

Alf C. Zimmer

Assistenz: Wann, wie und für wen?

Dokumentation: Zimmer, A. C.: Assistenz: Wann, wie und für wen? Z. f. Verkehrssicherheit 48 (2002) Nr. 1, 22 Bilder, S. 15-21

Schlagwörter: Sicherheit (1665), Antilockiereinrichtung (1360), Fahrstabilität (1646), Fahrzeugführung (1760), Menschlicher Faktor (2257)

Zusammenfassung: In diesem Beitrag wird derzeit verfügbare und zukünftig anzubietende Informationstechnik für Kraftfahrzeuge aus psychologischer Sicht an Beispielen betrachtet und bewertet. Die technisch besten Lösungen für die Implementierung der Informationstechnik erweisen sich als nicht immer bestmögliche Anpassung an die Voraussetzungen zur Nutzung der Information durch die Fahrer. Deren eingeschränktes Lern- und Anpassungsvermögen wird diskutiert.

Abstract: This paper discusses present and future information technics under the aspects of psychology. Best fitting technics in several cases do not fulfill the requirements of drivers do to their limited learning abilities and their adaptability.

1 Einleitung: Prinzipien der informationellen Gestaltung von Mensch Maschine-Systemen

Seit der Entwicklung der ersten Werkzeuge, speziell aber seit der Entwicklung von Maschinen, die analog oder digital gesteuert werden können, ist festzustellen, dass die Interaktion zwischen dem Menschen und den Artefakten bzw. der Maschine asymmetrisch verläuft: Der Mensch passt sich der Maschine an, selbst wenn es sich um ein „intelligentes“ Artefakt wie den Computer handelt und nicht vice versa. Der Grund dafür liegt darin, wie Hermann Haken mit der Theorie der Synergetik gezeigt hat, dass ganz allgemein Systeme, die sich schnell anpassen, von Systemen verklärt werden, die sich langsam – oder gar nicht – anpassen. Die extremen An-

passungsleistungen, zu denen der Mensch fähig ist, führen also gerade dazu, dass er den „Preis“ für die in Mensch Maschine Systemen von ihm geforderte Anpassung in Form von gesundheitlichen Beschwerden „zahlen“ muss.

Die Entwicklung des Arbeitsschutzes seit dem 19. Jahrhundert greift dieses Problem zum einen in Form von Kompensationen und zum anderen in Form von präventiven oder rehabilitativen Maßnahmen auf. Kompensationen können direkt monetär geleistet werden (z. B. werden z.Z. pro Jahr in den USA 20 Mrd. US Dollar an Kompensationszahlungen für arbeitsbedingte Rückenschmerzen gezahlt) oder über Versorgungsleistungen (berufskrankheitsbedingte Umschulungen oder Frühverrentungen, in den USA für arbeitsbedingte Rückenerkrankungen weitere 30

Mrd. US Dollar pro Jahr, beides Angaben der *Occupational Safety and Health Administration* der US Regierung aus dem Jahr 2001). Die Höhe der Kompensationsleistungen macht schon allein die volkswirtschaftliche und damit gesellschaftliche Relevanz der menschengerechten Gestaltung von Mensch Maschine Systemen deutlich, wobei festzuhalten ist, dass andererseits diese Mensch Maschine Systeme Grundlage einer jeden modernen Volkswirtschaft sind. Dass OSHA in der volkswirtschaftlichen Argumentation wie in den meisten der von ihr publizierten „success stories“ Rückenbeschwerden bzw. Erkrankungen anführt, liegt daran, dass dieser Bereich z.Z. weltweit in Industriegesellschaften am häufigsten zu Arbeitsausfällen bzw. zur Aufgabe der Erwerbstätigkeit führt. Dies schlägt sich in den neuesten Standards der OSHA nieder, in denen ergonomische Maßnahmen vorgeschlagen werden, die speziell Belastungen im Rückenbereich entgegenwirken sollen (am 16.1.2001 in Kraft getreten, zwischenzeitlich vom Präsidenten der USA als schädlich für die Industrie außer Kraft gesetzt).

Beginnend mit der Arbeit von Fitts 1951 sind die Anforderungen systematisch zusammengestellt worden, die sich für den Menschen bei der Interaktion mit komplexen technischen Systemen ergeben. Außerdem wurden Methoden und Darstellungsformen entwickelt, die komplexe Informationsmängel so reduzieren oder kodieren, dass wichtige Parameter oder kritische Systemzustände für den Bediener schnell zugänglich sind. Bei großtechnischen An-

lagen, die von speziell geschulten Spezialisten bedient werden, ist das Problem der optimalen Passung zwischen Mensch und Maschine weniger kritisch, weil eben eine anlagenspezifische Expertise beim Nutzer vorliegt. Bei der Steuerung von Kraftfahrzeugen in informationell höchst komplexen Situationen kann in der Regel nicht von einer spezifischen Expertise ausgegangen werden, d.h. bei der Gestaltung von Informationssystemen bzw. bei der Aufbereitung von Information muss die Informationsverarbeitungskapazität des Menschen systematisch einbezogen werden.

