risikokompensation und Handlungsdelegation werden vor allem in der Einführungsphase neuer Systeme Probleme erwartet. Mehr als 80% der Befragten erwarten jedoch von FFU-Massnahmen selbst bei realistischen Erwartungen einen massgeblichen Sicherheitsgewinn.

\* Der spezifische Wirkungsgrad beschreibt das mögliche Unfallverminderungspotential unter Berücksichtigung von Systemunzuverlässigkeit, Fehlbedienung, Beachtungs- und Verbreitungsgrad

*Weiterer Forschungsbedarf*

In der Schweiz wird vor allem im Bereich der passiven Sicherheit Forschung betrieben. Bezüglich aktiver Sicherheit sollte die Forschungstätigkeit noch intensiviert werden.

Viele FFU-Systeme kommen eben erst auf den Markt oder sind erst in den nächsten Jahren serienreif. Damit werden in zunehmendem Umfang auch weitere Erfahrungen vorliegen. Eine Neubewertung der FFU-Systeme innerhalb der nächsten ca. fünf Jahre ist notwendig.

Neben technischen und psychologischen Aspekten müssen auch die rechtlichen Aspekte noch vertiefter abgeklärt werden, immer in Bezug zur Wirkungsweise der Systeme (Unterstützungsgrad), beispielsweise versicherungsrechtliche Fragen.

Bei einzelnen Systemen zeichnet sich neben Sicherheitswirkungen auch eine Beeinflussung der Streckenkapazität ab. Insbesondere in Bezug zu den verkehrlichen Gegebenheiten in der Schweiz (z.B. Topographie) bestehen hier Forschungslücken, welche geschlossen werden sollten.

*Schlussfolgerungen*

Grundsätzlich bewirken alle aufzeigten Systeme einen mehr oder minder grossen Sicherheitsgewinn – zumindest aus der Sicht der primären Wirkung dieser Systeme. Nur wenige Erfahrungen gibt es allerdings zu den sekundären Effekten. Diese wirken häufig gegenläufig und führen zu einer Reduktion der Verkehrssicherheit, so dass teilweise der Nutzen neutral oder sogar negativ ausfallen kann.

Die Systeme mit dem derzeit höchsten erwarteten Sicherheitspotenzial sind autonome Systeme wie ABS<sup>1</sup> oder ESP<sup>1</sup> und Systeme, welche aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen. Aufgrund der rechtlichen und technischen Randbedingungen aber auch wegen ungenügender Akzeptanz werden insbesondere die letzteren in Bezug auf die nationale Verkehrssicherheitsstrategie als weniger geeignet bewertet (vgl. Abb. auf S. IV).

In naher Zukunft werden sich vor allem Systeme durchsetzen, welche im Fahrzeug integriert sind (autonom agieren) und dem Fahrer einen spürbaren Sicherheits- und Komfortvorteil bieten. Systeme, welche nur Sicherheits- und keine Komfortvorteile bieten, können nur mit verstärkten Mitteln (Enforcement, tiefere Versicherungsprämien, etc.) gefördert werden.

Viele Systeme sind noch im Entwicklungsstadium. Dabei besteht eine grosse Diskrepanz zwischen den Sicherheitseinschätzungen der Hersteller und den zu erwartenden, tatsächlich eintretenden Sicherheitsgewinnen, dies vor allem bei Systemen, welche sich erst in einem frühen Entwicklungsstand befinden und eine umfassende Unterstützung des Fahrzeugführers bieten.

---

<sup>1</sup> ABS = Anti-Blockier-System, ESP = elektronisches Stabilitätsprogramm

**Beurteilung einzelner FFU-Systeme bezüglich Anwendbarkeit in der Schweiz**

FFU-System	erwartetes Sicherheitspotenzial <sup>2</sup>	rechtliche/technische Umsetzbarkeit	erwartete Akzeptanz	Wirksamkeitsbeurteilung bez. Verkehrssicherheitspolitik der Schweiz
Gewichtung	60%	20%	20%	
Abstandswarnung	◆	◆◆◆	◆◆	+ / +++
automatische Abstandshaltung	◆◆	◆	◆◆	++
Einparkhilfen	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / +++ (Komfortsystem)
Sichthilfen	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Totwinkelüberwachung	◆	◆◆ ↑ <sup>3</sup>	◆◆◆	+ / +++ ↑
Objektwarnsystem	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Informationsübermittlung inkl. Stauwarnung (Geschwindigkeit u.a.)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Fz-seitige Umsetzung von Verkehrssign.	◆◆◆	◆	◆	++
automatische Fahrzeugdiagnose	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Sensorik für Lenkerüberwachung	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Anti-Blockier-System (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Bremsassistenten	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
automatische Spurhaltung	◆◆	◆	◆	+ / +++
Spurwechselassistenten	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Kollisionswarnsysteme, ohne direkten Steuerungseingriff	◆	◆	◆◆	+
Notmanöver	◆◆	-	◆	+ / +++
umfassende Fahrzeuglenkung	◆◆◆	-	◆	++

Legende:

◆◆◆	gross / hoch	+++	sehr gut geeignet für den Einsatz in der Schweiz im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie
◆◆	mittel	++	nur mit zusätzlichen Massnahmen geeignet für den Einsatz in der Schweiz resp. weniger wirksam bzgl. Verkehrssicherheit
◆	klein / tief	+	(vorerst) nur bedingt geeignet für den Einsatz in der Schweiz

**Schlussfolgerungen (Forts.)** Aus Schweizer Sicht ist eine aktive Mitwirkung in entsprechenden europäischen und internationalen Gremien, die sich mit Erforschung und Normierung entsprechender Systeme auseinandersetzen, wichtig. Diese können nur greifen, wenn die Umsetzung europaweit geschieht und keine Systemgrenzen bestehen. Insellösungen, der Verzicht auf Standardisierung und die Integration kaum kompatibler Systemelemente werden längerfristig unflexibel, schlecht erweiterbar und damit letztendlich teuer.

<sup>2</sup> Einfluss auf die Gesamtzahl der Unfälle

<sup>3</sup> Neue EU-Richtlinie für LW/Busse fördert entsprechende Systeme, → eventuell bessere Umsetzbarkeit



## Résumé

*Objet de la thèse* Les nouveaux systèmes de télématique développés pour assister le conducteur doivent permettre d'améliorer la perception des conditions immédiates de la circulation, et de vérifier l'aptitude du conducteur à réagir, dans l'instant, de manière adéquate, ce qui doit se traduire par une amélioration de la sécurité routière.

Le travail de recherche a pour objectif de faire le point sur le stade de développement des systèmes d'assistance au conducteur de véhicule, et mettre en lumière les gains de sécurité, potentiels ou avérés, et leur adéquation ou la pertinence de leur mise en oeuvre sur le réseau routier en Suisse.

*Procédure* outre l'analyse des systèmes et de leurs incidences premières, sont également analysées les éventuelles incidences secondaires, avec quantification dans la mesure du possible. La question est de savoir comment réagit un conducteur de véhicule dans le contexte d'un rétrécissement du champ de ses compétences. Faut-il s'attendre à une réduction du niveau de sécurité, plutôt qu'à l'amélioration attendue ?

A côté de l'analyse de la littérature en la matière, les réflexions théoriques fondées sur l'enchaînement des diverses incidences, ainsi qu'une enquête menée auprès d'experts et une expertise réalisée par un psychologue spécialiste du comportement sur route permettent de réunir et assembler bout à bout les composantes de la problématique.

*Aperçu des systèmes d'assistance au conducteur de véhicule*

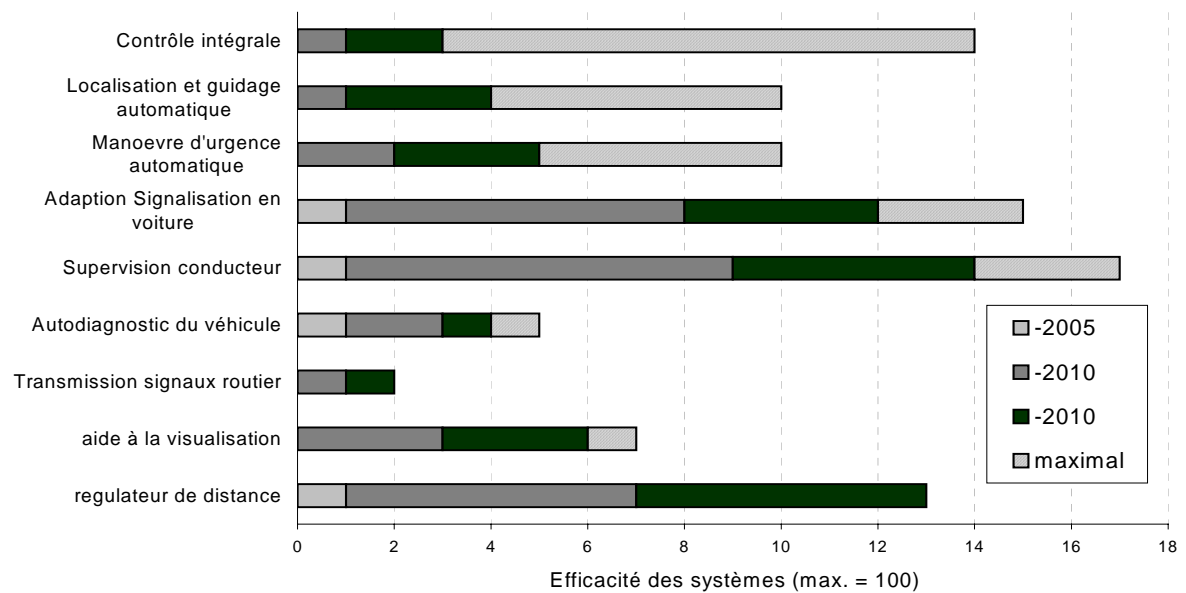
- Systèmes d'alerte et d'information (régulateur de distance par signal sonore ou acoustique, y compris l'assistance pendant les manoeuvres de stationnement, stabilisateur de trajectoire, aides à la visualisation, et mécanismes automatiques – transmission des signaux routiers, autodiagnostic du véhicule, appel service de dépannage)
- Systèmes à instructions plus contraignantes (surveillance de la vigilance du conducteur, respect des signaux imposés par le véhicule, et limiteur de vitesse)
- Prise en charge des tâches du conducteur (systèmes autonomes de stabilisation, respect automatique de la distance entre véhicules et stabilisateur de trajectoire, commande intégrale de la dynamique de conduite, système de pilotage automatique, localisation automatique et téléguidage du véhicule)

*Incidences des systèmes*

Les différents systèmes d'assistance au conducteur ont une incidence plus ou moins nette sur les chiffres des accidents. Pour l'efficacité première, on table sur une réduction allant de 0% jusqu'à environ 30%, en fonction des études réalisées.

*Incidences des systèmes (suiv.)*

Le potentiel théorique de prévention des accidents, un chiffre souvent assez important, est cependant atténué de manière parfois très sensible, par un certain nombre de facteurs. En fait, tous ces systèmes ne devraient permettre d'éviter qu'une fraction nettement moindre des accidents (= potentiel de prévention réelle). En particulier les systèmes d'alerte et de simple information peuvent être ignorés par le conducteur, ce qui réduit d'autant leur efficacité (voir graphique suivante).

**Efficacité des systèmes d'assistance de conducteur en référence des accidents***Incidences secondaires*

La condition pour la diffusion de ces systèmes sur le marché est la fiabilité absolue de fonctionnement. Les gains de sécurité "immédiats" que l'on peut en attendre doivent cependant être relativisés, en raison de l'adaptation progressive du conducteur à leur présence, des réflexes compensatoires, ou tout simplement de la facilité, ou non, à les trouver dans le commerce.

Dans le cas de certains systèmes, outre les aspects de sécurité, on s'attend par ailleurs à d'autres incidences positives, dans le sens d'une meilleure efficacité du réseau routier.

*Opinion des experts*

Une enquête menée auprès d'experts en Suisse et à l'étranger révèle que le succès de ces systèmes sur le marché nécessite une modification de l'opinion des conducteurs à ce propos, et l'apport d'avantages en termes de confort. Dans leur majorité, les experts s'attendent également à des effets secondaires, par exemple, un style de conduite plus risqué, de même qu'une réduction du savoir-faire au volant. A part les formations complémentaires, considérées comme absolument indispensables, le résultat de l'enquête met en lumière la nécessité d'adapter la législation en la matière.

Seule une minorité parmi les experts estime que les incidences secondaires pourraient contrebalancer le gain de sécurité. S'agissant de la compensation du risque et de la tendance du conducteur à déléguer à son véhicule le soin de réagir, les problèmes posés par les nouveaux systèmes ne devraient se manifester que pendant la phase d'introduction. Plus de 80% des personnes interrogées estiment en fait que les systèmes d'assistance devraient se traduire par un gain de sécurité significatif, même en restant réaliste

*Nécessité  
d'approfondir  
la recherche*

En Suisse, la recherche porte surtout dans le domaine de la sécurité passive. S'agissant de la sécurité active, l'activité de recherche devrait être intensifiée.

En fait, l'émergence sur le marché d'un grand nombre de systèmes d'assistance de conducteur est très récente, parfois même il s'agit de systèmes qui ne seront disponibles en série que dans les prochaines années. L'expérience dont on dispose à ce sujet ne fera que croître. C'est pourquoi il est nécessaire de procéder à une réévaluation de ces systèmes dans les cinq prochaines années.

Outre les aspects techniques et psychologiques, il faut également approfondir les aspects juridiques, toujours pour ce qui concerne le mode de fonctionnement de ces systèmes (degré d'assistance), par exemple, les questions d'assurance de responsabilité civile.

Dans le cas de certains systèmes, outre les incidences sur la sécurité, il faut tenir compte de l'incidence des caractéristiques en fonction du parcours. Notamment, du point de vue des réalités de la circulation routière en Suisse (par exemple : topographie), on constate des lacunes dans les travaux de recherche, qu'il convient de combler pour traiter la matière en connaissance de cause.

*Conclusions*

Fondamentalement, tous les systèmes analysés permettent un gain de sécurité plus ou moins important - à tout le moins du point de vue de l'efficacité première ou "immédiate". Peu de données existent à l'heure actuelle sur les incidences secondaires. Il s'agit d'effets allant souvent dans le sens contraire, au point d'annuler le gain de sécurité, voire même d'être contreproductifs.

Les systèmes répondant à l'heure actuelle aux attentes en terme de potentiel de sécurité le plus élevé sont les systèmes autonomes, par exemple les systèmes ABS<sup>4</sup> ou ESP<sup>1</sup> et les systèmes qui interviennent de manière active dans le pilotage (voir graphique à la page suivante).

Ces derniers, en particulier, sont considérés comme moins adéquats, dans le contexte de la politique nationale de sécurité routière, non seulement pour des raisons juridiques et techniques, mais également en raison du faible degré d'acceptance dont ils font l'objet.

---

<sup>4</sup> ABS = Système d'antiblocage des freins, ESP = Programme de stabilisation électronique

### Appréciation des systèmes d'assistance de conducteur en référence de l'applicabilité en Suisse

Système	Potentiel de sécurité prévu	Application juridique et technique	Acceptance prévue	Appréciation d'efficacité en référence de la politique sécurité routière en Suisse
Gewichtung	60%	20%	20%	
Régulateur de distance en veille	◆	◆◆◆	◆◆	+ / ++
Régulateur de distances actif	◆◆	◆	◆◆	++
Assistance au stationnement	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / ++ (système de confort)
Aide à la visualisation	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Détection de l'angle morte	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Système d'avertissement d'objet	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Transmission d'information (avertissement de bouchon, limitation de vitesse et autres)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Adaptation de la signalisation routière en voiture.	◆◆◆	◆	◆	++
Autodiagnostic du véhicule	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Supervision automatique du conducteur	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Système antiblocage des freins (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Assistance au freinage	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
Programme de stabilisation électron. (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Stabilisateur de trajectoire automatique	◆◆	◆	◆	+ / ++
Assistance au changement de voie	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Système de pré-collision (alerte)	◆	◆	◆◆	+
Assistance au manoeuvre d'urgence	◆◆	-	◆	+ / ++
Contrôle intégrale de la voiture	◆◆◆	-	◆	++

Explication: ◆◆◆ élevé / haut

◆◆ médian

◆ bas / petit

+++ très bon approprié pour la mise en action en Suisse en référence de la politique sécurité routière en Suisse

++ seulement avec des mesures complémentaires pour la mise en action en Suisse

+ (au moment) seulement partiel approprié pour la mise en action en Suisse

Dans un avenir proche, les systèmes qui s'imposeront sont avant tout ceux qui sont intégrés dans le véhicule (systèmes autonomes) et qui apportent un avantage de sécurité et de confort directement perceptible pour le conducteur. Les systèmes qui n'offrent qu'un supplément de sécurité, sans supplément de confort, ne pourront se faire accepter que par des moyens renforcés (dispositions législatives, réduction des primes d'assurance, etc.).

Beaucoup de systèmes sont encore dans le stade de développement. Il existe un décalage important entre les estimations du gain de sécurité avancé par les fabricants et les gains de sécurité espérés et effectifs, principalement dans le cas des systèmes se trouvant encore dans un stade de développement

précoce et qui ambitionne d'apporter une assistance complète au conducteur de véhicule.

Pour la Suisse, il est important de participer de manière active dans les comités techniques au niveau européen et international, qui se consacrent à la recherche, l'analyse et l'élaboration des normes pour les systèmes en question. L'efficacité de ces systèmes est tributaire d'une mise en oeuvre à l'échelle de l'Europe, sans limitation d'ordre technique. A long terme, les solutions autarciques, fondées sur le renoncement à la standardisation, de même que l'intégration de composants quasi incompatibles, ne peuvent que se révéler peu évolutives, en offrant peu de possibilités d'extension, et finalement revenir plus cher.

## Abstract

*Terms of reference* New telematics systems to assist drivers are intended to achieve better perception of the direct, external determining parameters of traffic flow and the driver's current fitness to drive and, thus, enhance traffic safety.

The research work is intended to document the state of development of driver assistance systems and illustrate the possible or actual safety potentials in relation to road traffic and suitability in Switzerland.

*Procedure* Any secondary effects will be determined and quantified as far as possible, besides analysing the systems and their primary effects. We aim to establish how vehicle drivers respond to a loss of ability to intervene. Can a loss in safety be expected instead of the anticipated gain in safety?

Besides analyses of relevant literature, light is also to be shed on the interrelationships with theoretical considerations on the basis of chains of cause and effect and both a survey of experts and a specialist psychological expertise.

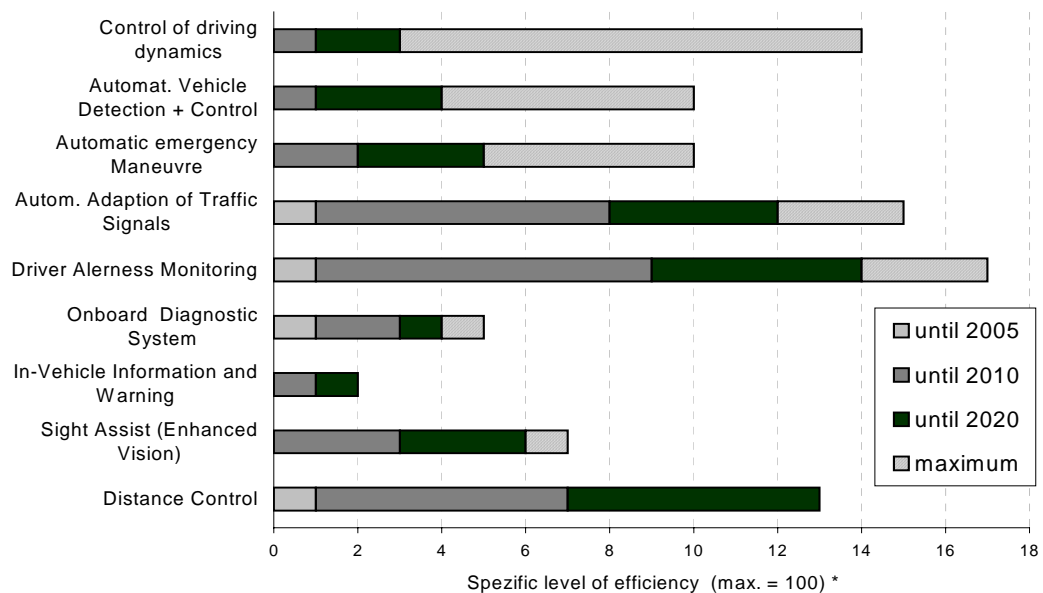
*Driver assistance (DA) systems* The systems include

- Warning and information systems (proximity warning, including parking assistance systems, lane departure warning systems, visibility assistance systems, transmission of traffic signals, automatic vehicle diagnosis and automatic breakdown call transmission)
- Systems with mandatory instructions (driver monitoring, automatic adaptation to traffic signals and speed limits)
- Systems which assume the driver's tasks (autonomous stabilising systems, automatic adaptive cruise control and automatic heading control, comprehensive control of driving dynamics, automatic vehicle control and automatic vehicle detection and guidance)

*Effects of the systems* The individual DA systems have a more or less clear impact on accident figures. On a basis of various studies, a figure of 0 % to around 30 % is anticipated for accident avoidance for the primary effect.

However, the theoretical avoidance potential which is frequently very high is substantially reduced by various factors in some cases. Only a significantly lower share of accidents will ultimately be effectively avoided by these systems as a result of this (actual avoidance potential). In the case of systems with non-mandatory instructions or information in particular, these may be ignored by the vehicle driver, which additionally reduces effectiveness (cf. illustration overleaf).

### Accident reducing effects of driver assistance systems



*Secondary effects* The systems must function error-free in order to be suitable for the market. However, the anticipated primary safety gains may be substantially reduced as the result of adaptation processes, compensatory effects or only partial market penetration.

In the case of individual systems, additional, positive effects in relation to performance of the road network are anticipated besides safety aspects.

*Expert opinion* A survey of experts both at home and abroad conducted with a questionnaire illustrates that successful establishment on the market prerequisites a change in vehicle drivers' values and also convenience advantages. In the majority of cases, secondary effects such as more risky driving style and a reduction in driving skills are also anticipated. Besides additional training courses which are considered to be urgently necessary, the survey indicates that a more extensive legal basis must be created.

Only a few of the experts however are of the opinion that secondary effects could offset the safety gain. Problems are anticipated in respect of risk compensation and delegation of action primarily in the introductory phases of new systems. Over 80 % of those questioned do, however, anticipate a substantial safety gain from DA systems even in the case of realistic expectations.

*Further re-  
search re-  
quired*

Research is underway in Switzerland primarily in the sector of passive safety. Research activities into active safety should be intensified.

Many driver assistance systems are just coming onto the market or will not be sufficiently advanced for introduction on a series basis until a few years time. This will mean that more experience will be available as time goes on. It will be necessary to reassess the driver assistance systems within the next approx. 5 years.

Besides technical and psychological aspects, it will also be necessary to clarify the legal aspects in greater depth, always in relation to the mode of operation of the system (degree of assistance), for example aspects relating to insurance legislation.

In the case of certain systems, there are also signs of an influence on stretch-related capacity, besides safety effects. Certain areas still require research, in particular in relation to the traffic situation in Switzerland (e.g. topography).

*Conclusions*

little experience is available in relation to the secondary effects. These secondary effects frequently act in opposition and lead to a reduction in traffic safety so that, in some cases, the benefit may be either neutral or even negative.

Basically, all systems illustrated result in a safety gain, the extent of which varies from system to system - at least from the point of view of the primary effect of the systems. However, only

The systems with the greatest anticipated safety potential from a contemporary point of view are autonomous systems such as ABS<sup>5</sup> or ESP<sup>1</sup> and systems which actively intervene in vehicle control. The latter in particular are rated as less appropriate in relation to the national traffic safety strategy owing to the legal and technical boundary conditions but also owing to inadequate acceptance.

In the near future, it will primarily be systems which are integrated in the vehicle (which act autonomously) and which offer drivers a perceptible safety and convenience advantage which will gain acceptance. Systems which offer only safety advantages and no convenience advantages can be promoted only by more powerful means (enforcement and lower insurance premiums etc.).

---

<sup>5</sup> ABS = Antilock brake system, ESP = Electronic stability programme

### Evaluation of different driver assistance systems regarding the applicability in Switzerland

FFU-System	Expected safety potential	Legal / technical feasibility	Expected acceptance	Effectiveness in relation to the swiss traffic safety policy
Weighting factor	60%	20%	20%	
Distance Control (Proximity Warning)	◆	◆◆◆	◆◆	+ / +++
Adaptive Cruise (Distance) Control	◆◆	◆	◆◆	++
Parking Assist	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / +++ (Comfort system)
Enhanced Vision	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Blind Spot Monitoring	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Object Warning System	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
In-Vehicle Information and Warning Systems (speedlimits etc..)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Intelligent Traffic Signal Adaption	◆◆◆	◆	◆	++
Onboard Diagnostic System	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Driver Alertness Monitoring	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Antilock Brake System (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Brake Assist System	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
Electronic Stability Programm (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Heading Control (automatic lane keeping)	◆◆	◆	◆	+ / +++
Lane Departure Assist	◆	◆◆	◆◆◆	+ / +++
Collision Avoidance System (without Direct Vehicle Control)	◆	◆	◆◆	+
Emergency Manoeuvre	◆◆	-	◆	+ / +++
Automated Highway (fully automatic guidance)	◆◆◆	-	◆	++

Legend:

◆◆◆ high	+++ appropriated for use in switzerland regarding the national traffic safety vision
◆◆ medium	++ additional measures/ actions necessary for use in switzerland
◆ small	+ (current) less suitable for use in switzerland

Many systems are still at the development stage. There is a major discrepancy between the safety assessments of the manufacturers and the anticipated safety gains actually achieved, primarily in the case of systems which are only at an early stage of development and which offer comprehensive assistance to the vehicle driver.

From a Swiss point of view, active participation in corresponding European and international committees dealing with research into and standardisation of corresponding systems is important. These systems can be effective only if they are implemented Europe-wide and only if there are no system limits. Insular solutions, waiving standardisation and the integration of system elements which are not very compatible lead to inflexibility, poor expansibility and, thus, ultimately expense in the long term.



# 1. Ausgangslage und Aufgabenstellung

Das System Mensch-Fahrzeug-Fahrbahn stösst zunehmend an seine Grenzen. Da sind einerseits die immer engeren Grenzen, die einer Anpassung des Strassennetzes an die nach wie vor rasch steigende Nachfrage gesetzt sind. Die Folgen sind übermässig zunehmende Konfliktdichten, häufigere Staus, Unfälle und sinkende Verfügbarkeit vor allem im Bereich der Hochleistungsstrassen. Andererseits sind dem Mensch Grenzen gesetzt, in der Hektik des heutigen Strassenverkehrs und der wachsenden Informations- und Reizdichte im Fahrerumfeld die Übersicht zu bewahren und in Sekundenbruchteilen die richtigen Entscheide zu fällen. Neue Telematiksysteme, die den Fahrer unterstützen, zielen auf eine bessere Wahrnehmung der unmittelbaren externen Bestimmungsgrössen des Verkehrsablaufs sowie der momentanen Fahrtauglichkeit des Lenkers und damit in erster Linie auf eine Steigerung der Verkehrssicherheit.

Zwar konnte die Verkehrssicherheit auf dem Schweizerischen Strassennetz in den letzten Jahrzehnten beträchtlich verbessert werden, doch genügt dies noch nicht. Trotz sorgfältigster Strassenraumgestaltung, Fahrzeugen mit einer immer noch besseren passiven Sicherheit, hochstehender Fahrerausbildung und -nachschulung, situationsbezogener Signalisation und immer rascherer Information ereignen sich immer noch zu viele schwere Unfälle. Angesichts der mit dem Begriff „Vision Zero“ umschriebenen langfristigen Absicht, die Zahl von Toten und Verletzten möglichst nahe an Null anzunähern, sind deshalb immer mehr auch Anstrengungen im Bereich Mensch und Fahrzeug erforderlich, wo Sicherheitsgewinne nur mit hohen Investitionen erzielt werden können oder wo sich trotz heute noch fehlender Voraussetzungen möglicherweise bereits in naher Zukunft grosse Sicherheitsgewinne abzeichnen.

Mit der Forschungsarbeit sollen einerseits der Entwicklungsstand der Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung ausführlich und übersichtlich dokumentiert, andererseits ihre möglichen oder tatsächlichen Sicherheitspotenziale in Bezug auf den schweizerischen Strassenverkehr und damit ihrer Eignung in der Schweiz aufgezeigt werden.

## 2. Vorgehen

Der Forschungsansatz zielt in der ersten Arbeitsphase auf eine Übersicht über den Entwicklungsstand solcher fahrerunterstützenden Systeme. Dabei werden vor allem die Projekte näher betrachtet, die bereits eine gewisse Entwicklungsreife erreicht haben und die aus Sicht potenzieller Anwendungsfelder in der Schweiz besonderes Interesse verdienen. Dabei wird insbesondere auf die zu erwartenden Ergebnisse des UVEK-Projekts VESIPO abgestellt. Die dort zur detaillierteren Prüfung ausgewählten Fahrerassistenz-Systeme stehen im Vordergrund der Arbeiten. Deren Entwicklungsstand wird detailliert dargestellt, ausserdem werden die Effekte auf Informationsverarbeitung und Benutzerverhalten analysiert, die Auswirkungen konkretisiert und der Handlungsbedarf in Bezug auf die Rahmenbedingungen in der Schweiz untersucht.

Um die möglichen oder tatsächlichen Sicherheitspotenziale aufzuzeigen, werden diese fahrerunterstützenden Systeme auf ihre möglichen Sicherheitspotenziale, bereits dokumentierte Wirkungen aber auch ihre Sicherheitsrisiken hin untersucht und beurteilt.

Dabei werden bekannte, theoretisch hergeleitete und vermutete Wirkungen der realen Unfallsituation auf den Schweizer Strassen gegenübergestellt und entsprechende Schlussfolgerungen daraus gezogen. Bei diesen primären Wirkungen wird eine Bilanz zumindest für einen Teil der untersuchten Bereiche möglich sein.

Das oben genannte Projekt VESIPO wird integriert und die weiteren Analysen bauen auf dessen Erkenntnissen auf. Koordiniert wird auch mit dem EU-Projekt GADGET (Guarding Automobile Drivers through Guidance, Education and Technology), von dem der Einteilungsraster der Assistenzsysteme übernommen werden kann, sowie mit der COST Action 352 „Influence of Modern In-Vehicle Information Systems on Road Safety Requirements“ (IVIS), die sich gegenwärtig allerdings erst in der Anfangsphase befindet. Daneben werden weitere aktuelle nationale und internationale Arbeiten zum Thema Fahrzeugführerunterstützung beachtet.

Anspruchsvoller als die Analyse der Systeme und ihrer primären Wirkungen ist die Begründung und allenfalls Quantifizierung sekundärer Wirkungen. Birgt doch die Individualisierung der Verkehrstelematik nicht nur grosse Chancen sondern auch die Gefahr gegenläufiger Entwicklungen in sich. Fragen, die im Vordergrund stehen, sind:

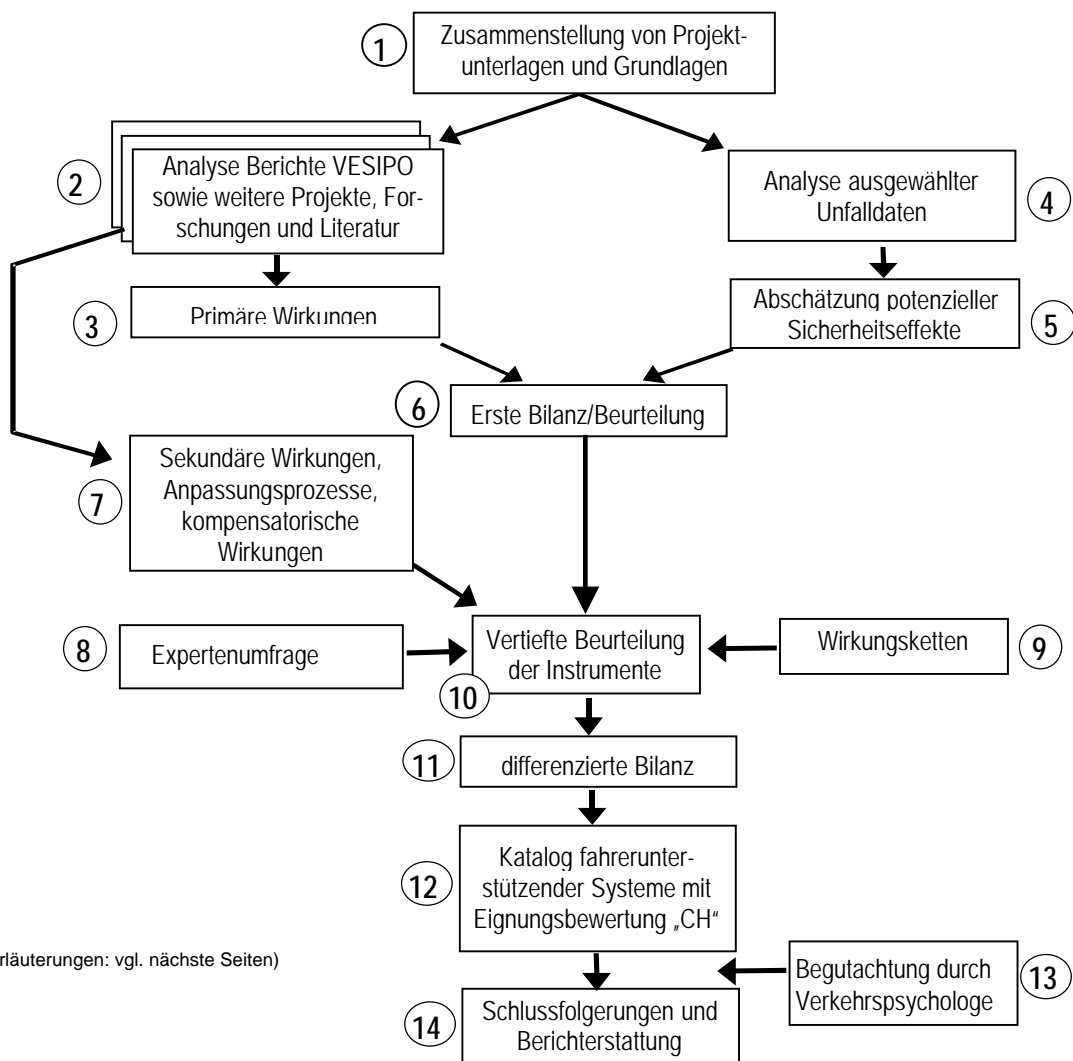
- Wie reagiert der Fahrzeuglenker auf den Verlust von Handlungskompetenzen? Wird seine Aufmerksamkeit resp. seine Fahrfähigkeit dadurch beeinträchtigt und wenn ja, in welchem Grade?
- Wie reagiert der Fahrzeuglenker auf den tatsächlichen oder vermeintlichen Sicherheitsgewinn? Reagiert er mit veränderter Fahrweise? Kommt es zu einer sogenannten Risikokompensation?
- Ist als Folge dieser Prozesse unter Umständen statt des in Aussicht gestellten Sicherheitsgewinns vielmehr ein Sicherheitsverlust zu erwarten?

Für die Beurteilung der Systemwirkungen im Rahmen dieser Arbeit sind schliesslich am Rande auch Aspekte von Bedeutung, die nicht den Fahrer sondern den Betreiber betreffen. Einerseits sind viele der generierten Daten auch für den Strassenbetreiber von Interesse, auch dort unter anderem mit Bezug zur Verkehrssicherheit, andererseits sind Vorleistungen des Betreibers bezüglich Systemkomponenten nötig, die kostenträchtig sind und Fragen der Akzeptanz auf Betreiberseite aufwerfen.

Diesen Fragen und Aspekten wird aufgrund der gefundenen Forschungsergebnisse nachgegangen. Wo noch keine Ergebnisse vorliegen, wird versucht, aus den Meinungen involvierter Verkehrswissenschaftler ein schlüssigeres Bild zu erhalten.

Abschliessend werden die Resultate durch eine separate verkehrspsychologische Beurteilung ergänzt. Damit sollen vor allem die oben angesprochenen sekundären Wirkungen auf eine breitere Erkenntnisbasis gestellt werden.

**Abb. 2.1 Vorgehensplan (schematisiert)**



## Erläuterungen:

1. Unterlagen zu den verschiedenen laufenden und geplanten Fahrerassistenz-Systemen einerseits und zum Unfallgeschehen auf dem schweizerischen Strassennetz andererseits werden zusammengestellt, gesichtet und strukturiert (Kap. 4/5).
2. Der im Mai 2002 herausgegebene Schlussbericht VESIPO [51] mit Teilberichten sowie weitere Unterlagen, Forschungsergebnisse, Literaturangaben, theoretischen Überlegungen, Wirkungsketten, etc. wird analysiert und ausgewertet; dabei geht es auch um eine Analyse und Aufbereitung der Parameter und Mechanismen, mit denen diese Systeme ‚funktionieren‘ resp. auf die sie einwirken (Kap. 5).
3. Die Wirkungen werden beurteilt, gruppiert und soweit wie möglich quantifiziert; vorerst stehen die primären Wirkungen im Vordergrund, die zumeist mit den Entwicklungszielen dieser Systeme identisch sind; neben den Sicherheitseffekten wird bei den Wirkungen auch die Kosten- und Akzeptanzseite beachtet. Bei allen bereits dokumentierten Wirkungen und Aussagen aus dem Ausland wird ganz besonders auch die Übertragbarkeit auf schweizerische Verhältnisse in den Vordergrund gestellt (Kap. 5).
4. Es werden Daten zum Unfallgeschehen auf dem schweizerischen Strassennetz analysiert und gruppiert; es sollen diejenigen Unfalltypen herauskristallisiert und quantifiziert werden, auf die mit Fahrerassistenz-Systemen eingewirkt werden soll und kann (Kap. 6).
5. Davon ausgehend erfolgt eine grobe Abschätzung der potenziellen Sicherheitseffekte in Bezug auf das Unfallgeschehen gesamthaft; dabei muss häufig eine beträchtliche Unsicherheit in Kauf genommen werden; so gibt es beispielsweise keine verlässlichen Zahlen über Unfälle im Zusammenhang mit Müdigkeit oder Einschlafen am Steuer. In diesen Bereichen müssen vorsichtige Schätzungen vorgenommen werden (Kap. 6).
6. Die im Zusammenhang mit der Analyse von Projekten und Forschungen ermittelten Wirkungen werden den entsprechenden spezifischen Unfallkategorien und –mengen gegenübergestellt und eine erste Bilanz zu den möglichen Wirkungen angestellt; nach wie vor geht es vorerst nur um primäre Wirkungen (Kap. 6/7).
7. Die Untersuchung wird jetzt auf mögliche sekundäre Wirkungen ausgeweitet; es geht darum, Aspekte wie den Verlust von Handlungskompetenzen, die Folgen der Gewöhnung auf Aufmerksamkeit und Fahrfähigkeit generell, die Möglichkeit kompensatorischer Reaktionsweisen, etc. näher zu untersuchen. Sind gegenläufige Effekte wahrscheinlich? Hierzu werden spezifische Studien ausgewertet, aber auch eigene Überlegungen angestellt (Kap. 8).
8. Durch eine ergänzende Umfrage wird versucht, die möglichen sekundären Wirkungen mit Hilfe von Expertenmeinungen einzugrenzen; diese erfolgt mittels eines kurzen Fragebogens, der an einen repräsentativen Expertenkreis (ca. 8-10 Experten) im In- und Ausland versandt wird (Kap. 9).

