

Aus:  
DGLR-Bericht 2003-04: Entscheidungsunterstützung für die Fahrzeug- und Prozessführung. Bonn: DGLR  
Das Original kann beim Verlag bestellt werden.

## **Die Auswirkung von Teilautomation auf das Fahrverhalten**

*Dr. Susanne Buld & Prof. Dr. Hans-Peter Krüger*

*Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW), Röntgenring 11, 97070 Würzburg*

*E-Mail: buld@psychologie.uni-wuerzburg.de*

### **Abstract**

Das Projekt EMPHASIS (Effort-Management und Performance-Handling in sicherheitsrelevanten Situationen, Förderkennzeichen: 19 S 9812 7) setzte sich zum Ziel, Dimensionen zu entwickeln, auf denen die Auswirkungen von Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsystemen auf das Fahrverhalten untersucht und bewertet werden können. Diese Dimensionen sind in drei Bereichen zu finden: im Verhalten der Fahrer, in ihrer Auswirkung auf die energetische Regulation (Beanspruchung/Workload) und in der Art und Weise, wie diese Systeme und ihre Funktionen beim Fahrer repräsentiert sind (kognitiver Bereich). Untersucht wurden mit ACC und Heading Control (HC) je ein System zur Längs- und zur Querführung, wobei die Systemfunktionalität einmal in Richtung Information/Warnung (ACC mit visueller Rückmeldung von Geschwindigkeit und Abstand bzw. HC mit akustischer Warnung am Spurrand), einmal in Richtung handlungsersetzend (ACC mit Bremseingriff) bzw. handlungsunterstützend (HC mit Aufschaltung von Lenkmomenten abhängig von der Spurabweichung) ausgestaltet wurde.

Aus den Erfahrungen, die zu Automation in der Fliegerei gemacht wurden lag nahe, dass die Einführung von Informations- und Assistenzsystemen auch Auswirkungen auf die kognitive Repräsentation der Fahrsituation und damit auf das Situationsbewusstsein haben muss. Aus diesem Grund wurde ein Fahrparcours mit Situationen gestaltet, aus deren Bewältigung zu erkennen war, ob der Fahrer die Systemaktionen richtig eingeschätzt hat.

Es konnte aufgezeigt werden, dass die Informationen, die von den Systemaktionen an den Fahrer gehen eine zentrale Rolle spielen. Informations- und Assistenzsysteme bieten dem Fahrer eine eigene Sicht der Fahrsituation, die von diesem angenommen und bewertet wird. Dabei zeigen sich Tendenzen, dass die Systemaktionen leicht übergeneralisiert werden, insbesondere aber eine deutliche Tendenz, Systemaktionen sehr lange laufen zu lassen, bevor sie korrigiert werden.

Dies – zusammen mit den Rückzugstendenzen aus der Stabilisierungsaufgabe – führt vor allem beim ACC als Einzelsystem dazu, dass teilweise kritische Situationen gar nicht erst erkannt werden oder dass erst sehr spät reagiert wird. Diese Tendenz wird abgemildert, wenn das HC zum ACC zugeschaltet wird. Hier findet eine deutlich bessere Situationserkennung statt.

Die Ergebnisse führen zur Forderung an die Systemgestaltung, die Systemgrenzen so deutlich wie möglich hervorzuheben. Ein weiteres zentrales Ergebnis ist die fundamentale Rolle von Haptik und Kinästhesie als Sinnesmodalitäten von höchstem Informationswert für das Fahren. Für den Konstrukteur muss dies bedeuten, alle Informationen aus diesem Bereich sehr sorgfältig zu gestalten.

### **Überblick**

Aus der Literatur ist bekannt, dass sich bei der Erhebung von Situationsbewusstsein als ein zentrales Problem stellt, die Awarenessaufgabe nicht selbst zur Hauptaufgabe des Versuchs werden zu lassen. Der in diesem Beitrag vorgestellte Untersuchungsansatz wird deshalb so konzipiert, dass

1. das Fahren unter Zeitdruck geschehen muss, um einen hohen Schwierigkeitsgrad kontinuierlich aufrecht zu erhalten und das Fahren so zur Hauptaufgabe werden zu lassen,

2. eine Fülle unterschiedlicher Fahrsituationen eingeführt wird, die auch bei Wiederholung eine Erinnerung an frühere Situationen erschweren,
3. die Fahrer hoch trainiert werden, um Fehler tatsächlich auf mangelndes Situationsbewusstsein zurückführen zu können.