Der klassische Ansatzpunkt, wie er von Fitts entwickelt worden ist, besteht in der Auflistung von Anforderungssituationen, wo entweder die Maschine dem Menschen oder der Mensch der Maschine überlegen ist, dementsprechend ergeben sich Richtlinien dafür, wo mit Hilfe von Automatisierungen eingegriffen werden sollte. In Bild 1, die diese Vorgehensweise schematisch darstellt, wird sichtbar, dass für den größten Bereich denkbarer Anforderungssituationen keine klare Entscheidung hinsichtlich der Überlegenheit von Mensch oder Maschine getroffen werden kann.

Ein Grund dafür, dass keine zielgenauere Abstimmung von Mensch und Maschine möglich ist, besteht darin, dass üblicherweise das Mensch Maschine System als völlig parallel und als rückgekoppelt modelliert wird. Analysiert man jedoch die Binnenstruktur der im Systembestandteil „Mensch“ ablaufenden Prozesse (s. Bild 2) dann wird deutlich, dass es sich nicht um ein Feedback gesteuertes System, sondern um ein System mit Feed-forward-Steuerung handelt.

Für die Herangehensweise an die Gestaltung von Mensch Maschine Systemen bedeutet dies aber, dass die übliche, auf Unfälle oder Vorfälle zentrierte Analyse nicht ausreicht, nach der lediglich nach den jeweiligen Ursachen dieser Un- bzw. Vorfälle gefragt wird und diese technisch aufgefangen werden, sondern dass der Systemteil „Mensch“ als aktiv sicherheitsherstellend betrachtet werden muss.

Welche Konsequenzen es hat, wenn man die menschliche Informationsverarbeitung wie in Bild 3 bei der Systemsteuerung nicht hinreichend differenziert betrachtet, kann man an der Entwicklung des Autopiloten für die Verbesserung des Pilot Flugzeug Systems sehen.

Die dahinter stehende Vorstellung geht davon aus, dass dem Piloten nur eine beschränkte Menge an mentalen Ressourcen zur Flugzeugsteuerung zur Verfügung steht, daraus folgt, dass bei einer Entlastung an beliebiger Stelle die Funktionsweise des Pilot Flugzeug-Systems besser wird, weil dann Ressourcen an anderer Stelle zur Verfügung stehen. Die Betrachtung von Bild 4 zeigt die Pilotenbelastung in Abhängigkeit von unterschiedlichen Flugphasen (gemessen mit dem Belastungs Beurteilungssystem von Bild 5).

Die auftretenden Belastungsspitzen bei Landen bzw. Durchstarten können zu kritischen Systemzuständen führen, da der Autopilot aber nur in den „Reiseflug Pha-

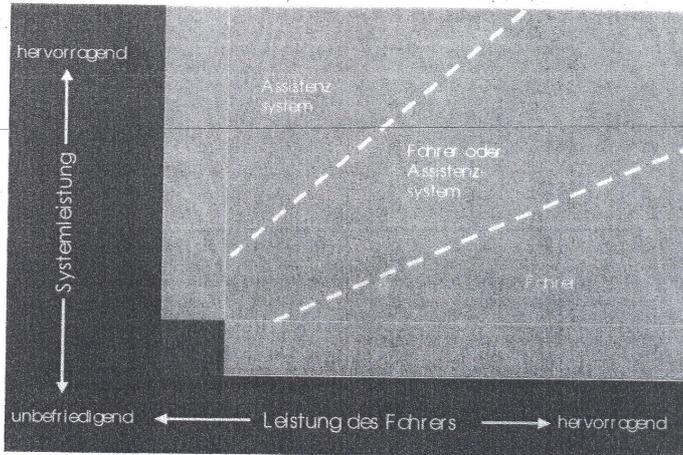


Bild 1: Schema der Aufgabenteilung zwischen Fahrer und technischen Systemen im Fahrzeug