9. Für die Beurteilung der Wirkungen werden zusätzlich auch Wirkungsketten erarbeitet und analysiert (Kap. 8).
10. Diese Unterlagen werden analysiert und ausgewertet. Es wird eine vertiefte Beurteilung der neuen Systeme und der erwarteten sowie der möglichen Wirkungen vorgenommen.
11. Die Bilanz gibt differenziert nach Wirkungsbereichen Auskunft über die wahrscheinlichen, die möglichen und die eher unwahrscheinlichen Wirkungen der verschiedenen Assistenz-Systeme.
12. Es wird ein Katalog erstellt der alle untersuchten Fahrerassistenz-Systeme auflistet, die Wirkungen gemäss Ziffer 11 enthält und eine Eignungsbewertung mit Blick auf den Einsatz in der Schweiz vornimmt. Diese wird einerseits bestimmt vom Ausmass und der Eintrittswahrscheinlichkeit der erwarteten Sicherheitswirkungen, aber auch von den Kosten und von Akzeptanzüberlegungen (vgl. Ziffer 3).
13. Die Resultate bezüglich Sicherheitswirkungen, insbesondere was die sekundären Wirkungen anbetrifft, werden durch ein kurzes verkehrspsychologisches Gutachten vertieft (Kap. 11).
14. Die Analysen und Überlegungen münden in Schlussfolgerungen und Vorschlägen, die in diesem Bericht dokumentiert werden.

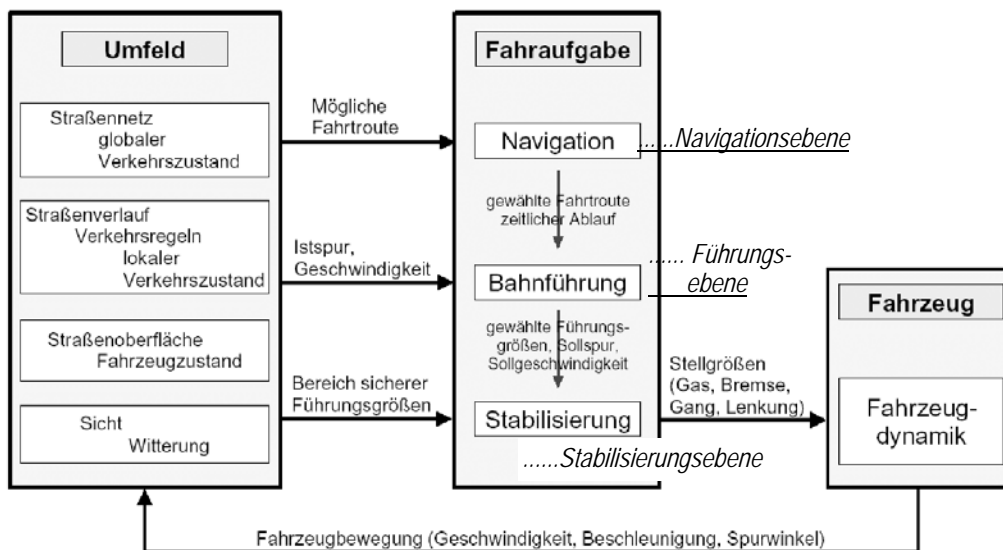
### 3. Begriffe und Gliederung

Eine Gliederung von Fahrerassistenzsystemen kann aufgrund von Bereichen (Ebenen) erfolgen, in denen die zu unterstützende Teilaufgabe der Fahrzeugführung liegt, oder aber durch die Art und den Grad der Assistenz. Nachfolgend werden beide Einteilungen aufgezeigt. Auch auf den Regelkreis Mensch/Fahrzeug/Umwelt wird eingegangen.

#### 3.1 Ebenen der Fahrzeugführung

Bei der Entwicklung von Systemen zur Fahrerunterstützung ist zunächst eine Auseinandersetzung mit der Fahreraufgabe sinnvoll. Eine Einteilung der Fahreraufgabe kann entsprechend dem 3-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung nach Donges [19] erfolgen. Navigations-, Führungs- und Stabilisierungsebene werden von einander unterschieden (Abb. 3.1).

Abb. 3.1 3-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung gemäss Donges [19]



In der Navigationsebene führen Fahrzeuglenker beispielsweise die Routenfestlegung durch. Hier sind verschiedene Routen unter Aspekten wie beispielsweise erwartete Fahrzeit, Fahrtzweck bzw. deren Kombination sowie Wünsche von Mitfahrern zu analysieren und die geeignete Route auszuwählen. Während der Fahrt kann durch äussere Umstände wie zum Beispiel Unfälle die Notwendigkeit bestehen, eine Alternativroute zu wählen.

Die Führungsebene wird dadurch charakterisiert, dass die Fahrtroute umgesetzt wird. Die Fahrweise wird dem wahrgenommenen Strassenverlauf und -zustand, der Witterung usw.

sowie dem umgebenden Verkehr angepasst. Die Führungsebene schliesst damit Teilaufgaben wie Spurhaltung, Folgefahren, Überholen und Reaktion auf Verkehrszeichen ein.

Auf der Stabilisierungsebene werden Zielgrößen des Fahrerwunsches in Bezug auf Quer- und Längsführung in Fahrzeugbewegungen umgesetzt. Fahrzeugseitige Stellgrößen wie Lenkbewegung, Gaspedal, Bremse und Gangstellung werden hier festgelegt. Es findet ein permanenter Abgleich zwischen den Soll- und den Ist-Werten von Geschwindigkeit und Spur statt, um Abweichungen, z.B. aufgrund von Seitenwind oder glatter Fahrbahn, zu korrigieren.

Beim Vergleich der Aktivitäten auf den unterschiedlichen Ebenen der Fahreraufgabe fällt auf, dass die für die Bearbeitung zur Verfügung stehende Zeit der einzelnen Aufgabe von der Navigations- über die Führungs- bis hin zur Stabilisierungsebene immer kürzer wird. Sind es bei der Routenwahl noch mehrere Minuten vor Fahrtbeginn, so sind es auf der Stabilisierungsebene beispielsweise bei Ausweichmanövern nur noch Bruchteile von Sekunden.

### 3.2 Unterstützungsgrad der Assistenzsysteme

Wie Wallentowitz et al. [64] in ihrer Arbeit aufzeigen, können Assistenzsysteme auch aufgrund der Stärke der Unterstützung eingeteilt werden:

- Warnung und Information
- Verbindliche Anweisung
- Korrigierende Eingriffe
- Übernahme der Fahreraufgaben

Informierende Systeme stellen zusätzliche, häufig nicht direkt zu erfassende Informationen über Fahrsituationen, Fahrzeugzustand oder auch Infrastruktur zur Verfügung. Teilweise erfolgt bereits eine Wertung oder Aufbereitung der Information, wodurch häufig eine warnende Funktion des Systems entsteht. Bekannte Beispiele dafür sind die Kontrollleuchten im Armaturenbrett, die Check-Control oder auch die Aussentemperaturanzeige.

Neben der reinen Information und der akustischen oder optischen Warnung kann bei einer Wertung bzw. Aufbereitung der Information auch eine verbindliche Anweisung an die Fahrer erfolgen.

Eine weitere Stufe auf dem Weg zum automatischen Fahren stellen Systeme mit korrigierendem Eingriff dar. Diese Systeme können den automatisch intervenierenden Systemen zugeordnet werden. Sie sollen allfällige Unzulänglichkeiten des Fahrers bei der Fahrzeugführung ausgleichen. Solche Systeme werden bisher nur auf der Ebene der Stabilisierung eingesetzt. Bekannte Systeme sind das Anti-Blockier-System (ABS), die Antriebs-Schlupfregelung (ASR), die aktive Hinterachskinematik (AHK) und die Fahrdynamikregelung (FDR). Diese Systeme dienen dazu, in Grenzsituationen das Fahrzeug wieder zu stabilisieren. Als neueres System

kann auch der Bremsassistent (BA) hierzu gezählt werden, der die Fahrer bei der Auslösung von Vollbremsungen unterstützt.

Die Endstufe des automatischen Fahrens stellt die Übernahme der Fahreraufgabe dar. Der Fahrer hat jetzt nur noch eine rein überwachende Funktion. Die eigentliche Fahrzeugführung wird vom System übernommen. Es können bei dieser Form des automatischen Systems die Längs- und die Querverführung sowie die Kombination aus beiden betrachtet werden.

Bei näherer Untersuchung der Systeme muss als weitere Betrachtungsebene diejenige berücksichtigt werden, auf der die notwendigen Informationen ermittelt werden. Einerseits ist eine fahrzeugautonome Ermittlung möglich, bei der auf Sensoren zurückgegriffen wird, die ihre Informationen umgebungsunabhängig gewinnen (beispielsweise Radarsensoren). Andererseits kann die Information für das jeweilige System über eine externe Infrastruktur oder die Umgebung erhalten oder weitergegeben werden (Navigationssysteme). Eine Kombination fahrzeugautonomer und infrastrukturgestützter Systeme versprechen eine deutlich gesteigerte Leistungsfähigkeit für neue Telematiksysteme. Ein Anwendungsbeispiel solcher integrierter Systeme stellen beispielsweise die „Automated Highways“ (AHS) dar. Die Zielvorstellung geht hier davon aus, dass es in Zukunft möglich sein wird, selbstfahrende Einzelfahrzeuge in einem Verbund zusammenzuschliessen um den Verkehrsraum optimal auszunutzen.

Im Abschnitt Forschung und Technik werden die einzelnen Systeme der Fahrzeugführerunterstützung gemäss Stärke der Assistenz gegliedert. Einzelne Systeme können dabei je nach Ausbildung unterschiedlich stark beeinflussend wirken (von ‚warnend‘ über ‚korrigierend‘ bis hin zur ‚Übernahme der Steuerung‘).

### **3.3 Fahrzeugführung als Regelkreislauf**

Die Fahrzeugführung kann ebenfalls als ein Regelkreis zwischen Mensch, Fahrzeug und Umwelt beschrieben werden (vgl. auch Abb. 3.1). Der Fahrzeugführer<sup>6</sup> (Regler) hat die Aufgabe, den Ist-Kurs des Fahrzeuges mit dem Soll-Kurs zu vergleichen und bei Abweichungen einzugreifen. Das Fahrverhalten bestimmt die Fahrzeugreaktion. Wie in jedem Regelkreis kann ein gewisser Teil der Fahreraufgabe in Form von Steuerung wahrgenommen werden. Je grösser dieser Anteil ist, desto geringer wird die Gefahr des Aufschwingens und der damit in Zusammenhang stehenden Resonanzphänomene, welche Instabilitäten und damit zusätzliches Gefahrenpotenzial ergeben.

Wird die Fahreraufgabe als Regelkreis verstanden, wird einerseits sichtbar, wie eminent wichtig die korrekte Information des Lenkers als Regler ist. Dabei steht nicht die Informationsmenge im Vordergrund, sondern deren Qualität. Andererseits wird klar, wo und wie

---

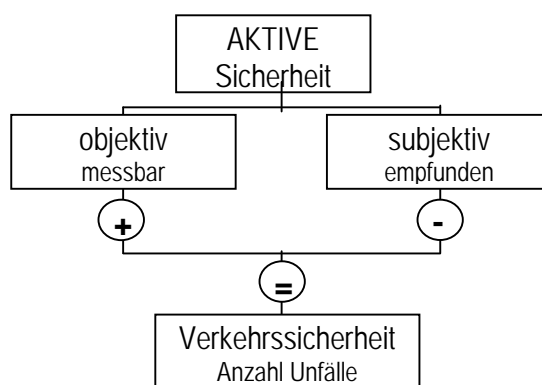
<sup>6</sup> Die in diesem Bericht aus Gründen der besseren Lesbarkeit gewählte männliche Schreibform gilt selbstverständlich für beide Geschlechter



Fahrerassistenzsysteme einzuordnen sind. Diese können mit unterschiedlicher Stärke auf den Regelkreislauf eingreifen (vgl. 3.2) und damit die Fahrzeuglenker in ihrer Aufgabe unterstützen. Der Fahrzeugführer hat somit, abhängig vom Fahrerassistenzsystem, unterschiedlich stark auf den Regelkreis einzuwirken.

Gerster et al. [26] beschreiben, wie der Mensch, der letztlich die Kontrolle über die Fahraufgabe hat, mit dem Risiko umgeht. Das folgende vereinfachtes Modell zur Charakterisierung der aktiven Sicherheit wird der Analyse unterstellt.

**Abb. 3.2 Systematik der aktiven Sicherheit gemäss Gerster et al. [26]**



Das Niveau der objektiven aktiven Sicherheit wird durch die messbare Kraftübertragungsmöglichkeit auf die Fahrbahn und/oder deren Ausnutzungsmöglichkeit definiert. Hierbei handelt es sich um rein fahrzeug- und umweltspezifische Zusammenhänge. Worunter alle, das Fahrverhalten betreffenden Konstruktionsmerkmale sowie die Fahrbahn zu verstehen sind. Assistenzsysteme, welche direkt auf das Fahrzeug einwirken, können die objektive aktive Sicherheit erhöhen.

Das Niveau der subjektiven aktiven Sicherheit wird aus Informationen des Fahrers, respektive dem Informationsaufnahmevermögen gebildet. Es sind dies sämtliche Informationen vor Fahrtantritt und während der Fahrt. Die Informationen können visuell, akustisch oder taktil (fühlbar) sein. Während der Fahrt tragen vor allem informierende und warnende Assistenzsysteme zu einer Erhöhung der subjektiven Sicherheit bei.

Die Wahrscheinlichkeit von Verkehrsunfällen, welche sich aus einer ungenügenden Funktion des Regelkreises Fahrer/Fahrzeug/Umwelt ergeben, hängt vom Verhältnis der objektiven zur subjektiven aktiven Sicherheit ab. Je besser der Mensch das objektiv vorhandene Sicherheitsniveau abschätzen kann, desto kleiner wird das Unfall-Risiko. Weiter beschreiben Gerster et al. [26], dass für eine wirkliche Verbesserung der Verkehrssicherheit nur Massnahmen in Frage kommen, welche die positive Differenz zwischen objektiver und subjektiver (aktiver) Sicherheit vergrössern. In diesem Sinne schlecht sind Einrichtungen und Massnahmen, welche objektiv nicht oder nicht in dem Masse wirken, wie subjektiv empfunden.

## 4. Grundlagen

Systeme, welche den Fahrer bei seiner Fahreraufgabe unterstützen, lassen sich, wie im vorhergehenden Kapitel gezeigt, aufgrund des Grades der Unterstützung klassifizieren. Dabei haben informierende und warnende Systeme mittlerweile bereits einen hohen Entwicklungsstand erreicht und sind schon relativ weit verbreitet. Auch der korrigierende Eingriff durch ABS, ASR, FDR wird inzwischen zunehmend auch für untere Fahrzeugklassen zum Standard. Systeme, die Fahreraufgaben oder Teile davon selbständig bzw. unterstützend übernehmen, befinden sich hingegen noch weitgehend im Forschungs- bzw. Entwicklungsstadium. Das komplett autonome Fahren schliesslich ist noch Gegenstand der Forschung und noch nicht marktreif.

Zahlreiche Forschungsprojekte haben jedoch wichtige Beiträge zur Entwicklung von Teilsystemen der Fahrerassistenz geliefert. So zum Beispiel das Projekt **PROMETHEUS** (Programme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) (vgl. auch [28]). Es ist das grösste und zur Zeit bedeutendste Entwicklungsprojekt im Bereich des Intelligent Vehicle Highway System (IVHS, Intelligentes Fahrzeug/ Strassensystem), welches von elf Fahrzeugherstellern mit dem Ziel gefördert wird, einen intelligenten Copiloten zu entwickeln. Das anspruchsvolle Ziel von PROMETHEUS ist es, bereits erprobte Lösungen zur Verfügung zu stellen. Deshalb soll in diesem Programm auch mit Hilfe von Demonstrationsprojekten (Pilotprojekten) die Einsetzbarkeit der Lösungen demonstriert bzw. erprobt werden. Erwähnenswert sind insbesondere die entwickelten und getesteten Informationssysteme resp. Navigationssysteme. Diese sind im Rahmen des Forschungsprojekts bis fast zur Serienreife entwickelt worden.

Dem Projekt PROMETHEUS sehr ähnlich ist das Projekt **DRIVE** (Dedicated Road Infrastructure for Vehicles in Europe). Der Forschungsschwerpunkt ist hier auf die Strasseninfrastruktur (RTI, Road Transport Informatics) ausgerichtet. Drive wurde erst 1989 gestartet, wobei schon über hundert Unterprojekte bearbeitet wurden und werden. Als Anschlussförderung von PROMETHEUS und DRIVE wurde in Deutschland das Projekt **MOTIV** (Mobilität und Transport im Intermodalen Verkehr) mit dem Ziel eingerichtet, in Teilprojekten die Telematik zur Serienreife und für den Einsatz in der Praxis vorzubereiten.

Das im Jahr 2001 gestartete Forschungsprojekt **INVENT** [69], gefördert vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, befasst sich ebenfalls mit der Thematik der intelligenten Autos und dem intelligenten Verkehrsnetz. 23 Unternehmen aus der Automobil-, Zuliefer-, Elektronik-, Telekommunikations- und IT-Industrie, Logistikdienstleister, Softwarehäuser sowie Forschungsinstitute arbeiten zusammen, um gemeinsam neue Fahrerassistenzsysteme, Informationstechnologien für den Lieferverkehr und Lösungen für ein effizientes Verkehrsmanagement zu entwickeln. Das vierjährige Vorhaben läuft bis 2005.

Die Forschung in der Schweiz widmet sich diesem Thema seit Mitte der 90er Jahre. Ersten Beurteilungen der Wirkungen durch ASIT [3], INFRAS [35] und Jenni + Gottardi [36]/[37] folgt

2002 eine erste vertiefte Bilanz durch Rapp et al. [52]. Dieser zieht im Bericht *Beitrag der Verkehrstelematik zu einer Verkehrssicherheitsstrategie* eine zusammenfassende Bilanz über die verschiedenen Verkehrstelematiksysteme sowie deren Entwicklungsstand. In diesem Bericht, der als Vorstudie den Teilbereich Verkehrstelematik im bereits zitierten Gesamtbericht Verkehrssicherheitspolitik des Bundes (VESIPO) [62] beleuchtet, wird unter anderem auch auf Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung eingegangen. Die Auswirkungen von Strassenverkehrstelematik-Anwendungen auf die Verkehrssicherheit werden entsprechend der Datenlage quantifiziert, wobei auch wichtige Einflussgrößen wie Verbreitungs- und Beachtungsgrad Eingang finden. In einer Detailuntersuchung werden 27 Einzelmassnahmen auf ihre Gesamtwirkung (Systemsicherheit, Bedienerführung und Einfluss auf die Verkehrssicherheit) untersucht. Zur Beurteilung wurde jede Massnahme in einem Raster beschrieben. Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft an der Massnahme ‚Sensorik für Lenkerüberwachung‘ wie bei der Beurteilung vorgegangen wurde:

**Tab. 4.1 Beispiel zur Beurteilung der ‚Sensorik für Lenkerüberwachung‘ gemäss Rapp et al. [52]**

Realisierung, Verbreitungs- und Beachtungsgrad

	Jahr / Grad	Kommentar
Initiierung / Start	2005	Diverse Hersteller und Forschungsanstalten arbeiten an Pilotprojekten, mit praktischen Anwendungen ist aber erst im Verlauf der nächsten Jahre zu rechnen.
Realisierung / Ende	2030	
Verbreitungsgrad 2005	5 %	
Verbreitungsgrad 2010	50 %	Sobald sich die Systeme etabliert haben, kann mit einer schnellen Verbreitung gerechnet werden.
Verbreitungsgrad 2020	80 %	
Beachtungsgrad	100 %	Passive Massnahme, die vom Lenker nicht beeinflusst werden kann.

Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und Begründung

	Abschätzung	Begründung
Wirkungsgrad der Massnahme allgemein	15 %	Die Unfallverhütung verspricht sich von Driver alertness monitoring Systemen eine sehr hohe Wirksamkeit.
Risikominderung infolge Reduktion Exposition	5 %	Wegfahrsperrern führen zu einer spezifischen Reduktion der Exposition.
Risikoerhöhung infolge Human Machine Interface	-	
Verminderung der Wirksamkeit infolge Systemunzuverlässigkeit	10 %	Die Systeme sind so ausgerichtet, dass sie vom Fahrzeuglenker nicht ausgeschaltet oder überlistet werden können.

## Zusammenfassung

	Wirkung und Wirkungsfelder der Massnahme			
	Potenziell möglich	Jahr 2005	Jahr 2010	Jahr 2020
Wirkungsgrad in %	17	1	9	14
Betroffene	Alle Fahrzeuge			
Unfalltypen	Alle Unfalltypen, v.a. nachts			
Strassenart oder Gebiet	Alle Strassen			

Die Resultate dieser Studie wurden im UVEK-Projekt VESIPO [62] verarbeitet, das sich neben vielen anderen sicherheitsrelevanten Massnahmen auch mit Aspekten der Fahrzeugführerunterstützung auseinandersetzt. Unter diesen werden insbesondere die Teilbereiche Sensorik für Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system), Abstandswarnung, Sichthilfen (Enhanced Vision), Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen, automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf sowie Sensorik für Lenkerüberwachung hervorgehoben und entsprechender Forschungsbedarf ausgewiesen. In Bezug auf diese (und andere) Anwendungen wird gefordert:

- I. Detaillierte Darstellung des Entwicklungsstandes einzelner Anwendungen und Untersuchung von primären und sekundären Effekten auf der Ebene der menschlichen Informationsverarbeitung und des Benützerverhaltens (wenn möglich empirisch).
- II. Auf der Basis von Ergebnissen des ersten Bereiches: zuverlässigere Abschätzung der Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und Erarbeiten von Vorschlägen zur Anpassung einzelner Systeme. Möglicherweise sind Übergangslösungen vorzuschlagen zur Kompensation temporärer Probleme während der Einführungsphase. (Gewisse negative Verhaltensanpassungen sind nur kurzfristig, zum Beispiel bei ABS).
- III. Analyse des Handlungsbedarfs auf der Ebene der technischen Realisierung von Verkehrstelematikanwendungen unter Berücksichtigung der schweizerischen Rahmenbedingungen (Recht, Konsumentenverhalten, Politik, Aufgabenteilung Gemeinde/Kanton/Bund, Abhängigkeit von EU, Finanzierung und andere)

An weiteren Grundlagen sind insbesondere die Arbeiten von Wallentowitz et al. [64] und Hering [31] zu nennen. Wallentowitz befasst sich mit den Sicherheitsaspekten bei Systemen zum automatischen Fahren, während Hering sich mit der Interaktion Mensch-Maschine und den dabei entstehenden verkehrspsychologischen Konsequenzen befasst.

Vertiefende Erkenntnisse zum Thema Sicherheitswirkungen von Überwachungsmaßnahmen, fahrzeuginternen Steuerungsmaßnahmen, Ausbildungsmaßnahmen und technologischer Entwicklung bieten auch die Arbeiten eines europäischen Forscherteams unter dem Arbeitstitel **GADGET** (Guarding Automobile Drivers through Guidance, Education and Technology). Die Liste der Massnahmen reicht von einfachen bis zu high-tech Massnahmen und sie beinhaltet auch Ausbildung sowie rechtliche als auch Überwachungsmaßnahmen. Das Konsortium erfasste die bis dato bekannten Massnahmen, studierte alle verfügbaren Studien und fasste die Ergebnisse in fünf Arbeitsgruppenberichten zusammen, von denen sich jeder auf eine spezifische Gruppe von Verkehrssicherheitsmassnahmen konzentriert - darunter Sicherheitseinrichtungen im Fahrzeug.

Um eine Voraussetzung für eine allgemeine Beurteilung der Massnahmen zu schaffen - die Massnahmen sollten vergleichbar beurteilt werden, und Kosten-Nutzen Rechnungen sind gefragt - wurde ein theoretisches Modell entwickelt, das auf alle Sicherheitsmassnahmen gleichermaßen angewandt werden kann. Der Prozess der Ausbildung von Verhaltensweisen, der Verhaltenssteuerung und der Verhaltensänderung, welcher drei unterschiedlich komplexe Stufen beinhaltet, muss bei der Beurteilung von Sicherheitsmassnahmen beachtet werden. Sicherheitsmassnahmen, denen es gelingt, den Zustand des Fahrers direkt zu beeinflussen, haben eine Chance, ungünstige Nebeneffekte zu vermeiden.

Sobald allerdings eines der klassisch verhaltenssteuernden Elemente wie Reiz, Bewertung und Überzeugung einbezogen ist, müssen auch Rückkoppelungsmechanismen - einfach automatisierte ebenso wie komplexe kognitive<sup>7</sup> - berücksichtigt werden. Aufbauend auf diesen Annahmen zieht GADGET Schlussfolgerungen im Hinblick auf optimale Ausführung von Verkehrssicherheitsmassnahmen und vor allem auch im Hinblick auf sinnvolle Kombinationen von Verkehrssicherheitsmassnahmen.

Eine weitere internationale Forschergruppe hat sich unter dem Namen **COST Action 352** konstituiert, die die Sicherheitswirkungen moderner fahrzeuginterner Informationssysteme untersucht (Arbeitstitel: Influence of Modern In-Vehicle Information Systems on Road Safety Requirements, IVIS). Unter den sechs Mitgliedsstaaten befindet sich auch die Schweiz. Die Arbeiten haben erst begonnen. Resultate liegen noch nicht vor.

---

<sup>7</sup> das Erkennen (Wahrnehmen, Denken) betreffend; verstandesgemäss

## 5. Stand der Forschung und Technik

### 5.1 Warnende und Informierende Systeme

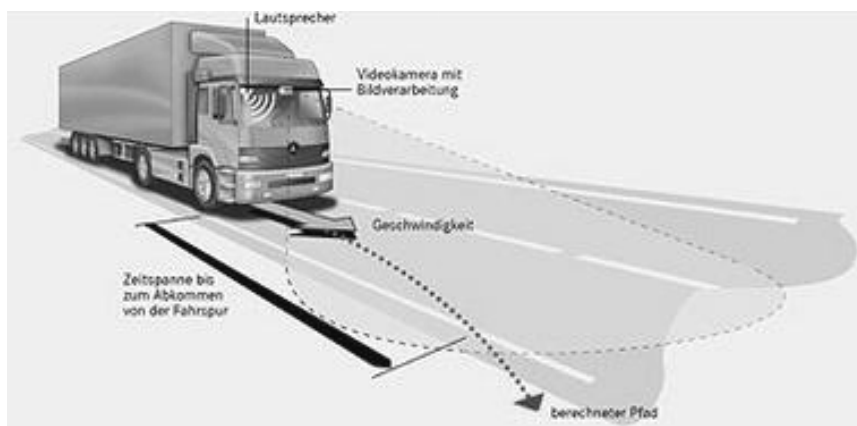
#### 5.1.1 Abstandswarnung (inkl. Parkhilfen) und Spurassistent

##### Beschreibung

Die Abstandswarnung sieht den Einsatz von fahrzeugseitigen Sensoren zur Messung und Anzeige von Abständen zu anderen Fahrzeugen oder Hindernissen vorn, hinten und seitlich vor. Der Fahrzeuglenker wird nur auf die Gefahrensituationen aufmerksam gemacht, es erfolgt aber keine automatische Reaktion auf die Gefahrensituation durch das Fahrzeug (Informations-ACC). Die Warnung wird akustisch aber auch optisch weitergegeben. Ausserdem sind Systeme in Entwicklung, welche bei zu nahem Auffahren auf das vorausfahrende Fahrzeug ebenfalls aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen (Adaptive Cruise Control ACC, vgl. Abschnitt 5.3.2).

Speziell für LW und Busse entwickelte Chrysler den Spurassistent (Lane Departure Warning) [17]. Beim System für die Querführung ist eine kleine Kamera hinter der Windschutzscheibe angebracht, welche den Fahrbahnbereich direkt vor dem LW aufnimmt (vgl. Abb. 5.1). Ein Hochleistungsrechner wertet die Bilder aus und analysiert die Position des Fahrzeugs innerhalb der Spur, in dem er sich an den Fahrbahnmarkierungen orientiert. Anhand dieser Information und der Geschwindigkeit berechnet er, ob Gefahr besteht, dass das Fahrzeug die Spur verlässt. Bei kritischen Werten kommt der Warner zum Einsatz: Es ertönt ein Nagelbandrattern – ein Geräusch, wie man es beim Überfahren von Markierungspunkten an Baustellen kennt.

**Abb. 5.1 Spurassistent (Lane Departure Warning) für LW gem. DymlerChrysler [17]**



Bei Einparkhilfen (Parkpilot) wird mittels Ultraschalltechnik der Nahbereich überwacht. Beim rückwärts fahren werden in Stosstangen integrierte Ultraschallsensoren aktiviert. Sobald der Fahrer sich einem Hindernis nähert, erhält er eine optische/akustische Warnung. Einzelne Systeme verändern den Warnton, abhängig von der Distanz zwischen Fahrzeug und Hindernis.

### **Primäre Wirkung**

Warnt den Fahrer bei zu nahem Auffahren auf das Vorderfahrzeug. Hindernisse auf der Fahrbahn können ebenfalls angezeigt werden. Dabei können vor allem Auffahrunfälle vermieden werden. Durch Parkassistenten werden vor allem Parkschäden vermieden. Es sollen aber auch Personen (spielende Kinder) erkannt werden und die verfügbaren Parkflächen optimaler genutzt werden können.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Diverse Fahrzeughersteller sind mit der Entwicklung dynamischer Systeme beschäftigt. Mercedes und BMW rüsten Fahrzeuge aus dem höheren Preissegment bereits mit solchen Systemen aus (vgl. ebenfalls Abschnitt 5.3.2). Der Spurassistent von DaimlerChrysler ist seit 2000 auf dem europäischen Markt erhältlich.

Einparkhilfen sind mittlerweile schon weit verbreitet, haben eine hohe Akzeptanz beim Kunden gefunden und gehören in einigen Fahrzeugmodellen bereits zur Serienausstattung. Nicht ausgerüstete Fahrzeuge können ebenfalls problemlos mit einem solchen System nachgerüstet werden.

## **5.1.2 Sichthilfen (Enhanced Vision)**

### **Beschreibung**

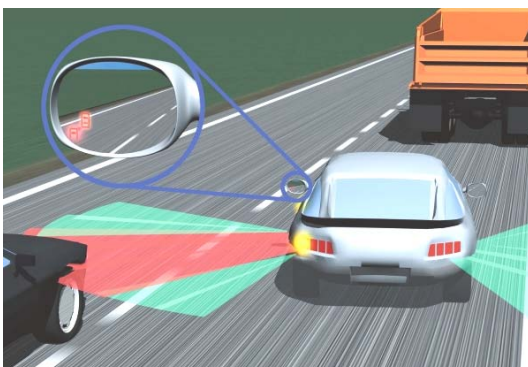
Hinter dem Begriff Adaptive Light Control [15] verbirgt sich eine der Fahrsituation angepasste, variable Scheinwerferlichtverteilung. Durch mitlenkende Scheinwerfer, die bis zu 15 Grad nach rechts oder links schwenken, kann der Fahrbahnverlauf in Kurven besser ausgeleuchtet werden. Gesteuert wird das System über Messgrößen wie Lenkwinkel oder Geschwindigkeit. Zukünftig sollen die Scheinwerfer durch Informationen des GPS-Satellitensystems und digitalisierter Strassenkarten gesteuert werden (vgl. Abb. 5.2). Ebenfalls ist es dann möglich, innerhalb geschlossener Ortschaften mit einem breiten Lichtband die Trottoirbereiche auszuleuchten und ausserhalb mit starkem, gebündeltem Lichtkegel zu fahren. Insbesondere neue Pixelscheinwerfer ermöglichen eine punktgenaue Lichtverteilung. Mikrofeine, steuerbare Spiegel übernehmen die Aufgabe des herkömmlichen Scheinwerferreflektors, dadurch können beispielsweise blendfreie Permanentfernlichter eingesetzt oder Fahrbahnmarkierungen besonders intensiv ausgeleuchtet werden.

**Abb. 5.2 Adaptives Kurvenlicht gemäss BMW [15]**

Ein weiteres System zur Unterstützung der Sicht ist das System Enhanced Vision [70]/[71]. Zwei an der Fahrzeugfront angebrachte Laserscheinwerfer leuchten mit einem für das menschliche Auge unsichtbaren Infrarot-Lichtbündel die Strasse aus. Eine Videokamera nimmt das reflektierte Bild der Strassenszene auf. Über Ermittlung der Wärmestrahlung sowie Bewegung der Objekte können beispielsweise Fussgänger detektiert werden. In der Folge wird eine Schwarz-Weiss-Abbildung erzeugt, welche auf einem Bildschirm direkt im Blickfeld des Fahrers dargestellt oder in einem Head-up-Display auf die Frontscheibe projiziert wird. Zusätzlich kann durch akustische Warnsignale verstärkt auf Fussgänger aufmerksam gemacht werden. Mit diesem System können Autofahrer auch dunkel gekleidete Fussgänger und Radfahrer in grosser Entfernung sicher erkennen. Ebenso werden Hindernisse und der weitere Strassenverlauf auf eine Distanz von etwa 150 Metern sichtbar - ohne dabei den Gegenverkehr zu blenden.

**Abb. 5.3 Night Vision System, gemäss Honda [71]**

Bei Überhol- und Abbiegemanövern hilft das radargestützte Totwinkelüberwachungssystem (Blind Spot Monitoring) Unfälle zu vermeiden.

**Abb. 5.4 Blind Spot Monitoring, gemäss Valeo [78]**



Fahrzeugkomponentenhersteller wie Valeo [78] sind an der Entwicklung von Systemen, welche mittels Sensoren den Bereich seitlich und hinten des Fahrzeugs überwachen. Wenn sich ein überholendes Fahrzeug im überwachten Bereich befindet, wird mittels eines Symbols im Seitenspiegel eine Warnung angezeigt.

Ein weiteres System der Sichthilfen ist das Objektwarnsystem. Bei diesem passiven System werden mittels Infrastruktursensoren Informationen über den Strassenzustand gesammelt. Informationen wie „nasse Fahrbahn“, „Eisglätte“ oder „Unfall hinter der Kurve“ werden dem Fahrzeugführer übermittelt, so dass dieser schon frühzeitig bezüglich auftretender Gefahrenmomente auf dem vorausliegenden Strassenabschnitt gewarnt wird. Möglich ist ebenfalls eine Übermittlung des Fahrzeugumfeldes von Fahrzeug zu Fahrzeug, so dass ein vorausfahrendes Fahrzeug mit seiner Sensorik dem nachfolgenden Fahrzeug wertvolle Informationen bezüglich Verkehrssituation, Strassenzustand, mögliche Hindernisse oder lokale Witterungsbedingungen weitergeben kann (Zapp, K. [67]).

### **Primäre Wirkung**

Diese Systeme tragen bei, Hindernisse und Objekte auf und neben der Fahrbahn oder im toten Winkel frühzeitig erkennbar zu machen und dem Fahrer das Einschätzen der Fahrzeugumgebung zu erleichtern. Kollisionen mit Tieren und Objekten auf der Strasse, Unfälle mit Fussgängern und Radfahrern können dadurch vermindert werden. Enhanced Vision und das Adaptive Light Control können vor allem bei schlechter Sicht (Dunkelheit) eingesetzt werden. Beim Objektwarnsystem können Folgeereignissen (Unfall in Kurve) vermieden werden. Auf das Ereignis zufahrende Fahrzeuge werden gezielt gewarnt.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Das adaptive Kurvenlicht ist schon serienreif. Fahrzeuge der Herstellerfirma BMW im oberen Preissegment sind mit einem solchen System ausgerüstet. In den Vereinigten Staaten werden bereits erste Enhanced Vision Systeme angeboten. Totwinkelüberwachungssysteme werden voraussichtlich ab dem Jahre 2006 serienmässig hergestellt und in Fahrzeuge eingebaut<sup>8</sup>. Das Objektwarnsystem ist hingegen erst in Entwicklung. In Japan werden verstärkt passive Systeme gefördert. Im Gegensatz zum „intelligenten Fahrzeug“ wird hier das Konzept der „intelligenten Strasse“<sup>9</sup> favorisiert. Honda hat, wie oben bereits erwähnt, ebenfalls ein Night Vision System entwickelt, welches Fussgänger detektieren kann und dem Fahrer nicht nur eine verbesserte Sicht sondern ebenfalls die Information bezüglich Fussgängern vermittelt. Erste Fahrzeuge von Honda sollen Ende 2004 mit solchen Systemen ausgerüstet werden.

---

<sup>8</sup> Europäisches Parlament und Rat haben eine neue Richtlinie über Rückspiegel und andere Einrichtungen für indirekte Sicht an Kraftfahrzeugen verabschiedet (2003/97/EG). Mehr Sicherheit durch verbesserte Spiegelsysteme und beschleunigte Einführung neuer Techniken soll erreicht werden.

