

# 1 Einleitung

Die Europäische Union hat 2001 im Verkehrsweißbuch über die europäische Verkehrspolitik das ehrgeizige Ziel verabschiedet, eine Halbierung der Anzahl der Verkehrstoten bis 2010 zu erreichen [EU01]. In absoluten Zahlen bedeutet dies, dass 2010 im Gebiet der EU-Mitgliedstaaten von 2001 weniger als 20 000 Straßenverkehrstote zu beklagen wären. Diese Zielsetzung wurde von EU Ländern wie Schweden, Großbritannien oder den Niederlanden noch erweitert auf die Vision „Null-Verkehrstote“ (Vision Zero). Fakt ist heute leider, dass das Auto im direkten Vergleich bezogen auf die Fahrstrecke das unsicherste Verkehrsmittel von allen ist [Bubb 2002]. Besonders erschreckend wirkt die (zu) hohe Zahl von Verunglückten im Straßenverkehr, wenn man bedenkt, dass weltweit nahezu gleichviele Unfallopfer in der gesamten Luftfahrt in einem Jahr zu beklagen sind (888 Todesopfer im Jahr 2006, Quelle: [ASN]) wie in Bayern im selben Zeitraum Menschen Opfer eines tödlichen Unfalls im Straßenverkehr werden (911 Todesopfer im Jahr 2006, Quelle: [BStmI]). Um das ehrgeizige Ziel der massiven Unfallreduktion erreichen zu können, ist eine Vielzahl von Maßnahmen erforderlich. Ein Überblick möglicher Handlungsfelder zur Zielerreichung ist beispielsweise in [EU03-1] zu finden. Wichtig ist hierbei, dass nur eine Kombination aller Maßnahmen und deren Abstimmung aufeinander die hochgesteckten Ziele der Unfallreduktion erreichen lassen.

Den ersten Schwerpunkt bildet hierbei die Verbesserung der Fahrausbildung, z.B. durch integrierte Fahrsicherheitstrainings oder begleitetes Fahren ab dem 17. Lebensjahr. Hinzu kommen unterstützende gesetzliche Regelungen, wie z.B. eine 0,0 Promille Alkoholgrenze für Fahranfänger, der Führerschein auf Probe oder eine Verschärfung der Strafen bei Verkehrsdelikten. Auch gezielte Verkehrskontrollen an Gefahrenschwerpunkten, öffentliche Kampagnen, die die Verkehrssicherheit stärker in das Bewusstsein der Menschen bringen, und nicht zuletzt die Präsenz der Polizei im Straßenverkehr leisten einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Verkehrssicherheit. Neben der Polizei spielt auch das Rettungswesen eine zentrale Rolle für die Verkehrssicherheit. Flächendeckende Leitstellen, kürzere Anfahrtszeiten, mehr und besser ausgestattete Rettungsfahrzeuge und eine Verbesserung der Ausbildung der Rettungsassistenten können maßgeblich zu einer Reduktion von Unfalltoten beitragen. Daneben bieten sich dem Straßenbauwesen viele Möglichkeiten, Unfallschwerpunkte zu entschärfen und eine adäquate Streckenführung zu garantieren. Hierzu zählen Maßnahmen zur Verbesserung der Übersichtlichkeit und der Eindeutigkeit, wie die sichere Gestaltung von Kurven oder Kreuzungen bzw. das Aufstellen von Gebots- und Verbotsschildern, wenn eine Umgestaltung von Straßen, beispielsweise bei alten Alleen, nicht oder nur schwer möglich ist. Als Maxime im Straßenbauwesen muss gelten, dass eine Straße nicht gefährlicher sein darf als sie den Anschein gibt.

Neben diesen Maßnahmen, die der Öffentlichen Hand zur Verfügung stehen, trägt auch die Automobilindustrie hohe Verantwortung zur stetigen Weiterentwicklung der Fahrzeugsicherheit. In den vergangenen 30 Jahren hat eine Reihe von Maßnahmen der passiven Sicherheit zu einer deutlichen Verbesserung der Verkehrssicherheit geführt. Unter passiver Sicherheit werden Maßnahmen zusammengefasst, die im Falle eines Unfalls die

Folgen für den Fahrer reduzieren. Neben der stetigen Erhöhung der Steifigkeit der Fahrgastzelle und dem damit verbesserten Knautschverhalten hat insbesondere die Einführung des Sicherheitsgurts in Verbindung mit der Gurtpflicht eine deutliche Absenkung der Zahl von Verkehrstoten bewirkt. Weitere Maßnahmen der passiven Sicherheit sind die steigende Zahl lebensrettender Airbags oder die Einführung aktiver Gurtstraffer sowie Weiterentwicklungen für einen besseren Schutz von Fußgängern in Unfallsituationen.