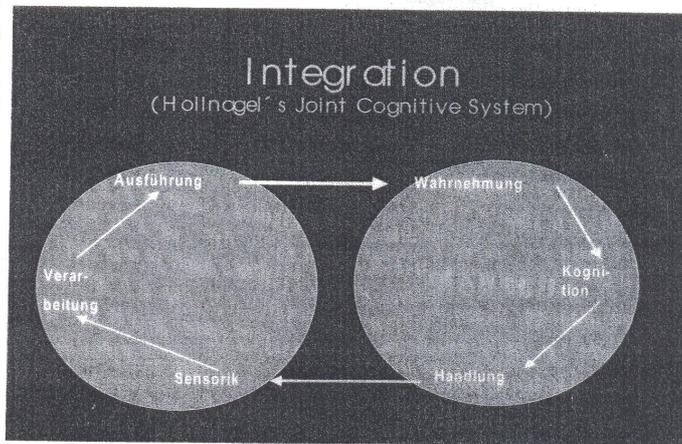


Abb. 2: Rückgekoppelte Interaktion von Mensch und technischem System

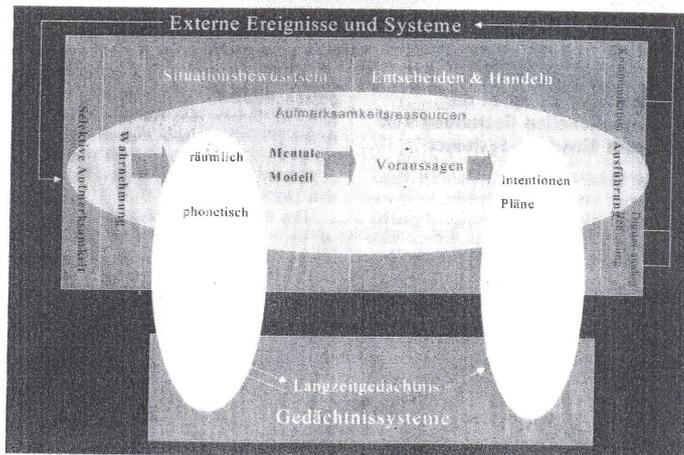


Bild 3: Binnenstruktur der menschlichen Informationsverarbeitung bei komplexer Systemsteuerung

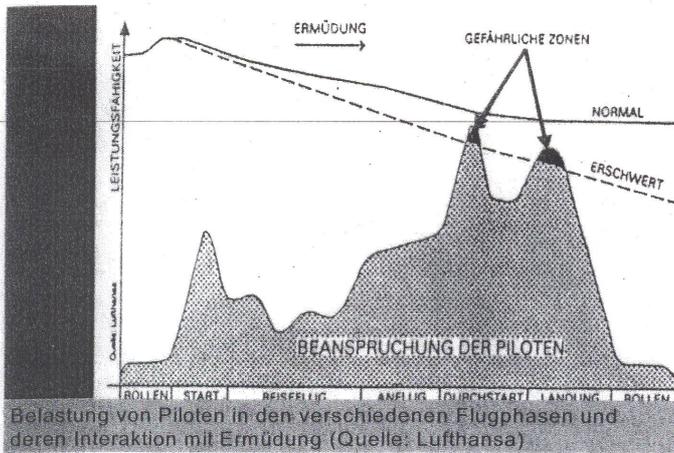


Bild 4: Flugphasenabhängige Beanspruchung von Piloten

Zeitliche Belastung	Mentale Anstrengung	Neg. Emotion
Häufige Pausen, selten oder nie Unterbrechungen oder Überlappungen	Geringe bewusste Aufmerksamkeit notwendig, beinahe automatische Ausführung	Wenig Risiko, Konfusion oder Frustration, Angst - wenn überhaupt gegeben - wird leicht bewältigt
Nur hin und wieder Pausen, häufige Überlappungen & Unterbrechungen	mäßige mentale Anforderung, gezielte Aufmerksamkeit notwendig, wegen mittel hoher Komplexität	Beanspruchung durch übliche Konfusion, Frustration und Angst

Bild 5: Die SWAT Methode (Subjective workload assessment)

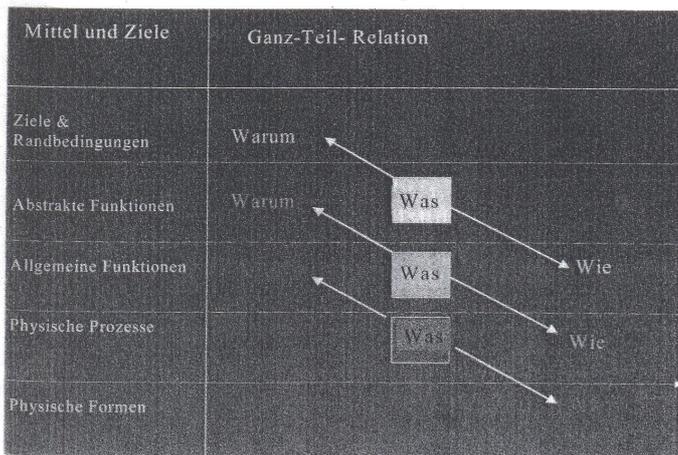


Bild 6: Die Gestaltung (was) hinsichtlich der Ziele (warum) und der Realisierungsebenen (wie)

sen" eingesetzt werden kann, führt er in den kritischen Momenten zu keiner Verbesserung der Mensch-Maschine Passung: Hier wird also entlastet, wo kaum Belastung vorliegt, so dass in kritischen Situationen eine plötzliche Überforderung wahrscheinlicher wird.

Der Hintergrund für diese immer wieder zu beobachtende an technischen Möglichkeiten orientierte Entwicklung von Unterstützungs bzw. Automatisierungssystemen zeigt sich in den Bildern 6 und 7, weil nämlich in der Regel nicht mit einer systematischen Zielanalyse auf hoher Ebene (warum) begonnen wird, sondern mit der Betrachtung aktuell gegebener technischer Lösungen (dem Wie). Dies kann dazu führen, dass die realisierten Systeme durchaus punktuell positive Wirkungen für den Menschen haben, der ein System bedient, aber es ist auch möglich, dass dabei die generelle Qualität der Mensch Maschine Interaktion schlechter wird.