<sup>9</sup> strassenseitige innovative Verkehrslösungen, die eine in allen Bereichen effektivere und sicherere Nutzung des bestehenden Straßennetzes ermöglichen

## Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen

### Beschreibung

Diese Massnahme sieht die Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen in das Fahrzeug vor. Die optische und akustische Anzeige im Fahrzeug dient ausschliesslich der Information des Fahrzeugführers und die übermittelte Information greift nicht direkt auf das Fahrzeug ein.

Die Übermittlung der Verkehrssignale erfolgt beispielsweise mittels:

- Strassenseitiger Ausrüstung der Verkehrssignale mit Transpondern und Empfängern im Fahrzeug.
- Digitaler Strassenkarten mit Verkehrssignalen und Geschwindigkeitslimiten, Aktualisierung über Digitalradio oder Mobiltelefon,

Der Fahrzeugführer kann bei Überschreiten der zulässigen Geschwindigkeit beispielsweise mit einer optischen Warnung, wie in der nachfolgenden Abbildung gezeigt, informiert werden. Die Höhe der Geschwindigkeitsüberschreitung wird angezeigt. Denkbar wäre auch eine Anzeige der Höhe der zu erwartenden Geschwindigkeitsbusse bei einer Geschwindigkeitskontrolle.

**Abb. 5.5 Informationsübermittlung; Geschwindigkeit, gemäss Pelluet [48]**



Die Übertragung der Verkehrssignal-Daten kann von einer im Strassenraum (d.h. in der Regel neben oder über der Strasse) aufgebauten Funkstation (Abb. 5.6), einer sogenannten Bake während der Vorbeifahrt des Fahrzeuges erfolgen [41]. Im Fahrzeug befindet sich ein Empfangsgerät, welches die Daten aufnimmt. Der Funkstrahl der Bake ist auf einen Kegel gebündelt, welcher so ausgerichtet ist, dass die Daten nur an die in eine vorgegebene Fahrtrichtung fahrenden Fahrzeuge übertragen werden. Diese sogenannten DSRC-Systeme (dedicated short range administration; bidirektionale Funkwellenkommunikation mit einer Frequenz von 5.8 GHz) werden heute hauptsächlich für die Erfassung von Strassengebühren eingesetzt.

**Abb. 5.6 Baken zur Informationsübermittlung gemäss Peugeot [76]**

Systeme mit Videodetektion erfassen die Verkehrssignale und Schilder mittels einer Kamera und werten diese Information aus. Die Farbinformation spielt dabei eine wichtige Rolle. Über Verkehrssignale angezeigte Geschwindigkeitsbeschränkungen haben jedoch den Nachteil, dass die Information nur an einzelnen Punkten verfügbar ist.

Ein von Peugeot [50] in Entwicklung stehendes System sieht vor, dass auf der Fahrbahn aufgetragene Markierungsbalken vom Fahrzeug optisch abgetastet und interpretiert werden. Ähnlich wie beim Strichcode der Warendeklaration kann durch unterschiedliche Abstände von ca. 15 cm breiten Markierungstreifen eine Information beschrieben werden (vgl. Ab. 5.7). Bei vier Balken sind schon 125 unterschiedliche Kombinationen und damit unterschiedliche Informationen codierbar.

**Abb. 5.7 Codemarkierungen zur Informationsübermittlung gemäss Peugeot [76]**

Diese sich bei den Signalisationsquerschnitten befindenden Codemarkierungen können bedeutend einfacher gelesen (Videodetektion) und interpretiert werden als die strassenseitigen Signaltafeln. Dem Fahrer kann nachfolgend mittels Anzeigen von Piktogrammen, Warnleuchten oder aber auch akustischen oder taktilen Warnungen (Vibration des Gaspedals u.a.) zu-

sätzliche Information zur Verfügung gestellt werden. Für die Umsetzung dieses Assistenzsystems bedarf es allerdings strassenseitig grösserer Zusatzaufwendungen.

Anders als bei den vorher genannten Systemen basieren **autonome Systeme** auf einer Navigationseinrichtung im Fahrzeug, welche die Fahrzeugposition im Bezug auf vorgegebene Strassendaten fortlaufend bestimmt. Permanente oder temporäre Verkehrssignal-Informationen können auf einem Datenträger im Fahrzeug vorgehalten werden, so dass durch Abgleich der örtlichen Gültigkeit mit der aktuellen Fahrzeugposition die Informationen zur Verfügung gestellt werden. Weitere Informationen können über eine mobile Datenübertragung (GSM/UMTS) in das Fahrzeug übertragen werden.

### **Primäre Wirkung**

Die Übermittlung der Verkehrssignale zum Fahrzeug kann zuverlässig ausgeführt werden. Die Wahrnehmung des Fahrzeugführers wird nicht durch Verschmutzung, schlechte Sichtbedingungen u.a. beeinträchtigt. Zusätzlich können ergänzende Informationen zur Verfügung gestellt werden, wie eine Anzeige/Warnung bei nicht vorschriftsgemässer Fahrt. Geschwindigkeitsübertretungen sowie andere signalisierte Gefahrensituationen können bewusst gemacht werden.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Ein vom Swedish National Road Administration (SNRA) initiiertes Grossversuch [72]/[74] hat gezeigt, dass die fahrzeugseitige Übermittlung von Geschwindigkeitssignalen (inkl. Warnung beim Übertreten der Tempolimiten) auf eine beträchtliche Akzeptanz bei der Bevölkerung trifft. In vier Städten in Schweden (Umea, Borlänge, Lidköping und Lund) wurden versuchsweise 5'000 Fahrzeuge mit dem System „Intelligent Speed Adaptation“ (ISA) ausgerüstet. Von den 40'000 Testpersonen befürworteten 60 – 70% ein derartiges System. Aufgrund der Versuchsergebnisse kann erwartet werden, dass durch eine konsequente Einführung dieses Systems 20-25% weniger Verletzte zu erwarten sind. In Holland wurden ebenfalls solche Versuche durchgeführt.

Das Forschungsprojekt INVENT befasst sich ebenfalls mit der Entwicklung von Assistenzsystemen, welche vor Rotüberfahrten warnen und schützen. Es kann erwartet werden, dass bis ins Jahr 2005 erste Systeme mit Geschwindigkeitssignalübermittlung auf dem Markt sein werden. Diese sollen jedoch vorerst aus Komfortgründen eingesetzt werden. Bei der Entwicklung solcher Systeme bereiten vor allem die Schnittstellen Probleme. Um eine flächendeckende Realisierung garantieren zu können, müssen grosse Investitionen getätigt werden.

Eine Forschungsarbeit von Matthews und Mühlethaler (ASIT) [41] kommt zum Schluss, dass mittels Elektronik ins Fahrzeug übermittelten Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen ein wesentlicher Beitrag zur Verminderung der Verkehrsoffer geleistet werden kann.

Die grösste diesbezügliche Wirkung lasse sich von Systemen im Fahrzeug erzielen, die in Verbindung mit von aussen übertragenen Daten das Fahrverhalten beeinflussen. Auch wenn der Nutzen elektronischer Verkehrssignale noch nicht abschliessend beurteilt werden kann, zeichnet sich doch ein beträchtliches Anwendungspotenzial ab, wobei die erwarteten positiven Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit besonders hervorzuheben sind. Zu klären sind allerdings noch eine Reihe rechtlicher Fragen, insbesondere die der Haftung (vgl. Kap. 10).

### **5.1.3 Automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf**

#### **Beschreibung**

Schon heute rufen die Werkstätten für neuere Fahrzeugtypen mit sogenannten „Scantools“ über eine Kabelverbindung Daten der Fahrzeugdiagnose ab. In den USA wurde für Fahrzeuge ab Baujahr 1996 und in der EU für alle Fahrzeuge mit Otto-Motor ab Baujahr 2000 ein Onboard-Diagnostic-System (OBD) eingeführt. Neben der permanenten Überwachung des Emissionsverhaltens und damit einer Überwachung der wesentlichen Motor-Parameter liefert dieses Computersysteme eine Diagnose-Schnittstelle zur einfachen Bestimmung von fehlerhaften Aggregaten und Sensoren. Der nächste Schritt besteht in der Verwendung mobiler Datenübertragung, die auch eine Ferndiagnose möglich macht. Da die Funktionsmerkmale und Leistungsfähigkeit von Fahrzeugen immer mehr durch Software bestimmt werden, ist dann auch möglich, mit der Übertragung angepasster Software in das Fahrzeug Pannen zu beheben und die Fahrzeugeigenschaften zu verändern.

Einfachere Systeme beschränken sich auf den Einsatz von fahrzeugseitiger Ausrüstung und Sensoren für die Fahrzeugüberwachung (inkl. Reifen, Bremsen) und automatischer resp. frühzeitiger Anzeige von Abweichungen.

#### **Primäre Wirkung**

Die direkte Auswirkung auf das Unfallgeschehen kann als relativ klein eingestuft werden. Auf Schweizer Strassen befinden sich heute zwar Fahrzeuge mit sehr hohem Sicherheitsstandard und grosser Systemausfallsicherheit, zunehmende Nachlässigkeit und Sparmassnahmen wirken sich jedoch negativ aus. Systeme, welche bei einem Unfall einen automatischen Notruf auslösen, können bezüglich Sicherheit ebenfalls einen positiven Effekt erzeugen.

#### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Nebst den Überwachungssystemen, die schon heute zur Standardausrüstung der meisten Fahrzeugen gehört, werden komplexere Systeme zur Fahrzeugüberwachung und Datenübermittlung vermehrt Einzug halten. Insbesondere seitens des Transportgewerbes besteht eine grosse Nachfrage nach Hilfsmitteln in diesem Bereich.

## 5.2 Systeme mit verbindlichen Anweisungen

### 5.2.1 Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)

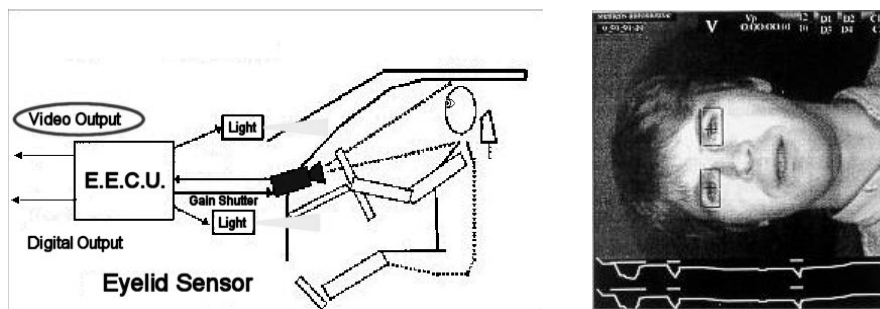
#### Beschreibung

Diese Massnahme sieht den Einsatz von fahrzeugeitiger Ausrüstung und Sensoren zur Beurteilung der Fahrtüchtigkeit des Fahrzeuglenkers vor [23]/[32]. Abweichungen vom Normalzustand werden signalisiert oder können gegebenenfalls auch zur Blockierung des Zündschlosses vor der Abfahrt oder zu kontrolliertem Anhalten führen. Weniger restriktive Systeme sehen nur eine Warnung ohne verbindliche Anweisungen vor (Ausströmen von Duft, Stop- and Go-Betrieb der Radiomusik, sprachliche, optische und haptische<sup>10</sup> Warnungen).

Die Beurteilung erfolgt beispielsweise mittels:

- Profil der Lenkkorrekturen, laterale Position des Fahrzeugs (Müdigkeit, Alkohol, etc.)
- Messung Augentätigkeit: die Frequenz und Geschwindigkeit der Lidschläge, der Öffnungsgrad der Augenlider sowie die Blickrichtung werden mittels Infrarotkameras überprüft (Müdigkeit, Drogen)
- Analyse der Atemluft (Alkohol)
- Sensor im Lenkrad, welcher misst, wie kräftig es die Hände umgreifen.

**Abb. 5.8 Schematische Ansicht des Lidschlusssensors und des Videobildes, Roskam et al. [53]**



#### Primäre Wirkung

Die Unfallverhütung verspricht sich von Driver alertness monitoring Systemen eine sehr hohe Wirksamkeit. Wegfahrsperrern, kontrolliertes Anhalten und Warneinrichtungen sobald die Fahrtüchtigkeit nicht mehr garantiert ist, stellen ein wirksames Mittel zur Verhinderung von Unfällen dar.

<sup>10</sup> den Tastsinn betreffend

Eine Bewertung von Müdigkeitswarnsystemen wurde im Rahmen des EU-Projekts ADVISORS<sup>11</sup> auf der Grundlage von Expertenbefragungen, Untersuchungen im Fahrsimulator und Literaturanalyse durchgeführt. Gemäss Gelau [25] kommt das ADVISOR-Konsortium zum Ergebnis, dass die Ausgestaltung der Fahrzeugflotte im gewerblichen Bereich zu einer Reduzierung der Unfallhäufigkeit um ca. 4% und zu einer Reduktion der Zahl der Getöteten und Verletzten um ca. 10-15% beitragen könne. Dabei handelt es sich um ein reines Warnsystem. Das im Rahmen der EU-Forschung durchgeführte Projekt SAVE<sup>12</sup> kommt zum Ergebnis, dass ca. 30% aller Unfälle durch Beeinträchtigungen der Fahrtüchtigkeit verursacht werden.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Die Systeme sind so ausgerichtet, dass sie vom Fahrzeuglenker nicht ausgeschaltet oder überlistet werden können. Es bedarf aber in jedem Fall einer sehr ausgeklügelten und empfindlichen Technik. Die Kombination mehrerer Sensoren erhöht die Wirksamkeit. Fahrzeughersteller tendieren eher dazu, die Aufmerksamkeits-Assistenz als Warnsystem zu entwickeln. Der Fahrer wird frühzeitig gewarnt, wenn seine Aufmerksamkeit abnimmt. Dabei soll er jedoch nicht entmündigt werden.

Die Ergebnisse der Befragung der Teilnehmer eines durchgeführten Simulatorexperiments (Universität Groningen, NL) mit dem im EU-Projekt SAVE entwickelten Prototypen eines Müdigkeitswarnsystems deuten auf eine hohe Akzeptanz des Systems hin. Dessen Nützlichkeit wurde insbesondere für Fahrten auf Ausserortsstrassen und auf Autobahnen als besonders hoch bewertet.

Mit praktischen Anwendungen ist erst im Verlauf der nächsten Jahre zu rechnen. Nach den Ergebnissen von ADVISORS kann im gewerblichen Verkehr, insbesondere in Lastwagen, erst ab 2006 mit der Existenz von Müdigkeitswarnsystemen gerechnet werden. Entsprechend werden Systeme mit verbindlichen Anweisungen kaum früher auf dem Markt sein. Im europäischen Forschungsprojekt „Awake“, an welchem die Automobilhersteller Daimler-Chrysler, Volvo und Fiat beteiligt sind, entwickeln Wissenschaftler des Stuttgarter Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) ein Müdigkeitswarnsystem. In zehn Jahren, so glauben die Forscher, könnte diese Technik zur Standardausrüstung in deutschen Autos gehören (Stabaty, M. [55]).

In den USA werden Systeme zur Überwachung des Alkoholkonsums bei Fahrzeugführern mit einer Verurteilung wegen Alkohol am Steuer schon länger eingesetzt. Ihre Verbreitung in anderen Ländern hängt weitgehend von rechtlichen Vorgaben ab. Saab testet zurzeit in Schweden einen Autoschlüssel mit integriertem Alkoholtester: Bevor man den Schlüssel in die Zündung steckt, bläst man in ein Mundstück. Wenn der Alkoholpegel zu hoch ist, leuchtet ein rotes

---

<sup>11</sup> Action for advanced Driver assistance and Vehicle control systems Implementation, Standardisation and Optimum use for Road network and Safety [73]

<sup>12</sup> System for effective Assessment of the driver state and Vehicle control in Emergency situations

Lämpchen auf und der Wagen lässt sich nicht mehr starten. Probleme ergeben sich bei der Fälschungssicherheit, so könnte ein betrunkenen Fahrer einen nüchternen Freund in das Röhrchen blasen lassen. Daher müsste der "Alcokey" mit einem System zur Personenidentifizierung kombiniert werden, was das Gerät wiederum teuer machen würde.

Neben den FFU-Systemen, welche präventiv wirken könnten auch beweissichernde Systeme zur Anwendung kommen. So würden Aufzeichnungsgeräte (digitale Fahrtenschreiber, ähnlich wie in der Aviatik verwendet) Fahrparameter wie Geschwindigkeit, Beschleunigung oder Radstellung u.a. speichern, welche dann helfen, die Unfallursachen abzuklären. Neben den versicherungstechnischen Vorteilen werden jedoch auch Datenschutzüberlegungen einzubeziehen sein (Aufzeichnung nur der letzten 30 Fahrsekunden). Bei flächendeckender Umsetzung könnten die Versicherungen bei unangepasstem Fahrverhalten den Versicherungsschutz verweigern. Was sich dann ebenfalls auf das Fahrverhalten sowie positiv auf die Unfallhäufigkeit auswirken kann. Solche Systeme treffen bei der schweizer Bevölkerung auf keine grosse Akzeptanz. So äussern sich in einer aktuellen Meinungsumfrage des bfu nur 39% positiv bezüglich Fahrtenschreibern, welche die momentane Geschwindigkeit festhalten [6].

## **5.2.2 Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen**

### **Beschreibung**

Die Übermittlung der Verkehrssignale erfolgt wie in Abschnitt 0 beschrieben. Es erfolgt aber eine fahrzeugseitige Umsetzung der übermittelten Information, wobei unterschieden werden muss zwischen:

- Komfortsystemen (z.B. intelligenter Tempomat), die vom Fahrer ausgeschaltet werden können.
- Zwangsweiser Fahrzeugbeeinflussung; das System passt die Fahrzeuggeschwindigkeit auf die Höchstgeschwindigkeit des gerade befahrenen Strassenstückes an. Diese Systeme werden auch als Intelligent Speed Adaptation (ISA) bezeichnet.

### **Primäre Wirkung**

Überschreitungen von Tempolimiten und Missachtung signalisierter Gefahren sowie damit zusammenhängende Unfälle können reduziert werden. Vor allem innerorts in Kombination mit verschärften Geschwindigkeitsbegrenzungen (z.B. Tempo 30-Zonen) ist mit einer gewissen Wirkung zu rechnen. Solche Systeme haben keinen Einfluss auf unangepasste Geschwindigkeit innerhalb der Tempolimiten (bzgl. reduziertem Fahrvermögen infolge Alkohol, Drogen usw. sowie bzgl. Linienführung, Strassen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen usw.), wo hingegen autonome, stabilisierende Systeme noch eingreifen können (vgl. Kap. 5.3). Weitaus kom-



plexer wären jedoch Systeme welche nicht nur die gesetzlichen Tempo-Limiten sondern auch der Witterung angepasste Geschwindigkeit vorschlagen. Infrastruktureitig wären entsprechende Witterungs- und Strassenzustandssensoren nötig, verknüpft mit einer entsprechenden Datenaufbereitung und -übermittlung. Ebenfalls verspricht man sich von solchen Systemen, dass eine Homogenisierung des Verkehrsflusses eintritt, da die Fahrzeuggeschwindigkeiten einander angeglichen werden.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Erste Pilotversuche wurden bereits realisiert (z.B. in Lund, Schweden, und in Tilburg, Holland). Es ist zu erwarten, dass intelligente Tempomate vor allem bei Fahrzeugen aus den höheren Preissegmenten verbreitet auf den Markt kommen. Es bedarf jedoch eines fahrzeugseitigen Entwicklungsschritts (Signalerkennung), oder aber es muss ein Informationssystem für die Übermittlung von Verkehrssignalen zur Verfügung stehen. Es ist nicht zu erwarten, dass vor dem Jahr 2005 solche Systeme für Fahrzeuge flächendeckend angeboten werden.

Ein Vorteil dieses Systems werden Einsparungen bei der Strasseninfrastruktur sein. Aufwendige Bauwerke (Schwellen etc.) zur Reduktion und Begrenzung der Geschwindigkeit sind dann nicht mehr nötig.

## **5.3 Übernahme von Fahreraufgaben**

### **5.3.1 Autonome, stabilisierende Systeme (ABS /ASR /ESP)**

#### **Beschreibung**

Vom Fahrer bestimmte Fahrmanöver können durch automatisch intervenierende Systeme unterstützt werden, um die Fahrzeugstabilisierung zu garantieren. Das älteste dieser Systeme ist das **Anti-Blockier-System (ABS)**. Durch die Regelung des Bremsdrucks in den Radbremszylindern wird beim ABS der Bremsschlupf zwischen Reifen und Fahrbahn begrenzt. Dadurch blockieren die Ränder bei Bremsmanövern nicht und die Manövrierfähigkeit des Fahrzeugs wird beibehalten. Im Zusammenhang mit der Leistungsfähigkeit moderner Bremsanlagen hat sich gezeigt, dass der Fahrer die Schwachstelle im System bildet. Eine Betätigung des Bremspedals mit zu geringer Kraft führt zu nicht ausreichender Bremswirkung. Um dies zu vermeiden, wurde der **Bremsassistent (BA)** entwickelt. Bei Auslösung des Systems (Notbremsung) wird der Bremsdruck auf das mögliche Maximum erhöht, so dass der Bremsweg verkürzt wird. Auf Basis der ABS-Technik wurde die **Antriebsschlupfregelung (ASR)**, die das Spiel der Längskräfte auch beim Beschleunigen regelt, entwickelt. Über Raddrehzahlsensoren wird der Schlupf gemessen und falls nötig die Antriebsleistung reduziert.

Das auf den Komponenten ABS und ASR aufgebaute elektronische Stabilitätsprogramm (**ESP**) verbessert darüberhinaus die Kontrolle über querdynamische Fahrzeugbewegungen. Dieses System steuert die komplette Fahrzeugdynamik (Längs- und Querrichtung) bei kritischen Situationen, unabhängig vom Fahrer. Indem ESP sämtliche fahrzeugrelevanten Daten (Geschwindigkeit Beschleunigung, Verzögerung u.a.) kennt, den Input des Fahrers misst (Lenkwinkel, Gaspedal, Bremspedal) und mit dem gemessenen Verhalten des Fahrzeugs vergleicht (Querbeschleunigung, Gierwinkel<sup>13</sup>, Radgeschwindigkeit), bremst ESP die Räder individuell, reduziert die Motorleistung und verbessert so die Stabilität und Kontrollierbarkeit des Fahrzeugs.

### **Primäre Wirkung**

Durch das ABS-System wird die Steuerfähigkeit bei Bremsmanövern verbessert. Nach Ausführung von Evans [20], der in einer Forschungsstudie Fahrzeuge von General Motors mit und ohne ABS vergleicht, können vor allem Auffahrunfälle bei nasser Strasse verhindert werden (um ca. 30%). Vor allem bei unangepasster Geschwindigkeit an schwierige äussere Bedingungen wie Eisglätte, schneebedeckte Strassen usw. verhindert das ASR-System, dass die Kontrolle über das Fahrzeug verloren geht. Bei diesen Strassenbedingungen können gemäss Braess [8] ca. 5% der Unfälle verhindert werden. Bei normalen Strassenbedingungen sind es noch 0.4% der Unfälle. Das ESP-System korrigiert sowohl Fahrfehler als auch Schleuderbewegungen, die durch Glätte, Nässe, Rrollsplitt oder andere widrige Fahrbahnzustände verursacht werden. Durch die gezielten Bremsimpulse wird eine Rotation des Fahrzeugs um die Hochachse verhindert und das Fahrzeug steuerbar gehalten. Gemäss ersten Analysen der Unfalldaten des statistischen Bundesamts in Deutschland lässt sich der Anteil Fahrunfälle bei Personenwagen mit ESP um über 30% verringern (37% der tödlichen Unfälle in Deutschland im Jahr 2002 geschahen bei Kollisionen mit Objekten ausserhalb des Strassenraums). In der gebirgigen Schweiz dürfte der Effekt noch stärker sein.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Das ABS-System stellt in heutigen Fahrzeugen bereits beinahe Ausstattungsstandard dar. Seit 1. Juli 2004 sind alle in Europa verkauften Neuwagen serienmässig mit dem System ausgerüstet. Auch der Bremsassistent sowie die Antriebsschlupfregelung gehören mittlerweile zur Serienausstattung von Fahrzeugen des oberen Preissegments. Seit 1995 ist ebenfalls die erste Generation des ESP-Systems auf dem europäischen Markt. Bei DaimlerChrysler wird heute das System serienmässig bei allen Fahrzeugen eingebaut. So konnte auch aus vergleichenden Unfallanalysen an Fahrzeugen mit und ohne ESP aufgezeigt werden, dass der Einsatz des Assistenzsystems zu einer signifikanten Erhöhung der aktiven Sicherheit führt. Das System steht ebenfalls bei Nutzfahrzeugen zur Verfügung. So kann bei diesen mit Aufliegern oder Anhängern auch der sogenannte Klappmessereffekt verhindert werden.

---

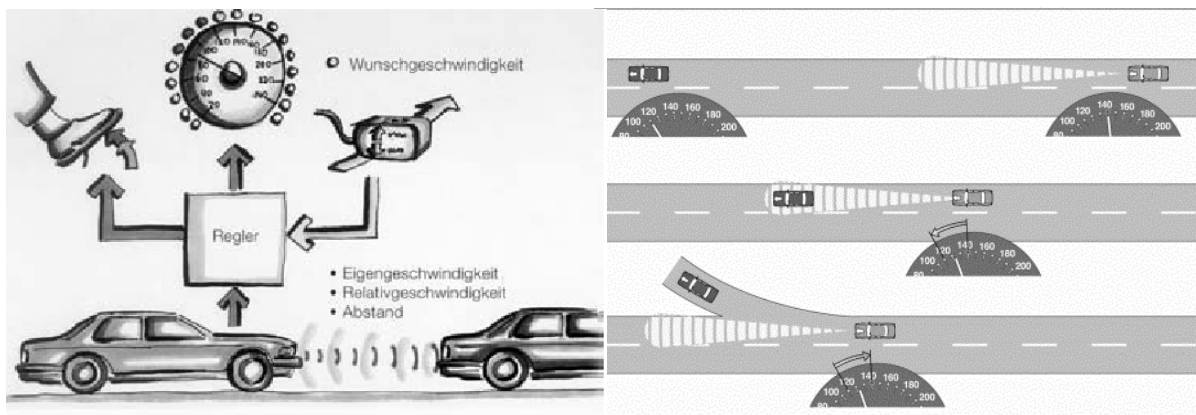
<sup>13</sup> Gierwinkel = Drehbewegung des Fahrzeugs um die Vertikalachse

### 5.3.2 Automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik

#### Beschreibung

Eines der vielversprechendsten Systeme, das aus dem Forschungsprojekt PROMETHEUS hervorgegangen ist, ist das sog. Adaptive Cruise Control (ACC). Dieser übernimmt, gegenüber einem herkömmlichen Tempomaten, die längsdynamische Steuerung des Fahrzeugs. Die ACC-Systeme erweitern die Funktion des Abstandswarners (vgl. 5.1.1) um einen längsdynamischen Eingriff, indem sie sowohl Gas als auch Bremse automatisch betätigen. Abstand und Differenzgeschwindigkeit können grundsätzlich auf drei Arten ermittelt werden. Mit einem Radarsensor, einem Lidarsensor<sup>14</sup> oder mittels Bildverarbeitung. Derzeit findet der Radarsensor aufgrund seiner Vorteile (z.B. geringe Verschmutzungsempfindlichkeit, Mehrzielfähigkeit) Einsatz bei den Seriensystemen. Aufgrund des eingeschränkten Sensorsichtfeldes, das sich auf ein vorausfahrendes Fahrzeug in der eigenen Fahrspur konzentriert, sind heutige Systeme für den Einsatz auf Autobahnen und autobahnähnlichen Landstrassen ausgelegt (Geschwindigkeitsbereich 30 – 180 km/h). Eine sehr schmale Radarkeule tastet den Raum vor dem Fahrzeug ab, um den Abstand zu den vorausfahrenden Fahrzeugen zu ermitteln.

Abb. 5.9 System Adaptive Cruise Control (ACC) gemäss Totzke et al. [57]



Diese Systeme vom Hersteller als ‚Komfortsystem‘ bezeichnet (statt ‚Sicherheitssystem‘) verzögern (meist mit einem Viertel der maximalen Bremsleistung) und beschleunigen und schalten sich zudem bei langsamen Geschwindigkeiten ab. Reicht die von der ACC geleistete Verzögerung nicht aus, weil zum Beispiel ein Auto plötzlich einschert, fordert ACC den Fahrer durch akustische Signale auf, selbst zusätzlich zu bremsen. Grundsätzlich kann der Fahrer, nur schon aus rechtlichen Erwägungen, die vorgeschlagenen Brems- und Beschleunigungsvorgänge jederzeit übersteuern.

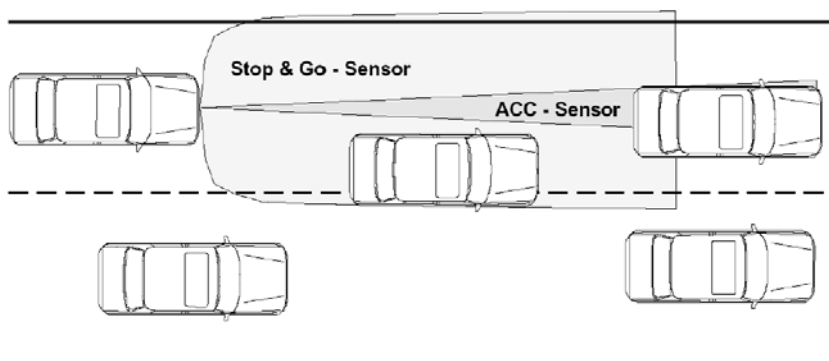
Eine zusätzliche Hilfe bei der längsdynamischen Fahrzeugsteuerung kann durch Datenaustausch von Fahrzeug zu Fahrzeug geschehen. Der Informationsaustausch zwischen den in

<sup>14</sup> Lidar = Erfassung per Infrarotlaserstrahlen

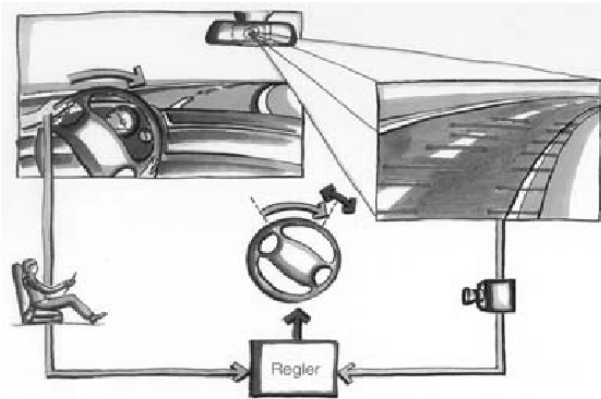
Fahrzeugverbänden (Platoons) fahrenden Fahrzeugen ermöglicht eine verbesserte Abstimmung der Abstände.

Eine deutliche Erweiterung auf Basis dieser ACC-Auslegung stellt das im Rahmen des nationalen Forschungsprojektes MoTIV (Mobilität und Transport im intermodalen Verkehr) entwickelte ACC für Ballungsräume dar. Es erweitert den Einsatzbereich durch geeignete Regelstrategien, die den niedrigen Geschwindigkeitsbereich sowie den Stop-and-Go-Verkehr berücksichtigen. Es soll den Fahrer in stark belasteten Situationen bei Stau oder dichtem Verkehr auf innerstädtischen Haupttrouten unterstützen. Hierzu wird allerdings eine Erweiterung der Umfeldsensorik notwendig, die jetzt auch versetzt fahrende Fahrzeuge im Nahbereich erfassen muss.

**Abb. 5.10 Stop & Go – Sensor; Erfassungsprobleme bei einscherenden Fahrzeugen gemäss Wallentowitz et al. [64]**



Neben den längsdynamischen Fahrerassistenzsystemen sind auch Systeme für die **Querführung** (Heading Control) in Entwicklung. So kann mit Hilfe eines Spurhalteassistenten dem Fahrer die Führung auf der Fahrspur erleichtert werden. Unter Einsatz eines Bildverarbeitungssystems werden dabei die Spurgrenzen ermittelt und die optimale Linienführung aus den Bewegungsdaten des Fahrzeugs bestimmt. Es besteht auch die Möglichkeit, die Position des Fahrzeugs auf der Strasse mit Lasersensoren zu ermitteln, die das von Randmarkierungen reflektierte Licht auswerten. Gemäss Ackermann et al. [1] kann je nach Strategie durch ein Moment im Lenkrad eine Rückmeldung über die optimale Spurführung an den Fahrer gegeben oder der Lenkwinkel direkt durch das System eingestellt werden. Nach Ausführung von Totzke [57] kann bei der Rückmeldung über Lenkmomente weiter zwischen lenkunterstützendem System (ansteigendes Lenkmoment bei zunehmender Spurabweichung – sanfte Führung) und randwarnendem System unterschieden werden, bei dem bei Überschreiten einer maximalen Spurabweichung ein starkes Moment eine harte Warnung erzeugt. Bei der „sanften Führung“ spürt der Fahrer verstärkt die ideale Fahrweise, eine klare Trennung zwischen Fahrerassistenz und Fahrerinformationen kann hier nicht mehr vollzogen werden.

**Abb. 5.11 System Heading Control (HC), Totzke et al. [57]**

Die Kombination von Fahrzeuglängs- und -querführung ermöglicht schliesslich ebenfalls ein **Spurwechselassistenten (SWA)** mit den entsprechenden Eingriffsmöglichkeiten in die Fahrdynamik. Diese Fahrerassistenzfunktion unterstützt den Fahrer bei beabsichtigten Spurwechseln und gibt ihm im Gefahrenfall eine Warnung oder greift zudem in die Fahrdynamik ein.

Um Parkschäden zu vermeiden, werden vor allem in Japan Systeme entwickelt, welche das automatische Einparken des Autos ermöglichen. Beim Rückwärtsfahren wird die Parklücke mittels Videodetektion ausgemessen und ein virtueller "Einschlagspunkt" errechnet. Elektromotoren setzen die Steuersignale in Bewegungen des Lenkrads um. Das einzige, was der Fahrer tun muss, ist das Gaspedal zu betätigen. Die Einparkhilfe warnt zusätzlich vor Bordsteinen und Bodenmarkierungen.

### **Primäre Wirkung**

Beim Einsatz der ACC-Systeme wird der nötiger Sicherheitsabstand (über Bremswegformel) zu vorausfahrendem Fahrzeug eingehalten. Bei Nebel, Schneefall oder starkem Regen kann die Sensorik die tatsächliche Sichtweite erkennen und dem Fahrer eine angepasste Geschwindigkeit nahe legen. Weiter erkennt das System durch den Abstandssensor sich verändernde Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug eher als der Fahrer. Auffahrunfälle können vermieden werden. Grundsätzlich wird mit diesen Systemen der Fahrer von Routineaufgaben entlastet. Von den Autoherstellern wird vor allem der erhöhte Komfort betont.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

ACC-Systeme sind auf dem europäischen Markt erstmals seit 1999 bei Mercedes-Benz für die S-Klasse erhältlich. Andere Hersteller von Oberklassefahrzeugen wie BMW und Jaguar tragen zur weiteren Verbreitung bei. Auch in Amerika und Japan wird an der Entwicklung von ACC-Systemen gearbeitet. In Japan wurde 1995 auf dem inländischen Markt mit dem Mitsubishi Diamant das erste Serienfahrzeug mit ACC angeboten. Seit 2002 ist das ACC-System ebenfalls für Kompakt- und Kleinwagen der Marken Mercedes, BMW, Jaguar, Fiat, Nissan, Renault, Volkswagen, Mitsubishi und Daihatsu erhältlich [16]. Seit Oktober 2002 ist ebenfalls ein von

Honda entwickeltes Fahrzeug auf dem japanischen Markt erhältlich, welches ACC- und HC-Systeme vereint. Im Bereich der Nutzfahrzeuge sind seit Ende 2003 Lastwagen auf dem Markt, welche optional auch mit ACC-System ausgerüstet werden können (Volvo). Die Systeme arbeiten teilautonom; erst wenn verstärkt in die Steuerung eingegriffen werden muss, ertönt ein akustisches Signal für den Fahrer.

Da die bis jetzt eingesetzten ACC-Systeme als Komfortsysteme ausgelegt sind, werden autonome Eingriffe in die Fahrmanöver wie Abstandswahl und Bremsbeschleunigung moderat ausgeführt. Eine Kombination mit einem Objektwarnsystem, welches vor Hindernissen wie Fussgängern, Objekten oder sehr langsam fahrenden Fahrzeugen warnt, ist auf dem Markt noch nicht erhältlich (Oei, H.L. [47]).

Bezüglich ACC-Systeme liegen zahlreiche Forschungsstudien vor. Im Forschungsprojekt EMPHASES<sup>15</sup> [12] konnte aufgezeigt werden, dass ACC-Systeme vor allem in Kombination mit HC-Systemen einen positiven Effekt auf das Fahrverhalten der Fahrzeugführer haben. Die Wahrnehmung und Bewertung von Verkehrssituationen wird dann am stärksten erleichtert und der Fahrer von anderen Bedienaktionen entlastet.

Citroën hat im Sommer 2004 als erster Hersteller einen PW mit Spurassistenten auf den europäischen Markt gebracht (System AFIL = Alarm bei Fahrbahnabweichung per Infrarot-Linienerkennung). Bei diesem System zur Überwachung der Spureinhaltung „lesen“ Infrarotsensoren, die unter dem vorderen Stoßfänger angebracht sind, die weißen Fahrbahnmarkierungen. Beim Überfahren einer durchgezogenen oder gestrichelten Linie, ohne dass der Blinker eingeschaltet ist, warnt das System, indem es den Fahrersitz vibrieren lässt, und zwar auf der Seite, auf die das Fahrzeug abgedriftet ist.

Fahrzeuge mit automatischer Einparkhilfe sind seit 2003 auf dem Markt, so beispielsweise das Hybridauto Prius von Toyota [77]. Die Markteinführung dieses Systems ist vorerst nur für den japanischen Markt vorgesehen.