Neben diesen Maßnahmen der passiven Sicherheit haben in der letzten Zeit verstärkt Innovationen der aktiven Sicherheit Einzug ins Fahrzeug gehalten. Unter aktiver Sicherheit werden alle Maßnahmen zusammengefasst, die zur Vermeidung von Unfällen beitragen. Prominenteste Beispiele hierfür sind ABS- und ESP-Systeme, die den Fahrer in fahrdynamisch kritischen Situationen durch eine Stabilisierung des Fahrzeugs unterstützen. In Kombination mit verbesserten Fahrwerken konnte so die Zahl von Schleuderunfällen nachhaltig gesenkt werden. Daneben tragen die verbesserte Ergonomie und Gestaltung der Fahrzeugbedienung sowie Komfortsysteme wie das Navigationssystem dazu bei, dass der Fahrer erforderliche Informationen einfacher aufnehmen kann und es zu weniger Blickabwendungen und Ablenkungen kommt. In jüngster Zeit sind Systeme entwickelt worden, die den Fahrer im Straßenverkehr bei der Bahnführung und bei Interaktionen mit umgebenden Fahrzeugen unterstützen. Verfügbar sind hier Systeme zur Gefahrenwarnung seitlich neben dem Fahrzeug und im Rückraum beim Spurwechsel oder auch Assistenzsysteme, die vor unbeabsichtigtem Verlassen der Fahrspur warnen. Daneben wurden Systeme, die die Wahrnehmung des Menschen unterstützen wie Infrarot-Nachtsichtsysteme (Night Vision) eingeführt. Mit Adaptive Cruise Control (ACC), im deutschsprachigen Raum auch unter Abstandregeltempomat bekannt, und ergänzenden Bremsassistentenfunktionen sind darüber hinaus Systeme verfügbar, die den Fahrer bei der Abstands- und Geschwindigkeitshaltung wirkungsvoll unterstützen. Rechtzeitige Warnungen und Eingriffe moderner Fahrerassistenzsysteme (FAS) tragen somit dazu bei, dass Unfälle noch vor ihrem Entstehen vermieden werden können (vgl. [EU03]).

Zusammenfassend ist zu sagen, dass weitere Verbesserungen für die Verkehrssicherheit insbesondere von der Weiterentwicklung der Fahrerassistenzsysteme zu erwarten sind. Gleichzeitig ist die Fahrerassistenz ein noch vergleichsweise junges Arbeitsfeld, so dass eine Vielzahl von offenen Fragen, insbesondere bezüglich der richtigen Gestaltung oder der Verkopplung dieser Systeme und ihres Einflusses auf das Fahrerverhalten zu klären sind.

Hierzu möchte die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten. Der hier vorgestellte Ansatz zur Vernetzung des Assistenzsystems ACC mit anderen Assistenzsystemen strebt die Schaffung eines situationsadaptiven und nutzerzentrierten Gesamtsystems an. Hierdurch wird es möglich, den Fahrer entsprechend seiner Erwartungen und passend zur jeweiligen Verkehrssituation wirkungsvoll zu unterstützen, um damit die Interaktionen zwischen Mensch und System nachhaltig zu verbessern und die Sicherheit für den Fahrer zu steigern.