2 Die Umsetzung menschengerechter Informationsgestaltung im Kraftfahrzeug

Im Folgenden sollen diese allgemeinen Überlegungen zur Mensch Maschine Interaktion speziell auf das Führen von Kraftfahrzeugen angewendet werden. Bild 8 zeigt eine Übersicht von technischen Systemen in Kraftfahrzeugen, die zunehmend stärker die direkte analoge Regelung in eine indirekte Regelung überführen.

Ein Hauptproblem bei einer derartigen Systemgestaltung ist der Verlust an Systemtransparenz, was dazu führt, dass die in Bild 3 gezeigten zentralen Bestandteile der mentalen Steuerungstätigkeit, nämlich die Bildung von mentalen Modellen und Erwartungen nicht mehr ohne weiteres möglich sind. Insbesondere hat mangelnde Systemtransparenz folgende Konsequenzen:

- Entwicklung falscher Vorstellungen über die Kausalität
- Anwendung nicht zutreffender Heuristiken (z. B. „Viel hilft viel“ o.ä.)
- Falsche Interpretation des Systemverhaltens und darauf aufbauend:
- nicht zielführende bzw. schädigende Eingriffe bei Bedienung und Instandhaltung/Reparatur

Wenn also die unmittelbare physische Transparenz der Prozesse bei indirekter Regelung verloren geht, ist es notwendig, moderne indirekte Bediensysteme so zu gestalten, dass konsistente mentale Modelle aufgebaut werden können. Diese mentalen Modelle sind vor allen Dingen notwendig, um die Systeme erlernbar zu machen. Diese haben gegenüber traditionellen, d.h. mechanischen Systemen, den Vorteil, dass hier die Rückmeldung schneller erfolgen kann, präziser sein kann (also z. B. auch die Transformation von nicht linearen in lineare Prozesse ermöglicht) und darüber hinaus hierarchisch in Subkomponenten gegliedert werden kann. Wenn eine

derartige Gestaltung gelungen ist, resultiert das in besserer Kontrollierbarkeit und Voraussagbarkeit des Systemverhaltens, wodurch aktiv Sicherheit durch Systembewusstsein erfolgt. Bild 9 gibt die zentralen Eigenschaften derartiger mentaler Modelle an.

Mentale Modelle sind besonders wichtig für das Verständnis unterdeterminierter Information, wie z. B. beim Rückschluss einer Fehlermeldung auf den Systemzustand. Bild 10 stellt die unterschiedlichen Abläufe bei Informationserzeugung und Informationsinterpretation dar.

Während z. B. die Auslösung von Kontrolllampen im Fahrzeug eindeutig, d.h. algorithmisch erfolgen kann, ist der Fahrer bei der Bewältigung der Fahraufgabe darauf angewiesen, aus der wahrgenommenen Information und seinem Hintergrundwissen über das System auf die tatsächlich gegebene Situation zurückzuschließen, dies ist in Bild 11 noch detaillierter dargestellt.

Welche Rolle diese Form des Schließens (das sog. abduktive Schließen) bei modernen Assistenzsystemen spielt, zeigt die adaptive Abstandswarnung, wie in Bild 12 dargestellt.

Nur wenn der Fahrer ein hinreichend genaues mentales Modell über die Möglichkeiten der Assistenz durch dieses System hat und über die Situationen, in denen es eingreifen kann, wird er in der Lage sein vorauszusagen, in welcher Situation er selbst aktiv übernehmen muss: z. B. in engen Kurven, bei geringen Geschwindigkeiten oder beim plötzlichen Einschneiden eines anderen Fahrzeuges in den Zwischenraum.

Neben der ganz allgemeinen Notwendigkeit der Abstimmung von Informationssystemen auf den Fahrer, ergibt sich auch die zusätzliche Notwendigkeit, solche Systeme auf spezifische Fahrergruppen abzustimmen; dies reicht von einer Berücksichtigung unterschiedlicher Farbsinnesstörungen bis zu den Besonderheiten der Informationsverarbeitung im Alter. Angesichts der Tatsache, dass demnächst ca. 30 % aller Kraftfahrer über 60 Jahre sein werden und damit eindeutig veränderte psychophysische Parameter aufweisen werden, stellt dies eine wichtige Frage dar. Herkömmlicherweise geht man ganz allgemein von einer zunehmenden Verlangsamung der Informationsverarbeitung ab ca. 50 bis 55 Jahren aus. Dies wird auch durch Ergebnisse bei Augenbewegungen unterstützt. In Bild 13 zeigt die untere Kurve die ganz allgemeine, allerdings unkritische Verlangsamung der Sakkaden in Abhängigkeit von Lebensalter, dramatisch ändert sich aber diese Situation, wenn von Einzel zu Wechselsakkaden übergegangen wird: Das Wechseln von einer Information zur anderen führt schon bei den reinen Blickbewegungen zu einer Verdoppelung der Reaktionszeit.