### **5.3.3 Automatische Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen / automatische Notmanöver (Collision avoidance)**

#### **Beschreibung**

Die Vermeidung möglicher Kollisionen durch Collision Avoidance (CA) geht über die Unterstützung von ACC hinaus. Dazu werden in die Umfelderkennung auch stehende Ziele aufgenommen. Die Situationsinterpretation wird durch die Sicherheitsrelevanz sehr komplex. Es sind dann unkritische Hindernisse, wie innerstädtisch parkierende Autos, von gefährlichen wie plötzlich auftretende Staus zu unterscheiden. Eingesetzt werden zu diesem Zweck sogenann-

---

<sup>15</sup> Effort-Management und Performance-Handling in sicherheitsrelevanten Situationen

te scannende Sensoren auf Radar oder Lidarbasis, die einen grossen Erfassungsbereich haben. Anhand ihrer Daten lassen sich Hindernisse erkennen und ihre Lage genau ermitteln. Wie beim ACC-System ist eine automatische Bremsansteuerung nötig, nur dass beim CA mit maximaler Verzögerung bis in den Stillstand abgebremst werden muss.

Um Unfälle an Knoten zu vermeiden, sind Systeme der Prioritätsüberwachung in Entwicklung. Bei mehreren gleichzeitig auf eine Kreuzung zufahrenden Fahrzeugen bestimmt das System, welches Fahrzeug Priorität hat und sorgt dafür, dass diese gewährt wird. (Mühlethaler, F. [42]/[43]). Dabei können die Fahrzeugführer anderer Fahrzeuge gewarnt oder die anderen Fahrzeuge automatisch rechtzeitig angehalten werden. Die Anwendung kann in Fahrzeugen oder mittels strassenseitiger Einrichtung an Kreuzungen implementiert werden. Eine zuverlässige Erkennung aller auf die Kreuzung zufahrenden Fahrzeuge inkl. Position und Geschwindigkeit ist erforderlich. Prioritätsentscheide müssen innerhalb weniger als einer Sekunde erfolgen.

### **Primäre Wirkung**

Diese Massnahme sieht die intelligente Steuerung von Brems- und Ausweichmanövern vor; dies geschieht mit Hilfe der fahrzeug- oder strassenseitig (Umweltsensoren) aufbereiteten Daten zur Erkennung anderer Fahrzeuge resp. von Hindernissen. Es werden vor allem Auffahrunfälle und Kollisionen mit Fahrzeugen oder Objekten auf der Fahrbahn vermieden. Diese Systeme sind auch als Warnsystem in Entwicklung (Collision Warning Systems; CW), akustische und optische Warnsignale fordern den Fahrer bei entsprechenden Gefahrensituationen auf, ein Bremsmanöver einzuleiten.

### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Diverse Fahrzeughersteller sind mit der Entwicklung dieser sehr komplexen Anwendung beschäftigt. Erste Pilotanwendungen von Mercedes und BMW wurden durchgeführt. Honda bietet seit Juni 2003 auf dem japanischen Markt ein Fahrzeug mit Kollisionswarnsystem an. Aufgrund von Fahrverhalten des Fahrers, Distanz zu vorausfahrenden Fahrzeugen und Relativgeschwindigkeit werden mögliche Gefahrenmomente errechnet und wenn nötig eine akustische und haptische<sup>16</sup> Warnung abgegeben. Der Bremsassistent sowie der Gurtstraffer werden ebenfalls aktiviert. Im Nissan-Modell Cima greift die Elektronik ab einem bestimmten Punkt auch direkt ins Fahrgeschehen ein. Im Ernstfall wird automatisch eine Vollbremsung eingeleitet. Dieses Fahrzeuge der Luxusklasse ist jedoch nur auf dem japanischen Markt mit dem System der Vollbremsung ausgestattet.

Die komplexe und auch relativ teure Technologie wird sich wahrscheinlich nur langsam durchsetzen können. Bisher sind auch erst Fahrzeuge der höchsten Preisklasse damit ausgerüstet. Hinzu kommt, dass in Europa viele Systemkomponenten wie etwa der elektronische Lenkeingriff gesetzlich noch nicht zugelassen sind.

---

<sup>16</sup> den Tastsinn betreffend

### **5.3.4 Automatische Fahrzeugortung und –lenkung auf bestimmten Strecken resp. in speziellen Gebieten oder gesamthaft**

#### **Beschreibung**

Diese Systeme sehen den Einsatz von strassenseitigen elektronischen Leiteinrichtungen zur automatischen Steuerung von Fahrzeugen auf bestimmten Strecken oder innerhalb spezieller Gebiete vor. Die fahrzeugseitige Ausrüstung kommuniziert mit den Leiteinrichtungen und mit anderen Fahrzeugen und optimiert somit das Fahrverhalten des Fahrzeuges. Eine umfassende Steuerung der Fahrdynamik stellt die maximale Ausweitung eines solchen Systems dar. Eine übergeordnete Leitstelle übernimmt die Koordination, Steuerung und Leitung der Fahrzeuge.

#### **Primäre Wirkung**

Eine umfassende Fahrzeugsteuerung soll eine Vermeidung von Unfällen bewirken. In den Anwendungsgebieten führt der Einsatz dieses Systems zu kontrolliertem und homogenem Verkehrsfluss. Neben der Erhöhung der Sicherheit kann auch mit einer deutlichen Leistungssteigerung des Verkehrssystems gerechnet werden. Gemäss Shladover [54] soll der Verkehrsfluss auf Autobahnen durch die Einführung geeigneter Automatisierungstechnologien bis zum Dreifachen der heutigen Kapazität gesteigert werden können.

#### **Realisierung, Verbreitungsgrad, Systemadaption**

Erste Systeme für spezielle Anwendungen sind schon in Betrieb, beispielsweise People Mover am Flughafen in Amsterdam, U-Bahnzubringer „Bus“ Rotterdam. Anwendungen mit Personewagen sind noch nicht über das Experimentierstadium hinaus. Automobilkonzerne arbeiten aber an solchen Anwendungen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika werden im Bereich der automatischen Fahrzeugführung zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte vorangetrieben, zum Beispiel das vom Bundesstaat Kalifornien geförderte Grossprojekt PATH (Partners for Advanced Transit and Highways). Die Grundlagen für diese Arbeiten bestehen in der Philosophie, dass auf einer automatischen Fahrspur Kolonnen von Fahrzeugen gebildet werden, die unabhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit mit konstantem Abstand in Längsrichtung fahren sollen. Dabei wird davon ausgegangen, dass aufgrund der sehr eng gehaltenen Abstände zwischen den Fahrzeugen zu keinem Zeitpunkt ein hoher Wert für die Differenz der Geschwindigkeiten entstehen kann. Dieser Sachverhalt hätte bei einem etwaigen Zusammenstoss nur Schäden von begrenztem Ausmass zur Folge.

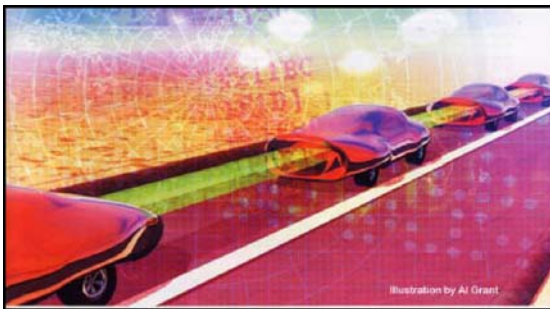
Das AHS-Projekt (Automated Highway), Bestandteil des auf Bundesebene (USA) durchgeführten IVHS-Programmes, beinhaltet sehr enge Berührungspunkte zum PATH-Projekt. In den Vereinigten Staaten besteht die Zielsetzung, diese Technologien zunächst lediglich auf ausgewählten Strecken zum Einsatz zu bringen. Dabei wird darauf geachtet, dass nach der Erst-



einführung für einen Zeitraum von mehreren Jahren der Fahrer immer noch aktiv in der Fahrzeugführung engagiert ist und bei Bedarf jederzeit in geeigneter Weise eingreifen kann. Er ist verantwortlich für das Fahrverhalten und muss stets zur Übernahme des Fahrzeugs in den manuellen Betrieb bereit sein.

Die Frage danach, wie der automatische Highway gestaltet werden könne, wurde anhand zweier Möglichkeiten - gesonderter Fahrspuren oder Teilnahme automatisch fahrender Fahrzeuge im regulären Verkehr - verfolgt. Die Zusammenarbeit von staatlichen Stellen, Forschungsanstalten und privaten Unternehmen bildet die Plattform des „Intelligent Transportation Systems“ (ITS). International beteiligen sich die Europäische Union, die USA und Japan am ITS-Programm.

#### **Abb. 5.12 System Automated Highway**



Die Modelle in Japan und Amerika zeigen die Machbarkeit der autonomen Spurführung bei entsprechend ausgerüsteten Infrastrukturen und Fahrzeugen. Im Bereich des Mischbetriebs auf regulären Autobahnen wird ebenfalls verstärkt geforscht (vgl. Testversuche des „Advanced Cruise-Assist Highway System“ in Tsukuba City, Japan, [75]), es sind jedoch noch Zusatzausstattungen zu entwickeln, die konventionell geführte Fahrzeuge erfassen und bewerten. Ausserdem bedarf es auch zusätzlicher Einrichtungen zur Hinderniserkennung.

Diese Anwendungen werden sich darum vorläufig pilotmässig auf spezielle Gebiete wie Flughäfen, Messe-Areale und Ausstellungen beschränken.

## 5.4 Einteilung der Systeme

### 5.4.1 Strassenseitiger- /fahrzeugseitiger Ausbau

Fahrzeughersteller haben vor allem ein Interesse daran, fahrzeugseitig Systeme zu entwickeln, die einen Beitrag zur Verkehrssicherheit sowie ebenfalls eine Steigerung des Fahrkomforts bewirken, da sie diese gleich mit dem neuen Fahrzeug auf den Markt bringen können. Nachfolgend wird aufgezeigt, ob die untersuchten FFU-Systeme nur eine fahrzeugseitige Investition und Entwicklung oder aber darüber hinaus auch strassenseitige Massnahmen benötigen.

**Tab. 5.1 Ausgestaltung der Systeme**

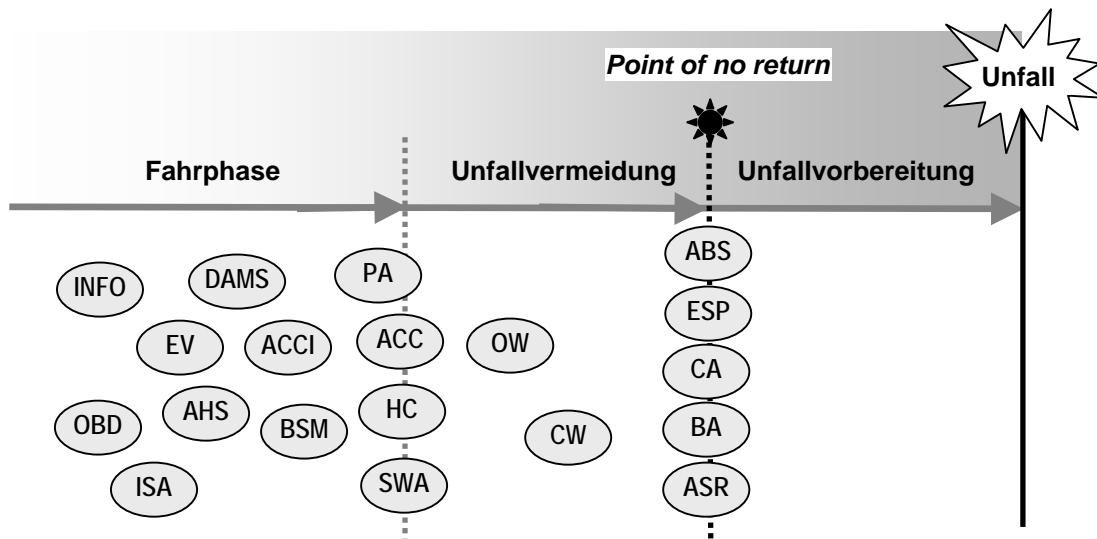
		Umsetzung	
		fahrzeugseitig	strassenseitig
Abstandswarnung (Informations-ACC)	<b>ACCI</b>	X	
Automatische Abstandshaltung (Adaptive Cruise Control)	<b>ACC</b>	X	
Einparkhilfen (Parking Assistent)	<b>PA</b>	X	
Sichthilfen (Enhanced Vision)	<b>EV</b>	X	(X)
Totwinkelüberwachung (Blind Spot Monitoring)	<b>BSM</b>	X	
Objektwarnsystem	<b>OW</b>	X	(X)
Informationsübermittlung (Geschwindigkeit u.a.)	<b>INFO</b>	X	X
Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen (Intelligent Speed Adaptation u.a.)	<b>ISA</b>	X	X
automatische Fahrzeugdiagnose (Onboard-Diagnostic-system)	<b>OBD</b>	X	(X)
Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)	<b>DAMS</b>	X	
Antiblockier-System	<b>ABS</b>	X	
Elektronisches Stabilitätsprogramm	<b>ESP</b>	X	
Bremsassistenten	<b>BA</b>	X	
Antischlupfregelung	<b>ASR</b>	X	
Automatische Spurhaltung (Heading Control)	<b>HC</b>	X	(X)
Spurwechselassistenten	<b>SWA</b>	X	
Kollisionswarnsysteme (Collision warning System)	<b>CW</b>	X	(X)
Notmanöver (Collision avoidance)	<b>CA</b>	X	
umfassende Fahrzeuglenkung (Automated Highway u.a.)	<b>AHS</b>	X	X

Die Tabelle zeigt, dass vor allem Systeme in Entwicklung sind, die fahrzeugseitig umgesetzt werden können. Strassenseitig bedarf es noch erheblicher Anstrengungen, um den für einzelne Systeme notwendigen Ausbau sicherzustellen. Die Nutzung solcher Systeme ist nur in den speziell ausgerüsteten Gebieten möglich. Deshalb weisen Systeme, die auch strassenseitig einen Infrastrukturausbau erfordern, eine hohe Hürde auf, die überwunden werden muss, ehe sie wirksam werden können.

### 5.4.2 Wirkungsweise der Systeme – Zeitpunkt der Intervention

Jedes Fahrzeug im Strassenverkehr ist potentiell Unfällen ausgesetzt. Die Systeme wirken auf unterschiedliche zeitliche Sequenzen eines möglichen Unfallereignisses. Bevor das Fahrzeug in eine Konfliktsituation gerät, befindet es sich über einen längeren Zeitraum in einer unkritischen Fahrsituation, Ulmer [59] nennt dies „Fahrphase“ (Driving Phase). Tritt eine kritische Situation ein, müssen sehr schnell Aktionen zur Unfallvermeidung in der „Interventionsphase“ und zur Unfallvorbereitung in der „Pre-Crash“ Phase erfolgen, im Extremfall durch aktive autonome Eingriffe in die Fahrzeugführung. Entsprechend dem Zeitpunkt der Intervention / Unterstützung können die Systeme klassiert werden.

**Abb. 5.13 Interventionszeitpunkt der Systeme, Bereich aktive Fahrzeugsicherheit (Abkürzungen vgl. Tab. 5.1)**



In Abb. 5.13 ist ersichtlich, dass viele der aufgezeigten Systeme darauf ausgelegt sind, Fahrzeuge in der sicheren Fahrphase zu behalten, so dass gar keine kritischen Situationen entstehen können. Im Bereich, in welchem ein Unfall unvermeidlich ist, werden ebenfalls einige Systeme aktiv. Nach dem ersten Kontakt beim Unfall greifen nur noch Elemente der passiven Fahrzeugsicherheit.

## 5.5 Zusammenfassung der primären Wirkungen

Vor allem an Assistenzsysteme mit Übernahme der Fahreraufgabe werden hohe Erwartungen bezüglich Sicherheitswirkungen gestellt. Da solche technischen Systeme nur marktfähig sind, wenn sie zuverlässig und effizient funktionieren, kann erwartet werden, dass damit Fahrfehler reduziert werden oder bei unerwarteten Verkehrssituationen eine schnelle Reaktion erfolgt. Beides sollte eine starke Reduktion der Unfallzahlen zur Folge haben.

In einzelnen Teilbereichen der automatischen Fahrzeugsteuerung ist die Forschung und Entwicklung schon sehr weit fortgeschritten. Einzelne Systeme haben seit längerem Serienreife erlangt und gehören heute bereits zur Grundausstattung neuer Fahrzeuge (ABS u.ä.) In anderen Bereichen, insbesondere dort wo das Fahrzeug in Beziehung zu anderen Fahrzeugen oder zu festen Objekten im Fahrraum gesteuert wird, müssen sehr komplexe Regelungskreisläufe koordiniert werden. Hier ist die Entwicklung noch im Gang resp. die Marktreife noch nicht erreicht.

Neben unterschiedlichen Stufen in Bezug auf das Eingriffsniveau (von Warnung und Information bis hin zum vollautomatischen Fahren) ist auch zwischen fahrzeug- und infrastrukturseitigen Systemen zu unterscheiden. Bei den fahrzeugseitigen Systemen gibt es bereits eine beträchtliche Vielfalt, weil sich hier vor allem die Fahrzeughersteller stark an der Entwicklung beteiligen. So haben Assistenzsysteme zur automatischen Abstandshaltung bereits Marktreife erlangt, während es bei Systemen, die infrastrukturseitige Massnahmen voraussetzen, deutlich weniger Innovations- und Investitionsschübe gibt.

Bei den fahrzeugseitigen Systemen wird die Assistenz auch als zusätzlicher Komfort vermarktet, was werbewirksam eingesetzt werden kann. Wo eine gesetzliche Verankerung (obligatorische Einführung) fehlt oder gegenwärtig nicht möglich ist, werden solche Systeme im gemischten Betrieb eingesetzt (fakultative Ausrüstung).

Die im Rahmen der Forschung analysierte Literatur zeigt den Nutzen der Systeme oftmals nur qualitativ auf. In der folgenden Tabelle werden die wichtigsten quantitativen Darstellung bezüglich Wirkungen, gegliedert nach Sicherheitserwartungen und Erfahrungen, aufgelistet (vgl. folgende Tabelle).

Tab. 5.2 Primäre Wirkungen einzelner FFU-Systeme

FFU-System	Sicherheitserwartungen	Messungen/ Erfahrungswerte
<i>Warnende und Informierende Systeme</i>		
<b>Abstandswarnung</b>	<p><b>ACC</b> ([40])</p> <p>Untersuchungen der US Army zeigen, dass 23 - 31% der Auffahrunfälle von Militärfahrzeugen mit einem Kollisionswarnsysteme (inkl. Heads-Up-Display) verhindert werden könnten.</p>	<p><b>ACC</b> (Haller, R. et al. [30])</p> <p>Erkenntnisse aus Fahrsimulator: auf Autobahnen werden grössere Abstände zum Vorderfahrzeug eingehalten (+30m resp. 2s)</p> <p><b>Parkhilfen</b> (Ayala, B. et al. [4])</p> <p>In Tests mit über 100 Personen im Alter zwischen 65 und 85 zeigte sich, dass durch Einparkhilfen 95% der Fahreraufgaben erfolgreich durchgeführt werden konnten gegenüber 58% ohne Einparkhilfe.</p>
<b>Sichthilfen</b>	<p>Wördenweber et al. [66]</p> <p>Auswertungen der Unfälle in Deutschland im Jahr 1993 zeigen: 50% der schwerwiegenden Unfälle geschehen in der Nacht, obwohl nur 20-25% der Distanz nachts gefahren wird. Ein grosses Potenzial wird vor allem in der Beleuchtung der Fahrzeuge gesehen.</p>	<p><b>Enhanced Vision</b> (Nilsson, L. et al. [46])</p> <p>Im Fahrsimulator wurde der Einsatz von einem zusätzlichen Display, welches die vorausliegende Fahrbahn aufzeigt, untersucht. Durch den Einsatz des Systems konnte die Reaktionszeit bei Hindernissen auf der Fahrbahn deutlich verkürzt werden. Die Fahrer hatten jedoch grössere Mühe bei der Querführung des Fahrzeugs und bei der Realisierung einer gleichmässigen Fahrweise (Blickwechsel Display/Strasse)</p>
<b>Übermittlung von Verkehrssignalen</b>	<p><b>Intelligent Speed Adaptation</b> [74]</p> <p>Aufgrund der Resultate des Grossversuchs in Schweden wird erwartet, dass bei einer Umsetzung des Systems in allen Fahrzeugen 20 – 25% der Verletzten auf städtischen Strassen vermieden werden können.</p>	<p><b>Intelligent Speed Adaptation</b> [74]</p> <p>Der Grossversuch in Schweden zeigte, dass durch eine Ausrüstung von 10% der Fahrzeuge 3 – 4% weniger Verletzte erwartet werden können.</p>
<b>autom. Fahrzeugdiagnose</b>	Keine quantifizierte Sicherheitserwartungen	Keine Erfahrungswerte

FFU-System	Sicherheitserwartungen	Messungen/ Erfahrungswerte
<i>Systeme mit verbindlichen Anweisungen</i>		
<b>Sensorik der Lenkerüberwachung</b>	<p><b>Grundsätzlich:</b> Brown, I.D. [11] 2 – 10 % der Unfälle können auf ein Einschlafen des Fahrers zurück geführt werden. 25% der Unfälle können auf Fahrerermüdung zurück geführt werden Dangelmaier, M. [18] Kommt zum Ergebnis, dass 30% der Unfälle durch Beeinträchtigung der Fahrtüchtigkeit verursacht werden.</p> <p><b>Fahrerüberwachung</b> (Perrett, K.E. and A. Stevens [49]) 4% weniger Unfälle</p> <p><b>Müdigkeitssystem</b> [73] <i>Fzg im gewerblichen Bereich:</i> 4% tiefere Unfallhäufigkeit mit 10-15% weniger Getöteten und Verletzten <i>alle Fzg:</i> 15% weniger Unfälle</p>	
<b>Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen</b>	<p><b>ISA</b> (Varhelyi, A. [61]) 10% Reduktion der Unfälle auf schwedens Überlandstrassen, 12% nachts oder bei schlechter Bodenhaftung</p>	
<i>Übernahme der Fahreraufgabe</i>		
<b>Stabilisierende Systeme</b>	<p><b>ABS</b> (Gies, S. [27]): bei 15 % der Unfälle könnten die Folgen bedeutend verringert oder der Unfall ganz vermieden werden. ca. 6% tiefere Unfallhäufigkeit für Unfälle mit Fussgänger</p> <p><b>ASR</b> (Gies, S. [27]) Auf 5.5% der Unfälle kann Einfluss genommen werden.</p>	<p><b>ABS</b> (Evans, L. [20]): Verringerung der Unfälle mit Fussgängern um ca. 22% 39% höhere Wahrscheinlichkeit für ein Überschlagen des Fzg. 32% kleinere Wahrscheinlichkeit, auf Vorderfahrzeug aufzufahren, doch 30% Erhöhung des Risikos vom nachfolgenden Fahrzeug gerammt zu werden.</p>

	<p><b>ASR</b> (Braess, H.-H. und R. Günter [8]):</p> <p>5% der Unfälle können bei Eisglätte und schneebedeckten Strassen verhindert werden, 0.4% der Unfälle bei normalen Strassenbedingungen</p>	<p><b>ESP</b> (Tingvall, C. et al. [56]):</p> <p>Bei allen Strassenbedingungen 22.1 % weniger Unfälle mit Verletzten, bei Nässe 32% und bei Glätte 38%</p> <p><b>ESP</b> (Breuer, J. [9]):</p> <p>Rückgang aller Unfälle von 8%</p>
--	---	---

FFU-System	Sicherheitserwartungen	Messungen/ Erfahrungswerte
<b>autom. Abstands- und Spurhaltung</b>	<p><b>ACC</b> (Hipp, E. und Ch. Jung [33])</p> <p>bei 9% der Unfälle könnten die Folgen bedeutend verringert oder der Unfall vermieden werden. (inkl. Schwerverkehr ca. 15%)</p> <p><b>ACC</b> (Langwieder K. et al. [39])</p> <p>Unter den Annahmen, dass das System nur bei &gt;40km/h im Einsatz ist, alle Fahrzeuge ausgerüstet sind, und das System einwandfrei betrieben wird:</p> <p>40% weniger Auffahrunfälle auf Landstrassen</p> <p>60% weniger Auffahrunfälle auf Autobahnen</p> <p>Erste ACC Systeme und nur ein kleiner Anteil an ausgestatteten Fahrzeugen würden jedoch nur 0.3% resp. 2% an Unfällen reduzieren</p> <p><b>HC / Lane Keeping</b> (Perrett, K.E. and A. Stevens [49])</p> <p>1% weniger Unfälle auf Autobahnen, 2% auf übrigen Strassen</p>	<p><b>ACC</b> (Chaloupka, C. et al. [13]):</p> <p>Ein hoher Anteil an ausgerüsteten Fahrzeugen bewirkt homogenen Verkehrsfluss. Dieser Effekt ist stärker geprägt bei einer höheren Verkehrsdichte</p> <p><b>ACC</b> (Touran, A. et al. [58])</p> <p>v.a. Schutzeffekte, Verringerung der Unfallwahrscheinlichkeit für das ACC-Fahrzeug um 10%</p>
<b>autom. Fahrzeugsteuerung in krit. Situationen</b>	<p>Perrett, K.E. and A. Stevens [49]</p> <p>15% weniger Unfälle auf Überlandstrassen</p>	Keine Erfahrungswerte
<b>autom. Fahrzeuglenkung</b>	Keine quantifizierten Sicherheitserwartungen	Keine Erfahrungswerte

## **6. Analyse der Unfalldaten und Potenzialbeurteilung**

### **6.1 Generelle Bemerkungen**

Verschiedene der genannten Fahrerinformations- und Assistenzsysteme befinden sich noch in der Konzept- oder Entwicklungsphase, so dass zu den Sicherheitswirkungen noch kaum statistisches Datenmaterial vorliegt. Für die Abschätzung der Sicherheitswirkung ist darum auch die Kenntnis des möglichen Potenzials von Bedeutung.

Zu diesem Zweck werden Daten des heutigen Unfallgeschehens aufbereitet, klassiert und analysiert. Allerdings dürfen von dieser Datenanalyse nur approximative Erkenntnisse erwartet werden – sind doch die aktuellen Unfalldaten gemäss heutigen Bedürfnissen erfasst, differenziert und abgelegt. So geben Unfallstatistiken beispielsweise nur beschränkt Auskunft über Detailspekte wie Müdigkeit/ Einschlafen am Steuer oder gefahrene Abstände resp. Geschwindigkeiten vor Auffahrunfällen, etc. Vielfach werden die FFU-relevanten Unfallursachen unter Begriffen wie „nicht angepasste Geschwindigkeit“, „unvorsichtige Fahrweise“ oder „Nichtbeherrschen des Fahrzeugs“ zusammengefasst.

Dennoch sollen in der Folge, ausgehend von den Auswertungen der Unfalldaten im Rahmen der VESIPO-Untersuchung, welche abschätzt, wieviel Personen gerettet werden können, Potenzialschätzungen für die Sicherheitswirkung von Systemen zur Fahrzeugführerunterstützung vorgenommen werden.



## 6.2 Unfallanalyse im Rahmen VESIPO

### 6.2.1 Quantifizierung des Rettungspotenzials

Um über die Wirksamkeit der einzelnen FFU-Systeme Aussagen machen zu können, wird die Klassierung der Unfälle gemäss VESIPO [62] übernommen. Dort wird rechnerisch geschätzt, wieviel Personen durch den Einsatz der einzelnen Systeme gerettet werden könnten. Es wird davon ausgegangen, dass alle Fahrzeuge mit den entsprechenden Systemen ausgerüstet sind (obligatorische Ausrüstung). Zusätzlich wird auch das theoretische Rettungspotenzial aufgezeigt. Dieses wird bestimmt, indem die Zahl der polizeilich registrierten Unfälle aufgrund von bekannten oder vermuteten „Dunkelziffern“ hochgerechnet wird (Quelle: Bundesamt für Statistik, 2001; Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, 2001).

Das tatsächliche Rettungspotenzial errechnet sich schliesslich über die vier verschiedenen Abminderungsfaktoren a – d (VESIPO [62], vgl. auch Abschnitt 6.2.2)

- Wirkungsbereich (a): Bei welchem Anteil dieser Unfälle kann die Massnahme tatsächlich angewandt werden (weil die Massnahme bei diesem Anteil nicht schon realisiert ist bzw. keine Anwendungseinschränkungen vorliegen)?
- Wirksamkeit (b): Welchen Anteil der Verletzungen und Todesfälle kann die Massnahme tatsächlich verhindern, wenn sie angewandt wird? (Bsp. Velohelm: 20% der Radfahrenden tragen den Helm bereits)
- Realisierungsgrad (c): Mit welcher Verbreitung der Massnahme ist unter den gegebenen Bedingungen maximal und im Durchschnitt über eine bestimmte Zeit zu rechnen?
- Beachtungsgrad (d): Mit welchem Grad von Anwendung durch die Verkehrsteilnehmer – sofern diese die Möglichkeit haben, die Massnahme zu umgehen – ist maximal und im Durchschnitt über eine bestimmte Zeit zu rechnen?

Das theoretisch zu vermeidende Verletzungs- und Todesfallpotenzial wird durch die in Prozent angegebenen Werte a bis d reduziert. Das tatsächlich geschätzte Rettungspotenzial errechnet sich demnach nach folgender Formel:

$$\text{tatsächliches Rettungspotenzial} = \text{theoretisches Rettungspotenzial} \times \frac{a}{100} \times \frac{b}{100} \times \frac{c}{100} \times \frac{d}{100}$$

**Tab. 6.1 Theoretisches Rettungspotenzial nach Unfalltyp und FFU-System, Unfallzahlen 2000**

(Grundlagen: Bundesamt für Statistik, 2001; Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, 2001, Quelle: VESIPO [62])

Unfalltyp (Mfz. exkl. Mofa/MR)	theoretisches Rettungspotenzial		FFU-System	spez. Wirksamkeit	maximal Anzahl Gerettete (tatsächliches Rettungspotenzial)**	
	Tote	Verletzte			Tote	Verletzte
Auffahrunfälle	13	425	Abstandswarnung	13%	1	57
Unfälle bei Nacht	210	1241	Sichthilfen	7%	12	72
Nichtanpassen der Geschwindigkeit, Missachten der Verkehrsregeln (Vortritt, Geschw., Überholverbot)	172	1783	Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	2%	2	29
Überschreiten der Geschwindigkeit / Missachten Überholverbot)*	276	828	Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen	24%	67	200
Unfälle aufgrund des Fahrerzustands	218	1123	Sensorik für Lenkerüberwachung	27%	60	303
Unfälle allgemein, ohne Schleuder-/Selbstunfälle	294	3249	autom. Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen	2%	7	73
Unfälle Innerorts/Autobahn	230	2932	Fahrzeugortung und -lenkung auf bestimmten Strecken oder innerhalb spezieller Gebiete	10%	23	281
Alle Unfalltypen	525	4380	Steuerung der Fahrodynamik	15%	79	656

)\* Aufgrund der Unvollständigkeit des Unfallmerkmals „Überschreiten der Höchstgeschwindigkeit“ werden die Unfallzahlen weiter mit der Dunkelziffer „Geschwindigkeit“ (Faktor 4) hochgerechnet.

\*\* Anzahl an Unfall beteiligten Personen (keine Differenzierung nach Insassen im Fahrzeug und Personen ausserhalb)

Im Bericht VESIPO werden ebenfalls Durchschnittswerte für die Anzahl jährlich vermeidbarer Todesfälle bis ins Jahr 2020 angegeben. Das relevante Kriterium für die Auswahl der wichtigsten Massnahmen waren hingegen Maximalwerte wie oben dargestellt. So kann unabhängig von einer zu erwartenden Etablierung der Systeme deren grösstmögliche Wirkung dargestellt werden.

Vor allem FFU-Systeme, welche eine verstärkte Assistenzfunktion ausüben, wirken sich auf viele Unfälle aus (theoretisches Rettungspotenzial). Entscheidend ist jedoch vor allem auch die spezifische Gesamtwirkung der Massnahme. So können beispielsweise durch die Sensorik für Lenkerüberwachung (Driver Alertness Monitoring System) aufgrund der grossen Wirksamkeit des Systems viele Opfer vermieden werden.

Systeme, welche nur Informationen und keine verbindlichen Anweisungen geben, werden vom Fahrzeugführer verstärkt missachtet. So reduziert sich beispielsweise der zu erwartende Sicherheitsgewinn beim FFU-System „Übermittlung von Signalen“ massgeblich, da Geschwindigkeitswarnungen u.a. ignoriert werden können. Den informierenden und warnenden Systemen soll jedoch gleichwohl grosses Gewicht beigemessen werden. Dies bestätigen auch vertiefte Untersuchungen von Unfallursachen von Lamm et al. [38]. Dort wurden zwischen 41% und 56% der durch den Menschen direkt „verursachten Unfälle“ auf Erkennungsfehler, zwischen 29% und 52% auf Entscheidungsfehler und lediglich zwischen 7% und 11% auf Ausführungsfehler zurückgeführt, wobei der jeweils erste Wert den sicher ermittelten Einfluss und der zweite Wert den wahrscheinlichen Einfluss angibt.

Im folgenden Abschnitt 6.2.2 sowie im Kapitel 8 wird vertieft auf die reduzierenden Effekte des theoretischen Rettungspotenzials der FFU-Systeme eingegangen.

## 6.2.2 Resultate Unfall- und Wirkungsanalyse

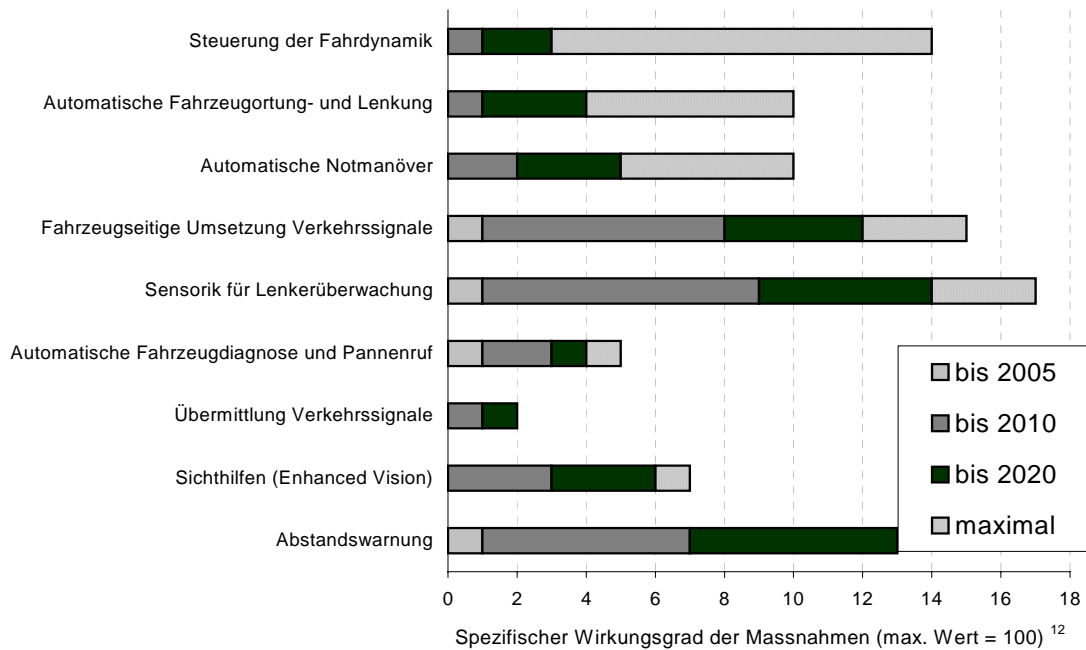
Im Bericht von Rapp [51] wurde die potenzielle spezifische Gesamtwirkung der Massnahmen aufbereitet. Der Bezug zum Rettungspotenzial (Anzahl Gerettete) wurde nicht vollzogen. Bei der Berechnung des Wirkungsgrades wurde wie folgt vorgegangen: In einem ersten Schritt wird die allgemeine Wirksamkeit der FFU-Systeme abgeschätzt, soweit vorhanden gestützt auf vorhandene Grundlagen und Forschungsergebnisse, die mit der jeweiligen Quelle referenziert ist. Falls keine Quelle angegeben ist, stützt sich die angegebene Wirkung auf Schätzungen. Für die Bestimmung der potenziellen spezifischen Wirksamkeit wurden weitere Faktoren berücksichtigt, welche zu einer Verminderung oder Erhöhung der Wirksamkeit der Massnahmen beitragen.

**Tab. 6.2 Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit der FFU-Systeme gemäss Rapp [51]**

Einflussfaktor	Begründung	Abschätzung FFU-Syst.
Risikominderung infolge Reduktion Exposition	Eine Verminderung der Exposition reduziert das Risiko in einen Unfall verwickelt zu werden (vgl. auch Seite 3).	0 – 5%
Risikoerhöhung infolge Human Machine Interface	Die Ablenkung durch das HMI kann zur Erhöhung des Risikos eines Unfalls beitragen.	0 – 7%
Verminderung der Wirksamkeit infolge Systemunzuverlässigkeit	Die Wirksamkeit eines Systems wird reduziert, wenn die Zuverlässigkeit nicht sichergestellt ist.	0 – 10%
Verminderung der Wirksamkeit infolge Nichtbeachtens	Die Wirksamkeit eines System wird reduziert, wenn das System ausgeschaltet, übersteuert oder nicht beachtet werden kann.	0 – 20%

Beim System Sensorik für Lenkerüberwachung wird erwartet, dass durch Wegfahrsperrern eine spezifische Reduktion der Exposition von 5% eintritt und dadurch die Wirksamkeit erhöht werden kann. Ein Ablenkung des Fahrzeugführers mit der damit verbundenen Reduktion des Wirkungsgrads wird vor allem bei Systemen mit Sichthilfen erwartet. Eine Einschränkung der Wirkung ist ebenfalls bei Systemen zu erwarten, bei denen keine zwingende Handlung erfolgt, so zum Beispiel bei Systemen mit Übermittlung von Verkehrssignalen.

Die so ermittelte Wirksamkeit der Massnahme setzt einen Verbreitungsgrad von 100% voraus. In einem letzten Schritt wird die spezifische Wirksamkeit der Massnahmen für die Zeithorizonte 2005 / 2010 / 2020 durch Abschätzung des Verbreitungsgrades in den jeweiligen Zeiträumen ermittelt.