## 2 Theoretischer Teil - Vernetzung von FAS

Zum besseren Verständnis der Systemfunktionalitäten werden zunächst die Assistenzsysteme ACC, LCA und LKA kurz definiert (vgl. Kap.2.1). Anschließend wird der heute gängige Entwicklungsprozess von Fahrerassistenzsystemen vorgestellt (Kap. 2.1.1), da direkt daraus eine Vielzahl von Eigenschaften heutiger FAS folgt. Bisher stellen autarke unvernetzte Einzelsysteme, die in speziellen Einzelsituationen unterstützen, den Stand der Technik dar (vgl. Kap. 2.1.2). Darüber hinaus werden Forschungs- und Entwicklungstendenzen im Themenfeld FAS vorgestellt. Deutlich kristallisieren sich dabei zwei Hauptströmungen heraus, für die öffentlich geförderte Projekte im Bereich Fahrerassistenzsysteme als Indikator herangezogen werden: zum einen das (teil)-autonome Fahren, welches das Ziel verfolgt, den Fahrer komplett von der Fahraufgabe zu befreien und zum anderen die Forschungsrichtung, bei der der Fahrer situativ und nutzernah unterstützt werden soll. Bei beiden Ansätzen muss vorrangig die Frage gelöst werden, wie viel und welche Automatisierung für den Fahrer den Idealzustand darstellen (vgl. Kap. 2.1.3).

Als eine wirkungsvolle Lösungsmöglichkeit, eine verträgliche Automatisierung für den Fahrer zu erreichen, wird das Prinzip der Vernetzung vorgestellt. Im ersten Schritt erfolgt ein Transfer dieses in Wirtschaft, Politik und Technik zurzeit sehr erfolgreichen Trends auf den Bereich Fahrerassistenzsysteme aufgrund von betriebswirtschaftlichen und kombinatorischen Aspekten (vgl. Kap. 2.2). Zum zweiten folgt die Forderung nach Vernetzung der Fahrerassistenzsysteme direkt aus dem Anspruch, ein nutzerzentriertes, situationsadaptives FAS schaffen zu wollen (vgl. Kap. 2.3). Die Analyse des menschlichen (Fahr)-Verhaltens, das geprägt ist durch komplexe vernetzte Wahrnehmungs-, Entscheidungs- und Handlungsmuster bildet hierfür die Grundlage. Insbesondere im Straßenverkehr dominiert ein Denken in komplexen Verkehrssituationen und eine Bearbeitung einer Vielzahl von vernetzten Teilaufgaben. Insbesondere der Umgang mit Risiko und Nichtlinearitäten in Wahrnehmungs- und Entscheidungsprozessen sowie die ganzheitliche Denkweise unterscheiden den Menschen heute wesentlich von verfügbaren Fahrerassistenzsystemen.

In Kapitel 2.4 erfolgt eine bewusste Einschränkung des Ansatzes auf die komplexe Fahrsituation Spurwechsel, da in dieser Situation vom Menschen eine Vielzahl von vernetzten Einzelentscheidungen getroffen werden muss. In dieser Verkehrssituation bietet der neue vernetzte, fahrerzentrierte Ansatz besonders großes Potential, da hier heute ein großes Ungleichgewicht zwischen der normalen Fahrerhandlung und der Reaktion des ACC-Systems vorliegt. Der Überblick über das aktuelle Systemverhalten des ACC-Systems in Spurwechselsituationen (Kap. 2.4.2.1) und das in dieser Arbeit genutzte Potential der Vernetzung mit anderen Systemen (Kap. 2.4.2.2) in der Situation Spurwechsel vervollständigen dieses Kapitel. Abgeschlossen wird der theoretische Teil mit einem Überblick über den Aufbau dieser Arbeit.

## 2.1 Stand der Technik von Fahrerassistenzsystemen

Einen guten Überblick über den Stand der Technik von FAS geben [Bishop 2005], [Maurer & Stiller 2005] oder [Schindler 2007]. Im Folgenden werden die Fahrerassistenzsysteme Adaptive Cruise Control (ACC), Lane Keeping Assist (LKA) und Lane Change Assist (LCA), die im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen, kurz definiert.

### **Adaptive Cruise Control (ACC)**

Das Adaptive Cruise Control (ACC) System ist die konsequente Weiterentwicklung der Tempomatfunktion auch „Cruise Control“ genannt. ACC umfasst neben der Regelung der aktuellen Fahrgeschwindigkeit auf die vom Fahrer eingestellte Wunschgeschwindigkeit (Free Mode) eine Abstandsregelung, d.h. der Fahrer wählt über die ACC-Einstellungen einen zeitlichen Abstand in Form der Sollzeitlücke aus, der vom System eingehalten werden soll. Wird über den 77 GHz Radarsensor ein relevantes Fahrzeug vor dem eigenen Fahrzeug detektiert, leitet ACC selbstständig die erforderliche Verzögerung ein (Follow Mode). Der Wechsel zwischen den beiden Hauptfunktionen Abstands- und Geschwindigkeitsregelung erfolgt automatisch durch das System. Inbegriffen ist hierbei der automatische Wechsel des Zielobjekts vor dem eigenen Fahrzeug, wie er beispielsweise bei einem einscherenden Fahrzeug erforderlich wird. Zur Regelung der Längsdynamik des Fahrzeugs stehen ACC sowohl die Ansteuerung der Bremse als auch die Nutzung des Motorschleppmoments und die Ansteuerung der Drosselklappe zur Verfügung. Durch die internationale Norm für ACC Systeme [ISO 15622: 2002] ist die maximal nutzbare Verzögerung auf  $3 \text{ m/s}^2$  begrenzt. Eine detaillierte Beschreibung der ACC Funktion kann z.B. bei [Bosch 2002] nachgelesen werden.