Allerdings kann man diesen negativen Effekt dadurch auffangen, dass zwischen den Informationen eine kurze Pause auftritt (gap), denn in diesem Falle bleibt die altersbedingte Verlangsamung unkritisch.

Mittel & Ziele	Repräsentierte Eigenschaften
Zwecke & Randbedingungen	Zielsetzungen und Randbedingungen bei der Kopplung des Systems mit der Umwelt
Abstrakte Funktionen & Prioritäten	Prioritäten hinter dem Design und seinem Funktionieren: Fluss und Ansammlung von Menschen, Masse, Energie, Kapital etc.
Allgemeine Funktionen	Funktionen, die unabhängig von der physikalischen Realisierung koordiniert werden müssen
Physische Prozesse & Aktivitäten	Eigenschaften des phys. Gerätes oder Prozesses für adaptive Durchführung, Spezifikationserfüllung, Voraussage, Kontrolle, Instandhaltung
Physikalische Formen & Konfigurationen	Eigenschaften, die für die Identifikation & Klassifikation von Objekten und ihren Konfigurationen notwendig sind: Navigation im System

Bild 7: Definitionen der Ebenen in Bild 6

Übergang von direkter zu indirekter (mechanischer, hydraulischer, elektronischer oder informationeller) Regelung

- **Servo-Systeme** Bremskraftverstärker, Schaltautomatik, power steering etc. ;
- **Entlastung, Komfort**
- **In kritischen Situationen übernehmende Systeme** ABS, ESP: Stellen in Grenzsituationen kontrollierte Regelung durch den Fahrer her, damit
- **Sicherheitseffekt**
- **eingreifende informationsverarbeitende Systeme** Längsstabilisierung ACC, Querstabilisierung HC, intelligent cruise control, Brems-/ Stau-Assistent, eingreifende Geschwindigkeitsregelung;
- **Sicherheit, Komfort**
- **Planungsunterstützende Informationssysteme** Navigationssysteme, Information über aktuelle Verkehrsregelungen, elektronische Bedienungsanleitung;
- **Komfort, Kompensation von Einschränkungen**
- **Verlust an Transparenz**

Bild 8: Auflistung von Unterstützungs- und Informationssystemen in Fahrzeugen und ihre Wirkungen

Mentale Modelle

- vereinfachte Ablaufrepräsentation zur Überbrückung von System-Ein- und -Ausgabe
- häufig unterstützt durch Metaphern („mechanisch“, d.h. deterministisch und linear)
- in Hierarchien integrierbar
- hinsichtlich der Zuverlässigkeit beurteilbar

Bild 9: Eigenschaften mentaler Modelle

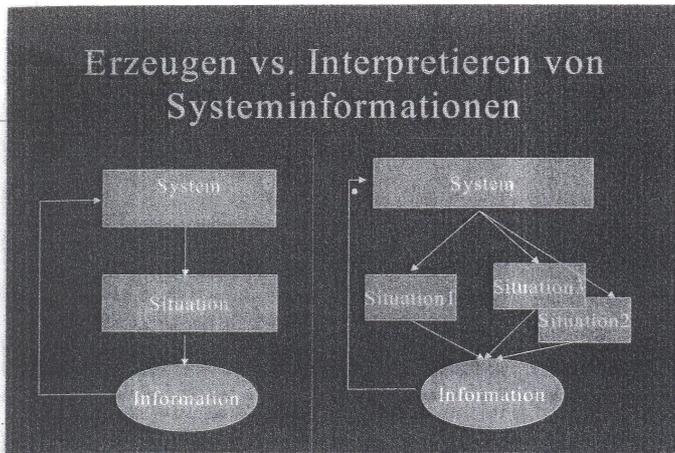


Bild 10: Deduktive Informationserzeugung bzw. abduktive Interpretation

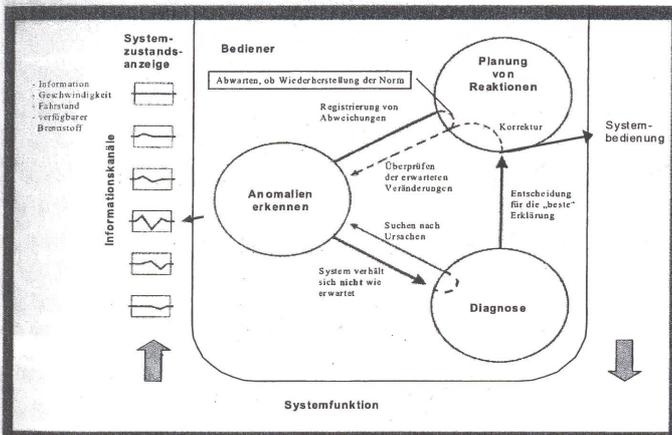


Bild 11: Rückschluss von Anzeigen (Messgrößen) auf Systemzustände (nach Stanton 19)