**Abb. 6.1 Spezifische Wirksamkeit<sup>17</sup> der FFU-Systeme gemäss Rapp [51]**

**Achtung:** Werte können gegenüber den Ansätzen in Tab. 6.1 differieren, da das bfu andere Systemansätze für die Bestimmung des spezifischen Wirkungsgrads gewählt hat als Rapp<sup>18</sup>.

Einzelne Systeme schliessen sich gegenseitig aus, so dass die spezifische Wirksamkeit nicht kumuliert werden kann. So zum Beispiel beim System der fahrzeugseitigen Umsetzung von Verkehrssignalen, welches das Übermitteln von Verkehrssignalen überflüssig macht.

Systeme, welche verstärkt den Fahrer bei seiner Fahreraufgabe unterstützen, sind noch in der Entwicklung und deren Einsatz kann erst mittel- oder langfristig erwartet werden. Vor allem bei diesen Massnahmen wird eine besonders hohe spezifische Wirksamkeit erwartet.

Die spezifische Wirksamkeit in den Zeithorizonten wurde direkt durch die Multiplikation mit dem Verbreitungsgrad bestimmt. Es können jedoch weitere, u.a. sekundäre Effekte auftreten, da beispielsweise nicht alle Fahrzeuge mit dem System ausgerüstet sind. Diese werden im Kapitel 8 weiter untersucht.

<sup>17</sup> Die Unterschiede in Bezug auf die Zeithorizonte ergeben sich als Folge unterschiedlicher Verbreitungsgrade

<sup>18</sup> Der Wirkungsgrad beschreibt bei Rapp das generell mögliche Unfallverminderungspotential unter Berücksichtigung von Systemunzuverlässigkeit, Fehlbedienung, Beachtungs- und Verbreitungsgrad

### 6.3 Einfluss der Lebensdauer des Fahrzeugparks

Werden nur Neuwagen mit FFU-Systemen ausgestattet, so bedarf es einer geraumen Zeit bis ein grosser Teil der Strassenfahrzeuge diese Ausrüstung aufweist. So werden die erwarteten Sicherheitsgewinne erst nach einer längeren Zeitspanne richtig greifen können. Um sich ein Bild bezüglich des Schweizer Fahrzeugmarktes machen zu können, wird nachfolgend der Personenwagenbestand der Schweiz nach Alter aufgezeigt.

**Abb. 6.2 Personenwagenbestand in der Schweiz nach Alter, 2003 (Quelle: bfs)**

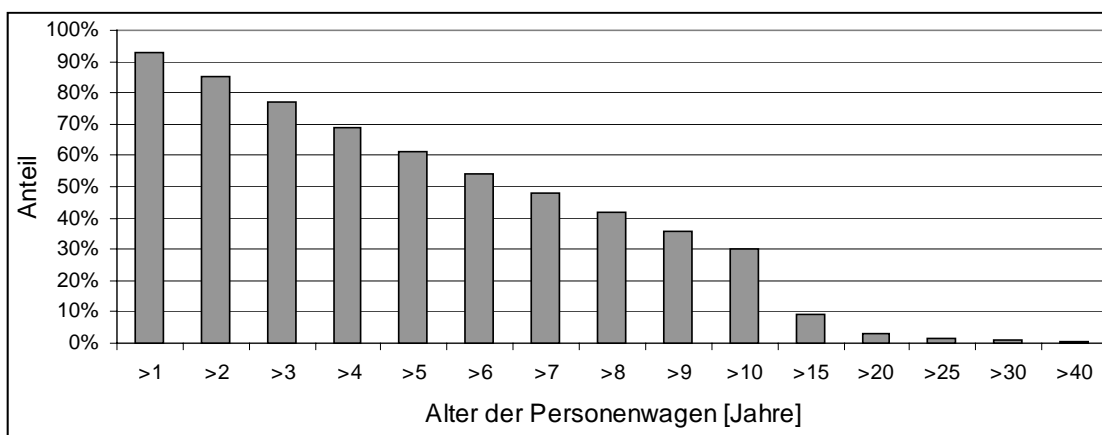


Abb. 6.2 zeigt, dass innerhalb von etwa 7 Jahren die Hälfte der Personenwagen in der Schweiz ersetzt werden. Dieselbe Analyse bezüglich der Altersverteilung im Jahre 1991 zeigt demgegenüber, dass damals die Hälfte der Fahrzeuge nur 5 Jahre oder älter waren. Daraus kann gefolgert werden, dass zukünftig der Anteil älterer Fahrzeuge im Verkehr zunimmt. Das würde bedeuten, dass es immer länger geht, bis Neuwagen mit FFU-Ausrüstung einen bedeutenden Anteil am Schweizer Personenwagenbestand ausmachen.

Das wachsende Durchschnittsalter widerspiegelt auch die Entwicklung der Fahrzeugtechnik. Aufgrund von Technikfortschritten und steigender Fertigungsqualität steigt offensichtlich die Lebenserwartung von Strassenfahrzeugen.

Bezüglich Neuzulassungen von Lastwagen sind in etwa dieselben Schlussfolgerungen zu ziehen. Nur bei Lieferwagen liegt gegenwärtig eine erhöhte Erneuerungsrate vor. Während in den letzten Jahren bei den Personenwagen der Anteil neu zugelassener Fahrzeuge am Gesamtbestand 7 bis 8% betrug, waren es bei den Lieferwagen etwa 7 bis 10%.

Neben der benötigten Zeit für die eigentlichen Systementwicklung bedarf es folglich einer nicht unbedeutenden Zeit für die Marktdurchdringung der Systeme (Akzeptanzfindung / Verbreitungsgrad), insbesondere wenn nur Neuwagen ausgerüstet werden sollen.

## 7. Zwischenbilanz

Die Analyse der Forschungen und Publikationen zum Thema Fahrzeugführerunterstützung ergab, dass an einer Vielzahl solcher Systeme intensiv geforscht und gearbeitet wird. Einzelne haben sich schon auf dem Markt etablieren können (ABS u.a.) und gehören heute zur Standardausrüstung von Fahrzeugen. Andere Systeme wie die Abstandswarnung oder automatische Abstandshaltung sind seit neuestem ebenfalls schon auf dem Markt, jedoch erst bei Fahrzeugen im oberen Preissegment. Die Fahrzeughersteller weisen bei diesen Entwicklungen in erster Linie auf die Erhöhung des Fahrkomforts und erst in zweiter Linie auf die Sicherheitseffekte hin.

Die Entwicklung von Systemen für die sehr komplexe gesamtheitliche Übernahme der Fahrer-aufgabe (automatische Fahrzeugsteuerung) wird vor allem von staatlichen Behörden und den Hochschulen gefördert und in nationalen Forschungsaufträgen vorangetrieben. Aufgrund des Entwicklungsstands dieser Systeme kann jedoch nur wenig bezüglich der Sicherheitsauswirkungen ausgesagt werden. In diesen Systemen wird jedoch das grösste Sicherheitspotenzial erwartet.

Die Analyse der Potenziale zeigt, dass die einzelnen FFU-Systeme sich mehr oder weniger deutlich auf die Unfallzahlen auswirken werden. Das theoretische Rettungspotenzial, welches oftmals recht gross ist, wird jedoch durch verschiedene Faktoren teils deutlich vermindert. Nur ein bedeutend kleinerer Teil der Unfälle wird sich darum letztlich durch die Systeme effektiv vermeiden lassen (tatsächliches Rettungspotenzial). Vor allem bei Systemen mit unverbindlichen Anweisungen oder Informationen können diese vom Fahrzeuglenker ignoriert werden, was die Wirksamkeit zusätzlich reduziert.

Die in der Literatur enthaltenen Angaben bezüglich erwarteter oder gemessener Sicherheitsgewinne beziehen sich oftmals auf ganz spezifische Versuchsbedingungen. Die sehr generellen Annahmen bezüglich spezifischer Wirkungen der Systeme, welche für VESIPO aufbereitet wurden, werden jedoch durch die im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Analysen bestätigt.

Bei den bisherigen Überlegungen zur Wirksamkeit wurde von einer Umsetzung der Massnahme für alle Fahrzeuge (obligatorische Ausrüstung aller Fahrzeuge) ausgegangen. Letztlich kann von den dokumentierten FFU-Massnahmen eine primäre Wirkung im Ausmass von nahezu 0% bis etwa 30% an Unfallverminderung abgeleitet werden. Auf weitere zu erwartende Effekte, welche zum Beispiel bei einer Teileinführung der Systeme entstehen können, wurde bislang nicht weiter eingegangen. Im folgenden Abschnitt werden die übrigen Wirkungen, unter anderem auch die sekundären Effekte, untersucht.

## 8. Weitere Effekte der Assistenzsysteme

### 8.1 System- und Interaktionssicherheit

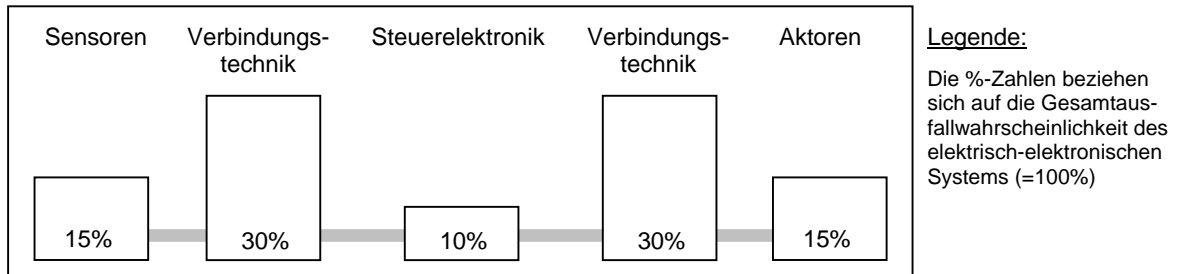
Komponenten der Systeme sowie ganze Systeme können ausfallen, was zu Funktionseinbußen und daraufhin zu Unfällen führen kann. Auf der Systemebene kann mit der Definition sicherer Rückfallebenen Schaden vermieden werden. Bei den Verkehrsteilnehmern hingegen funktioniert die Rückfallebene (Eigenverantwortung und Kontrolle durch den Fahrzeuglenker) nicht unbedingt konfliktfrei. Wird der Fahrer rasch genug reagieren, wenn z.B. die automatische Abstandhaltung ausfällt? In einem ersten Abschnitt wird auf die Fehlerwahrscheinlichkeit der Systeme selbst eingegangen. Nachfolgend wird aufgezeigt, was für Probleme bei einem Ausfall der Systeme auftreten können.

#### Grundlagen der Fehlertheorie

Bezüglich den fahrerunterstützenden Systeme können sich Fehler unterschiedlich auswirken. Gemäss Gaupp et al. [24] muss das Sicherheitskonzept diese Fehler entsprechend erkennen und durch geeignete Massnahmen beherrschen. Charakteristisch für Fehler, Ausfälle und Störungen ist in jedem Fall die Abweichung des Ist-Zustandes vom Sollzustand. Die Sicherheit der im Fahrzeug eingesetzten aktiven Regelungssysteme ist durch Massnahmen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit sowie Massnahmen zum Schutz gegen gefährliche Fehler erreichbar. Hierbei lässt sich eine Erhöhung der Zuverlässigkeit durch Fehlervermeidung realisieren, Massnahmen zum Schutz gegen gefährliche Fehler durch Fehlervermeidung und Fehlerbeherrschung. Da eine 100%ige Fehlervermeidung nicht realistisch ist, müssen die entsprechend möglichen Fehler erkannt und durch ein Sicherheitssystem beherrscht werden. Die Teilsysteme Fehlererkennung und Fehlerbeherrschung ergeben zusammen ein Fehlerdiagnosesystem. Die Fehlererkennung bestimmt das Vorhandensein eines Fehlers. In der Praxis wird in der Regel eine Überwachungslogik eingesetzt, welche die Ausgangsgrössen auf ihre Plausibilität überprüft, indem die Sensorsignale des Systems mit abgespeicherten Daten dauernd verglichen werden. Nach Überschreiten eines festgelegten Schwellwertes meldet das System einen Fehler. Das Festlegen des Schwellwertes erfordert einen Kompromiss zwischen hoher Fehlerempfindlichkeit, was den Vorteil hat, auch sehr kleine Fehler zu erkennen, und hoher Unempfindlichkeit gegenüber Fehlalarmen. Häufige Fehlalarme bewirken, dass der Fahrzeugführer Alarminformation ignoriert oder weniger Beachtung schenkt, was sich stark auf die Systemsicherheit auswirkt.

Sicherheitsrelevante Fehler können in verschiedenen Bereichen der im Fahrzeug eingesetzten Systeme auftreten. Es zeigt sich, dass eine wesentliche Massnahme zur Erhöhung der Ausfallsicherheit eine Erhöhung der Zuverlässigkeit der Verbindungstechnik darstellt (vgl. Abb. 8.1). Diese wird heute durch den Einsatz eines sogenannten CAN-Bus (Controller Area Network) realisiert, welcher Übertragungsfehler erkennt und diese korrigieren kann.



**Abb. 8.1 Relative Ausfallrate elektrisch-elektronischer Systeme, Gaupp et al. [24]**

Eine Untersuchung von Wallentowitz und Adam [65], in welcher Fahrzeuge von unterschiedlichen Herstellern auf die Fehlerhäufigkeit der elektronischen Systemen überprüft hat (ABS u.a.), kam ebenfalls zum Schluss, dass in den CAN-Leitungen häufig die Ursache von Störungen vorliegen. Diese Fehler werden jedoch von den CAN-Schnittstellen meist erkannt und durch nochmaliges Senden der Daten behoben.

Zur Überprüfung der Zuverlässigkeit und Sicherheit elektrisch-elektronischer Systeme wird im allgemeinen eine Fehlerbaumanalyse (Fail tree analysis, FTA) durchgeführt. Sie eignet sich besonders gut zur zuverlässigkeits- und sicherheitsrelevanten Darstellung und Analyse komplexer Systeme, wie z. B. Fahrdynamikregler. Ausgehend von einem unerwünschten Ereignis, werden die logischen Verknüpfungen von Komponenten ermittelt. Die Ziele der Fehlerbaumanalyse sind im einzelnen:

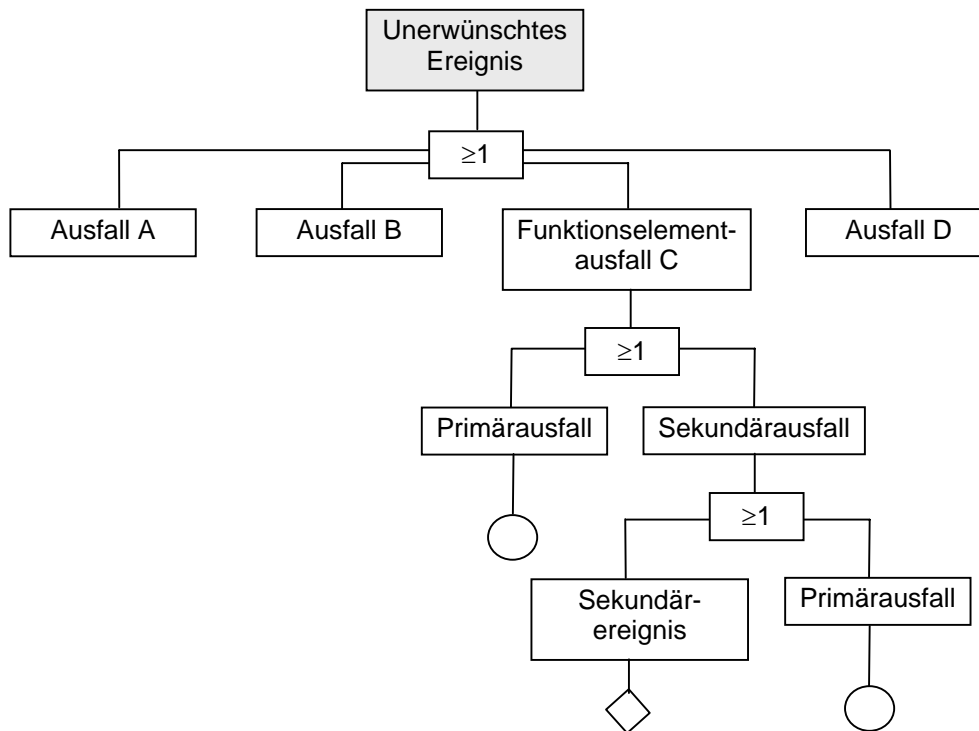
- Die systematische Identifizierung aller möglichen Ausfallkombinationen, die zu einem vorgegebenen unerwünschten Ereignis führen.
- Die Ermittlung von Zuverlässigkeitskenngrößen, wie z.B. Eintrittshäufigkeiten der Ausfallkombinationen oder Eintrittshäufigkeit des unerwünschten Ereignisses.

Als Voraussetzung für die Fehlerbaumanalyse ist eine detaillierte Systemanalyse notwendig. Sie setzt sich zusammen aus einer Beschreibung der Systemfunktionen, der Umgebungsbedingungen, der Komponenten bzw. des Verhaltens der Komponenten untereinander und zur Umwelt. Hierbei werden die sicherheitskritischen Systemausfälle (TOP-Ereignisse) erfasst.

Ausgehend von dem unerwünschten Ereignis wird ein Fehlerbaum aufgestellt und graphisch dargestellt (vgl. Abb. 8.2). In diesem werden die Ausfälle festgelegt, die zu dem TOP-Ereignis führen können. Dabei wird bei mehreren Ausfällen die logische Verknüpfung angegeben, ob Einzelausfälle oder die Kombination mehrerer Ausfälle zum TOP-Ereignis führen. Bei dieser Betrachtung der Ausfälle werden Primärausfälle von Sekundärausfällen unterschieden. Dabei versteht man unter einem Primärausfall den Ausfall eines Funktionselementes, das einen Standardeingang für den Fehlerbaum darstellt. Ein Sekundärausfall stellt den Folgeschaden eines Primärausfalls dar. Eine weitere Betrachtung der Entstehung bis hin zu dem Primäraus-

fall wird notwendig. Eine Möglichkeit zur Quantifizierung der Auftretenswahrscheinlichkeit des TOP-Ereignisses ist durch den Einsatz der Fehlerbaumanalyse gegeben. Sind die Auftretenswahrscheinlichkeiten der Primäreignisse bekannt, können die des TOP-Ereignisses entsprechend der Fehlerbaumstruktur abgeleitet werden.

**Abb. 8.2 Exemplarischer Fehlerbaum, Wallentowitz et al. [64]**



Bei einem Kollisionsvermeidungssystem beispielsweise sind die einzelnen Baugruppen zu unterscheiden. Ein System der Kollisionsvermeidung teilt sich auf in die Umfeldsensorik, die automatischen Bremsen und die automatischen Lenkung. In allen Systemelementen können Fehler entstehen. Als unerwünschtes TOP-Ereignis für den übergeordneten Fehlerbaum kann der Ausfall des Gesamtsystems definiert werden, das durch Ausfälle der Teilsysteme hervorgerufen werden kann. Mit Hilfe des Fehlerbaums und der systemischen Betrachtung kann die Gesamtausfallsicherheit bestimmt werden.

### Folgen bei Systemausfall

Entscheidend für das Verhalten des Systems im Fehlerfall ist, ob für das System ein sicherer Zustand definiert ist. So wird bei der Systemkonzeption oftmals ein sogenanntes Fail-Safe-Prinzip definiert. Bei diesem Prinzip beherrscht das System während des Betriebs auftretende Fehler, ohne dass es zu einem gefährlichen Zustand kommt, d.h. das System geht nach einer Fehlererkennung in einen sicheren Zustand über.

Bei warnenden und Informierenden Systemen hat dies zur Folge, dass der Fahrzeugführer keine Assistenzhilfe mehr erhält. Dieser ist direkt mit der Fahreraufgabe vertraut, muss jetzt aber aufgrund seiner direkten Informationen verstärkt Fahrentscheidungen fällen.

Ein Ausfall von Systemen mit verbindlichen Anweisungen bewirkt, dass der Fahrzeugführer nicht mehr in seinen allenfalls sicherheitskritischen Handlungen eingeschränkt wird. Es treten vor allem dann Probleme auf, wenn das System als „Testinstrument“ genutzt wird. Wenn sich zum Beispiel der Fahrzeugführer darauf verlässt, dass er von einem Müdigkeitswarnsystem gewarnt wird, wenn er nicht mehr fahrtüchtig ist. Mit deutlicher Warnung, dass das System die Funktion nicht ausführen kann, aber auch durch die Systemauslegung können solche Sicherheitsrisiken vermindert werden.

Bei Systemen, welche Fahreraufgaben übernehmen, besteht ein deutlich grösseres Gefahrenpotenzial. Bei einem Systemausfall haben die Fahrzeugführer wieder vermehrt Fahreraufgaben zu übernehmen. Bei Überforderung, da nicht mehr daran gewöhnt, kann sich das deutlich auf die Sicherheit auswirken. Vor allem aber auch dann, wenn der Sicherheitsgewinn des Systems durch eine aggressivere Fahrweise kompensiert wird (vgl. Kap. 8.3). Zu unterscheiden ist weiter, wie häufig das System in die Steuerung eingreift. Zum Beispiel wirkt sich bei Systemen, die automatische Notmanöver ausführen, der Ausfall nur bei den seltenen Einsätzen aus (dann aber stark). Durch geeignete Diagnosesysteme können allfällige Fehlfunktionen entdeckt und frühzeitig behoben werden.

Anders sieht es jedoch aus, wenn das System nicht auf eine sichere Rückfallebene geführt werden kann. Wenn falsche Informationen oder Warnungen kommuniziert werden oder aber das System falsche Steuerbefehle ausführt. Wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben (Abb. 8.1), kann die Fehlerquelle bei der Bestimmung der Inputgrößen (Infrarotsensoren bei ACC-System<sup>19</sup>) aber auch bei der Übermittlung oder aber bei der Ausführung liegen. An dieser Problematik arbeiten die Fahrzeug- und Fahrzeugkomponentenhersteller zur Zeit noch intensiv, da ein System erst markttauglich ist und durch den Gesetzgeber akzeptiert werden kann, wenn diese Risikofaktoren sehr tief gehalten werden.

---

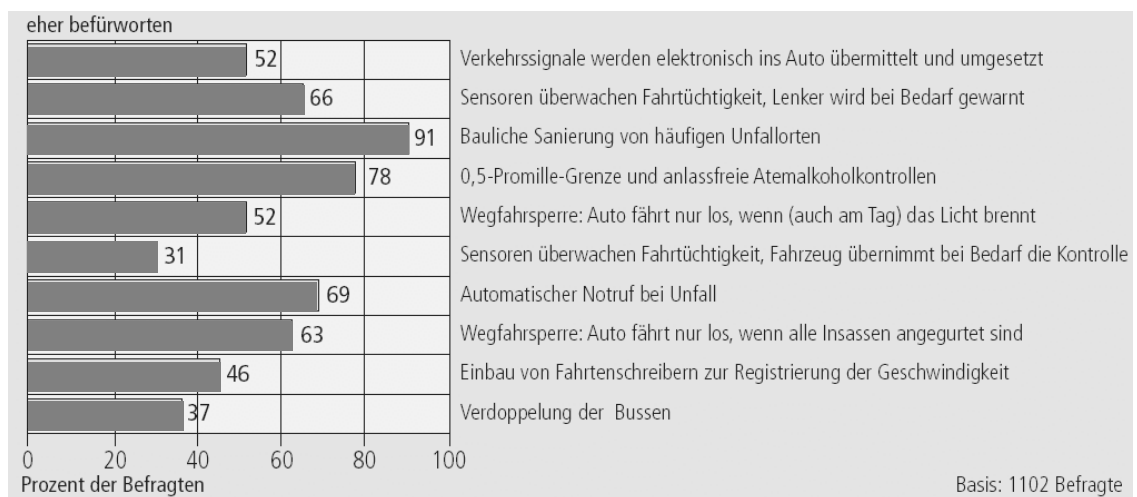
<sup>19</sup> ACC – Automatic Cruise Control

## 8.2 Sekundäre Wirkungen

### 8.2.1 Anpassungsprozesse

Die erfolgreiche Einführung von Assistenzsystemen ist nicht nur an technische Bedingungen geknüpft. Vor allem wenn die Systeme nicht obligatorisch eingeführt werden, braucht es eine grosse politische und gesellschaftliche Akzeptanz, ehe es zur wünschbaren Verbreitung kommt. In der nachfolgenden Tabelle wird eine Auswertung einer Befragung der bfu [7] bezüglich der wirksamsten zehn Massnahmen gemäss VISION ZERO dargestellt.

**Abb. 8.3 Akzeptanz der Schweizer Bevölkerung bezüglich den zehn wirksamsten Massnahmen VISION ZERO, Umfrage bfu, Herbst 2002 [7]**



Aus der Befragung wird deutlich, dass eine einfache Warnung gegenüber einer Übernahme der Fahreraufgabe deutlich mehr Akzeptanz findet. Eine „Bevormundung“ der Fahrzeugführer ist nicht erwünscht. Dies zeigt sich bei den beiden Fragen bezüglich Einsatz von Sensoren zur Überwachung der Fahrtüchtigkeit. Mit zunehmendem Interventionsgrad der Ausrüstungssysteme wird ebenfalls der Freiheitsgrad des Lenkers vermindert. Ein gelenktes und reglementiertes Fahren widerspricht ebenfalls der Fahr-Motivation „Freude am Autofahren“, Ausdruck der Individualität“ oder Demonstration hoher Selbsteinschätzung. Die Selbsteinschätzung ist mit ein Grund für die geringe Akzeptanz „bevormundender“ Systeme: Die Fahrer halten sich überwiegend für gute oder sehr gute Fahrer. Das eigene Fahrkönnen wird allgemein überschätzt wohingegen das Unfallrisiko unterschätzt wird. Dies konnten ebenfalls Aebischer et al [2]. aufzeigen, welche 1000 Führerscheinbesitzer in der Schweiz befragt und die Ergebnisse ausgewertet haben. Von den Befragten schätzen sich 13% als sehr gute und 55% als gute Fahrer ein. Hingegen beurteilen nur 29% ihre fahrerischen Fähigkeiten als „mittel“ und 2% als „nicht so gut“/„gar nicht gut“. Geschlechtsspezifische Unterschiede konnten ebenfalls aufgezeigt werden, so haben Männer mit einer geringen jährlichen Fahrleistung ein deutlich besse-

res Bild von sich als Autofahrer als die Frauen mit derselben niedrigen Fahrleistung. Mit zunehmender Fahrleistung steigt die Selbsteinschätzung vor allem auch bei den Frauen, so dass sich die Frauen mit hoher Fahrleistung (>30'000 km/Jahr) fast so gut einschätzen wie die Männer.

In einer Untersuchung von Grimmer et al. [29], in welcher 1'074 Personen<sup>20</sup> bezüglich ACC-Systemen befragt wurden, würden 86% der befragten Personen das Assistenzsystem bei Bedarf gerne abschalten können. 50% der Personen gaben an, dass sie sich beim Fahren mit ACC unsicherer fühlen würden. 60% haben das Gefühl, die Kontrolle über das Fahrzeug abzugeben, sowie 45% sehen einen Verlust der Fahrfreude beim Einsatz eines solchen Systems.

Vor allem gegenüber neuen Systemen, die unbekannt sind, sind Fahrzeuglenker eher kritisch eingestellt. Dies zeigte sich beim Grossversuch mit elektronischer Geschwindigkeitsübermittlung in vier schwedischen Städten [72]/[74]. Vor dem Versuchsdurchlauf waren nur 40% der beteiligten Personen positiv gegenüber Geschwindigkeitswarnsystemen im Fahrzeug eingestellt. Nachdem sie das System getestet hatten, waren es dann 80%. Ebenfalls änderte sich die Einstellung bezüglich Geschwindigkeitsinformationssystemen (70% gegenüber anfänglich 35%) sowie unterstützenden Systemen, welche direkt in die Fahrzeugsteuerung eingreifen (45% gegenüber 20%). Auch hier zeigt sich, dass eine Informationshilfe stärker akzeptiert ist als ein direktes Eingreifen. Die selben Erkenntnisse bezüglich Akzeptanz konnten Falk et al. [21] in den Feldtests mit zwei unterschiedlichen Geschwindigkeitsbegrenzungssystemen aufzeigen. Nach dem Test bevorzugten drei Viertel der Fahrer das System, welches den Fahrer nur per akustischem Signal warnt und nicht jenes, welches aktiv in die Fahrsteuerung eingreift.

Die Akzeptanz ist auch abhängig von den Verkehrsteilnehmern selbst. Merkmale wie Alter, Fahrerfahrung und Persönlichkeitsstruktur (Flexibilität, Stresstoleranz, Risikobereitschaft u.a.) der Fahrer müssen bei der Einführung innovativer Technologien berücksichtigt werden. Die Fahrermerkmale sind jedoch im Zeitverlauf nicht konstant. Tagesform, Fahrtzweck (beruflich oder privat), Orientiertheit, Beeinflussung durch Beifahrer etc. beeinflussen das Fahrverhalten. Entsprechend kommt der Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) eine besondere Bedeutung zu, vor allem bei Systemen, bei denen der Fahrer Informationen/Warnungen zu interpretieren hat und dann darauf reagieren soll. In wissenschaftlichen Forschungsinstituten wird mit Hilfe von Fahrsimulatoren<sup>21</sup> untersucht, welche Prozesse beim Fahren ablaufen. Im frühen Stadium der Systementwicklung können so ergonomische Aspekte bezüglich Handling untersucht werden. Unterschiedliche Varianten von Displays, Rückmeldesystemen etc. können

---

<sup>20</sup> Personen hatten das System vorgängig nicht gekannt

<sup>21</sup> Die Fahrsimulatoren befinden sich auf einem hohen Entwicklungsstand. Vor allem die immersiven Fahrsimulatoren, bei welchem der Testfahrer in einem realen Fahrzeug sitzt, bilden das Fahrempfinden sehr wirklichkeitsgetreu nach.

getestet sowie bestimmte vorhergesagte Verhaltensaspekte überprüft und unerwünschte Nebenwirkungen festgestellt werden.

Die Risikowahrnehmung spielt bei der Akzeptanz der Systeme ebenfalls eine Rolle, in Abhängigkeit davon, inwieweit ein Assistenzsystem in der Lage ist, Ängste vorwiegend bezüglich besonderer Gefahren zu nehmen, die man selbst nicht unter Kontrolle hat. So besteht beispielsweise eine hohe Akzeptanz des Systems, welches beim Fahren auf Glatteis Unterstützung bietet (Angst vor Glatteis ist sehr gross). Hingegen werden Systeme, die Fahrzeugabstand oder –geschwindigkeit beeinflussen, weniger akzeptiert, da diesbezüglich eine höhere Risikobereitschaft auch aufgrund der Erfahrung, dass es meistens gut geht, besteht.

### **8.2.2 Kompensatorische Effekte**

Ein wichtiger Punkt ist, wie Fahrer mit der entlastenden Funktion der Assistenzsysteme umgehen. Können die Sicherheitsgewinne vollumfänglich genutzt werden oder tritt eine Verhaltensanpassung ein, welche die Sicherheitswirkung massgeblich reduziert? Der Begriff Verhaltensanpassung (Behaviour adaptation) ist dabei negativ besetzt und bedeutet, dass Verkehrsteilnehmer auf neue oder veränderte Gegebenheiten, die im gesamten Verkehrsbereich eintreten können, in einer nicht geplanten, negativen Weise reagieren.

Für ACC-Systeme wurde in zahlreichen Forschungsarbeiten die Interaktion zwischen Assistenzsystem und Lenker ausführlich untersucht. Die Forschungsergebnisse lassen grundsätzlich auf Verhaltensanpassung auch bei den übrigen Assistenzsystemen schliessen.

Becker et al. (1994) zeigte auf, dass es in Abhängigkeit der jeweiligen situativen Bedingung zu Veränderungen im Fahrverhalten kommt. Augenbewegungsanalysen zeigten, dass der Fahrer in Situationen mit geringer mentaler Belastung das Unterstützungssystem ausnutzte, um seine Aufmerksamkeit nicht fahrrelevanten Tätigkeiten zuzuwenden (Radio einstellen u.a.). Dies zeigte sich zum einen im verlängerten Betrachten von Ersatzobjekten (z.B. Display des ACC-Systems) und einem damit gleichbedeutenden Rückgang der Aufmerksamkeit in Bezug auf das unmittelbare Verkehrsgeschehen bei eingeschaltetem ACC. Die Befunde deuten darauf hin, dass während der Fahrzeugführung, aufgrund der gesunkenen mentalen Belastung und einer damit einhergehenden veränderten subjektiven Risikoeinschätzung, die Aufmerksamkeit länger von der Verkehrssituation weg auf andere Tätigkeiten gerichtet wird und dadurch unter Umständen ein riskanteres Fahrverhalten provoziert wird. Färber et al. [22] kommen zu ähnlichen Erkenntnissen. In einem gross angelegten Feldversuch zur Evaluation des Informations-Managers werden die Fahrzeugunterstützungssysteme Rückschaukameras und Distanzregelung (ACC im Stop & Go-Verkehr) untersucht. Sie kommen zum Schluss, dass Fahrzeugführer eine Art konstantes Beanspruchungsniveau herstellen. Sie nutzen die Entlastung, die durch Informationsmanagement oder Unterstützungssysteme geboten werden, für eine Veränderung

ihres Verhaltens. Das zeigt sich unter anderem darin, dass die Blickdauer auf die Displays mit zunehmender Assistenzfunktion zunimmt.

Chaloupka et al. [5], welche mittels Verhaltensbeobachtungen in mit ACC-Systemen ausgerüsteten Testfahrzeugen vorgängig definierte Hypothesen der Verhaltensveränderungen überprüft haben, kommen zu folgenden weiteren Erkenntnissen:

- Wenn die Ausrüstung den Handlungsspielraum des Lenkers einschränkt, dann ist mit negativen Gefühlsregungen des Lenkers zu rechnen. So wird teilweise das ACC bewusst ausgeschaltet, um dichter auffahren zu können. Knappes Auffahren ist offensichtlich für einige Lenker eine Art „Kommunikation“. Sie soll eine Beschleunigung oder eine Fahrstreifenfreigabe des Vordermannes bewirken.
- Bei Fahren mit dem ACC-System wurden vor allem gegenüber ungeschützten Verkehrsteilnehmern (Fussgänger/Fahrradfahrer) häufiger Sicherheitsfehler gemacht. Es wurde auch oft zu spät geblinkt.
- Ohne ACC-System verzögerten die Fahrer frühzeitiger vor Kreuzungen.
- Ein Verhaltenstransfer von der Autobahn in den Stadtverkehr, wo die Ausrüstung gar nicht funktioniert, konnte beobachtet werden. Dass man sich auf die Ausrüstung konzentriert und etwas weniger auf die Umwelt, konnte ebenfalls im Stadtverkehr beobachtet werden.
- Risikokompensation (Risiko-Homöostase<sup>22</sup>) kann angenommen werden. So konnte bei Personen, die in den vorgängigen Interviews angaben, dass sie dem System vertrauten, ein Verhalten beobachtet werden, aus dem sich schliessen lässt, dass sie durch die offensichtlich wahrgenommenen Vorteile mehr Sicherheit empfanden. Sie fuhren im Vergleich zu anderen Fahrzeuglenkern häufiger über dem Limit, behinderten andere Lenker häufiger und wechselten seltener die Spur.
- Unterschiedliche Akzeptanz der unterschiedlichen Einflussstufen der Ausrüstung konnte bestätigt werden. Das System, welches aktiv in das Fahrgeschehen eingreift wurde positiver bewertet als jenes, welches nur eine Warnung/Info gibt. Dies ist damit zu erklären, dass manche Lenker sich offenbar auf den Komfort, den das System bietet, einlassen können.
- Positive Veränderungen konnten bezüglich homogeneren Geschwindigkeiten und korrekterer Sicherheitsabstände zum Vordermann beobachtet werden.

---

<sup>22</sup> Die Wirkung von neu eingeführten Sicherheitsmassnahmen kann dadurch kompensiert, oder sogar *überkompensiert* werden, wenn im Wissen um diese zusätzliche objektive Sicherheit das Fahrverhalten risikoreicher wird. Dadurch wird letztlich das absolute Niveau der Sicherheit konstant gehalten, bzw., bei Überkompensation, sogar erniedrigt.

In weiteren Studien (Van Arem et al. [60] u.a.) konnte beobachtet werden, dass die Fahrer des mit einem ACC-System ausgerüsteten Fahrzeugs vermehrt auf der Überholspur verbleiben, um nicht immer von einem vorausfahrenden Fahrzeug abgebremst zu werden. Van Arem et al. zeigen ebenfalls auf, dass sich der Einsatz von ACC-Systemen positiv auf die Verkehrssicherheit auswirkt. Als Sicherheitskriterium werden die Time-To-Collision-Werte bewertet. Die Time to Collision beschreibt den Zeitraum, der bei einer unveränderten Einhaltung der Geschwindigkeitsdifferenz zweier aufeinanderfolgender Fahrzeuge vergeht, bis es zu einem Unfall kommen würde. Mit zunehmendem Ausrüstungsgrad der Fahrzeuge tritt ein Rückgang des Anteils geringer TTC-Werte ein und eine gleichmässige Geschwindigkeitsverteilung ist zu beobachten. Beides führt schlussendlich zu einer Verminderung des Unfallrisikos.

Im Projekt EMPHASES [12] wurden die Systeme ACC und Querführung (Heading Control, HC), je ein System zur Längs- und zur Querführung, ausführlich mit Fahrsimulatoren untersucht. Unter dem Aspekt der Belastung und Beanspruchung ergab sich generell, dass informierende Systeme (visuelles ACC, akustisches HC) den Fahrer deutlich mehr beanspruchen als eingreifende Systeme. Beim visuellen ACC konnte aufgezeigt werden, dass eine hohe Informationsdichte sich gerade in kritischeren Situationen des Annäherns negativ auf die Fahrpräzision und damit auch auf die Fahrsicherheit auswirken kann.