Dies führt zu einem Fahrparcours, der vom Fahrer fehlerlos bewältigt werden muss und in dem die einzelnen Prüfsituationen in sehr ähnlichen Varianten wiederholt werden, wobei jeweils die Hälfte dieser Situationen kritisch ist, während die anderen ohne besondere Schwierigkeiten ablaufen. Über Aufgabenvielfalt wird gewährleistet, dass sich der Fahrer nicht an einzelne Situationen im Detail erinnern kann. Er hat in einem 90minütigen Parcours ca. 60 Einzelsituationen zu bewältigen.

Diese Situationen sind nach zwei Prinzipien konstruiert. Zum einen handelt es sich um „Mitzieheffekte“, die daraus resultieren, dass vorausfahrende Fahrzeuge – auf die das Assistenzsystem reagiert – in bestimmten Situationen Fehler machen, die sich auf das eigene Fahren auswirken, wenn der Fahrer nicht selbst eingreift. Die Assistenzsysteme reagieren in dieser Situation zwar entsprechend ihrer Funktion, doch sind die Systemaktionen nicht situationsgerecht. Zum andern werden Fehler eingeführt, die aus plötzlichen Störungen des Situationsflusses bestehen und zu ihrer Bewältigung ebenfalls der Übernahme durch den Fahrer bedürfen. Da aus Platzgründen die Situationen hier nicht vorgestellt werden können, werden im Ergebnisteil nur jeweils zwei Situationen pro Fehlerbereich aufgenommen.

Dass die einzelnen Fehler, die unterlaufen, tatsächlich auf mangelndes Situationsbewusstsein und nicht auf mangelndes Training zurückzuführen sind, wird dadurch gewährleistet, dass fast alle Fahrsituationen in einem eigenständigen Trainingstermin vorgestellt und geübt werden.

## Untersuchungsanordnung

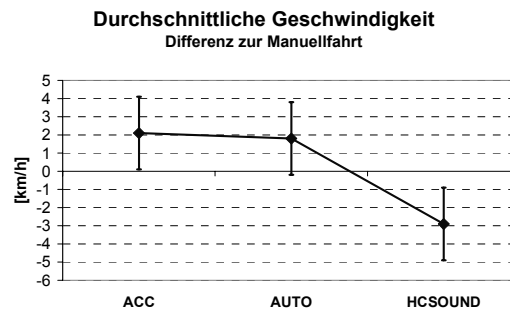
Für die Versuche wurden neben dem manuellen Fahren drei Assistenzstrategien realisiert:

- (1) Akustische Rückmeldung über die Spurgüte: es ertönt ein sog. Nagelbandrattern als informierendes Randwarnsystem, sobald der Fahrer einen 80 cm breiten Spurkanal um die Mitte seiner Spur verlässt (in den Abbildungen HCsound)
- (2) ACC als handlungersetzendes System der Längsführung (in den Abbildungen ACC)
- (3) Die Minimalversion eines Autopiloten (in den Abbildungen Auto), indem zu ACC ein HC (Spurhalteassistent) zugeschaltet wurde, der über Lenkmomente Impulse in Richtung der Spurmitte gibt. Die Einstellungen wurden so gewählt, dass das System als leicht führend empfunden wurde.

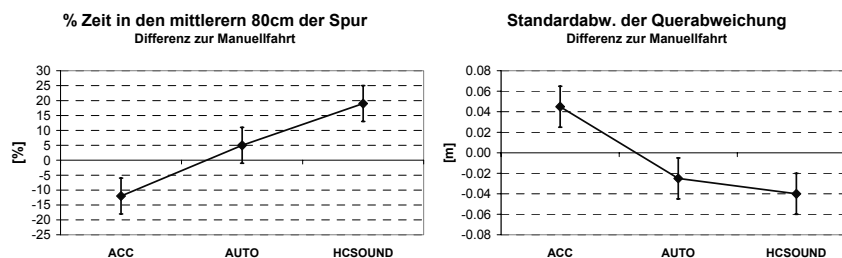
An dem Versuch nahmen 24 Testfahrer im Alter von 22 bis 57 Jahren teil, davon 12 Frauen und 12 Männer unterschiedlichster Berufsgruppen. Alle Testfahrer hatten ein ausführliches Basis-Training im Simulator erhalten und wurden zufällig einer der 3 Systembedingungen zugewiesen. Die Fahrer der ACC- und Autopilotbedingung hatten außerdem eine ausführliche Trainingsphase für das ACC-System durchlaufen. Jeder Fahrer hatte an zwei Versuchstagen eine Fahrt mit System bzw. eine Manuell-Fahrt zu absolvieren, wobei die Reihenfolge über die Versuchsgruppe permutiert wurde. Die Qualität der Durchführung der einzelnen Fahraufgaben wird anhand der Fahrparameter und Verhaltensmaße dargestellt.