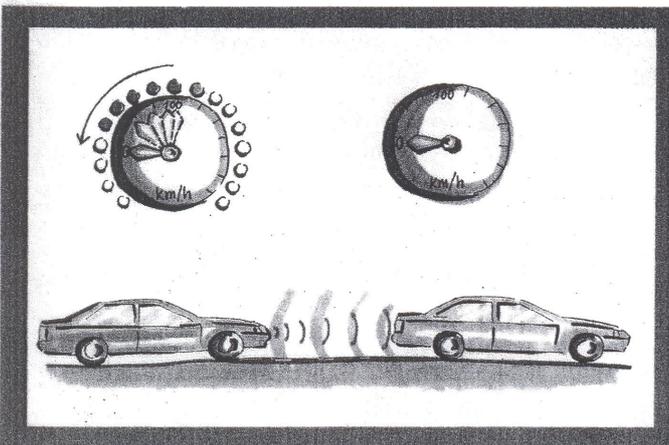


Bild 12: Eine Abstandsregelungssystem (ACC)

Das Ergebnis auf der Ebene der Augenbewegungen zeigt sich auch auf der Ebene der komplexen Informationswahrnehmung (Bild 14): Während Ältere Schwierigkeiten haben, auf Signale schnell zu reagieren, über die sie keine Kontrolle haben, zeigen sie praktisch keine Leistungseinbußen gegenüber Jüngeren, wenn sie selbst den Zeitpunkt der Informationszuwendung bestimmen können.

Wenn ein Assistenz- und Informationssystem tatsächlich zu einer grundsätzlichen Verbesserung der Fahrer Fahrzeug Interaktion führen soll, müssen darin die in Bild 15 dargestellten Anteile realisiert sein.

Weswegen dieses System so viel über den Fahrer und die Situationen „wissen“ muss, sieht man daran, wenn man wie in Bild 15 die Fehlerwahrscheinlichkeiten für bestimmte Tätigkeiten isoliert bzw. im Verkehr betrachtet.

Die von Swain & Gutman (1983) angegebene relativ hohen Zuverlässigkeiten sind in komplexen Verkehrssituationen nicht mehr gegeben, können aber erreicht werden, wenn die Assistenzsysteme die situativen Gegebenheiten erfassen (s. Bild 15).

Das beobachtbare Fahrerverhalten kann nur dann die für den Verkehr notwendige Qualität erreichen, wenn entweder die Fahrer Fahrzeug Interaktion direkt transparent ist wie z. B. beim Fahrrad, oder aber durch technische Systeme so unterstützt wird, dass sie unmittelbar den mentalen Modellen entspricht, solche Systemgestaltungen werden häufig als intuitiv korrekt bezeichnet. Insgesamt lassen sich die Vor- und Nachteile von Assistenz- und Informationssystemen im Fahrzeug folgendermaßen zusammenfassen:

- ENTLASTUNG bei der Handhabung
- ENTLASTUNG bei der Fahrtplanung
- BELASTUNG durch Überwachungstätigkeit
 - eventuell
- ÜBERFORDERUNG bei Übernahme

Dazu kommt als allgemeines PROBLEM der mögliche Kompetenzverlust, d.h.

- mangelnde Handlungskompetenz ohne Assistenz
- mangelnde Differenzierung bei der Anwendung von Assistenz

3 Vom Fahrer Fahrzeug System zum komplexen Verkehrsverhalten

Bei den bisherigen Überlegungen zur Gestaltung des Fahrer Fahrzeug Systems wurde in den meisten Fällen das Fahrer Fahrzeug System in Isolation betrachtet. Im konkreten Verkehr interagieren jedoch mehrere Fahrer Fahrzeug Systeme, wie in Bild 17 gezeigt.

Bei dieser Interaktion ist es notwendig dass ein Fahrer aus dem Verhalten eines anderen Fahrzeugs die Intentionen des Fahrers erschließt, es handelt sich also um ein abduktives Schließen, wie es der Gestaltung von Assistenzsystemen (Bild 17) bzw. der Interpretation des Fahrzeugzu-

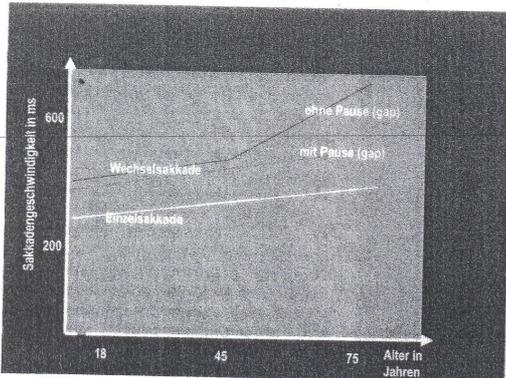


Bild 13: Sakkadengeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Alter und Signalgestaltung (einfach bzw. mit Wechsel oder Wechsel mit oder ohne Pause)