Das ACC als handlungersetzendes System führt dazu, dass der Fahrer dem System die Längsregulation weitgehend überlässt. Im Langzeitversuch zeigte sich, dass die Fahrer teilweise ihren Fahrstil so verändern, dass die Systemfunktionen nicht abschalten (Verhaltensadaptation). Die deutliche Entlastung des Fahrers in der Längsregulation führt aber nicht zu einer Verbesserung der Querregulation. Die durch ein Assistenzsystem freiwerdenden Ressourcen werden nicht an anderer fahrrelevanter Stelle eingesetzt. Die Entlastung in der Längsregulation führt zu einem Rückzug des Fahrers aus der gesamten Stabilisierungsaufgabe und schlägt sich damit auch in einer schlechteren Spurhaltung nieder. Dieser Effekt tritt bei der HC mit seiner haptischen<sup>23</sup> Rückmeldung von Spurabweichungen nicht ein. Da das HC mit seinen kurzen Aufschaltungen von Momenten kein Querführungssystem ist, wird der Fahrer durch die von ihm zu dämpfende Systemaktion im Regelkreis gehalten. Positiv zu werten ist die Kombination von ACC und HC. Das HC ist in der Lage, auch bei automatischer Längsregulation den Fahrer im Regelkreis zu halten.

Weiter konnte bei dieser Studie aufgezeigt werden, welche Auswirkungen der zunehmende Grad der Automation auf Aufmerksamkeit und Handlungsbereitschaft haben. Mussten die Fahrer bei hohem Automatisierungsgrad (90%) handeln, so vergrösserte sich die Reaktionszeit gegenüber manueller Bedienung um 25%. Der Wechsel vom Monitoring zum Controlling (task switching) ist mit erheblichem kognitiven Aufwand verbunden.

---

<sup>23</sup> den Tastsinn betreffend



Neben dem Einfluss auf die Reaktionszeit kann die zunehmende Automatisierung auch zu einem Verlust an Fahrgeschicklichkeit führen. In kritischen Momenten reagiert der Fahrer nicht richtig, da er mit der Fahreraufgabe nicht mehr vertraut ist.

Eine solche sekundäre Beeinträchtigung im Zusammenhang mit FFU-Systemen zeigt auch Brown [11] auf. Bezüglich der Verhaltensadaption weist er auf entsprechende negative Kopplungen bei Müdigkeitswarnsystemen hin:

- Überhöhtes Vertrauen in die Systemfunktionen kann dazu führen, dass Fahrer die selbständige Überwachung ihres Eigenzustandes vernachlässigen und das System „als Wecker“ verwenden.
- Aufgrund einer zu hohen Rate sogenannter „falscher Alarme“, die letztlich auf die noch nicht zu 100% zuverlässige Erkennung des tatsächlichen Fahrerzustandes zurückführbar ist, könnten sich die Nutzer angewöhnen, die Warnungen des Systems zu ignorieren.

### 8.2.3 Mensch-Maschinen-Schnittstelle (MMS)

Wird das ganze System „Fahrer-Fahrzeug-Umwelt“ betrachtet, so wird deutlich, dass bei der Fahrzeugführung im Strassenverkehr die Rückwirkung innerhalb dieses Systems eine wichtige Rolle spielt. Die Fahrer haben neben der Beeinflussung durch informierende und warnende Systeme Fahreraufgaben zu erfüllen. Bei der Auswahl der für den Fahrer notwendigen Informationen ist eine mögliche Überlastung zu berücksichtigen. Es kommt zu einem Interessenskonflikt zwischen einer möglichen Informationsüberlastung und dem Informationsbedürfnis des Fahrers. Um diesen vor einer Informationsüberlastung zu schützen, bedarf es einer Filterung (Priorisierung der Information), die die Informationsausgabe nur unter bestimmten Randbedingungen zulässt. Es bedarf eines Informationsmanagers. Gemäss Färber et al. [22] hat dieser auf einer Katalogisierung der Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssysteme zu basieren. Aufgrund von Parametern wie Wichtigkeit der Information, Ablenkung des Fahrers durch die Information bzw. gegenwärtige Fahrsituation werden die Informationen entweder nur im Ruhezustand des Fahrzeugs dargestellt, sofort an den Fahrer weitergeleitet oder dem Fahrer erst in einer ruhigen Verkehrssituation übermittelt.

Die Umsetzung dieses Konzepts von Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemen ist an zwei Bedingungen geknüpft: Zum einen muss nachgewiesen werden, ob eine situationsangepasste Informationsdarstellung die Verkehrssicherheit positiv beeinflusst und von den Fahrern akzeptiert wird, zum andern müssen Module erarbeitet werden, die eine Abschätzung der Fahrerbeanspruchung und der Verkehrssituation ermöglichen.

#### 8.2.4 Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit

Bemühungen, die Effekte von Fahrerassistenzsystemen auf verkehrliche Auswirkungen abzuschätzen, zeigen ein breites Spektrum an denkbaren Veränderungen. Überwiegend stehen die Ergebnisse von Untersuchungen unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit. Zudem sind sich die Experten einig, dass Kapazitätsreserven der Strassen durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen freigesetzt werden können. Mittels Simulationen können Szenarien erzeugt werden, in denen Fahrzeuge mit Fahrerassistenzsystemen neben herkömmlichen Fahrzeugen existieren, um so Effekte auf die Leistungsfähigkeit untersuchen zu können. So zum Beispiel das in den Niederlanden entwickelte Modell MIXIC (Microscopic Model for Simulation of Intelligent Cruise Control), welches Streckenabschnitte von Autobahnen abbildet und mit einem speziellen ACC-Modell die Wechselwirkungen zwischen Fahrzeugen, Fahrer und automatisierten Systemen simuliert. Sowohl Van Arem et al. [60] mit dem MIXIC Modell, als auch Wallentowitz et al. [64] mit dem ebenfalls submikroskopischen Modell PELOPS, welche Verkehrsabläufe auf Autobahnen bewerteten, kommen zum Schluss, dass eine leichte Steigerung der Leistungsfähigkeit zu erreichen ist. Dies jedoch nur, wenn die Zielabstände (Zeitlücken) der ACC-Systeme innerhalb der von menschlichen Fahrern gewählten (0.8s bis 1.2s) liegen. Werden grössere Zielabstände gewählt, hat das eine Reduktion der Leistungsfähigkeit zur Folge. Die durch Zielabstände von 1.5s entstehenden grossen Weglücken veranlassen ebenfalls unausgerüstete Verkehrsteilnehmer, Spurwechsel durchzuführen und sich vor ACC-Fahrzeugen einzugliedern. Hierauf reagiert das Assistenzsystem zur Wiederherstellung des vorgegebenen Zielabstandes mit einem Abbremsen. Im dichten Verkehr führt das zu deutlichen Inhomogenitäten des Verkehrsflusses.

ACC-Systeme mit Stop-&-Go-Funktion wirken sich vor allem im dichten Stadtverkehr positiv auf die Leistungsfähigkeit aus. Die Anfahrfunktion des Reglers wirkt sich durch die häufigen Anfahrvorgänge positiv im Vergleich zum Fahrer aus, der reaktionszeitbehaftet ist. Stausituationen lösen sich dadurch schneller auf. Bei 100% Ausrüstung der Fahrzeuge mit solchen Systemen kann die Verkehrsstärke im städtischen Verkehr um bis ca. 25% gesteigert werden.

Da sich ein grosser Teil der schweizerischen Stauprobleme auf Stadtstrassen befinden, kann erwartet werden, dass mit dem Einsatz von ACC-Systemen neben der Erhöhung der Sicherheit auch eine verbesserte Durchfluss möglich ist. Anhand der Erkenntnisse der Forschung bei ACC-Systemen zeigt sich jedoch, dass die entstehenden Verbesserungen bezüglich Leistungsfähigkeit ebenfalls stark von der Ausbildung des Systems selber abhängen. Vermögen Systeme vor allem Komfortansprüche decken, kann das ein Verlust an Leistungsfähigkeit bedeuten.

Aufgrund der allgemeinen Verkehrszunahme in den letzten Jahren sowie der weiter steigenden Verkehrsnachfrage treten zunehmend Überlastungen des Strassennetzes auf. Es werden grosse Anstrengungen gemacht, die Verkehrsprobleme durch bauliche und betriebliche Massnahmen zu entschärfen. Diese stossen jedoch oft an räumliche oder finanzielle Grenzen.

Fahrzeugführerunterstützende Systeme können auch einen Beitrag zum Lösen von Verkehrsproblemen leisten. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit kann dieser wichtige Aspekt nur am Rande beleuchtet werden. Es ist in diesem Zusammenhang bedeutsam, dass einige Systeme ein beträchtliches Potenzial zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit aufweisen. Weitere Untersuchungen bezüglich dieser Forschungslücke, vor allem auch in Hinblick auf die Anwendbarkeit bezüglich schweizerischer Verhältnisse, sollten durchgeführt werden.

### 8.2.5 Weitere Effekte

#### **Auswirkung der mit FFU-Systemen ausgerüsteten Fahrzeuge auf nicht ausgerüstete Fahrzeuge.**

Ein weiterer potenzieller Konfliktbereich besteht beim Aufeinandertreffen von ausgerüsteten und nicht ausgerüsteten Fahrzeugen. Das Verhalten von Lenkern ausgerüsteter Fahrzeuge für nachfolgende Lenker nicht ausgerüsteter Fahrzeuge ist unter Umständen schwer nachvollziehbar und kann neue Gefahrenquellen ergeben. Der plötzliche Einsatz der Systeme Automatic Cruise Control (ACC), Collision Warning (CW) oder Collision Avoidance (CA) kann durch Umwelteinwirkungen (z.B. Vogel dicht vor dem Sensor) oder durch Beschädigungen hervorgerufen werden. Zur Bewertung der Risikopotenziale, die aufgrund unerwarteter Bremsaktionen durch Assistenzsysteme für die nachfolgenden Verkehrsteilnehmer entstehen können, entwickelte Wallentowitz et al. [64] ein Szenario, bei dem Fahrzeugführer auf unterschiedliche systembedingte Verzögerungswerte reagieren müssen. Auf die durch die Assistenzsysteme ACC und CW ausgelösten Bremsaktionen können die nachfolgenden Fahrer reagieren und vor dem Hindernis anhalten. Die Notfallbremsung des Kollisionsvermeidungssystems (CA, inkl. Einsatz des Bremsassistenten) stellt den kritischen Fall dar, da der direkt folgende Fahrer trotz eigener Notfallbremsung einen Unfall nicht verhindern konnte.

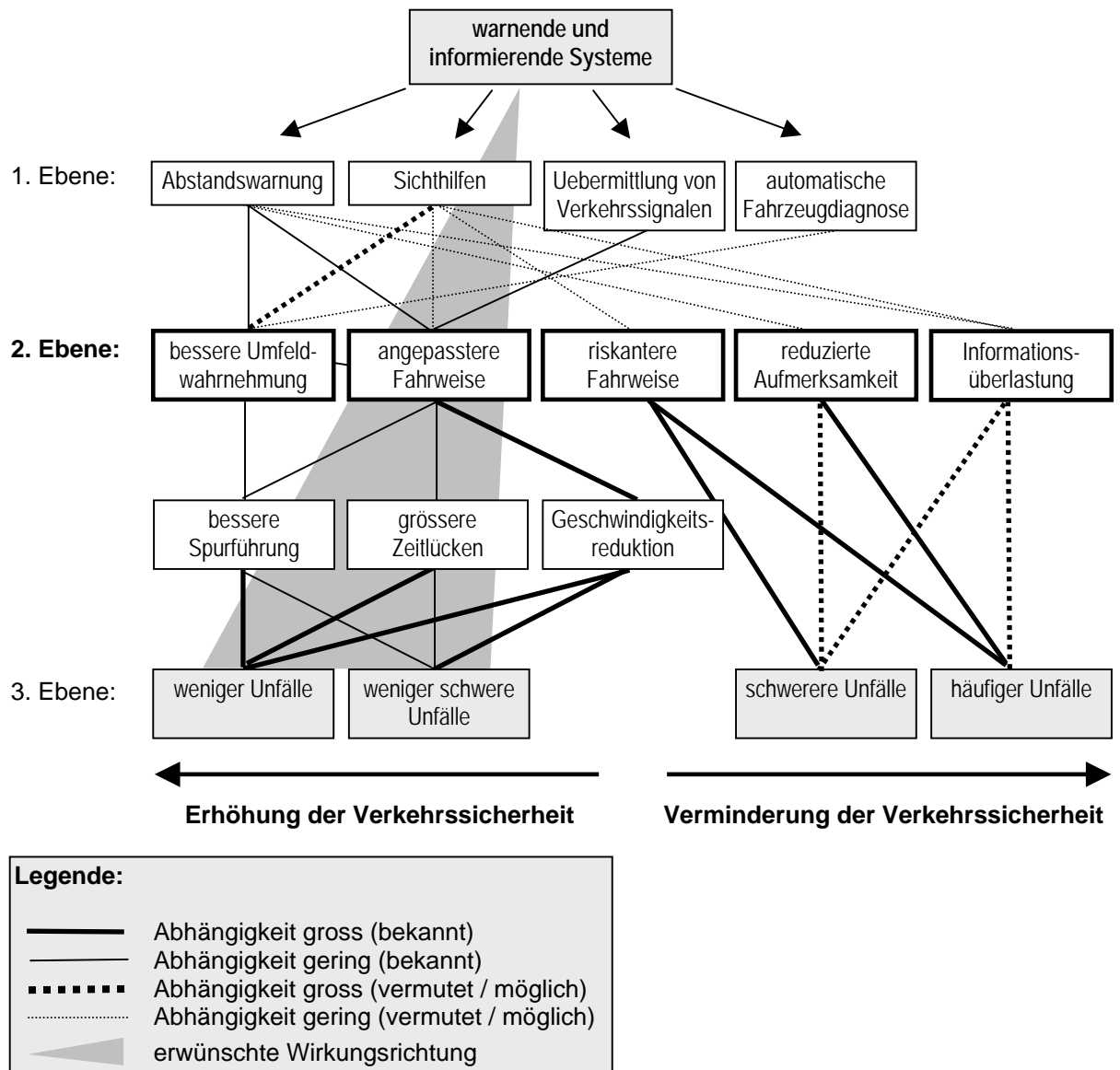
### 8.2.6 Wirkungsketten

Für eine bessere Beurteilung der Zusammenhänge ist eine Differenzierung nach Wirkungsketten zweckmässig. Diese Wirkungsketten zeigen die mutmasslichen oder auch nur möglichen Wirkungen auf den verschiedenen Ebenen zwischen den fahrzeugführerunterstützenden Systemen und der Auswirkung auf die Verkehrssicherheit.

Die Gliederung der Wirkungsketten erfolgt nach folgendem Schema:

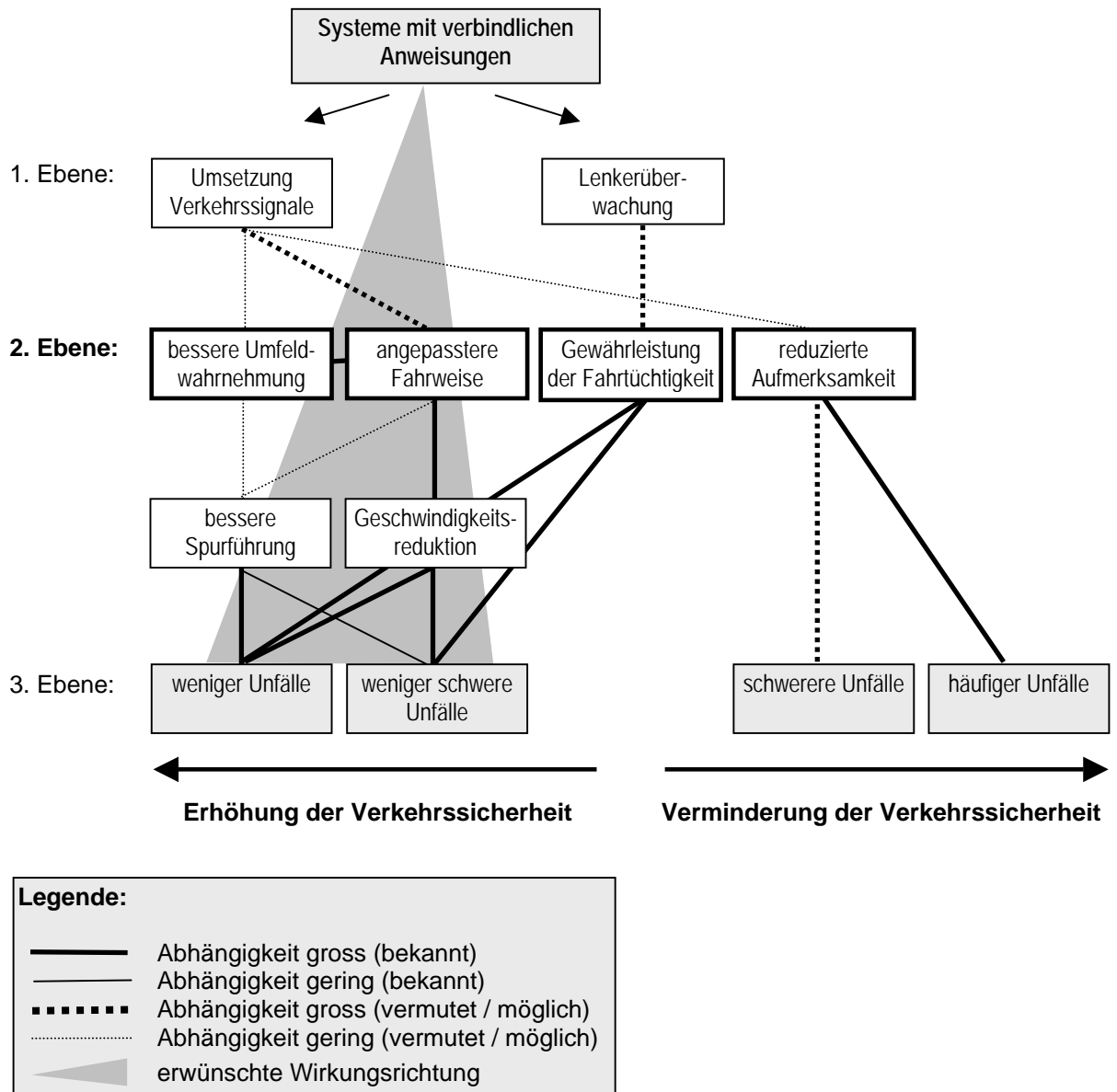
1. Ebene: FFU- Systeme
2. Ebene: Reaktion auf Mensch / Fahrzeug
3. Ebene: Wirkung auf Unfallgeschehen / Verkehrssicherheit

Abb. 8.4 Wirkungskette „warnende und informierende FFU-Systeme“



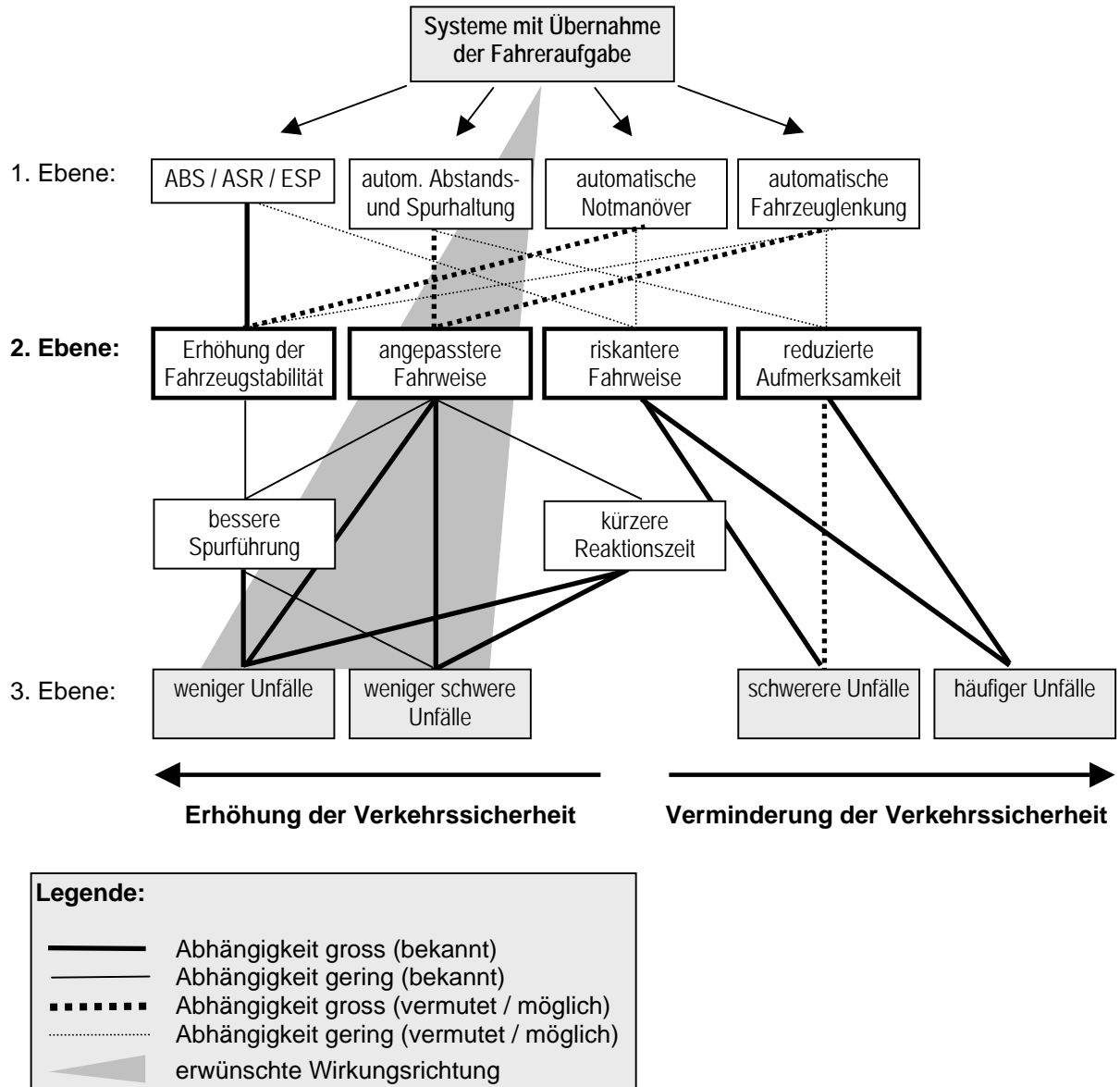
Die Auswirkungen der warnenden und informierenden FFU-Systeme (1. Ebene) binden den Fahrzeugführer in die Reaktion ein. Da die Anweisungen unverbindlich sind, unterstützen sie den Fahrzeugführer, greifen jedoch nicht direkt in die Steuerung ein. Die Abhängigkeit zu den Reaktionen ist deshalb oftmals nicht gross. Allenfalls erzeugte Reaktionen (2. Ebene) können jedoch direkt mit einer Veränderung des Unfallgeschehens in Verbindung gesetzt werden (3. Ebene).

Abb. 8.5 Wirkungskette „FFU-Systeme mit verbindlichen Anweisungen“



Die Systematik mit verbindlichen Anweisungen erzeugt eine direkte Beziehung zwischen den Ebenen 1 und 2. Neben den positiven Effekten auf die Verkehrssicherheit können auch allfällige negative Effekte wie reduzierte Aufmerksamkeit (vgl. sekundäre Effekte) in Beziehung gesetzt werden.

Abb. 8.6 Wirkungskette „FFU-Systeme mit Übernahme der Fahreraufgabe“



Aufgrund der gesamtheitlichen Übernahme von Fahreraufgaben durch die Systeme können von Fahrzeugführern erzeugte Fahrfehler vermieden oder dessen negative Auswirkungen stark vermindert werden. Solche umfassende und komplexe Systeme stehen meist erst im Entwicklungsstadium, so dass oftmals nur vermutete Effekte auf das Fahrgeschehen und somit auf die Verkehrssicherheit aufgezeigt werden können.

## 9. Expertenbefragung

### 9.1 Vorgehen

Bei vielen FFU-Systemen, insbesondere denen mit komplexen Regelungskreisläufen, ist die Entwicklung noch im Gang resp. die Marktreife noch nicht erreicht. Entsprechend fehlen hierzu noch weitgehend verlässliches Datenmaterial und Erkenntnisse zu Sicherheitswirkungen, Akzeptanz und gegenläufigen Wirkungen. Insbesondere bei letzteren bestehen noch grosse Unsicherheiten. Über eine Befragung von rund 30 Experten wird deshalb das Bild abgerundet, um so die Erkenntnisse zu vertiefen. Als Experten werden Personen oder Institutionen angesehen, die sich mit der Forschung oder Entwicklung sowie den Wirkungen von FFU-Systemen im In- und Ausland vertieft auseinandersetzen. Der Fragebogen wurde inkl. Begleitschreiben des ASTRA elektronisch verschickt. Für Experten in nicht deutschsprachigen Ländern wurde der Fragebogen ins englische übersetzt.

### 9.2 Fragebogen

Der Fragebogen umfasst allgemeine Fragestellungen, Fragen zu Sicherheitswirkungen und solche zu sekundären Effekten. Insbesondere interessieren die Einschätzung

- des Sicherheitspotenzials / der Sicherheitswirkung
- der Akzeptanz und der Verbreitungsgeschwindigkeit von FFU-Systemen
- allfälliger Abhängigkeiten zwischen den Systemen
- allfällig gegenläufiger Wirkungen

Um eine hohe Antwortquote innerhalb der gesetzten Frist zu erreichen, sind einzelne Fragen relativ pauschal gehalten. Dadurch ist der Fragebogen vergleichsweise kurz und die Zahl der Fragen angesichts der Komplexität des Themas eher niedrig.

Die Antwortmöglichkeiten sind mit Blick auf die Auswertung relativ allgemein formuliert, können aber durch differenzierte Kommentare ergänzt werden.

Der vollständige Fragebogen befindet sich im Anhang.

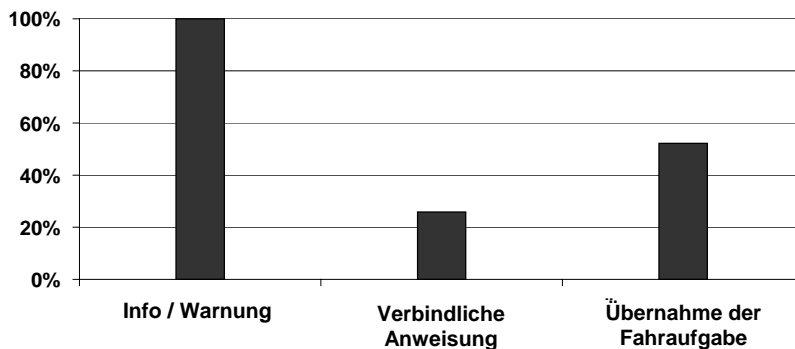
## 9.3 Ergebnisse

### 9.3.1 Allgemein

Insgesamt wurden 32 Experten um eine Einschätzung gebeten. Für die Auswertung konnten schliesslich 23 ausgefüllte Fragebogen berücksichtigt werden (Rücklaufquote ca. 70%). Nachfolgend werden die Ergebnisse der Befragung dargestellt.

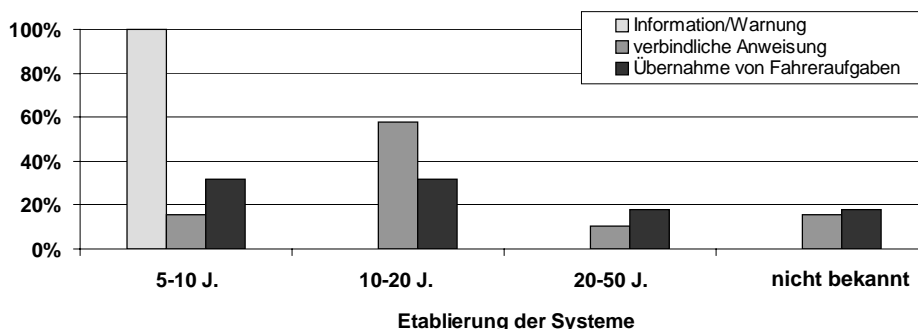
### 9.3.2 Auswertung der allgemeinen Fragen (Teil A)

**Abb. 9.1 Systeme, welche sich am stärksten durchsetzen können (1.2)**  
(Mehrfachantworten möglich)



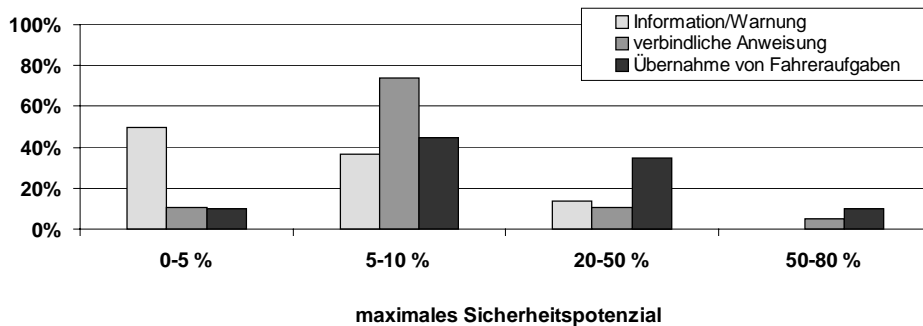
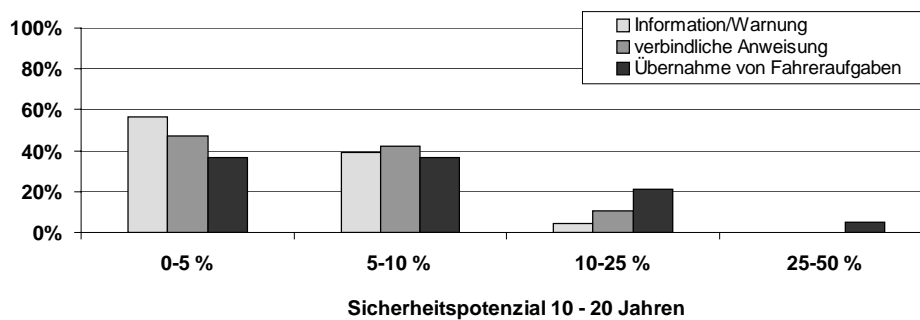
Es wird erwartet, dass sich vor allem Systeme durchsetzen, welche den Fahrzeugführer mit Information und Warnung bei der Fahraufgabe unterstützen. Diese Systeme können auch schneller die Marktreife erlangen, da weniger komplexe Steuerungen nötig sind.

**Abb. 9.2 Ab wann werden die Systeme auf dem Fahrzeugmarkt etabliert sein (1.3)**



Nur von Informations-/Warnungssystemen wird erwartet, dass sie bereits in naher Zukunft auf dem Markt sind und verbreitet eingesetzt werden. Stärker in die Fahrzeugsteuerung eingreifende Systeme werden demgegenüber erst mittel- bis längerfristig Verbreitung finden.



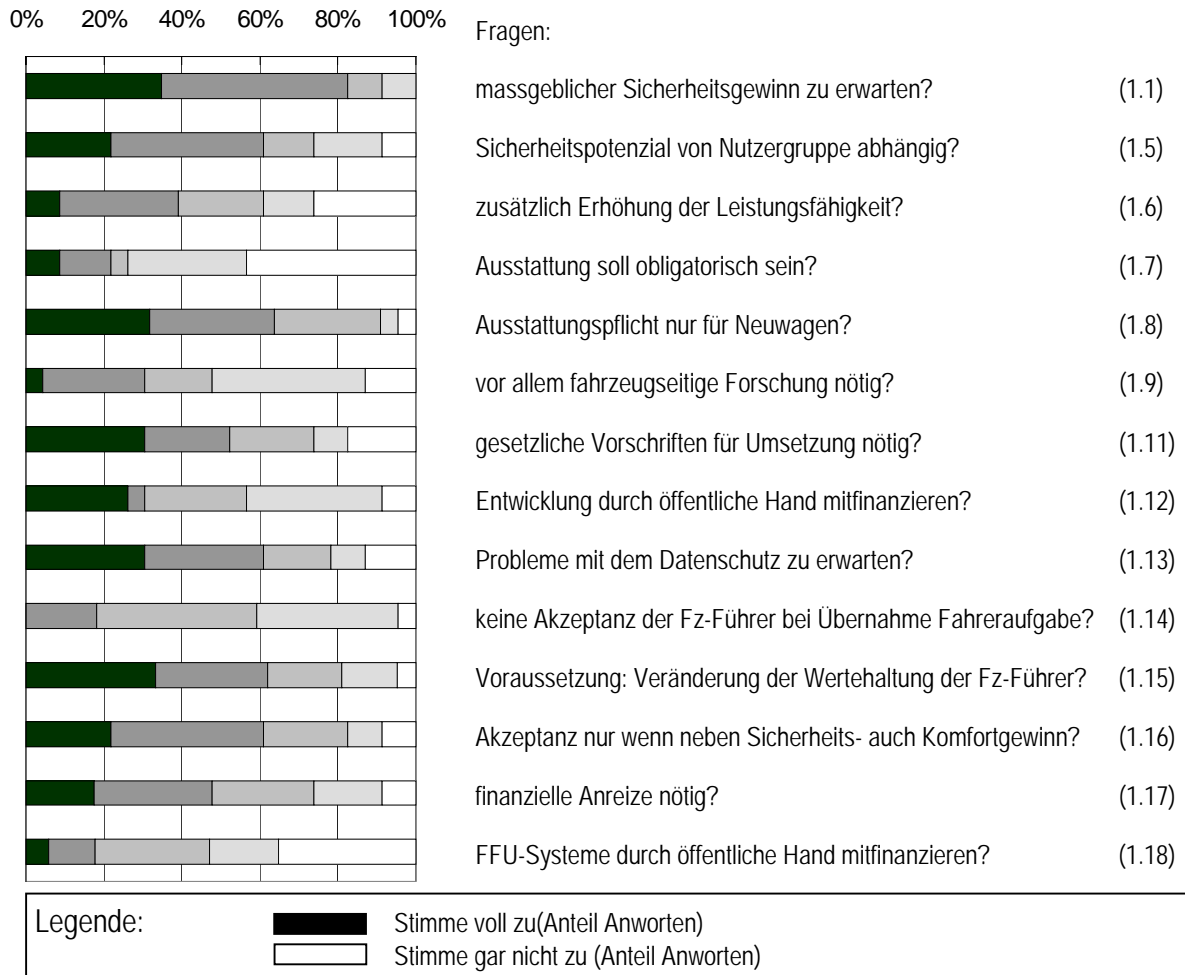
**Abb. 9.3 Erwartetes Sicherheitspotenzial bei flächendeckender Verbreitung (1.4a)****Abb. 9.4 Erwartetes Sicherheitspotenzial gemäss realistischen Erwartungen (1.4b)**

Bei flächendeckender Verbreitung wird FFU-Systemen mit informierender resp. warnender Funktion grundsätzlich ein Sicherheitspotenzial von im Mittel lediglich 5-10 % zugesprochen. Ein höherer Sicherheitsgewinn wird demgegenüber von Systemen mit verbindlichen Anweisungen (10-15%) und von der Übernahme von Fahreraufgaben (15-20%) erwartet.

Ein ähnliches Bild, wenn auch teilweise abgeschwächt, zeigt sich bei den Antworten bezüglich realistischer Umsetzungserwartungen. Die Sicherheitserwartungen werden vor allem bei den Systemen mit verbindlichen Anweisungen und Übernahme der Fahreraufgaben nach unten korrigiert.

Ein Teil der Fragen konnte durch Zustimmung (5 Klassen) beantwortet werden. Die folgende Abbildung zeigt die Prozentverteilung (je dunkler die Balken, desto grösser die Zustimmung).

**Abb. 9.5 Fragen nach Zustimmungsanteil (1.1 - 1.18)**

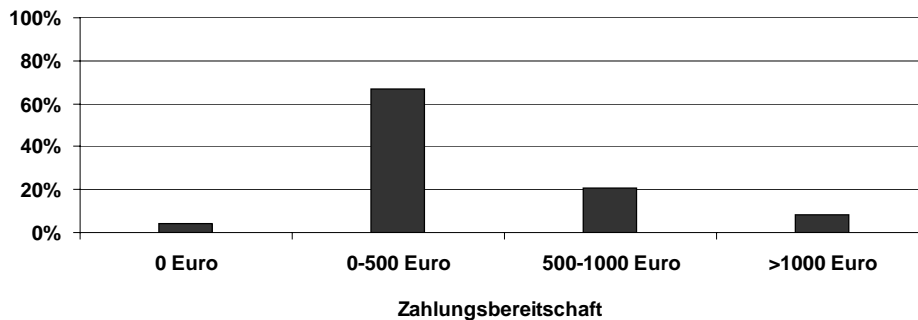


Die grösste Zustimmung zeigt sich bezüglich des zu erwartenden Sicherheitsgewinns (Frage 1.1, mehr als 80% der Befragten stimmen voll oder teilweise zu) sowie bezüglich der Aussage, dass für eine erfolgreiche Umsetzung eine Veränderung der Werthaltung der Fahrzeugführer eine Voraussetzung ist (Frage 1.15). Ebenfalls werden mehrheitlich gesetzliche Vorschriften als nötig erachtet (1.11), Probleme bezüglich Datenschutz erwartet (1.13) und die Wirksamkeit der Systeme in Abhängigkeit von der Nutzergruppe gesehen (1.5). Weiter wird erwartet, dass die Akzeptanz seitens der Fahrzeugführer nur zu erreichen ist, wenn neben dem Sicherheits- auch ein Komfortgewinn (1.16) zu erwarten ist.

Während der Ausstattungspflicht für Neuwagen zugestimmt wird (1.8), soll von einer obligatorischen Ausstattungspflicht für alle Fahrzeuge abgesehen werden (1.7). Darüberhinaus wird erwartet, dass die Fahrzeugführer eine Übernahme der Fahraufgabe eher akzeptieren als ablehnen (1.14).