## Ergebnisse

### Fahraufgaben mit Mitzieheffekten



**Abb. 1.** Scharfe Linkskurve: Durchschnittliche Geschwindigkeit  $F_{(2, 129)}=5.41$ ,  $p=.01$ .

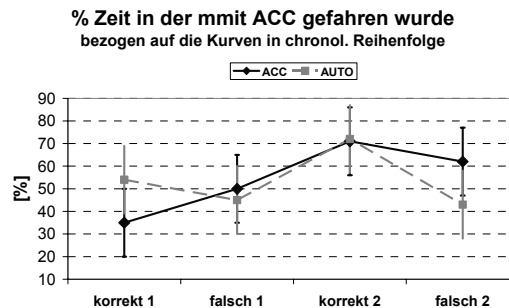


**Abb. 2.** Qualität der Spurhaltung. Links: %-Anteil der Zeit, die der Fahrer in den mittleren 80cm der Spur verbringt ( $F_{(2, 132)}=22.38$ ,  $p=.00$ ). Rechts: Standardabweichung der Querabweichung von der Ideallinie ( $F_{(2, 132)}=8.63$ ,  $p=.00$ ). In die Berechnung gehen nur die vom Führungsfahrer „falsch vorgegebenen“ Kurven mit ein. In der Abbildung ist die Differenz der FAS-Fahrt zur Manuell-Fahrt dargestellt. Positive Werte stehen für ein Mehr im Vergleich zur Manuellfahrt.

Die Situation „scharfe Linkskurve“ kommt im Parcours vier Mal vor. Beim ersten Mal bremst das Führungsfahrer beim Einfahren in die Kurve auf 80km/h ab und gibt somit eine Geschwindigkeit vor, mit der die meisten Fahrer die Kurve ohne Probleme passieren können. In der zweiten Variante behält das Fahrzeug die Geschwindigkeit von 100km/h bei. Folgt der Fahrer des EGO-Fahrzeugs mit derselben Geschwindigkeit, kann er die Spur nicht mehr optimal halten. Die Fahrer müssen das erkennen und ihre eigene Geschwindigkeit drosseln.

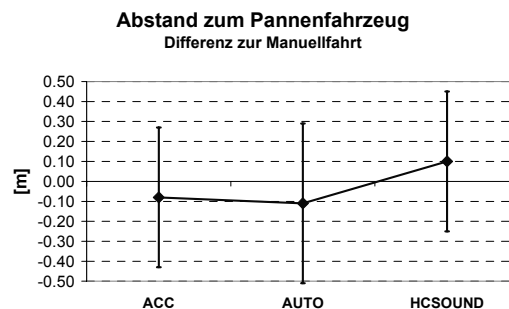
Abbildung 1 zeigt, dass die Kurve sowohl in der ACC- als auch in der AUTO-Bedingung schneller passiert wird als in der manuellen Vergleichsfahrt. In der HCSOUND-Bedingung wird deutlich langsamer gefahren. Dieses Ergebnis wirkt sich auf die Spurhaltung in den einzelnen Assistenzsystembedingungen aus. Während in der ACC-Bedingung seltener (etwa 10%) in den mittleren 80cm der Spur gefahren wird als in der manuellen Vergleichsfahrt, wirkt sich das Nagelbandrattern positiv auf die Spurhaltung aus. Hier ist ein Zugewinn von fast 20% der Zeit in den mittleren 80cm auszumachen. Auch die Kombination ACC+HC (AUTO) bewirkt eine Verbesserung zur Manuellfahrt. Derselbe Befund stellt sich im Maß der Standardabweichung der Querabweichung dar.

In Abbildung 2 ist darüber hinaus der prozentuale Anteil der Zeit dargestellt, in der beim Durchfahren der Kurve das ACC aktiv war. Es zeigt sich, dass in der reinen ACC-Bedingung dieser Anteil mit jedem Durchgang weiter zu nimmt, obwohl in der Situation, in der das Führungsfahrer falsches Verhalten vorgibt, negative Erfahrungen bezüglich der Spurhaltung gemacht wurden. Anders in der AUTO-Bedingung, in der die Fahrer zusätzlich zum ACC das HC zur Verfügung hatten. Die Fahrer unterscheiden zwischen den Situationen, in denen das ACC problemlos genutzt werden kann und den Situationen, in denen ein unverändertes Folgen Probleme bereiten würde und setzen deshalb das ACC deutlich weniger ein.