### **Lane Change Assist (LCA)**

Der Spurwechsellassistent (LCA) ist nach Definition der Norm [ISO 17387: 2006] ein System, das den Fahrer in Spurwechselsituationen vor potentiell gefährdenden, gleichgerichteten Fahrzeugen im Bereich seitlich und hinter dem Fahrzeug warnt. Hierbei wird die Art der Unterstützung so gewählt, dass dem Fahrer der Blick in den Rückspiegel nicht abgenommen werden soll, sondern eine zusätzliche Information bereitgestellt wird. Die ISO-Norm teilt die Spurwechsellassistentensysteme in drei Klassen ein:

Typ 1 überwacht nur die Totwinkelbereiche seitlich des Ego-Fahrzeugs (Blind Spot Warning)

Typ 2 warnt vor herannahenden Fahrzeugen auf der Zielspur (Closing Vehicle Warning)

Typ 3 ist die Kombination der ersten beiden Systeme (Lane Change Warning).

Bei dem in dieser Arbeit eingesetzten System handelt es sich um eines der dritten Art. Zur Detektion der relevanten umgebenden Fahrzeuge werden zwei Short-Range-Radarsensoren eingesetzt. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist über ein zweistufiges Warn- und Anzeigekonzept in den Außenspiegeln realisiert. Bei der ersten Eskalationsstufe befindet sich

ein relevantes Fahrzeug auf der Zielspur, ohne dass der Fahrer durch den Blinker einen Spurwechselwunsch angezeigt hat. Hierbei erfolgt eine Warnung durch gedimmt leuchtende Leuchtdioden. Setzt der Fahrer in dieser Situation noch den Blinker und kündigt damit einen bevorstehenden Spurwechselwunsch an, erfolgt eine Akutwarnung mit blinkenden Leuchtdioden in den Seitenspiegeln (vgl. [Popken 2006]).

### **Lane Keeping Assist (LKA)**

Nach der Norm [ISO 17361: 2007] besteht die Aufgabe von LKA-Systemen, im deutschsprachigen Raum auch als Spurhalteassistent bekannt, darin, den Fahrer bei der Spurhaltung auf Autobahnen oder autobahnähnlichen Straßen zu unterstützen. Hierbei warnt das System vor einem unbeabsichtigten Verlassen der Fahrspur beispielsweise durch Unachtsamkeit des Fahrers. Ein Setzen des Blinkers und die damit verbundene Ankündigung eines Spurwechsels deaktivieren das LKA-System kurzzeitig. Als Warnmodalität werden häufig Vibrationen im Lenkrad, im Fahrersitz oder gerichtete Lenkmomente eingesetzt. Als Sensor wird eine Kamera mit Bildverarbeitung zur Detektion der Spurmarkierungen verwendet. Ein Vergleich zwischen dem aus den Kameradaten ermittelten Soll-Kurs und dem real gefahrenen Ist-Kurs des Fahrzeugs bildet die Grundlage für die Warnentscheidung. Nach der Norm sind LKA-Systeme nicht dafür vorgesehen, vor Kollisionen mit anderen Fahrzeugen zu warnen oder die Fahrzeugbewegungen zu kontrollieren.