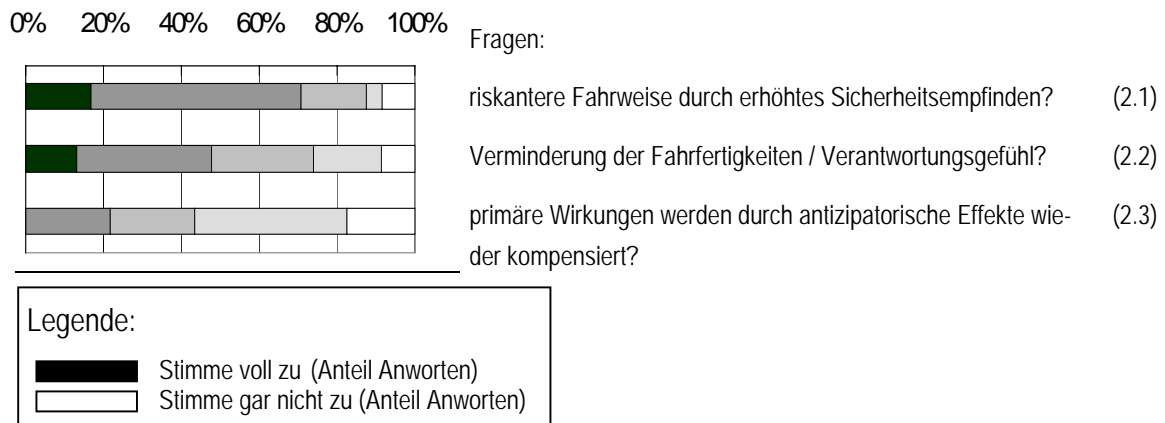
Der erste Fragebogenteil wird abgerundet durch eine Frage zur erwarteten Zahlungsbereitschaft. Ein grosser Teil der Experten erwartet, dass die Fahrzeugeigner bereit sind, in der Regel bis 500 Euro<sup>24</sup> an Zusatzkosten für FFU-Systeme zu bezahlen (vgl. Abb. 8.12). Selbstverständlich ist die Höhe der Zahlungsbereitschaft abhängig von der Systemausgestaltung.

**Abb. 9.6** Bereitschaft für Übernahme von Zusatzkosten für FFU-Systeme (1.19)



### 9.3.3 Auswertung der Fragen bezüglich sekundärer Effekte (Teil B)

**Abb. 9.7** Fragen nach Zustimmungsanteil (2.1 - 2.3)



Die befragten Experten erwarten mehrheitlich, dass unterstützende Systeme auch eine riskantere Fahrweise bewirken (2.1). Die Hälfte der Experten rechnet darüberhinaus mit einer Verminderung der Fahrfertigkeit respektive des Verantwortungsgefühls als Folge der Benützung solcher Assistenzsysteme (2.2). Nur ein kleiner Teil der Experten vertritt hingegen die Meinung, dass die sekundären Wirkungen den Sicherheitsgewinn kompensieren werden (2.3).

<sup>24</sup> entspricht gegenwärtig einem Betrag von knapp 800 Fr.

### 9.3.4 Ergänzende Bemerkungen und Fazit

Die fahrzeugführerunterstützenden Systeme können wie in Kapitel 5 beschrieben ganz unterschiedlich ausgestattet sein. Die Systeme greifen vielfältig in den Fahrzeugsteuerungsmechanismus ein und stehen auch in ganz unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Im Fragebogen konnte nicht auf einzelne Systemteilbereiche eingegangen werden. Trotz der relativ allgemeinen Fragestellung können aber Rückschlüsse gezogen werden. Dabei zielen einzelne Fragen auch auf Erfahrungen, welche die Experten in ihrer Tätigkeit gesammelt haben. Im Teil C) der Befragung konnten weitere Bemerkungen zu den vorher gestellten Fragen ergänzt werden. Damit war gewährleistet, dass einzelne Antworten vertieft begründet und umfassender dargestellt werden können.

Grundsätzlich sollen bei der Einführung von FFU-Systemen zwingend Zusatzschulungen erfolgen. Dies ist bei der Fahrerausbildung zu berücksichtigen. Im Zusammenhang mit weiteren Massnahmen wurde auch auf Tempo-Enforcement hingewiesen, das zum Ziel hat, unangepasste Geschwindigkeiten zu verunmöglichen. Ein finanzieller Anreiz für den Einsatz solcher Systeme könne beispielsweise von den Versicherungen ausgehen (reduzierte Versicherungsprämien o.ä.), dies unter der Bedingung, dass sich nachweislich ein Rückgang der Unfallschäden durch das System abzeichnet. Auch sollte eine obligatorische Einführung nur dann erfolgen, wenn ein erheblicher Sicherheitsgewinn nachgewiesen werden kann.

Bezüglich gesetzlicher Vorschriften wird darauf hingewiesen, dass normative Grundlagen bestehen müssen, bevor aktive Fahrzeugbeeinflussungssysteme eingeführt werden können. Richtlinien bezüglich Sicherheit sind zu definieren (z.B. Standard-Testverfahren, Risk-Benefit Analysen, Gestaltung der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstellen, vgl. auch VESIPO [63]). Bezüglich der Finanzierung soll die öffentliche Hand infrastrukturseitig einen Beitrag zur Einführung der Systeme leisten (Zulassung, Forschung und Bewertung der Wirkung). Dies kann jedoch nicht als Subvention im eigentlichen Sinne bezeichnet werden. Auch muss die öffentliche Hand die Rahmenbedingungen regeln, dies in direktem Kontakt mit europäischen Gremien (Europäische Wirtschaftskommission ECE u.a.), da eine Interoperabilität gefordert ist.

Bei der Marktpositionierung der Systeme spielt die Benutzerfreundlichkeit eine zentrale Rolle. Diese muss auch für Gelegenheitsfahrer und ältere Lenker gelten. Da Sicherheit häufig nicht das wichtigste Motiv für den Fahrer ist und Mobilität im Vordergrund steht, müssen FFU-Systeme, welche auf der Manöver- und Navigationsebene eingreifen, neben der Sicherheit noch weitere Zusatznutzen erfüllen. Sie sollten beispielsweise auch einen erhöhten Fahrkomfort bieten. Bezüglich Risikokompensation und Handlungsdelegation werden vor allem in der Einführungsphase neuer Systeme Probleme erwartet.

## 10. Ausgewählte rechtliche Aspekte

In dieser Untersuchung stehen Sicherheitsaspekte im Vordergrund. Es wird keine umfassende Analyse der rechtlichen Aspekte vorgenommen, obwohl dieser Bereich für die Marktfähigkeit der Fahrerassistenzsysteme von grosser Bedeutung ist. Auf ausgewählte rechtliche Aspekte soll in der Folge jedoch kurz eingegangen werden:

### Verkehrsrecht

Ignoriert der Fahrer optische oder vor allem akustische Warnsignale, wird in der Regel ein vorsätzlicher Verstoss vorliegen, der stärker geahndet werden kann als eine fahrlässige Überschreitung. Vorsätzlichkeit könnte auch dann vorliegen, wenn der Fahrer das Assistenzsystem während der Fahrt abschaltet (Wallentowitz, H. et al. [64]).

### Haftungsrecht

Im Bereich des Haftungsrechts wird zwischen Fahrerhaftung, Halterhaftung und Produkthaftung unterschieden. Der Fahrer ist bei Warn- bzw. Interventionssystemen mit Übersteuerungsmöglichkeit verantwortlich. Er haftet jedoch nicht bei Systemen, die ihm keine Möglichkeit des Überstimmens bieten. Bei einem entsprechenden Konfliktfall mit automatischer Systemreaktion kann er einen allfälligen Unfall weder durch die gebotene Sorgfalt noch durch eigene Aktion verhindern.

### Versicherungsrecht

Für jedes in Verkehr gesetzte Fahrzeug ist eine Haftpflichtversicherung vorgeschrieben. Diese deckt in der Regel Ansprüche, die durch ein Fehlverhalten des Lenkers nicht aber durch eine Fehlreaktion eines FFU-Systems verursacht werden. Was geschieht, wenn ein Fahrzeug mit Fahrerassistenzsystem in einen Unfall verwickelt ist oder ihn verursacht hat? Neben zivil- und strafrechtlichen Konsequenzen ergeben sich auch versicherungstechnische Komplikationen sowie Auswirkungen auf die Versicherungsleistungen. Versicherungsgesellschaften könnten auch jede Deckung für Schäden durch Fahrerassistenzsysteme ausschliessen. Gemäss Wallentowitz et al. [64], welche die rechtlichen Aspekte von FFU-Systemen bei Anwendung in Deutschland abklärten, erbrachte eine Anfrage bei den zehn grössten Versicherern in Deutschland keine Hinweise, ob es zu einer Sonderregelung für Fahrzeuge mit Assistenzsystemen kommen wird.

### Datenschutz (Bundesgesetz über den Datenschutz, 19. Juni 1992)

Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken bei Assistenzsystemen und die damit verbundene Intensivierung der Datenverarbeitung lassen Risiken von Persönlichkeitsverletzungen stark anwachsen. Verknüpft mit den Personendaten kann, bei einer vollkommene Übernahme der Fahreraufgabe etwa, genau aufgezeichnet werden, wo sich eine Person mit dem Fahrzeug aufhält und welche Fahrten unternommen werden (digitaler Fahrtenschrei-

ber, 5.2.1). Bei all diesen Systemen muss gewährleistet sein, dass sensible Daten nicht an unberechtigte Dritte weitergegeben werden.

### Heutige Umsetzbarkeit

Nachfolgend eine Übersicht der Systeme, welche gemäss heute bestehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen eingesetzt werden können. Systeme mit Automatismus greifen direkt in die Fahrzeugsteuerung ein.

**Tab. 10.1 Einsatz der Systeme gemäss gesetzlichen Rahmenbedingungen CH**

	Einsatz CH möglich	
	OHNE Automatismus	MIT Automatismus
Abstandswarnung (Informations-ACC)	ja	-
automatische Abstandshaltung (Adaptive Cruise Control)	-	nein (ja <sup>25</sup> )
Einparkhilfen (Parking Assistent)	ja	nein
Sichthilfen (Enhanced Vision)	ja	-
Totwinkelüberwachung (Blind Spot Monitoring)	ja	nein
Objektwarnsystem	ja	-
Informationsübermittlung (Stauwarnung, Geschwindigkeit u.a.)	ja	nein
Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen (Intelligent Speed Adaptation u.a.)	-	nein
automatische Fahrzeugdiagnose. (Onboard-Diagnostic-system)	ja	nein
Sensorik Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)	ja	nein
Anti-Blockier-System (ABS)	-	ja
Bremsassistenten	-	ja
elektronisches Stabilitätsprogramm ESP (Komb. ABS + ASR)	-	ja
automatische Spurhaltung (Heading Control)	-	nein
Spurwechselassistenten	ja	nein
Kollisionswarnsysteme (Collision warning System), ohne direkten Steuerungseingriff	ja	-
Notmanöver (Collision avoidance)	-	nein
umfassende Fahrzeuglenkung (Automated Highway u.a.)	-	nein

Grundsätzlich sind heute all jene Systeme auf dem Markt (noch) nicht einsatzfähig, welche dem Fahrer die Verantwortung über die Fahrzeugführung abnehmen (Problem des Haftungsrechts u.a.) - somit alle Systeme, welche aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen.

<sup>25</sup> Teilreaktionen möglich, vgl. System bei LW von Volvo, Kapitel 5.3.2

# 11. Verkehrspsychologische Beurteilung

(Verfasser: PD Dr. Phil. Urs Gerhard, Verkehrspsychologe, Universität Basel)

## 11.1 Einleitende Bemerkungen

Es ist nicht selbstverständlich, dass bei der Evaluation technischer Systeme psychologisches Expertenwissen eingeholt wird. Häufig geschieht dies nämlich erst im Nachhinein, wenn sich trotz technischer Raffinesse und vermeintlicher Sicherheit der Technik gravierende Anwendungsfehler bis hin zu Katastrophen ergeben. So geschehen mit Atomkraftwerken (Havarie im Reaktor Three Mile Island und Explosion des Reaktors von Tschernobyl), in der Raumfahrt (Explosion der Discovery). Grundsätzlich ist zu bedenken, dass für die Interaktion von Mensch-Maschine-Systemen *Murphy's Law* zur Anwendung kommt, welches besagt, dass *prinzipiell alles einmal schief geht, was irgendwie schief gehen kann*. Edward Murphy fasste 1949 seine langjährigen Erfahrungen als Armeeangehöriger mit der Feststellung zusammen: „*Wenn jemand die Möglichkeit hat, etwas falsch zu machen, tut er dies.*“ Wer diese fundamentale psychologische Erfahrungstatsache zur Kenntnis nimmt, ist auch bei der Einführung von Elektronik und Telematik für die Fahrzeugführerunterstützung gut beraten, nach möglichen Schwächen im System und vor allem in der menschlichen Anwendung Ausschau zu halten. Denn wie bereits ihr Name sagt, beinhalten diese Systeme nicht nur Technik, sondern wollen Mensch, Strasse und Fahrzeug eng miteinander verzahnen.

Und noch eine weitere entscheidende Erkenntnis beim Gebrauch der Technik durch den Menschen: Hauptursache von Unfällen ist bekanntlich eher selten technisches Versagen, sondern weit häufiger der falsche Umgang mit der Technik. An vorderster Stelle zu nennen sind neben den altbekannten Faktoren wie *ungenügende Ausbildung und Erfahrung, Selbstüberschätzung, ungenügendes Risikobewusstsein und Kommunikationsmängel*. Letztere spielen überall dort eine Rolle, wo Partner miteinander Informationen austauschen oder austauschen sollten. Kürzlich wäre beinahe der Bundesratsjet mit Frau Metzler an Bord abgestürzt, weil der Kopilot eine Anweisung des Captains falsch verstanden hat. Als das Flugzeug durch Fehlmanipulation in den unkontrollierten Sinkflug überging, hatten beide ungenügend Erfahrung auf dem betreffenden Flugzeugtyp, um die Situation rasch unter Kontrolle zu bringen. Das Heranziehen von Beispielen aus der Luftfahrt erfolgt deshalb, weil hier Navigationssysteme, wie sie jetzt dem Strassenverkehr bevorstehen, bereits seit langem Einzug gehalten haben. Im Umgang mit Instrumenten hat sich das falsche Ablesen, die Fehlinterpretation und das Nichtwahrnehmen von Warnsignalen sowie die Nichtbeachtung von Regeln als die häufigste Fehlerursache erwiesen.

Erfreulich am vorliegenden Bericht ist das stete Nebeneinander von sicherheitsfördernden und sicherheitsgefährdenden Aspekten elektronischer Leitsysteme. Auch das Hinterfragen, wie die Fahrer auf die vorgesehene Entlastung reagieren werden, ob sie diese nicht gar als Ent-

mündigung empfinden und wie das Verhalten bei einem Ausfall des Systems ist, zeugen von einem sorgfältig reflektierten Herangehen der Ingenieur-Autoren. Die Art und Weise, wie die möglichen Probleme antizipiert werden, belegt einen vertieften und aktuellen Wissensstand nicht nur der Telematik, sondern auch der Psychologie. Insgesamt ist der Bericht deshalb als ausgewogen zu betrachten, auch wenn er von einer positiven Nutzenerwartung geleitet ist.

Die in diesem Kapitel von den Autoren vorgesehene Beurteilung durch einen Verkehrspsychologen spielt deshalb absichtlich und betont etwas die Rolle des *Advocatus Diaboli*, um potenzielle Probleme klar sichtbar zu machen.

## 11.2 Allgemeine Probleme aus psychologischer Sicht

Mit den telematischen Systemen zur Fahrzeugführerunterstützung werden zwei ganz verschiedene Ziele angestrebt: einerseits die *Erhöhung der Verkehrssicherheit*, andererseits gleichzeitig eine *Verkehrsverdichtung* (Shladover, Zitat 41, Kap 5.3.4). Das mag ein Stück weit möglich sein. Prinzipiell aber gilt es zu erkennen, dass dies *zwei konfliktträchtige Ziele* sind. Die Vision des wie von Geisterhand gesteuerten Trosses einer Kolonne von Fahrzeugen gebietet aller Technik zum Trotz einen minimalen Sicherheitsabstand zwischen den einzelnen Fahrzeugen. Zu glauben, Autos könnten durch Telematik eines Tages so nahe aufeinander folgen wie die physisch aneinander gekoppelten Wagen einer Zugkomposition, ist aus heutiger Sicht illusorisch. Man stelle sich die Folgen bei einem Systemausfall vor! Die auf Sicherheit bedachte Telematik wird wohl eher grössere Minimalabstände vorsehen als die meisten gottvertrauenden Durchschnittsfahrer, welche die 2-Sekunden-Regel chronisch unterschreiten. Das könnte aber dazu führen, dass dieses System häufig ausgeschaltet wird, weil das Einhalten dieses Sicherheitsabstandes im dichten Verkehr das Vorankommen behindert, indem ungeduldige Fahrer in diese Abstände reindrängeln. Dies berichten Lastwagenfahrer, deren Fahrzeuge kürzlich mit solchen Systemen ausgerüstet worden sind.

Durch die automatischen Warn- und vor allem Führungssysteme kommt es zu einer *Unterforderung*, wie sie die Autoren in Kapitel 8.8.2 in Erwägung ziehen. Nur sehen wir dies nicht als mögliche Verhaltensadaptation, sondern als *zwangsläufige und gesetzmässig* erfolgende Reaktion. *Durch Unterforderung entsteht Monotonie*. Bei Monotonie wird *Aufmerksamkeit von der Fahrtätigkeit abgezogen und steht im Notfall nicht für den Eingriff zur Verfügung*. Gegen Monotonie ist kein Kraut gewachsen. An Arbeitsplätzen wird deshalb weltweit versucht, Monotonie durch Job-Enrichment abzubauen. Wie ihr trotz Telematik entgegen gesteuert werden kann, erscheint ein ungelöstes Problem.

*Risiko-Kompensation* (G. Wilde) ist ein ubiquitäres Phänomen im Strassenverkehr. Wenn Fahrzeuge und Strassen sicherer gemacht werden, tendieren die Menschen häufig dazu, die-



sen Sicherheitsgewinn durch neue gefährliche Verhaltensweisen zunichte zu machen. Auf besseren Strassen wird schneller gefahren, auf breiteren Strassen häufiger überholt etc. Es ist anzunehmen, dass viele Menschen die durch Telematik erhöhte Sicherheit zu schätzen wissen. Aber ebenso ist anzunehmen, dass sich ein nicht näher zu beziffernder Anteil von Verkehrsteilnehmern *kontraproduktiv* verhalten wird, indem er das System *irgendwie zu überlisten versucht*. Hier teilen wir die optimistische Meinung der Autoren nicht, dass diese Risikokompensation nur eine vorübergehende Erscheinung ist.

Damit ein System seinen Nutzen voll entfalten kann, bedarf es der Ausbildung und Vertrautheit seiner Nutzer. Korrekterweise ist deshalb im Bericht verschiedentlich die Rede von der Notwendigkeit der Schulung. Das wäre natürlich eine einmalige Chance, Autofahrer zu einer Nachschulung anzubieten, und vom Aspekt der Verkehrssicherheit höchst wünschenswert. *Ist aber diese Forderung nach Schulung effektiv realistisch* oder dient dieses in Aussicht-Stellen lediglich der Beruhigung der Gemüter?

*Bereits heute sind manche Fahrer überfordert* mit der Einstellung der elektrisch gesteuerten Aussenspiegel, mit der Verstellung des Fahrersitzes, geschweige denn mit einem Routenplaner. Von ihnen kann nicht erwartet werden, dass sie die komplexeren Telematiksysteme ohne weiteres beherrschen werden. Wenn erwünscht ist, dass sie angewendet werden, müssen diese also zum einen *extrem benutzerfreundlich* konzipiert sein. *Trotzdem werden insbesondere ältere Fahrer diese neuen Systeme nicht so rasch begreifen*. Wenn es heute einzelne nicht schaffen, auffällige und mehrfach wiederholte Beschilderungen wie „verbotene Einfahrt“ zu beachten und in der Folge zu Geisterfahrern in der falschen Fahrtrichtung werden, dürften diese auch grösste Mühe haben mit dem Verstehen von Führerstandssignalen und Warnhinweisen. Immerhin ist anzuerkennen, dass Navigationssysteme für Fahrer mit schlechem Orientierungssinn eine echte Hilfe darstellen. Statt dass sie sich verfahren, nervös werden, nach Namensschildern von Strassen Ausschau halten und dabei ihre Aufmerksamkeit vom eigentlichen Fahren abziehen, können sie sich getrost durch eine freundliche Stimme lenken lassen, als ob ein ortskundiger Beifahrer neben ihnen sässe. Dank dieser Technik konnten Gutachter einen Senioren, dessen Gedächtnisleistung und entsprechend auch dessen Orientierungsvermögen stark abgebaut war, mit gutem Gewissen wieder zum Strassenverkehr zulassen. Bei dieser Gelegenheit ist auch die Tatsache hervorzuheben, dass sich das Fahrtziel nur bei stehendem Fahrzeug eingeben lässt. Damit ist die Gefahr gebannt, dass *während der Fahrt* Aufmerksamkeit durch die Bedienung des Bordcomputers abgezogen wird, wie wir es derzeit von der Mobil-Telefonie kennen.

Somit wird nicht nur das Alter der Fahrzeuge eine Verzögerung in der flächendeckenden Einführung von Telematik-Systemen zur Folge haben, sondern auch die verminderte Lernfähigkeit der Senioren.

Das Lernen bedarf für Senioren besonderer Anstrengungen. Aber über die Lernphase hinaus bleibt die Teilung der Aufmerksamkeit ein grundsätzliches Problem. Insbesondere die Teilung der visuellen Aufmerksamkeit auf Strasse und Anzeigen am Armaturenbrett führen bei solchen Personen zu einer mentalen Überlastung (mental overload). Die einfacher handhabbare Teilung der Aufmerksamkeit auf visuelle und akustische Informationen stellt für Senioren und schwächere Lenker eine gangbare Alternative dar.

Motorrad- und Autofahren sind für manche Menschen mit einem erheblichen Lustfaktor verbunden. Das Auto im realen Strassenverkehr ist nicht nur Transportmittel, sondern auch Spassmaschine. Deshalb sei die Frage erlaubt, wie sich Telematik-Systeme auf den Fahrspass auswirken. In welchem Masse sind die Menschen bereit, auf die Freude am aktiven Lenken zu verzichten? Ein erheblicher Teil wird eine gewisse Entlastung vom monotonen Spur- und Abstandhalten mit Genugtuung aufnehmen, darunter vor allem die routinemässigen Vielfahrer, welche im Fahren weniger einen Sport als ein notwendiges Übel sehen, es aber aus einer gewissen Bequemlichkeit heraus oder wegen der Zeitersparnis der Beförderung durch den ÖV vorziehen. Für die grosse Mehrheit dürften die Lenkhilfen die Attraktivität des Individualverkehrs noch steigern.

### 11.3 Spezielle Probleme aus psychologischer Sicht

Spurwechselassistenten (Kap 5.3.2) stellen eine sinnvolle und wohl rasch akzeptierte Hilfe dar. Gefährliche Spurwechsel werden meist aus Versehen vorgenommen, weil ein von hinten herannahendes Fahrzeug übersehen worden ist. Solche Warnsysteme sind quasi eine Ergänzung des Rückspiegels und als solche sicher sinnvoll. Sie helfen, vergessene Blicke zurück oder den toten Winkel zu kompensieren. Falls technisch ausgereift, dürften sie vollkommen unbestritten sein. Allerdings darf dieser Assistent den seitlichen Blick nicht ersetzen, sondern lediglich ergänzen. Sonst besteht bei Fahrern, die häufig das Fahrzeug wechseln, die Gefahr, dass sie auf diese Einrichtung verlassen, obwohl das momentan gefahrene Fahrzeug nicht über diese Sicherheitseinrichtung verfügt.

Bringt die Übermittlung von Verkehrssignalen am Strassenrand auf eine gut sichtbare Anzeige auf dem Armaturenbrett (Head-on Display) (Kap. 5.1.3) einen Sicherheitsgewinn? Es wird argumentiert, dass der Vorteil vor allem bei schlechten Sichtbedingungen, also nachts und bei Regen zum Tragen kommt. Allerdings ist gerade dann besondere Vorsicht geboten, für die es weder eines Warnschildes auf der Strasse noch im Display bedarf. Bei ungünstigen Wetterbedingungen könnte die gute Sichtbarkeit von Verkehrszeichen ein falsches Signal setzen, nämlich, dass die Strasse völlig normal ist. Anstatt dass bei schlechtem Wetter langsam gefahren wird, um der verminderten Sichtweite Rechnung zu tragen, könnten die normal sichtbaren

Head-on-Displays tendenziell zum schnelleren Fahren verleiten. Hier ist die *Gefahr der Risikokompensation bereits im Hilfssystem inhärent*.

Bei der Begutachtung von verkehrsauffälligen Lenkern taucht häufig das Argument auf, sie hätten das relevante Signal, etwa die Geschwindigkeitsbegrenzung, übersehen und seien deshalb zu schnell gefahren. Dieses Argument (oder diese Ausrede) entfällt mit der Führerstandssignalisation. Aber vielleicht wichtiger, weil der breiten Bevölkerung dienlich: Auch *die Unsicherheit, welche Geschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt gültig ist, selbst lange nach dem letzten relevanten Signal, lässt sich technisch durch das künstliche Gedächtnis des Head-on Displays beseitigen*. Aufgrund der Informationsflut durch Verkehrsschilder ereilt diese Unsicherheit nicht nur krankhaft vergessliche Fahrer. Allerdings wird das Problem der Signalflut noch gelöst werden müssen: Wenn nämlich auf dem Display alle Signale erscheinen, die den Strassenrand säumen, wird der Fahrer in der Informationsflut ertrinken.

Aus psychologischer Sicht muss kritisch eingewendet werden, dass Verkehrsregelübertretungen grossmehrheitlich nicht begangen werden, weil das entsprechende Signal nicht wahrgenommen, sondern weil es nicht respektiert („missachtet“) worden ist. Chronische Schnellfahrer haben längst Radarerkennungsgeräte eingebaut und wissen ganz genau, wo wie schnell gefahren werden darf. Sie verfügen somit eher über zu viel als zu wenig Information! Es fehlt ihnen an der verantwortungsbewussten Umsetzung ihres Wissens. Für diese Klientel bringt dieses verbesserte Warnsystem kaum einen Sicherheitsgewinn. Eher geeignet für diese Gruppe wäre die zwangsweise Limitierung der Maximalgeschwindigkeit durch die fahrzeugseitige Umsetzung von externen Signalen (Kapitel 5.2.2). *Für Verkehrsregelmisssachter stellt also nicht das warnende, sondern nur das kontrollierend-eingreifende System den Weg zur erfolgreichen Durchsetzung eines Gesetzes dar*. Die Einführung einer solchen, in der Geschichte des Strassenverkehrs einmaligen Kontrolle der Geschwindigkeit an jedem Ort und zu jeder Zeit wird in der Schweiz kaum ohne die Beteiligung des Souveräns (Volksabstimmung) möglich sein. Wenn der Volkswille zur Bekämpfung der Raser echt ist, müsste dieser Eingriff befürwortet werden.

Neben der gültigen Höchstgeschwindigkeit zusätzlich die Differenz zur gefahrenen Geschwindigkeit zu projizieren bzw. beim Überschreiten eines Grenzwertes einen Warnton erklingen zu lassen, stellt gegenüber dem heutigen Ablesen des Tachos lediglich ein verdeutlichtes Feedback dar. Am Fahrverhalten wird es nicht viel ändern. Fahrer, die wegen chronischer Geschwindigkeitsübertretung einen Dauerton auslösen, legen sich dann vermutlich einen Gehörschutz zu.

Sehr problematisch dürften Systeme sein, welche die fehlende Vigilanz bzw. die Müdigkeit des Fahrers über den Zustand des Auges oder des Lidschlusses zu erfassen versuchen (Kap. 5.2). Die Korrelationen zwischen physiologischen Messwerten und der Müdigkeit sind unbe-

friedigend. Indessen vermögen Fahrer ihre Müdigkeit sehr wohl äusserst präzise und korrekt zu beurteilen. Wie der weltweit führende Forscher im Bereich von Unfällen durch Übermüdung, J. Horn [34], kürzlich am internationalen Kongress für Sicherheit im Strassenverkehr (ICTTP Nottingham) eindrücklich dargelegt hat, bedürfen die Fahrer zur Diagnose der Müdigkeit gar keiner Instrumente. Das Problem ist viel mehr, wie sie mit dieser subjektiven Wahrnehmung umgehen. Statt umgehend anzuhalten und ein Nickerchen zu machen, versuchen sie alle erdenklichen Tricks zur Selbstüberlistung wie Fenster öffnen, Musik laut aufdrehen, sich einen kalten Lappen auf den Kopf legen, sich kneifen oder gar mit Nadeln stechen. Die Tatsache, dass sie solche, obzwar untaugliche, Gegenmassnahmen ergreifen, beweist, dass sie ihre Übermüdung sehr wohl wahrgenommen haben, aber inadäquat darauf reagieren. Somit liegt das Problem wiederum nicht bei der fehlenden Information, sondern beim verantwortungsvollen und kompetenten Umgang mit dieser.

Sollte die Telematik dereinst in ferner Zukunft eine Ausgereiftheit und Sicherheit erreichen, welche den Fahrer derart entlastet, dass sie ihm während der Fahrt von A nach B ermöglicht, die Zeitung oder ein Buch zu lesen, Büroarbeiten zu verrichten oder fernzusehen, dann wird aus der heute verlorenen Fahrtzeit wertvolle Arbeits- oder Erholungszeit. Bis dahin ist es allerdings ein weiter Weg. Und Zweifel, ob diese Vision je erreicht werden wird, sind berechtigt (Brookhuis K., [10]). Zunächst werden wir es mit **Zwischenstufen** zu tun haben, die nur **partiell entlasten**, etwa nur informieren, aber nicht agieren. Und genau darin steckt eine erhebliche Gefahr. So lange die Telematik nicht die gesamte Lenkung übernimmt, gibt es eine Aufgabenteilung zwischen Mensch und Technik. Die letztendliche Verantwortung für Entscheidungen und Manöver wird dem Fahrer vor der Vollautomation nicht abgenommen werden können. Zu Recht wird deshalb in Kap 5.3.2 festgehalten, dass der Fahrer die vorgeschlagenen Brems- und Beschleunigungsbewegungen grundsätzlich jederzeit übersteuern kann. Aber in der Obhut von Warn- und Kontrollsystemen besteht die Gefahr, dass sich der Fahrer in falscher Sicherheit wähnt und deshalb die erforderliche Aufmerksamkeit im kritischen Moment nicht aufbringt (Nilsson, L., [45]). Mit der Übernahme von Aufgaben durch automatisierte Lenksysteme wird der Mensch von der Informationsverarbeitung und Interventionen entlastet. Dadurch wird seine Aufgabe monoton. Bei Monotonie sinkt die Wachsamkeit und damit die Alarmbereitschaft für die seltenen Notfälle. Es muss also generell mit einer höheren Trägheit der Fahrer gerechnet werden. Dies auch in Situationen, wo deren Eingreifen erforderlich wird. *Auf diese verminderte Vigilanz müssen die Kontrollsysteme Rücksicht nehmen, damit der erreichte Sicherheitsgewinn nicht wieder verloren geht.* Tun dies die geplanten Fahrhilfesysteme in genügendem Ausmass?

Der Erfolg von Informationssystemen und Fahrhilfen wird stark von deren Akzeptanz abhängen. Automobilhersteller haben in der Vergangenheit diverse Systeme entwickelt, von denen sie wieder Abstand genommen haben. Startblockaden für den Fall nicht eingeklinkter Sicherheitsgurte mussten in den 70er Jahren wegen mangelnder Akzeptanz wieder ausgebaut wer-

den. Noch unbeliebter waren Autos, die vor dem Anspringen einen Blastest für die Atemalkoholanalyse verlangten (siehe Kapitel 5.2). Zwangsmassnahmen haben sich als problematisch erwiesen. Die Freiwilligkeit spielt eine wichtige Rolle für die Akzeptanz einer Massnahme, wie ein wichtiges sozialpsychologisches Gesetz besagt (Reaktanztheorie). Der Einsatz von Längsabstands- und Seitenkontrollhilfen in modernen Lastwagen ist freiwillig. Mehrere Fahrer haben mir berichtet, dass sie diese Systeme nur gelegentlich zuschalten und besonders bei dichtem Verkehr darauf verzichten, weil sie dort ständig Alarm auslösen. Ein automatisches System hält zum einen strikte einen grösseren Sicherheitsabstand ein als die meisten Automobilisten und vermag zum anderen die dynamische Entwicklung des Fahrgeschehens in den nächsten Sekunden zu wenig von den situativen Umständen her zu antizipieren: Es reagiert stereotyp sicherheitsorientiert nach den wenigen eingegebenen Parametern (eigene Geschwindigkeit, Geschwindigkeit des Vorderfahrzeuges und Abstand zum Vorderfahrzeug) Dies empfindet der routinierte Fahrer als lästig, weil er aufgrund seiner Erfahrung und seines dynamisch-vorausschauenden Wahrnehmung viel mehr Aspekte zu berücksichtigen vermag.

*Automatische Führungshilfen in der Fahrtrichtung bringen eine entscheidende Verbesserung bezüglich der Homogenisierung der gefahrenen Geschwindigkeiten.* Die egoistischen Motive für Geschwindigkeitsübertretungen sind einem solchen Systemen fremd. Wenn der Parameter Höchstgeschwindigkeit eingegeben ist, erlaubt das System keine Ausnahmen mit den Begründungen: „Ich bin zu spät unterwegs zur Sitzung / zum Abholen meiner Freundin / für den Arzttermin“, „Mein Tacho funktioniert nicht“ oder „Das Fahrzeug vor mir ist geschlichen wie eine Schnecke“. Die Homogenisierung der Geschwindigkeit würde entscheidend zur Erhöhung der Sicherheit beitragen, sofern sie akzeptiert wird. Tempomaten mit vergleichbarem Ziel gibt es schon lange, doch ist ihre Akzeptanz gering, weil sie individuell eingestellt werden. Ein überindividuelles Steuerungssystem wird eine viel höhere Verbindlichkeit mit sich bringen. Ein Ausscheren eines Einzelnen würde vom System sofort erkannt und könnte geahndet werden. So lange die Cruise Control Systeme nicht 100% Abdeckungsgrad haben, also noch vereinzelt Fahrzeuge ohne diese Führungshilfe unterwegs sind, kann ihre potenzielle Effizienz nicht voll ausgeschöpft werden. Es muss stets Rücksicht nehmen auf die „autonomen Lenker“, die es nicht informieren oder steuern kann.

Bei der Quantifizierung der Reduktion von Toten und Verletzten als Folge telematischer Warn- und Kontrollsystemen enthalten wir uns einer Stellungnahme, da aus psychologischer Sicht keine Berechnungsmöglichkeiten existieren. Wir können uns lediglich dem allgemeinen Trend des Berichts anschliessen, dass mit einer Reduktion zu rechnen ist, was durchaus nicht selbstverständlich ist, da häufig mit einer Risikokompensation zu rechnen ist, auf die der Bericht zurecht in Kapitel 8.2.2 eingeht. *Das grösste Potenzial der Telematik zur Lenkung des Verkehrs liegt aus psychologischer Sicht in der Reduktion der Geschwindigkeit.* Von der Überwachung des Fahrerzustandes erwarten wir aus den bereits dargelegten Gründen kaum eine Erhöhung der Sicherheit.

## 12. Sicherheitspotenziale und Eignungsbewertung CH

Aufgrund des sehr unterschiedlichen Entwicklungsstandes der Systeme sowie der grossen Vielfalt an Systemauslegungen bedarf es einer differenzierten Darstellung der Sicherheitspotenziale. Die in den Kapiteln 5 resp. 6 beschriebenen, gemessenen oder erwarteten Sicherheitseffekte sind im Allgemeinen auch auf schweizerische Verhältnisse anwendbar. Die von Fahrzeugherstellern angegebenen Sicherheitserwartungen müssen hingegen kritisch betrachtet werden. Die Besonderheiten des schweizerischen Verkehrsnetzes gegenüber jenen beispielsweise von Skandinavien, Amerika oder auch Japan liegen wohl in der starken Anpassung an die Topographie. Einzelne Systeme könnten auf dem Schweizer Strassensystem ihre Wirkung sogar stärker entfalten (z.B. adaptives Kurvenlicht). Andererseits bedarf es in der Schweiz wiederum spezifische Systemadaptionen, die den nationalen Besonderheiten gerecht werden. So müssen beispielsweise Systeme mit Satellitenunterstützung aufgrund der vielen Tunnelstrecken hierzulande allenfalls erweitert werden.

Die stärkste Wirkung kann von diesen Systemen erwartet werden, wenn sie vor allem dort zum Einsatz kommen, wo grundsätzlich Schwächen des Fahrers bestehen oder in kritischen Situationen entstehen können.

Eine nicht unwesentliche Rolle bei der Beurteilung der Eignung spielt auch die Akzeptanz solcher Systeme durch den Fahrzeuglenker. Insbesondere bei der Umsetzung neuer Techniken braucht es neben dem Komfortvorteil auch klar ersichtliche Sicherheitsvorteile. Der Akzeptanz sollte jedoch nicht zu starkes Gewicht beigemessen werden, da diese stark mit der Werterhaltung verknüpft ist, welche über die Zeit nicht konstant ist und durch entsprechende Öffentlichkeitsarbeit beeinflusst werden kann.

Potenzial, Möglichkeiten und Grenzen von FFU-Systemen in der Schweiz sind auch abhängig von verkehrspolitischen Rahmenbedingungen, die den Erfolg des Einsatzes solcher Massnahmen entscheidend beeinflussen können. So werden sich FFU-Systeme beispielsweise bei nachweisbar positivem Einfluss auf die Verkehrssicherheit rascher und kompromissloser umsetzen lassen, als wenn ein solcher in Zweifel gezogen werden kann. In der Schweiz hängt, worauf im allgemeinen Teil bereits hingewiesen wurde, die Umsetzbarkeit zudem stark von der Akzeptanz durch die betroffenen Verkehrsteilnehmer ab. Diese wird nur gegeben sein, wenn der Sinn der veranlassten Massnahmen eingesehen wird resp. wenn die Fahrzeuglenker davon einen persönlichen Nutzen erwarten.

Einen wichtigen Faktor bei der Akzeptanz durch Fahrzeuglenker sowie durch die öffentliche Hand stellen auch die Kosten dar. Diese können zur Zeit noch nicht quantifiziert werden und müssen deshalb in der folgenden Gesamtbeurteilung noch vernachlässigt werden.