**Abb. 3.** % der Zeit, in der in der scharfen Kurve mit ACC gefahren wurde.

In der Situation „Pannenfahrzeug“ war am rechten Fahrbahnrand ein Pannenfahrzeug abgestellt. Das vorausfahrende Führungsfahrzeug streifte dieses Fahrzeug beim Passieren. In dieser Situation gibt es zwischen den Assistenzstrategien keine signifikanten Unterschiede. Tendenziell wird das Hindernis jedoch in den Bedingungen mit ACC (reines ACC und AUTO) knapper umfahren als in der manuellen Vergleichsfahrt (vgl. Abbildung 4). In der HCsound-Bedingung wird ein größerer Abstand gelassen als manuell. In der manuellen Fahrt weichen alle Fahrer trotz schlechten Vorbilds deutlich aus (Abstand im Durchschnitt 1.1 m).



**Abb. 4.** Abstand zum Pannenfahrzeug mit den Assistenzsystemen im Vergleich zur manuellen Fahrt ( $p > .10$ ). Durchschnittliche Position in der Spur beim Umfahren des Pannenfahrzeugs. Dargestellt als Differenz zur Manuellfahrt. Positive Werte besagen, dass weiter rechts gefahren wird als in der manuellen Fahrt, der Abstand zum Hindernis also geringer ist.

### Umgang mit plötzlichen Störungen

Als „Wilder Bremsler“ wird die Situation bezeichnet, in der während des Folgefahrens das Führungsfahrzeug ohne erkennbaren Grund mit  $5 \text{ m/sec}^2$  bremst und damit auch bei ACC ein eigenes Eingreifen des Fahrers erzwingt. In dieser Situation kollidieren 7 Fahrer. Fünf davon kollidieren ausschließlich in der Manuellfahrt, eine Person kollidiert einmal in der Manuellfahrt und einmal in der HCsound-Fahrt, eine weitere Person kollidiert zweimal in der HCsound-Fahrt. In den Gruppen, in denen das ACC zum Einsatz kam, gab es keine Kollisionen. Die Auswertung des minimalen Sekundenabstands bei korrekt erfolgtem Eingriff führte nicht zu signifikanten Ergebnissen. Tendenziell ist jedoch der Sekundenabstand vor dem Eingriff in der ACC-Bedingung geringer als in der manuellen Vergleichsfahrt. Insgesamt haben in dieser Situation die Fahrer, die mit dem Nagelbandrattern gefahren sind, die höchsten Einbußen.

In der Situation „Ausscherer“ schert aus einer entgegenkommenden Fahrzeugkolonne ein Fahrzeug aus und kommt dem EGO-Fahrzeug in der Fahrbahnmitte entgegen. Diese Situation wurde den Fahrern in den Trainingsfahrten nicht präsentiert, um in den Versuchsfahrten den Überraschungseffekt auszunutzen. Das richtige Verhalten in dieser Situation ist, die Geschwindigkeit zu drosseln und dem Fahrzeug so weit nach rechts auszuweichen, dass man selbst nicht von der Fahrbahn abkommt. Von 24 Testfahrern nutzen in der manuellen Fahrt 22 Fahrer das Schlepplmoment, ein Fahrer

bremst, ein Fahrer reagiert nicht. In der HCSound-Bedingung nutzen 7 von 8 Fahrern das Schlepptomoment, ein Fahrer bremst. Nur ein einziger Fahrer der ACC-Gruppe bremst in dieser Situation. Alle anderen Fahrer der ACC- und AUTO-Bedingung drosseln ihre Geschwindigkeit nicht. Sie hätten dazu das System mit der Minus-Taste heruntersetzen oder durch Bremse bzw. durch die entsprechende Funktionstaste ausschalten müssen.