## **2.1.1 Heutiger Entwicklungsprozess bei FAS**

Aufbauend auf der Analyse von Unfallzahlen oder zur Steigerung des Komforts des Fahrers werden aktuell Fahrerassistenzsysteme entwickelt. Beste Beispiele hierfür sind die oben definierten FAS. Üblicherweise wird hierbei eine Schwäche im menschlichen Wahrnehmungs- oder Entscheidungsprozess im Themenfeld Sicherheit bzw. ein vorliegender Diskomfort für den Fahrer identifiziert. Unmittelbar daraus resultiert die gängige Einteilung in Sicherheits- und Komfortsysteme, wobei fließende Grenzen zwischen diesen Kategorien existieren. Häufig erfolgt seitens der Produkthaftung diese Einteilung eines Systems in die Klasse der Komfortsysteme, obwohl eine Steigerung der Sicherheit zu erwarten ist, um die Haftbarkeit im Fehlerfall des Systems zu begrenzen. Aber auch klassische Komfortsysteme, wie z.B. eine Klimaanlage, tragen durch eine Steigerung des Komforts zu einer Verbesserung der Fahrerkondition bei, womit direkt eine Stärkung der Vigilanz in kritischen Fahrsituationen einhergeht. Eine weitere gängige Unterteilung der Fahrerassistenzsysteme erfolgt nach der Art des Eingriffs und der Warnmodalität. In der Vergangenheit wurden vor allem informierende bzw. warnende Fahrerassistenzsysteme wie Night Vision, LKA oder LCA im Automobilmarkt eingeführt. Daneben haben auch Systeme mit aktivem Eingriff wie ACC, Heading Control oder Bremsassistenzsysteme Einzug gehalten.

Alle hier genannten Systeme haben gemeinsam, dass sie unabhängig von einander für eine spezifische Unterstützungssituation entwickelt wurden. Der Trend, FAS in Form von „Standalone“-Einzelfunktionen zu entwickeln, hat neben Vorteilen wie einer getrennten Vermarktung oder einer spezifischen kostengünstigen Umfeldsensorik auch gravierende

Nachteile. Der größte daraus entstehende Konflikt ist, dass diese durch die Entwicklungs- und Produktionsweise vorgegebene Trennung in Systeme zur Unterstützung der Längs- und Querverführung dem natürlichen Fahren widerspricht. Nach [Apel 1998] denkt der Mensch in Situationen und erlebt die Längs- und Querverführung als eine Einheit. Die Leistungsfähigkeit zur parallelen Bewältigung von Längs- und Querverführung beschreibt Apel in Analogie zum Kammschen Kreis aus der Fahrdynamik (vgl. [Apel 1998]). Dieses Modell beruht darauf, dass sich für ein Fahrmanöver die maximal mögliche Gesamtbeschleunigung aus der Linearkombination von Quer- und Längsdynamik zusammensetzt. Erfordert also z.B. die Längsdynamik in einer Situation eine hohe zu übertragene Beschleunigung, kann gleichzeitig in der Querdynamik nur noch eine geringe Beschleunigung zur Verfügung gestellt werden. Übertragen auf Fahrerassistenzsysteme muss also gelten, dass die Unterstützung bei der Längs- und Querverführung sich sinnvoll ergänzen muss, damit die resultierende Assistenz für den Fahrer am wirkungsvollsten ist.

Ein wichtiger Grund, warum heutige FAS sehr spezifisch nur auf Teile der Fahraufgabe ausgerichtet sind und nicht ganzheitlich wirken, liegt in der Umfeldsensorik. Erneut führt die Denkweise „eine Funktion – ein System – ein Sensor“ zu leistungsfähigen, aber sehr spezifischen Einzelsensoren. Ansätze zu einer integrierten Sensor-Daten-Fusion und damit einer gemeinsamen Situationsrepräsentation befinden sich noch in der Vorentwicklung (vgl. z.B. [Weiss & Kirchner 2004]). Daneben bestehen auf der Interpretationsebene deutliche Defizite zwischen der hochkomplexen, menschlichen Wahrnehmung und Entscheidung und der abstrakten, stark vereinfachten Situationsinterpretation durch moderne Fahrerassistenzsysteme.