Wird vor allem vom erwarteten Sicherheitspotenzial, der rechtlich-technischen Umsetzbarkeit und der zu erwartenden Akzeptanz ausgegangen ergibt sich bezüglich der einzelnen FFU-Systeme folgendes Ergebnis:

**Tab. 12.1 Beurteilung einzelner FFU-Systeme bezüglich Anwendbarkeit in der Schweiz**

FFU-System	erwartetes Sicherheitspotenzial <sup>26</sup>	rechtliche/technische Umsetzbarkeit	erwartete Akzeptanz <sup>27</sup>	Wirksamkeitsbeurteilung bez. Verkehrssicherheitspolitik der Schweiz
Gewichtung	60%	20%	20%	
Abstandswarnung	◆	◆◆◆	◆◆	+ / ++
automatische Abstandshaltung	◆◆	◆	◆◆	++
Einparkhilfen	- / ◆	◆◆◆	◆◆◆	+ / ++ (Komfortsystem)
Sichthilfen	◆◆	◆◆	◆◆◆	++
Totwinkelüberwachung	◆	◆◆ ↑ <sup>28</sup>	◆◆◆	+ / ++ ↑
Objektwarnsystem	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Informationsübermittlung inkl Stauwarnung (Geschwindigkeit u.a.)	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Fz-seitige Umsetzung von Verkehrssign.	◆◆◆	◆	◆	++
automatische Fahrzeugdiagnose	- / ◆	◆◆	◆◆◆	+
Sensorik für Lenkerüberwachung	◆◆◆	- / ◆	◆ / ◆◆	++ /
Anti-Blockier-System (ABS)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
Bremsassistenten	◆	◆◆◆	◆◆◆	++
elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	+++
automatische Spurhaltung	◆◆	◆	◆	+ / ++
Spurwechselassistenten	◆	◆◆	◆◆◆	+ / ++
Kollisionswarnsysteme, ohne direkten Steuerungseingriff	◆	◆	◆◆	+
Notmanöver	◆◆	-	◆	+ / ++
umfassende Fahrzeuglenkung	◆◆◆	-	◆	++

Legende:

◆◆◆ gross / hoch	+++ sehr gut geeignet für den Einsatz in der Schweiz im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie
◆◆ mittel	++ nur mit zusätzlichen Massnahmen geeignet für den Einsatz in der Schweiz resp. weniger wirksam bzgl. Verkehrssicherheit
◆ klein / tief	+ (vorerst) nur bedingt geeignet für den Einsatz in der Schweiz resp. vergleichsweise wenig wirksam bzgl. Verkehrssicherheit

Die Wirksamkeitsbewertung versteht sich hier im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie, das heisst, werden deren Ziele stark, mässig oder nur wenig unterstützt. Eine hohe Wirksamkeit wird darum einer guten Eignung für den Einsatz in der Schweiz gleichgesetzt. Der

<sup>26</sup> Einfluss auf die Gesamtzahl der Unfälle

<sup>27</sup> Umfrage bfu, gemäss Jahresbericht 2002 [7]/ Verkehrspsychologische Beurteilung (Kap. 11)

<sup>28</sup> Neue EU-Richtlinie für LW/Busse fördert entsprechende Systeme; → bessere Umsetzbarkeit (?)

Tabelle zufolge müssen Systeme zur Lenkerüberwachung, die fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen sowie die elektronischen Fahrhilfen wie ABS und ESP als besonders geeignet angesehen werden. Es zeigt sich, dass einige Systeme rechtlich und technisch gut umsetzbar sind und auch in hohem Masse akzeptiert werden, bezüglich Sicherheitswirkungen jedoch weniger gut abschneiden. Gleichwohl können auch diese zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen.

FFU-Systeme sind meist als eigenständige Systemtechniken in Entwicklung. Eine Etappierung von Systemteilen ist nicht vorgesehen. Jedoch können Systeme mit unterschiedlichem Beeinflussungs- und Unterstützungsgrad als Etappierung angesehen werden. So sind beispielsweise intelligente Tempomaten schon auf dem Markt; als weitere Entwicklungsstufe für dieses System kann dann die automatische Abstandshaltung angesehen werden. Der Wechsel von handlungsunterstützenden Systemen zu handlungsübernehmenden Systemen kann ebenfalls als Etappe definiert werden.

Werden nur Neuwagen mit FFU-Systemen ausgestattet, so bedarf es einer geraumen Zeit bis ein grosser Teil der Strassenfahrzeuge diese Ausrüstung aufweist. So werden die erwarteten Sicherheitsgewinne erst nach längerer Zeit richtig greifen. Wie im Abschnitt 6.3 gezeigt, ist gegenwärtig mit etwa sieben Jahren zu rechnen, bis die Hälfte der Personenwagen in der Schweiz erneuert ist. Neben der benötigten Zeit für die eigentlichen Systementwicklung bedarf es folglich einer nicht unbedeutenden Zeit für die Marktdurchdringung der Systeme, insbesondere wenn nur Neuwagen ausgerüstet werden.

Die Eignung der Systeme für die Schweiz bezieht sich primär auf die Personenwagen. Die Forschung konzentriert sich ebenfalls vor allem auf den Einsatz der Systeme für diese Fahrzeugklasse. Die Unfallzahlen der Schweiz zeigen auch, dass nur in einem relativ kleinen Teil der Unfälle Sachtransportfahrzeuge involviert sind<sup>29</sup>. Grundsätzlich können für Lastwagen dieselben Aussagen wie für Personenwagen gemacht werden. Einzelne Systeme, wie beispielsweise das ESP, verbessern bei Lastwagen die Sicherheit deutlicher als bei Personenwagen. Hinzu kommt, dass Sachtransportfahrzeuge meist von Berufsfahrern gelenkt werden welche effiziente sicherheitserhöhende Systeme in der Regel viel eher nutzen als Lenker von Personenwagen. Wirkungsvolle Systeme können einfacher eingeführt werden. Der reine Komfortgedanke tritt eher in den Hintergrund.

---

<sup>29</sup> Gemäss bfs (Statistik 1992-2003) sind in nur etwa 5% aller Unfälle Lastwagen beteiligt. Bezüglich der Gesamtzahl aller Verletzten und Getöteten sind dies knapp 4%. Allerdings ist der Case fatality-Wert (Verhältnis Getötete pro Verunfallte) bei Unfällen mit Beteiligung von Lastwagen gegenüber der Gesamtzahl der Unfälle um den Faktor 3 erhöht.



## 13. Schlussfolgerungen

Die Literaturrecherchen zeigen, dass viele unterschiedliche Systeme zur Unterstützung der Fahrzeugführer in Entwicklung sind. Die Fahrzeughersteller entwickeln oftmals herstellerspezifische Systeme, um mit dem Verkaufsargument Sicherheit und insbesondere Komfort ihre Produkte auf dem Fahrzeugmarkt besser positionieren zu können. Die Schweiz ist in diesem Prozess nur als Zulieferer tätig und kann ihn darum normativ kaum beeinflussen. Trotzdem ist es wichtig, die Entwicklung aufmerksam zu verfolgen, wächst doch auch in der Schweiz die Zahl der Fahrzeuge, in welchen FFU-Systeme integriert sind, rasch an – mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit.

Die Systeme mit dem höchsten erwarteten Sicherheitspotenzial sind autonome Systeme wie ABS oder ESP und Systeme, welche aktiv in die Fahrzeugsteuerung eingreifen (Sensorik für Lenkerüberwachung, automatische Geschwindigkeitsbegrenzung). Aufgrund der rechtlichen und technischen Randbedingungen aber auch wegen ungenügender Akzeptanz werden besonders Systeme, welche aktiv in die Fahrzeuglenkung eingreifen, im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie als (noch) nicht sehr geeignet bewertet.

Im Sinne der nationalen Verkehrssicherheitsstrategie werden die folgenden Systeme als sehr gut geeignet eingestuft:

- Anti-Blockier-Systeme (ABS)
- elektronische Stabilitätsprogramme (ESP)

Nur mit zusätzlichen Massnahmen geeignet, aber immer noch als recht wirksam werden angesehen

- Sichthilfen
- Sensorik für Lenkerüberwachung
- Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen
- Bremsassistenten
- automatische Abstandshaltung
- Umfassende Fahrzeuglenkung

Grundsätzlich bewirken alle aufgezählten Systeme einen mehr oder minder grossen Sicherheitsgewinn – zumindest aus der Sicht der primären Wirkung dieser Systeme. Nur wenige Erfahrungen gibt es allerdings zu den sekundären Effekten. Diese wirken häufig gegenläufig und führen zu einer Reduktion der Verkehrssicherheit, so dass teilweise der Nutzen neutral oder sogar negativ ausfallen kann.

In der nahen Zukunft werden sich vor allem Systeme durchsetzen, welche im Fahrzeug integriert sind (autonom agieren) und dem Fahrer einen spürbaren Sicherheits- und Komfortvorteil bieten. Systeme, welche nur Sicherheitsvorteile und keine Komfortvorteile bieten, so bei-

spielsweise das System zur automatischen Geschwindigkeitsbegrenzung oder das aktive Zündschloss, können nur mit verstärkten Mitteln (Enforcement/ tiefere Versicherungsprämien) gefördert werden. Es muss noch ein eigentlicher Paradigmawechsel stattfinden, so dass die heute als unattraktiv geltenden Systeme ebenfalls akzeptiert werden. Dies kann jedoch in erster Linie dann geschehen, wenn nachweislich ein massgeblicher Sicherheitsgewinn zu verzeichnen ist. Entsprechende unabhängige Studien müssen dies belegen. Sekundäre Effekte dürfen dabei nicht vernachlässigt werden, da diese die erhofften Sicherheitsgewinne stark reduzieren können.

Viele Systeme sind noch im Entwicklungsstadium. Dabei besteht eine grosse Diskrepanz zwischen den Sicherheitseinschätzungen der Hersteller und den zu erwartenden, tatsächlich eintretenden Sicherheitsgewinnen. Dies vor allem bei Systemen, welche sich erst in einem frühen Entwicklungsstand befinden und eine umfassende Unterstützung des Fahrzeugführers bieten.

Da die Schweiz ein Interesse daran haben muss, im Sinne der postulierten Sicherheitsstrategie die bestmögliche Entwicklung zu fördern und ihre spezifischen Rahmenbedingungen zur Geltung zu bringen, ist eine aktive Mitwirkung in den entsprechenden europäischen und internationalen Gremien wichtig. Umfassende Systeme können nur greifen, wenn die Umsetzung europaweit geschieht und keine Systemgrenzen bestehen. Insellösungen, der Verzicht auf Standardisierung und die Integration kaum kompatibler Systemelemente erweisen sich als längerfristig unflexibel, schlecht erweiterbar und damit letztendlich teuer. Insbesondere gilt das für Systeme, welche eine Umsetzung in allen Fahrzeugen voraussetzt. Werden die Systeme nicht nur fahrzeugautonom betrieben, besteht die Problematik der unterschiedlichen Besitzverhältnisse der Verkehrsinfrastruktur (Bund/Kanton/Gemeinde/Private). Zu klären sind auch die Fragen bezüglich Finanzierung der Systemeinrichtungen auf öffentlichem Grund und bezüglich des Umfangs der Beteiligung der öffentlichen Hand an der Erforschung der Systemwirkungen. In der Schweiz wird vor allem im Bereich der passiven Sicherheit (DTC/Vauffelin u.a.) Forschung betrieben. Bezüglich aktiver Sicherheit sollte die Forschungstätigkeit noch intensiviert werden. Geschwindigkeitsversuche, wie sie beispielsweise in Schweden durchgeführt wurden, tragen ebenfalls dazu bei, dass Grundsatzdiskussionen über diese Systeme geführt werden. Die öffentliche Meinung kann dadurch besser beeinflusst werden.

Neben den rein technischen sowie psychologischen Aspekten müssen auch noch rechtliche Aspekte geklärt werden, immer in Bezug zur Wirkungsweise der Systeme (Unterstützungsgrad). Bisher wurden beispielsweise in diesem Zusammenhang noch keine Rückfragen zur Haltung schweizerischer Versicherungsunternehmen durchgeführt. Von diesen liegen auch keine Stellungnahmen vor.

Nicht nur bezüglich Verkehrssicherheit können einige Systeme einen positiven Effekt ausweisen. Bei einzelnen Systemen zeichnet sich auch eine Beeinflussung der Streckenkapazität ab. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit konnte dieser Frage nicht vertieft nachgegangen werden. Insbesondere in Bezug zu den verkehrlichen Gegebenheiten in der Schweiz bestehen Forschungslücken, welche geschlossen werden sollten (Simulationsmodelle u.a.).

Wie die Literaturrecherchen zeigen, kamen viele FFU-Systeme soeben erst auf den Markt oder sind in den nächsten Jahren erst serienreif. Die aktuelle Situation kann für einen grossen Teil der FFU-Systeme als allgemeine Etablierungsphase bezeichnet werden. Damit können auch in zunehmendem Umfang Erfahrungen gesammelt und analysiert werden. Eine Neubewertung solcher Systeme innerhalb der nächsten Jahre wird den Nutzen der vorliegenden Arbeit erhöhen. Die zuständige VSS-Expertenkommission hat sich dies zur Aufgabe gemacht.

## Quellenverzeichnis

- [1] Ackermann, J. et al. (1996) Fahrsicherheit durch robuste Lenkregelung, Automatisierungstechnik, Heft 5, 1996
- [2] Aebischer, L. und H.-D. Schneider (1991) Die Schweizer als Autofahrer: Ergebnisse einer Repräsentativbefragung über Bedingungen unfallträchtigen Verhaltens im Verkehr, Freiburg, Schweiz, Universitätsverlag, 1991
- [3] ASIT, Potenziale der Telematik im Strassenverkehr für Verkehrsmanagement und Umwelt, Bern, 1998
- [4] Ayala B., P. Barham and P. Oxley (1995) Advanced transport telematics (ATT) and elderly drivers: benefits and safety implications. In: Nwagboso C.O. (1995): Road Vehicle Automation II. Toward Systems Integration. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Road Vehicle Automation. 11<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> Sept. 1995. Chichester etc.: John Wiley & Sons.
- [5] Becker, St., J. Sonntag und R. Krause (1994) PROMETHEUS CED 5 (AICC): Zur Auswirkung eines Intelligenen Tempomaten auf die mentale Belastung des Fahrers, seine Sicherheitsüberzeugungen und (kompensatorischen) Verhaltensweisen, Bericht zum Testauftrag der Firma Daimler Benz AG, Stuttgart, im Rahmen des PROMETHEUS-Projektes EU 45 Phase II, TV 8940 4, „Method for Measuring Driver Capacity“ des TÜV Rheinland, Köln
- [6] bfu (2003) bfu-Meinungsumfragen, Fragen und Resultate von repräsentativen bfu-Meinungsumfragen, Ausgabe 2003, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu), Bern
- [7] bfu (2003) Jahresbericht 2002, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu), Bern
- [8] Braess, H.-H. und R. Günter (1995) Prometheus: Vision des „intelligenten Automobils“ auf „intelligenter Strasse“? – Versuch einer kritischen Würdigung, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, 97, 1995, S. 220-205/330-343
- [9] Breuer, J. (2002) DaimlerChrysler Pressemeldung, „ESP Safety Benefits“, November 2002
- [10] Brookhuis, K. and D. de Waard (2004) Driver assistance and automated driving systems: Acceptance and effects on behaviour, International Conference on Communities and Technologies (ICCT), Nottingham, 5.-9. Sept. 2004
- [11] Brown, I.D. (1994) Driver Fatigue. Human Factors, 36, 298-314

- [12] Buld, S. und H.-P. Krüger (2002) Wirkungen von Assistenz und Automation auf Fahrerzustand und Fahrsicherheit, Abschlussbericht Projekt EMPHASES, Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) an der Uni Würzburg, Würzburg, September 2002
- [13] Chaloupka, C., R. Risser, A. Antoniadou, U. Lehner und M. Praschl (1998) Auswirkungen neuer Technologien im Fahrzeug auf das Fahrverhalten. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 84. Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW.
- [14] Christ, R. et al. (1999) GADGET - Guarding Automobile Drivers through Guidance Education and Technology. Final Report. Investigations on Influences upon Driver Behaviour - Safety Approaches in Comparison and Combination. Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV), Austrian Road Safety Board, Wien, September 1999
- [15] ConnectedDrive (2002) ConnectedDrive Powered by Intelligence, Informationen der BMW Group, 2002
- [16] Continental Temic (2003) Intelligentes Komfortsystem und Basis für künftige Fahrerassistenz- und Sicherheitssysteme, Bericht zum Continental Sicherheitsforum Arvidsjaur, Februar 2003
- [17] DaimlerChrysler (2000) Das mitdenkende Fahrzeug – wie Assistenzsysteme den Fahrer unterstützen, Stuttgart, November 2000
- [18] Dangelmaier, M. (2000) Fahrerzustandsdiagnose und Notfallmanagementsysteme, Unveröffentlichtes Manuskript, Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- [19] Donges, E. (1978) Ein regelungstechnisches Zwei-Ebenen-Modell des menschlichen Lenkverhaltens im Kraftfahrzeug, Zeitschrift für Verkehrssicherheit 24, TÜV-Verlag Köln, 1978
- [20] Evans, L. (1998) Antilock brake systems and risk of different types of crashes in traffic. Abstracts of the 16<sup>th</sup> ESV Conference of the NHTSA, Windsor, Canada, Juni 1998
- [21] Falk, E., A. Varhelyi und M. Draskoczy (2004) *Field trials with ISA in Hungary*, European Congress on Intelligent Transportation Systems, Budapest, May, 2004
- [22] Färber, B. (2003) Auswirkungen neuer Informationstechnologien auf das Fahrerverhalten, Heft M 149, Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach, 2003
- [23] Feller, Ch. (2003) Alarm im Schlafwagen, Fachartikel in New World 3/2003, S. 40 -41
- [24] Gaupp, W., D. Wobben, M. Horn und M. Seemann (2001) Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen, Fahrzeugtechnik, Heft F 33, Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach, 2001

- [25] Gelau, Ch. (2003) Assistenzsysteme zur Überwachung des Fahrzeugstandes: Möglichkeiten und Grenzen, Bericht zur 10. Dreiländertagung, Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach, Bern 2003
- [26] Gerster, G., M. Muser, P. Niederer und F. Walz (2001) Aktive und passive Fahrzeugsicherheit, Teilprojekt zu den Grundlagen für eine Strassenverkehrssicherheitspolitik des Bundes, Im Auftrag der bfu, Bern, November 2001
- [27] Gies, S. (1991) Die Sicherheitsrelevanz neuer Fahrhilfen in Kraftfahrzeugen. Bericht zum Forschungsbericht 8716 der Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach. (Heft 84, S.28/55)
- [28] Gobiet, W. (2001) Verkehrstelematik – Einführung, Beitrag zur Tagung Verkehrstelematik, Donau-Universität Krems, April 2001
- [29] Grimmer, W., P.J. Adelt und E.R. Stephan (1995) Die Akzeptanz von Navigations- und Verkehrsführungssystemen der Zukunft, AXA-Direkt-Verkehrsstudie, Deutscher Psychologen Verlag, Bonn, 1995
- [30] Haller, R., S. Becker, W. Gerbino, O. Hofmann, E. Morello, L. Nilsson and G. Varalda (1995) Final Assessment of MMI Evaluation Methods, DRIVE II Projekt, EMMIS (Evaluation of Man Machine Interfaces by Simulation Techniques), Deliverable No. 12., Commission of the European Communities
- [31] Hering, K. (1999) Situationsabhängiges Verfahren zur standardisierten Messung der kognitiven Beanspruchung im Strassenverkehr, Linaugural-Dissertation, Universität Köln, Düsseldorf, 1999
- [32] Hernandez-Gress, N. (1997) Driver drowsiness detection, Traffic Technology International, Juni/Juli 1997, S. 86 - 90
- [33] Hipp, E. und Ch. Jung (1997) Intelligente Fahrerunterstützung: Der Abstandsgeregelte Tempomat. Internationales Verkehrswesen, 49, 7 - 8, 1997, S. 403 - 407.
- [34] Horn, J. (2004) Sleep related vehicle crashes - findings from the Loughborough Sleep Research Centre, International Conference on Communities and Technologies (ICCT), Nottingham, 5.-9. Sept. 2004
- [35] INFRAS, Leitbild Strassenverkehrstelematik Schweiz, Potenziale und Auswirkungen, 1999
- [36] Jenni + Gottardi (1998) Wirksamkeit von Verkehrssystem-Managementmassnahmen in der Schweiz, Kilchberg, 1998
- [37] Jenni + Gottardi (1999) Auswirkungen Telematikprojekte auf die Verkehrssicherheit in der Schweiz, Kilchberg, 1999

- [38] Lamm, R. und J. Treiterer, Das Unfallgeschehen in den Vereinigten Staaten von Amerika und in der Bundesrepublik Deutschland (Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen), Sonderdruck aus Strassen- und Tiefbau, Heft 11/80, 12/80, 11/81, 1981
- [39] Langwieder K., U. Frost and E. Bach (1998) The requirements for driver assistance systems and their effects on real-life accidents. Paper, vorgestellt: National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA, ESV-Conference, Windsor, Canada, 1 - 4 June 1998
- [40] Management Analysis Inc. (1995) US army wheeled vehicle accidents: Statistics and strategy, Technical report, US Army, Alabama, 1995
- [41] Matthews, W. und F. Mühlethaler (2003) Elektronische Verkehrssignale, Voruntersuchung, Forschungsauftrag VSS 1999/ 306 im Rahmen der Forschung SBT des ASTRA, Bern, 2003
- [42] Mühlethaler, F. (2003) ICT für Verkehrstelematik, Ergänzungsstudie im Auftrag von soft[net] zum Bericht „Das vernetzte Fahrzeug“, PTV SWISS AG, Bern, Juni 2003
- [43] Mühlethaler, F. et al. (2003) Das Vernetzte Fahrzeug, Verkehrstelematik für Strasse und Schiene, Arbeitsdokument, Studie im Auftrag des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS und Bundesamt für Strassen (ASTRA), TA-DT 33/20003, Bern, Januar 2003
- [44] Nilsson, L. (1996) Safety effects of adaptive cruise controls in critical traffic situations. VTI särtryck No. 265. Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden
- [45] Nilsson, L. (2004) Automated driving doesn't work without the involvement of the driver, International Conference on Communities and Technologies (ICCT), Nottingham, 5.-9. Sept. 2004
- [46] Nilsson, L. and A. Hakan (1996) Effects of a vision enhancement system on drivers' ability to drive safely in fog. VTI särtryck No. 264, Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden.
- [47] Oei, H.L. (2003) Experience with advanced cruise control ACC. A short term test on the road, D-2003-4 SWOV, Leidschendam, 2003
- [48] Pelluet, D., Extrait du plan de developpement SASW, Le meilleur atout pour renforcer la sécurité routière, Bevaix
- [49] Perrett, K.E. and A. Stevens (1996) Review of the potential benefits of Road Transport Telematics, Transport Research Laboratory, TRL Report 2020
- [50] PSA Peugeot Citroen (2003) Actualité – Innovation et Technologie, Le Groupe présente deux systèmes de sécurité innovants, April 2003

- [51] Rapp AG, Ingenieure + Planer (2002) Erarbeitung der Grundlagen für eine Strassenverkehrspolitik des Bundes, Schlussbericht, Forschungsauftrag VSS 2000/447 auf Antrag des ASTRA, Bern, Mai 2002
- [52] Rapp, M., A. Felix, und P. Hamet (2001) Beitrag der Verkehrstelematik zu einer Verkehrssicherheitsstrategie (VESIPO), Schlussbericht, Bundesamt für Strassen, Bern, August 2001
- [53] Roskam, A.J., D. De Waard, K. Brookhuis, E. Uneken, S. Boverie and A. Giralt, Drowsiness warning and driver acceptance - a simulator experiment, Journal of transportation systems, S. 217 – 229, Januar 2001
- [54] Shladover, S.E., (1993) Highway Automation: Regional Mobility Impacts Assessment“, Preprint of Paper No. 930522, Transportation Research Board, 72<sup>nd</sup> Annual Meeting, Washington, D.C., 10.-18. Februar 1993
- [55] Stabaty, M. (2004) Elektronik gegen den Sekundenschlaf, IN: Die Welt, S. 30, 13. Juli 2004.
- [56] Tingvall, C., M. Krafft, A. Kullgren and A. Lie (2003) The effectiveness of ESP (electronic stability programme) in reducing real life accidents, ESV Conference 2003, Nagoya
- [57] Totzke, I. und H.-P. Krüger (2003) Fahrerassistenz und Fahrsicherheit – eine Literaturübersicht zu den Wirkungen des ACC- und HC-Systems, Vortragsunterlage, Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) an der Uni Würzburg, Würzburg, Februar 2003
- [58] Touran, A., M.A. Brackstone and M. McDonald (1999) A Collision Model for Safety Evaluation of Autonomous Intelligent Cruise Control, Accident Analysis and Prevention, 31, 567-578
- [59] Ulmer, B. (2001) Introduction to ADASE2. ADASE2 – First Concertation Meeting, Brussels, 24.-25. Oktober 2001
- [60] Van Arem, B., J.H. Hogema, M.J. Vanderschuren and C.H. Verheul (1996) An Assessment of the Impact of Autonomous Intelligent Cruise Control, TNO-report, commissioned by the Transport Research Centre, Ministry of Transport, Public works and Water Management, Delft, 1996
- [61] Varhelyi, A. (1997) Experience with the implementation of on-board navigation systems. Proceedings, 4<sup>th</sup> World congress on intelligent transport systems, 21-24 October, Berlin, Germany
- [62] VESIPO (2002) Erarbeitung der Grundlagen für eine Strassenverkehrssicherheitspolitik des Bundes, Schlussbericht, Forschungsauftrag ASTRA 2000/477 auf Antrag des ASTRA, Bern, Mai 2002



- [63] VESIPO (2004) Zu prüfende Ideen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, Neue Strassen-Verkehrssicherheitspolitik, Projekt VESIPO, ASTRA, Bern, Januar 2004
- [64] Wallentowitz, H. et al. (2001) Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Heft F35, Bergisch Gladbach, Mai 2001
- [65] Wallentowitz, H. und H. Adam, (1997) Abschlussbericht, Ausfälle sicherheitsrelevanter elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen, Institut für Kraftfahrwesen Aachen, Bundesanstalt für Strassenwesen, Aachen
- [66] Wördenweber, B., R. Lachmaywer und U. Witt (1996) Intelligente Frontbeleuchtung, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, 98, 1996, 10, S. 546 – 551
- [67] Zapp, K. (2001) Fahrerassistenzsysteme: Was gibt es, was kommt, Internationales Verkehrswesen (53), 4/2001, S. 155 – 156

#### Websites (URL's)

- [68] [www.santosweb.de](http://www.santosweb.de) Im Projekt SANTOS wird experimentell untersucht, wie Kommunikations- und Assistenzfunktionen nutzerorientiert und situationsangepasst gestaltet werden können. Neben BMW und BOSCH sind Hochschulinstitute in das Projekt eingebunden. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in Deutschland.
- [69] [www.invent-online.de](http://www.invent-online.de) Von Bundesministerium für Bildung und Forschung (Deutschland) unterstütztes Forschungsprojekt, an welchem 23 Unternehmen aus der Automobil-, Telekommunikationsindustrie und Forschungsinstitute zusammenarbeiten. In drei Projekten zu den Themen Sicherheit, Verkehrsmanagement und Logistik wird die Entwicklung von intelligenten Autos und intelligente Verkehrsnetz vorangetrieben.
- [70] [www.cadillac.com](http://www.cadillac.com) Fahrzeughersteller
- [71] <http://world.honda.com> Fahrzeughersteller (Pressebericht; 24. August 2004)
- [72] [www.ertico.com](http://www.ertico.com) Im Jahre 1991 wurde das europäische Projekt ERTICO gestartet, an welchem 80 Partner aus dem öffentlichen und privaten Bereich beteiligt sind. Namhafte Firmen der Transport- und Elektronikindustrie sowie Ministerien

- aus 11 Mitgliedstaaten unterstützen die Implementierung von Intelligenten Transport-Systemen (ITS).
- [73] [www.advisors.iao.fhg.de](http://www.advisors.iao.fhg.de) Forschungsprojekt, an dem staatliche Forschungsstellen, Industriebetriebe und Transportfirmen aus zehn europäischen Ländern beteiligt sind. welches an welchem zehnten unterschiedlichen Ländern. Unterschiedliche Assistenzsysteme der Fahrzeugführung werden umfassend untersucht (Projektende: Juni 2003).
- [74] [www.vv.se/isa](http://www.vv.se/isa) Grossversuch (1991 bis 2001) des Systems Intelligent Speed Adaptation (ISA) in Schweden, welcher vom Swedish National Road Administration (SNRA) initiiert und in vier schwedischen Städten durchgeführt wurde.
- [75] [www.ahsra.or.jp](http://www.ahsra.or.jp) Das Forschungsprogramm AHSRA (Advanced Cruise-Assist Highway System) wird vom Ministerium für Land, Infrastruktur und Transport (Japan) unterstützt. Seit 1991 werden vor allem infrastrukturseitig Systeme entwickelt, welche in Feldstudien untersucht und etabliert werden.
- [76] [www.psa-peugeot-citroen.com](http://www.psa-peugeot-citroen.com) Fahrzeughersteller
- [77] [www.toyota.co.jp](http://www.toyota.co.jp) Fahrzeughersteller
- [78] [www.valeo.com](http://www.valeo.com) Hersteller von Komponenten für Personenwagen und leichte Nutzfahrzeuge

## Abkürzungen und Begriffe

ABS	Anti-Blockier-System
ACC	Adaptive Cruise Control
ACCI	Abstandwanrung (Informations-ACC)
AFIL	Alarm bei Fahrbahnabweichung per Infrarot-Linienerkennung
AHK	Aktive Hinterachsenkinematik
AHS	Umfassende Fahrzeuglenkung (automated Highways u.a.)
ASIT	privates Beratungs- und Planungsbüro in Bern (Aktiengesellschaft für Sicherheit und Information in Transportsystemen)
ASR	Antriebs-Schlupfregelung
BA	Bremsassistent
BSM	Totwinkelüberwachung (Blind Spot Monotoring)
CA	Notmanöver (Collision Avoidance)
CAN	Controller Area Network
CW	Kollisionswarnsystem (Collision Warning System)
DAMS	Sensork Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)
DRIVE	Dedicated Road Infrastructure for Vehicles in Europe
DSRC	Dedicated short range administration
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
EV	Sichthilfen (Enhanced Vision)
FDR	Fahrdynamikregelung
FFU	Fahrzeugführerunterstützung
FTA	Fail tree analysis
GADGET	Guarding Automobile Drivers through Guidance, Education and Technologys
GPS	Satellitenavigationssystem (global positioning system)
GSM	internationaler Standard für den digitalen Mobilfunk (global system for mobile communication)
HC	Automatische Spurhaltung (System Heading Control)
INFO	Informationsübermittlung

INFRAS	Privates und unabhängiges Forschungs- und Beratungsunternehmen in Zürich
INVENT	Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik; Forschungsinitiative
ISA	Intelligent Speed Adaptation
ITS	Intelligent Transportation System
IVHS	Intelligent vehicle highway system
IVIS	Influence of Modern In-Vehicle Information Systems on Road Safety Requirements
MIXIC	Microscopic Model for Simulation of Intelligent Cruise Control
MMS	Mensch-Maschinen-Schnittstelle
MOTIV	Mobilität und Transport im intermodalen Verkehr
OBD	Onboard-Diagnostic-System
OW	Objektwarnsystem
PA	Einparkhilfen (Parking Assistent)
PATH	Partners for Advanced Transit and Highways
PELOPS	Programmsystem zur Entwicklung längsdynamischer Mikroskopischer Verkehrsprozesse in Systemrelevanter Umgebung
PROMETHEUS	Programme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety
RTI	Road Transport Informatics
SWA	Spurwechselassistenten
UMTS	Standard für die paketvermittelte Datenübertragung über GSM (general packet radio service)
VESIPO	Gesamtbericht Verkehrssicherheitspolitik des Bundes (neu: VIA SICURA)

# Anhang



## Fragebogen der Expertenbefragung

Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung zur Erhöhung der Verkehrssicherheit

Expertenbefragung

### Systeme der Fahrzeugführerunterstützung (Fahrerassistenzsysteme)

#### - FRAGEBOGEN -

#### Vorbemerkungen

- Die Fragen sind relativ allgemein formuliert und können durch Ankreuzen (interaktive Felder ) beantwortet werden, weshalb Sie zum Ausfüllen des Fragebogens etwa **10 Minuten** benötigen. Für allfällige differenzierte Kommentare steht ein Zusatzblatt zur Verfügung (Teil C).
- Bei Unklarheiten wenden Sie sich bitte an Herr Markus Schirmer Tel. 0041(0)1 716 10 80, e-mail: [gottardi@swissonline.ch](mailto:gottardi@swissonline.ch)

Bitte senden Sie den ausgefüllten Fragebogen bis spätestens **Freitag 21. Mai 2004** in elektronischer Form oder per Post an uns zurück.

Jenni + Gottardi AG  
Hornhaldenstr. 9  
8802 Kilchberg / Zürich  
Schweiz

e-mail: [gottardi@swissonline.ch](mailto:gottardi@swissonline.ch)

- Vielen herzlichen Dank für Ihre wertvolle Mitarbeit! -

#### Einbezogene Systeme der Fahrzeugführerassistenz

##### *Warnende und Informierende Systeme:*

- Abstandswarnung (inkl. Parkhilfen) und Spurassistent
- Sichthilfen (Enhanced Vision)

##### *Übermittlung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen:*

- Automatische Fahrzeugdiagnose und Pannruf
- Systeme mit verbindlichen Anweisungen
- Sensorik für Lenkerüberwachung (Driver alertness monitoring system)
- Fahrzeugseitige Umsetzung von Verkehrssignalen und Geschwindigkeitsbegrenzungen

##### *Übernahme von Fahreraufgaben:*

- Autonome, stabilisierende Systeme (ABS /ASR /ESP)
- Automatische Abstands- und Spurhaltung, umfassende Steuerung der Fahrdynamik
- Automatische Fahrzeugsteuerung in kritischen Situationen /autom. Notmanöver
- Automatische Fahrzeugortung und -lenkung

Mai 2004

Jenni + Gottardi AG

## Teil A) Allgemeine Fragen

Zutreffendes bitte ankreuzen (☐ Felder sind interaktiv)

- |   | Stimme voll zu           |                                   |                          |                          | Stimme gar nicht zu      |
|---|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1.1 Systeme der Fahrzeugführerunterstützung (FFU) werden in Zukunft massgeblich zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.2 Welche Systeme werden sich am stärksten durchsetzen können?<br>(Mehrfachantworten möglich; es können auch Teilsysteme aus der Gruppe genannt werden, vgl. Einleitung) | <input type="checkbox"/> | Information/Warnung               | <input type="checkbox"/> | verbindliche Anweisung   | <input type="checkbox"/> |
|   | <input type="checkbox"/> | Übernahme von Fahrer-<br>aufgaben | <input type="checkbox"/> |                          | <input type="checkbox"/> |
| 1.3 Ab wann werden diese Systeme Ihrer Meinung nach auf dem Fahrzeugmarkt eingeführt und etabliert sein?  |                          | 5-10 J.                           | 10-20 J.                 | 20-50 J.                 | nicht bekannt            |
| -> Information/Warnung:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> verbindliche Anweisung:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> Übernahme von Fahreraufgaben:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.4 Wie gross schätzen Sie das Sicherheitspotenzial von FFU-Systemen (Abnahme der Anzahl Tote/Schwerverletzte im Strassenverkehr im Bezug zum Total)?                     |                          |                                   |                          |                          |                          |
| - bei flächendeckender Verbreitung der Systeme  |                          | 0-5%                              | 5-20%                    | 20-50%                   | 50-80%                   |
| -> Information/Warnung:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> verbindliche Anweisung:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> Übernahme von Fahreraufgaben:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| - bei einer Verbreitung der Systeme gemäss realistischen Erwartungen (in 10 - 20 Jahren)  |                          | 0-5%                              | 5-10%                    | 10-25%                   | 25-50%                   |
| -> Information/Warnung:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> verbindliche Anweisung:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| -> Übernahme von Fahreraufgaben:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Stimme voll zu           |                                   |                          |                          | Stimme gar nicht zu      |
| 1.5 Das Sicherheitspotential der Systeme ist stark von der Nutzergruppe abhängig (viel/wenig Nutzer, ältere/jüngere Fahrer u.a.).   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.6 Ein weiterer Effekt bei Systemen der FFU ist die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Strassennetzes.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.7 Bei der Einführung eines FFU-Systems sollen alle Fahrzeuge auf dem Markt damit ausgestattet werden (Ausstattung obligatorisch).                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.8 Bei der Einführung eines FFU-Systems sollen nur Neuwagen ausgestattet werden (Ausstattung der Altwagen nicht obligatorisch).  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1.9 Die Forschung in Bezug auf FFU wird vor allem fahrzeugseitige Impulse setzen (ein unterstützender Ausbau der Infrastruktur ist nicht so wichtig).                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



Systeme für die Fahrzeugführerunterstützung zur Erhöhung der Verkehrssicherheit	Expertenbefragung			
1.10 Die Einführung von Systemen der FFU bedarf zwingend der Umsetzung weiterer Massnahmen, nämlich:	<input type="checkbox"/>	Zusatzschulung		
	<input type="checkbox"/>	tiefere Tempolimiten		
	<input type="checkbox"/>	tiefere Promille-Grenze		
	<input type="checkbox"/>	höhere Bussen		
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>			

## Teil B) Fragen bezüglich sekundären Effekten

Zutreffendes bitte ankreuzen ( Felder sind interaktiv)

- |  | Stimme voll zu           | Stimme gar nicht zu      |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 2.1 <i>Durch die unterstützende Technik wägt man sich verstärkt in Sicherheit. Dadurch wird riskanter gefahren.</i>                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.2 <i>Man verlässt sich zunehmend auf solche Systeme, was zu einer Verminderung der Fahrfertigkeiten und des Verantwortungsgefühls führt?</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.3 <i>Der primäre Sicherheitsgewinn durch FFU-Systeme wird durch solche antizipatorischen Effekte wieder kompensiert.</i>                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## Teil C) Kommentar / ergänzende Bemerkungen

( Bitte in die folgende Tabelle eintragen)

Frage:	Bemerkung