## Synopsis

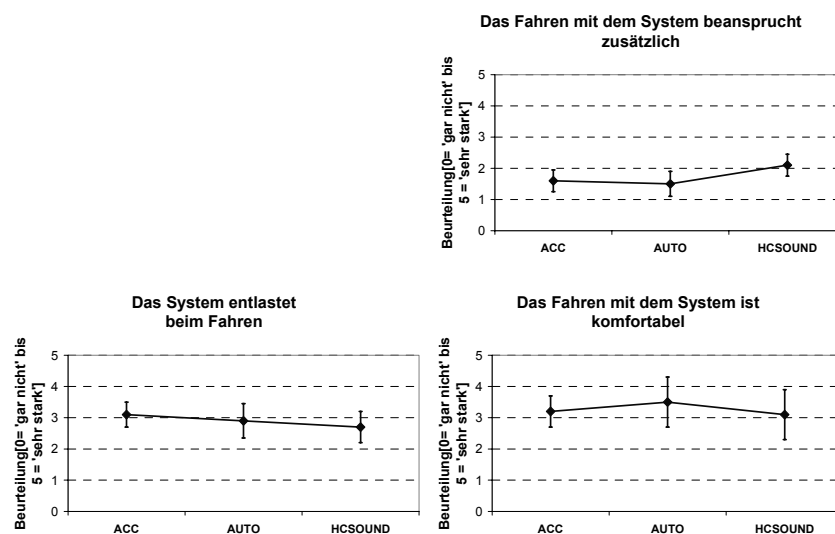
Beim ACC sind deutliche Mitzieheffekte zu bemerken. Diese beziehen sich sowohl auf die Längsführung (zu schnelles Einfahren in die scharfe Kurve) als auch auf die Querverführung (zu nahes Passieren des Pannenfahrzeugs). Durch die Verschränkung von ACC und HC (Lenkmomentwarnung) werden die negativen Effekte des reinen ACC dann aufgehoben, wenn sich die Fehler in der Spurhaltung manifestieren. So wird z.B. in der scharfen Kurve vom HC wesentlich früher bemerkt, dass durch die hohe Geschwindigkeit Spurfehler gemacht werden. Das System warnt, der Fahrer bemerkt den Fehler und drosselt die Geschwindigkeit. Dies tut er zwar später als in der manuellen Vergleichsfahrt, aber früh genug, um nicht von der Fahrbahn ab zu kommen.

Bei den Situationen, die unter plötzliche Störungen fallen, ist auffällig, dass die Störungen, die im Überwachungsbe- reich des jeweiligen Assistenzsystems auftreten, gut erkannt und in die richtigen Handlungen umgesetzt werden. Stö- rungen, die mit dem Wirkungskreis der Assistenzfunktion nichts zu tun haben, werden deutlich schlechter gemeistert als in der manuellen Vergleichsfahrt.

Ähnliches ist für den Ausscherer aus dem Gegenverkehr zu beobachten. Während in der manuellen Fahrt und der akus- tischen Spurwarnung alle Fahrer angemessen reagieren (Fuß vom Gas, leichte Ausweichbewegung), gibt es bei Betei- lung des ACC-Systems die Tendenz, das System einfach laufen zu lassen. Offensichtlich fällt die Bilanz „Aufwand, das System aktiv durch Knopfdruck abschalten“ und „Aufwand, trotz der Gefahr einfach weiterfahren“ negativ zu Gunsten der Systeme aus.

Die Bremslichter eines Führungsfahrzeugs werden bei Fahrten mit allen Formen des ACC-Systems (reines ACC bzw. Auto) als wichtige Hinweisreize erkannt und in eine manuelle Übernahme des Fahrzeugs umgesetzt. Mit diesen Systeme gab es im Gegensatz zu den manuellen Vergleichsfahrten keine Kollisionen. Beim Nagelbandrattern hingegen (HCSound) wird zwar die Spur sehr gut gehalten, offensichtlich werden die Bremslichter des „wilden Bremsers“ ab und an nicht oder zu spät bemerkt.

## Systembeurteilung



**Abb. 5.** Systembeurteilung auf den Dimensionen Beanspruchung, Entlastung und Komfort. Für die AUTO-Bedingung wurden die Systeme ACC und HC getrennt beurteilt. Die Unterschiede zwischen den Systemen werden nicht signifikant ( $p > 0.10$ ).

Die Darstellung zur Systembeurteilung zeigt, dass die Systeme durchweg positiv beurteilt werden. Lediglich das Fahren mit HCsound führt zu einer minimalen zusätzlichen Beanspruchung. Aus den Kommentaren der Fahrer geht darüber hinaus hervor, dass in der AUTO-Bedingung häufig überlegt werden muss, ob es sinnvoll ist, das System ein- oder auszuschalten. Diese Überlegungen werden interessanterweise in der reinen ACC-Gruppe nicht unternommen, was sich in der Fahrerleistung deutlich zeigt. Offensichtlich werden Fahrfehler nicht einmal bemerkt. In Begriffen der einschlägigen Literatur muss davon ausgegangen werden, dass das Situationsbewusstsein in der ACC-Bedingung nicht immer aufrechterhalten werden konnte.