Neben der Sensorik prägen auch die Systemgrenzen eines FAS und dessen Verhalten an den selbigen maßgeblich den Entwicklungsprozess von FAS. Die heutige Forderung an ein System lautet üblicherweise, dass dieses in mehreren für das FAS unterschiedlichen, vom Fahrer aber als identisch wahrgenommenen Fahrsituationen ein reproduzierbares Verhalten zeigen soll. Schnell entsteht so ein Konflikt in der Erwartungshaltung des Kunden und der Forderung nach Transparenz an den Systemgrenzen.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass der aktuelle Entwicklungsprozess unter den heutigen Rahmenbedingungen zu leistungsfähigen, eigenständigen, aber für den Nutzer oft wenig intuitiven Einzelsystemen führt. Daneben wird eine wirksame Integration der einzelnen Fahrerassistenzsysteme durch unterschiedliche Reifegrade der Systeme erschwert und aktuell besteht noch kein durchgängiges Gesamtkonzept, das die Fahrerassistenz als Ganzes geeignet abbildet.

### **2.1.2 Eigenschaften heutiger FAS**

Direkt aus dem heute üblichen Entwicklungsprozess bei Fahrerassistenzsystemen resultieren die charakteristischen Eigenschaften heutiger Systeme. Die meisten FAS sind geprägt durch ein maschinelles, reproduzierbares Verhalten nach eindeutig definierten Handlungsmustern. Eine situationsadaptive oder taktische Reaktion erfolgt nicht. Die Systemreaktionen ergeben sich unmittelbar aus einer Konstellation von Zustandsgrößen. Die Schaffung einer konsistenten Situationsrepräsentation ist auf Grund der unabhängigen Systeme mit

eingeschränkter, nicht vernetzter Sensorik nur bedingt möglich. Somit fehlt eine ganzheitliche Betrachtung der Verkehrssituation bei heutigen FAS.

Basis der Systemreaktion sind mathematische, physikalische Gleichungssysteme, die bei gleichem Ergebnis reproduzierbar ein identisches Systemverhalten auslösen. Eine konsequente Absichtserkennung des Fahrers erfolgt nicht. Innerhalb dieses Modells werden Linearisierungen und stetige Fortsetzungen angenommen, die in einigen Bereichen dem menschlichen nichtlinearen Wahrnehmen, Entscheiden und Handeln nicht gerecht werden. Individuelle Wünsche oder Vorlieben des Fahrers bzw. fahrstilspezifische Eigenheiten werden durch die Auslegung der Systeme nach einem Normalfahrer häufig nur eingeschränkt abgedeckt. Um hier eine Verbesserung zu erreichen, sind in vielen FAS manuelle Einstellmöglichkeiten vorgesehen, wie bei ACC die Verstellbarkeit der Zeitlücke oder des Fahrprogramms. Hierdurch soll es für den Fahrer möglich werden, das Systemverhalten in Grenzen an sein Normalverhalten anzupassen. Daneben ermöglichen diese Verstellmöglichkeiten auch eine Anpassung des Systemverhaltens an geänderte Umgebungsbedingungen wie z.B. das Wetter oder die Verkehrsdichte. Ein weiteres Manko heutiger Fahrerassistenzsysteme ist, dass die aktuelle Fahreraufmerksamkeit und die direkte Fahrerabsicht heute kaum bis gar nicht geschätzt bzw. prädiziert wird. Hieraus folgen unmittelbar Konflikte in der Interaktion zwischen Fahrer und System, da die Erwartungshaltung des Fahrers an das System nicht befriedigt werden kann. Eine sinkende Akzeptanz und häufig negative Verhaltensänderungen sind die Folge. Im schlechtesten Fall hat der Fahrer das Gefühl, dass er gegen das System arbeitet und schaltet dieses ab.

Zusammenfassend wird deutlich, dass heutige Fahrerassistenzsysteme meist eigenständige Einzelsysteme sind, die auf einer für eine Einzelfunktion präzisen, aber für eine Betrachtung der Gesamtsituation lückenhaften Sensorik aufbauen. Ein situationsadaptives, fahrerähnliches durchgängiges Systemverhalten ist nur eingeschränkt zu finden.

### **2.1.3 Entwicklungstendenzen im Bereich FAS**

Die exakte Zielsetzung innerhalb der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen ist zurzeit uneinheitlich. Ist sich die Fachwelt zwar bei den übergeordneten Zielen Steigerung der Sicherheit (Vision Zero) und des Komforts (Autopilot) einig, gehen die Meinungen, wie diese Ziele mittel- und langfristig erreicht werden können, deutlich auseinander. Betrachtet man öffentlich geförderte Projekte als Indikator, in welche Richtung die Entwicklung geht, so existieren wiederum zwei Strömungen. Zum einen werden Assistenzsysteme gefordert und gefördert, die den Fahrer situativ unterstützen, ein kooperatives Handeln bezogen auf den umgebenden Verkehr und ein nutzernahes Verhalten zeigen. Beispiele hierfür sind Projekte wie [INVENT], [AKTIV], [AIDE]. Zum anderen existieren starke Strömungen, die sich eine Autopiloten-Funktion, also eine autonome Fahrzeugführung für Straßenfahrzeuge, wünschen. Beispiele sind Projekte wie [GRAND CHALLENGE], [URBAN CHALLENGE] VaMP & VaMoRs<sup>1</sup>. Gemeinsam ist diesen beiden Forschungsschwerpunkten die Frage, wie viel und