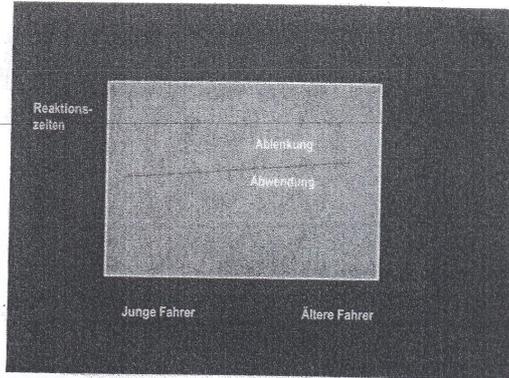


Bild 14: Altersabhängige Reaktion auf Information von Außen (Ablenkung) zw. eigener Suche nach Information (Abwendung)

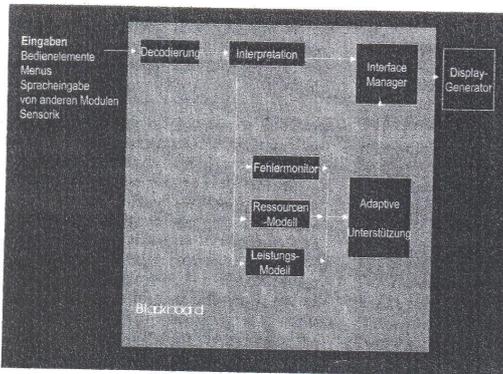


Bild 15: Assistenz- und Informationssystemanteile

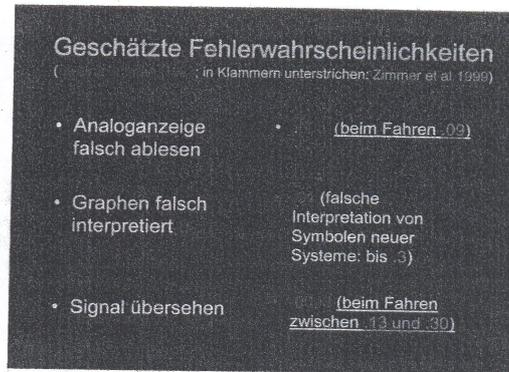


Bild 16: Fehlerwahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit von Situationen

standes aufgrund von abgelesenen Instrumenten in Bild 12 entspricht.

Donald Norman hat einmal das Setzen von Blinkzeichen mit dem „Gesichtsausdruck“ eines Fahrzeugs gleichgesetzt, weil hierdurch Intentionen erkennbar werden, wie in der Mimik eines Sprechers. Wenn man diesem Gedanken weiter folgt, wäre ein interessanter Ansatzpunkt die Expressivität der Signale zu verbessern, die ein Fahrzeug nach außen gibt; ein Beispiel sind Bremsleuchtengestaltungen. Fenk, Praxenthaler und Zimmer haben mit den in den Bildern 18 bis 21 gezeigten Bremsleuchtengestaltungen zeigen können, dass hierdurch das Regulationsverhalten hinsichtlich Abstand und Geschwindigkeit gravierend verbessert wird. Der wahrnehmungspsychologische Trick bei dieser Gestaltung besteht darin, dass neben der Flächenzunahme auch eine Scheinbewegung nach außen induziert wird, die das Annäherungsverhalten so sehr verändert, dass die Regelung der Geschwindigkeit bzw. der Verlangsamung praktisch linear wird.

Allerdings kann bei Assistenzsystemen das Problem auftreten, dass hierdurch das

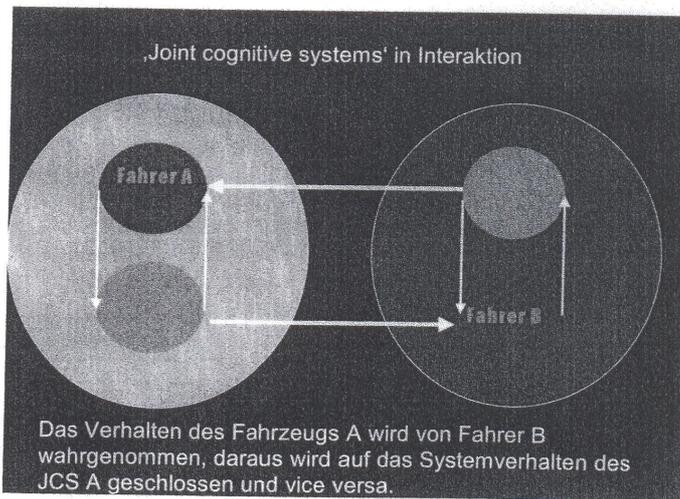


Bild 17: Das Verhalten des Fahrzeugs A wird von Fahrer B wahrgenommen, daraus wird auf das Systemverhalten des JCS A geschlossen und vice versa.