## Diskussion

### Wirkung von ersetzender Assistenz

Es wurde überprüft, inwieweit die durch Automation frei werdenden Ressourcen in komplexeren Fahrscenarien nutzbar sind. Es zeigt sich, dass der Fahrer beim Übergang in das Überwachen die Aufmerksamkeit auf wenige Hinweisreize zentriert. In der Regel werden nur die Hinweisreize ausgewählt, die zum Überwachen dieses speziellen Systems notwendig sind. Beispielsweise wurde beim Fahren mit ACC ein unvorhergesehenes starkes Bremsen des Führungsfahrzeugs immer erkannt und in die richtige Handlung umgesetzt (Übernahme durch den Fahrer). Jedoch werden Reize, die für die Überwachung des Systems nicht relevant sind, nicht mehr in der angemessenen Art und Weise verarbeitet und umgesetzt. Das Situationsbewusstsein verringert sich deutlich, wenn die systembedingten Hinweisreize ausbleiben. Bremsen das Führungsfahrzeugs nicht, obwohl es die Streckenführung verlangt (Beispiel scharfe Kurve, die vom Führungsfahrzeug deutlich zu schnell genommen wird), fehlt ein entsprechender Hinweisreiz und die Fahrer reagieren nicht. Sie lassen sich mitziehen und reproduzieren somit die Fehler des Führungsfahrzeugs. Dieser Effekt ist in verschiedenen Situationen immer wieder und für alle Fahrer herzustellen.

Hinzu kommt eine konservative Einstellung der Fahrer, was die Bedienung des Systems angeht. Die Regelung des Fahrzeugs beim manuellen Fahren läuft weitgehend automatisch ab. So resultiert eine vom Fahrer erkannte Gefahr (z.B. Aussscherer auf der Gegenfahrbahn) ohne bewusste Steuerung dieser Handlung in einer Reduktion der Geschwindigkeit. Obwohl alle Fahrer in der manuellen Fahrt die Gefahr erkannten und richtig reagierten, bleibt die benötigte Vorsichtsmaßnahme in der ACC-Fahrt aus, wenn sie aktiv durch Knopfdruck bzw. Bremsen herbeigeführt werden muss. Ersetzende Assistenz und Automation bringen das menschliche Aufmerksamkeitssystem, das auf Ressourcenoptimierung und Aufwandsminimierung ausgerichtet ist, in Schwierigkeiten. Im Erleben der Fahrer führen sie dazu, dass sehr wohl eine verringerte Beanspruchung wahrgenommen wird, gleichzeitig aber die Fahrer die ihnen zugeordnete Überwachungsaufgabe als langweilig und ermüdend beschreiben. Auf der Verhaltensseite resultiert daraus die Gefahr, dass sich der Fahrer neben dem Fahren mit anderen Dingen beschäftigt. Für die Systemkonstruktion und -auslegung bedeutet dieses Ergebnis, dass „Entlastung des Fahrers“ nicht als isoliertes Ziel definiert werden darf.

### Wirkung von warnender Assistenz

Werden nicht einzelne Fahrhandlungen ersetzt, sondern auf verschiedene Arten in kritischen Fällen gewarnt, stellt sich die Fahraufgabe für den Fahrer grundsätzlich anders dar. Zu den warnenden Systemen gehört in dieser Zusammenfassung nicht nur das akustische Spurwarnungssystem (HCsound bzw. Nagelbandrattern), sondern auch der Randwarner durch ein zusätzlich aufgeschaltetes Lenkmoment, wie er im HC vorkommt und in der Bedingung AUTO (ACC+HC) eingesetzt wurde.

Die motorische Ausführung der Fahrzeugsteuerung bleibt bei diesen Systemen vollständig beim Fahrer. Im Gegensatz zu den Befunden bei ersetzender Assistenz führt die warnende Assistenz hier sogar zu einer Steigerung der Aufmerksamkeit. Dies belegen die sehr guten Leistungen, die beim Fahren mit dem akustischen Spurwarnungssystem erbracht

wurden. Häufige Warnungen führen zu einer Zentrierung auf die Spurführungsaufgabe und im Gefolge davon auch zu einer „reicheren“ Durchdringung der Fahrumwelt mit entsprechend positiven Konsequenzen im Situationsbewusstsein. Dabei erhöhen sich allerdings die Kosten des Fahrens: die Fahrer beschreiben solche Systeme zwar als sinnvoll, aber auch als anstrengend. Die Akzeptanz für den „Normalverkehr“ ist relativ gering<sup>1</sup>.