---

<sup>1</sup> Eine ausführliche Beschreibung der Projekte VaMP und VaMoRs ist z.B. bei [Maurer 2000] oder [Siedersberger 2003] zu finden.

welche Automatisierung verträgt der Fahrer eines Kraftfahrzeugs im heutigen Verkehr. Schnell drängen sich Parallelen aus der nutzergerechten Automatisierung von Arbeitsplätzen in Kernkraftwerken oder bei Piloten auf. Auch hier standen Sicherheits- und Komfortsteigerungen im Fokus der Bemühungen.

Ein Vergleich mit der Luftfahrt scheint hierbei, da es sich auch um eine Steuerungs- und Regelungsaufgabe handelt, am nahe liegenden. Doch deutlich andere Rahmenbedingungen, wie hochtrainierte Piloten, andere „Verkehrsszenarien“, eine geringere Anzahl direkter Interaktionspartner oder auch eine stärkere Präsenz und Einbindung von externen Überwachungseinrichtungen (Flugsicherung), machen eine direkte Übertragbarkeit unmöglich. Als Transfer oder zum Zweck der Sensibilisierung für potentiell entstehende Problemstellungen sind die hier gemachten, teils schmerzhaften Erfahrungen trotzdem von großer Wichtigkeit. Die Erfahrungen mit der Automatisierung bei Piloten und bei Sicherheitsfachleuten in Kernkraftwerken hat [Bainbridge 1983] unter dem Begriff „Ironies of Automation“ prägnant beschrieben. Die folgenden Ausführungen stützen sich auf diese Arbeit und sollen die Risiken der Automatisierung im Straßenverkehr beleuchten (vgl. auch [Sträter 2001]). Ein zu hoher Grad der Automatisierung bringt hierbei drei Hauptprobleme mit sich, die die Leistungsfähigkeit des Verbundes Mensch - System deutlich absenken:

Erstens führt eine hohe Automatisierung dazu, dass der Fahrer weniger Aufgaben übernehmen muss. Hieraus folgt ein geringerer Übungsgrad, der direkt zu einer Verschlechterung der motorischen und kognitiven Fertigkeiten führt. Hinzu kommt, dass der Zugriff auf das vorhandene Wissen erschwert und wenig neues Wissen zu einer effektiven Problemlösung und Entscheidung erworben wird.

Zum zweiten führen lange fehlerfreie Phasen des Systems dazu, dass sich die Fahraufgabe von einem aktiven Handeln hin zu einer Kontroll- und Überwachungstätigkeit (Monitoring) verändert. Hieraus folgen häufig Vigilanzprobleme, die die Leistungsfähigkeit der Fahrer stark absenken.

Zum dritten treten Schwierigkeiten in der Prozesskontrolle bei hoch automatisierten Systemen auf. Insbesondere bei Übernahmeszenarien muss der Fahrer in kurzer Zeit von seiner Monitoring-Aufgabe zu einer aktiven Handlung finden. Dies erfordert die Fähigkeit, sich schnell in die Situation hineinzudenken. Erschwert wird dies, wenn der Entscheidungs- und Handlungsprozess des Systems im Aufbau nicht dem natürlichen Entscheidungsprozess des Menschen entspricht, sondern auf einer für den Menschen nicht oder nur schwer nachvollziehbaren abstrakten Ebene abläuft.

Abschließend sei zu diesen drei Gefahren der Automatisierung noch gesagt, dass diese nicht isoliert von einander zu betrachten sind, sondern dass insbesondere Selbstverstärkungs- oder Kompensationseffekte untereinander mitberücksichtigt werden müssen.