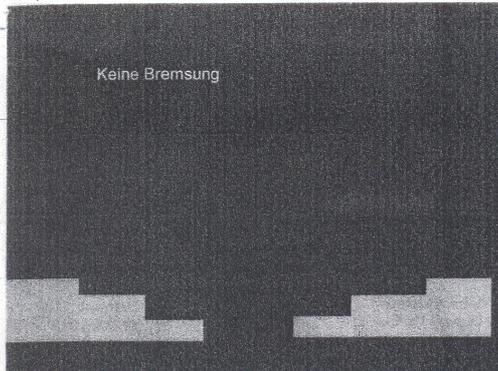


Bild 18: Form der Bremsleuchten

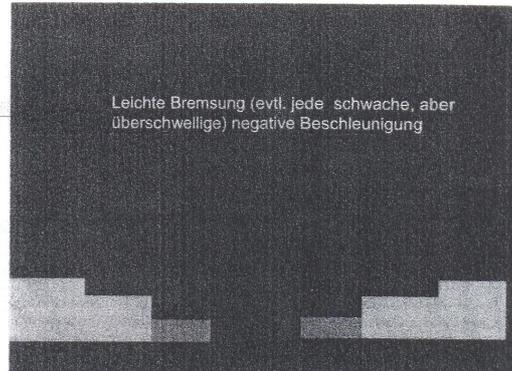


Bild 19: leichte Bremsung

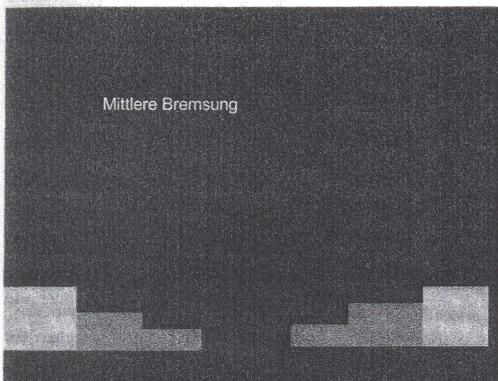


Bild 20: mittlere Bremsung

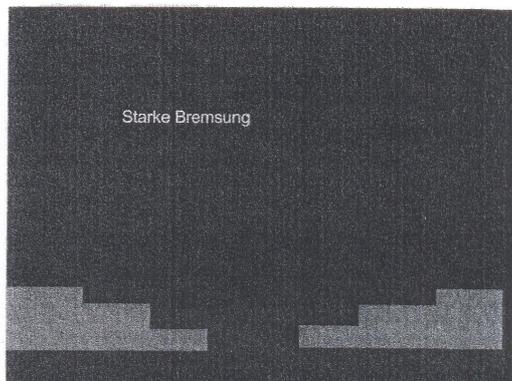


Bild 21: starke Bremsung

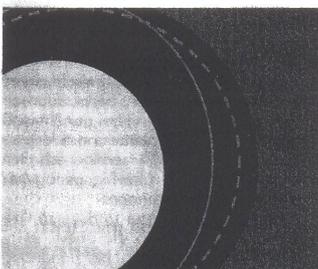


Bild 22: Spurführung mit Assistenzsystem (HC, gestrichelt) bzw. ohne (durchgezogen).

Fahrzeugverhalten so beeinflusst wird, dass es von anderen Fahrern hinsichtlich der Intentionen des Fahrers falsch interpretiert wird. In Bild 22 zeigt die gestrichelte Linie das Spurverhalten eines durch Headingcontrol unterstützten Fahrzeugs, hier wird die Kurve in konstantem Abstand zur rechten Seitenmarkierung durchfahren. Die durchgezogene Linie gibt das empirisch beobachtbare Kurvenverhalten ohne Gegenverkehr wider. Das Verhalten eines Fahrzeugs auf der gestrichelten Spur könnte andere Fahrer zur Interpretation verleiten, hier solle eine Überholmöglichkeit signalisiert werden.

Resümee

Neue technische Entwicklung bei Informationsgestaltungen und Assistenzsystemen können nur dann nachhaltig zu einer Erhöhung von Sicherheit und Effektivität von Straßenverkehr führen, wenn sie systematisch auf die Verbesserung des gesamten Fahrer Fahrzeug Systems ausgerichtet sind und nicht technikgetrieben auf isolierte

Erhöhungen des Komforts oder Erleichterung der Bedienung gestaltet werden, d.h.

- 1) Informations und Systemgestaltungen müssen den Intentionen des Fahrers entsprechen.
- 2) Informations und Systemgestaltungen müssen der gegebenen Verkehrssituation angepasst sein.
- 3) Informations und Systemgestaltungen müssen die Intentionen des Fahrers für andere Verkehrsteilnehmer transparent machen.



Prof. Dr. Alf Zimmer ist Inhaber des Lehrstuhls für Experimentelle und Angewandte Psychologie der Universität Regensburg, derzeit Rektor der Universität.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Alf Zimmer, Lehrstuhl für Experimentelle Angewandte Psychologie, Universität Regensburg, 93040 Regensburg