Das HC als weich führendes System hat diese hohen „subjektiven“ Kosten nicht. Nach einer Eingewöhnungsphase nutzen die Fahrer die Informationen, die aus dem zusätzlichen Lenkmoment zu gewinnen sind. Die Leistung im Fahrparcours ist zwar nicht ganz so gut wie beim akustischen System, steht aber dem manuellen Fahren um nichts nach, ist in einigen Fällen sogar besser. Ebenso wird das System von den Fahrern wesentlich besser beurteilt.

Ein zum ACC analoger Effekt bei diesen Systemen tritt ebenfalls auf: Während beim ACC die Querführung vernachlässigt wurde, kommt es in den Fahrten mit Spurassistent hin und wieder zu einer Vernachlässigung von Hinweisreizen zur Längsführung, die dann in kritischen Bremsmanövern resultieren. Eine für den Fahrer ungewöhnliche und zunächst nicht nachvollziehbare Situation kann dann entstehen, wenn gewollte Kursänderungen zu einer Abweichung von der Spur und damit zu einem entgegengesetzten Lenkmoment führen. Dies tritt bei Ausweichmanövern auf und führt zu einem Lenkimpuls in die Richtung der Gefahr.

## Ausblick

Die Ergebnisse zeigen auf, dass zwischen den einzelnen Systemen erhebliche Unterschiede in ihrer Auswirkung auf das Fahrverhalten und auf das Situationsbewusstsein bestehen, insbesondere dann, wenn das handlungsersetzende System ACC beteiligt ist. Durchgängig wird dieses System als entlastend beschrieben und positiv bewertet. Allerdings zeigen sich spezifische Defizite in den fahrerischen Leistungen, die sich als typische Folgen von Vigilanzminderungen beschreiben lassen und die im Gefolge von Überwachungsaufgaben auftreten. Ein Kennzeichen der vorliegenden Untersuchungen ist, dass die verwendeten Systeme fehlerfrei arbeiten. So greift HC bei jeder Spurabweichung ein, ebenso regelt das ACC immer den Abstand ein, wobei es lediglich vorkommen kann, dass die Systemverzögerung nicht ausreicht und der Fahrer eingreifen muss. Auf jeden Fall aber zeigt das ACC an, dass ein vorausfahrendes Fahrzeug existiert und macht den Fahrer über eine Verzögerung darauf aufmerksam.

Das Ersetzen von Fahrhandlungen erbringt deutliche Entlastungen auf Seiten des Fahrers (Komforterhöhung). Funktionieren solche Systeme perfekt, ergeben sich jedoch neue Probleme: Da meist nur einfache Fahrsituationen unterstützt werden, ergibt sich die Gefahr der Unterforderung mit Schwierigkeiten der Vigilanzhaltung und der Umschaltung von geringer auf höchste Aktivierung. Die Handlungsersetzung führt zum Überwachen, das sich durch

- eine Zentrierung auf wenige Reize und
- einen Rückzug aus der gesamten Stabilisierungsaufgabe auszeichnet.

Warnsysteme verstärken die Zentrierung auf die Fahraufgabe und führen zu höherer Beanspruchung (Komfortminderung), können aber ebenfalls zu einer Vernachlässigung nicht systemrelevanter Hinweisreize führen. Die Nachteile aus Überwachungsaufgaben können bis zu einem bestimmten Grad durch den Einsatz kinästhetischer und haptischer Informationen ausgeglichen werden. Solche Informationen geben ein Feedback, das sich sonst nur aus der motorischen Durchführung der Handlung für den Fahrer erschließen lässt. Sie sind prinzipiell dafür geeignet, die Aktivierung zu erhöhen und damit Nachteile aus der Unterforderung auszugleichen. Tabelle 1 fasst die Befunde zu ersetzender und warnender Assistenz noch einmal zusammen.

**Tabelle 1.** Vergleich von ersetzender und warnender Assistenz

<b>Wirkung von ersetzender Assistenz</b>	<b>Wirkung von warnender Assistenz</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduktion der Aufmerksamkeit, Rückzug aus der unterstützten Fahraufgabe</li> <li>• keine Kompensation in anderen Aufgabenbereichen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalt der motorischen Ausführung, Verbleiben im Controlling</li> </ul>

<sup>1</sup> Viele Fahrer weisen darauf hin, dass sie der Meinung sind, dass das System für Berufskraftfahrer verpflichtend sein sollte.