Dieser kurze Exkurs sollte hierbei zeigen, dass bei der Erhöhung der Automatisierung zur Steigerung von Komfort und Sicherheit Risiken und Probleme zu erwarten sind. Ansätze zur Vernetzung einzelner Systeme zu einem Gesamtsystem erhöhen wunschgemäß den Grad der Automatisierung und sollen zu einer höheren Verfügbarkeit der Einzelsysteme an den Systemgrenzen führen. Für die Systemgestaltung und Funktionsdefinition dieser vernetzten Fahrerassistenzsysteme muss darauf geachtet werden, dass die Handlungen des Systems vom



Fahrer nachvollziehbar sein müssen, damit entstehende Übernahme-situationen bewältigt werden können. Ideal ist daneben, wenn der Entscheidungsprozess des Systems in den relevanten Variablen mit dem des Menschen weitestgehend übereinstimmt, so dass resultierende Reaktionen des Systems mit den Erwartungen des Menschen übereinstimmen. Des Weiteren muss bei der Systemausprägung beachtet werden, dass die motorischen und kognitiven Fertigkeiten des Fahrers erhalten bleiben. Vigilanzprobleme sind in der in dieser Arbeit im Zentrum stehenden Spurwechselsituation, aufgrund der hohen Komplexität der Fahrsituation und der damit erforderlichen Aufmerksamkeit, weniger zu erwarten. Im Folgenden werden nun zwei Ansätze vorgestellt, die aus verschiedenen Blickwinkeln eine Vernetzung heute verfügbarer Fahrerassistenzsysteme fordern, um Fahrer zukünftig wirkungsvoll unterstützen zu können.

## **2.2 Technische und ökonomische Gründe für die Vernetzung von FAS**

Die Vernetzung als Methode zur Verbesserung von Fahrerassistenzsystemen auszuwählen liegt nahe, wenn man verschiedene Lebensbereiche des Menschen betrachtet, in denen diese Entwicklung deutlich zu erkennen ist. Aus der Wirtschaftspolitik ist hier in allererster Linie die Globalisierung zu nennen. Auch in der Technik hat sich die Vernetzung als Technologie (vgl. das Internet) massiv durchgesetzt. Die Vorteile sind hierbei, dass für jeden einzelnen Menschen die Verfügbarkeit, der Austausch und die Übertragung von Information erheblich vereinfacht worden sind. Daneben ermöglicht eine konsequente Vernetzung im Idealfall, dass die individuellen Stärken des Einzelnen für die Gesamtheit aller teilnehmenden Interaktionspartner verfügbar werden. Dadurch, dass in großen, vernetzten Systemen notwendige Informationen häufig mehrfach zur Verfügung stehen, sinkt die Anfälligkeit für Systemausfälle durch die redundante Informationsverfügbarkeit.

In der Realität aber sind stark vernetzte Systeme leider häufig auch hochkomplex in ihren Systemzuständen und ihrem Systemverhalten. Trotzdem liegt es nahe, diese Methode der Vernetzung auch für Fahrerassistenzsysteme anzuwenden. So wird allgemein ein Nutzen für den Fahrer erwartet, wenn Fahrerassistenzsysteme wie ACC, LKA oder LCA gemeinsam und vernetzt agieren. Unmittelbar können so auf funktionaler Ebene Verbesserungen durch eine gemeinsame konsistente Situationsrepräsentation entstehen (vgl. [Freyer & Maurer 2006]). Heutige Funktionsgrenzen der Einzelsysteme können aufgelöst oder transparenter gestaltet werden, was eine intuitive Nutzung durch den Fahrer direkt begünstigt. Erste Schritte, insbesondere im Bereich der Warnstrategien eine Vernetzung herbeizuführen, sind z.B. bei [Färber & Färber 2004] oder [Willner & Meurle 2005] zu finden. Hier werden die Vorteile einer situations- und belastungsgerechten Informationsversorgung des Fahrers durch Assistenz- und Informationssysteme aufgezeigt, die unmittelbar zu einer Reduzierung des Fahrerworkloads oder einer Verbesserung der Transparenz des Systems führen.

Daneben wird in Forschung und Entwicklung seit langem an Sensordatenfusionen gearbeitet (z.B. [Stüker 2003]) oder [Weiss & Kirchner 2004]). Das Ziel ist hierbei, Redundanzen und Überdeckungsbereiche zwischen verschiedenen Sensoren zu nutzen und komplementäre