- 
- Übergang ins Überwachen: Zentrierung der Aufmerksamkeit auf wenige cues, die zum Überwachen des Systems notwendig sind (Positiv, wenn die Gefahr aus diesen Cues kommt)
  - Neigung zur Beschäftigung mit Nebenaufgaben
  - Verringertes Situationsbewusstsein für nicht überwachungsrelevante Reize
  - Konservatismus, Vermeiden der Systemabschaltung
  - Steigerung der Aufmerksamkeit, Vermeidung der (lästigen) Systemwarnung durch Konzentration auf spurrelevante cues
  - Kaum Neigung zu Nebenaufgaben
  - Teilweise Vernachlässigung von cues zur Längsführung
  - Höhere Beanspruchung des Fahrers
- 

Die Studie zeigt, dass sich die dargestellte Problematik erst dann im Verkehrsfluss auswirkt, wenn auf Seiten der Technik aktuelle Sensorschwierigkeiten behoben sind. Ein nicht perfekt funktionierendes System hält den Fahrer in der Handlungsschleife. Seine Aufmerksamkeit wird im Vergleich zum manuellen Fahren nur wenig geschmälert. Werden die Systeme jedoch ausgereifter, ist damit zu rechnen, dass man im Fahrzeug mit ähnlichen Schwierigkeiten konfrontiert sein wird, wie sie aus der Fliegerei im Zusammenhang mit Automation bereits bekannt sind.

## Literatur

- Adams MJ, Tenney YJ, Pew RW (1995) Situation awareness and the cognitive management of complex systems. *Human Factors*, 37 (1), pp 66-85
- Buld S, Hoffmann S, Kaussner A, Tietze H, Totzke I, Krüger H-P (2002) Wirkungen von Assistenz und Automation auf Fahrerzustand und Fahrsicherheit. (Abschlussbericht BMBF 19 S 9812 7) BMBF, Bonn
- Durso FT, Gronlund SD (1999) Situation Awareness. In Durso FT (ed), *Handbook Of Applied Cognition*. Wiley, New York, pp 283-314
- Endsley MR (1988) Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT). Paper presented at the National Aerospace and Electronics Conference, Dayton, OH
- Endsley MR (1990) Situation Awareness in dynamic human decision making: Theory and Measurement. Northrop Corporation
- Endsley MR (1995) Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), pp 32-64
- Endsley, M R (1995) Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), pp 65-84
- Green P (1995) Measures and methods used to assess the safety and usability of driver information systems. (Final Report FHWA-RD-94-088) Ann Arbor, Michigan, USA: The University of Michigan - Transportation Research Institute
- Gugerty LJ (1997) Situation awareness during driving: Explicit and implicit knowledge in dynamic spatial memory. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3(1), pp 42-66
- Michon, JA (1989) Explanatory pitfalls and rule-based driver models. *Accident Analysis and Prevention*, 21, pp 341-353
- Parasuraman R (1996) Monitoring of automated systems. In Parasuraman R, Mouloua M (eds) *Automation and Human Performance*. Erlbaum Associates, Mahwah New York
- Parasuraman R, Mouloua M (eds) (1996) *Automation and Human Performance*. Erlbaum Associates, Mahwah New York
- Parasuraman R, Riley V (1997) Humans and automation: use, misuse, disuse, abuse. *Human Factors*, 39 (2), pp 230-253
- Rasmussen, J (1983) Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13(3), pp 257-266
- Sarter NB, Woods DD (1991) Situation awareness: A critical but ill-defined phenomenon. *International Journal of Aviation Psychology*, 1, pp 45-57
- Sarter NB, Woods DD (1995) How in the world did we ever get into that mode? Mode error and awareness in supervisory control. *Special Issue: Situation awareness. Human Factors*, 37, pp 5-19
- Taylor RM (1989) Situational Awareness Rating Technique (SART): the development of a tool for aircrew systems design. Paper presented at the Proceedings of the AGARD AMP symposium 'Situational Awareness in Aerospace Operations', Neuilly-sur-Seine, (France)
- Wickens CD, Flach J (1988) Human Information Processing. In Wiener EL, Nagel DC (eds), *Human Factors in Aviation*. Academic Press, San Diego, pp 111-155
- Wickens CD (1996) Attention and Situation Awareness. A NATO AGARD Workshop : University of Illinois

Wiener EL, Curry RE (1987) Automation im Cockpit: Aussichten und Probleme. In Hurst R, Hurst L (eds) Flugunfälle und ihre Ursachen - Menschliches Versagen ? Motorbuch Verlag, Stuttgart, pp 108-135  
Wiener EL (1988) Cockpit Automation. In Wiener EL, Nagel DC (eds) Human Factors in Aviation. Academic Press, San Diego, pp 111-155