

Risky Business: Der Gefahr ins Auge geblickt!



***Ein Beitrag zum Thema Risiko von
S. Dornhöfer & S. Pannasch***

RISKY BUSINESS: DER GEFAHR INS AUGEN GEBLICKT!	3
Einführung	3
Welche Faktoren beeinflussen unser Verhalten in Risikosituationen?	4
Was ist Risiko?	4
Hintergrund und Zweck psychologischer Risikoforschung	4
Allgemeine Risikostrategien	5
Die Auswirkung von Motiven auf unsere Risikowahrnehmung	5
Das risky-shift-Phänomen	6
Urteilsheuristiken	6
Alt vs. jung	7
Nachtfahrten	7
Kulturelle und geschlechtsspezifische Unterschiede	7
Risikohomöostase	8
Faktoren die sich auf die Höhe des akzeptierten Risikos auswirken	10
Fahrzeugführung	11
Ist bisher eingesetzte Technik in der Lage, Risiken zu verringern?	12
Überblick und historische Entwicklung	12
Herkömmliche Methoden zur Verbesserung der Sicherheit	13
Verbesserung durch Informationen	14
Information-Management-System	14
Autofahren in der Zukunft	15
Anforderungen an Unterstützungssysteme	16
Einteilung von Unterstützungssystemen	16
Multifunktionsdisplays	18
Gestaltung von Multifunktionsdisplays	19
Gestaltung von Navigationssystemen	22
Vorschläge zur Dialoggestaltung	22
Ist der Einsatz von Blickbewegungsregistrierung in der Lage Risiken zu verhindern?	24
Fixationen und Sakkaden	24
Fixationen und visuelle Aufmerksamkeit	25
Fixationsdauer und Tiefe der Verarbeitung	25
Augenbewegungsregistrierung	27
Mögliche Anwendung der Augenbewegungsregistrierung im Straßenverkehr	29
Das Auge als zusätzliches Informations-Eingabeinstrument	29
Das Auge als zusätzliches Informations-Ausgabeinstrument	30
Schlußbemerkung	32
Literaturverzeichnis	33
Abbildungsverzeichnis	39

Risky Business: Der Gefahr ins Auge geblickt!

Einführung

Der von uns eingereichte Wettbewerbsbeitrag beschäftigt sich mit einem Risikothema, mit dem sich fast jeder tagtäglich konfrontiert sieht – dem *Straßenverkehr*.

Als Psychologen, die sich prinzipiell mit dem Erleben und Verhalten von Menschen beschäftigen, interessiert uns das Verhalten in solchen Risikosituationen.

Wir werden im letzten Abschnitt dieses Beitrags Ansätze vorstellen, die es in naher Zukunft ermöglichen sollen, das Verhalten beim *Autofahren*, das auch immer Risikoverhalten darstellt, zu Gunsten höherer Sicherheit zu ändern und so eine weniger "riskante Angelegenheit" daraus zu machen. Dies soll mit der Registrierung von Augenbewegungen während der Autofahrt gelingen. Wir stützen uns unter anderem auf Untersuchungen aus dem Blickbewegungslabor der TU-Dresden, an denen wir zum Teil selbst beteiligt sind.

Bezogen auf die Ausschreibung des diesjährigen Wettbewerbs "Risiko - der Umgang mit Sicherheit, Chance und Wagnis" sehen wir eine deutliche Chance für die Sicherheit, und das ohne großes Wagnis.

Zur Einführung wollen wir an dieser Stelle einen kleinen Überblick über unseren Beitrag geben, der sich aus drei Hauptteilen zusammensetzt:

Im ersten Kapitel "**Welche Faktoren beeinflussen unser Verhalten in Risikosituationen?**" klären wir zunächst den Begriff „Risiko“, wie wir ihn im Rahmen dieses Beitrags verwenden. Danach gehen wir anhand verschiedener experimenteller Befunde und unter Verwendung verbreiteter Erklärungsmodelle auf Unterschiede und Gemeinsamkeiten im Verhalten von Personen in Risikosituationen ein.

Im zweiten Kapitel "**Ist bisher eingesetzte Technik in der Lage Risiken zu verringern?**" versuchen wir, die im ersten Kapitel dargestellten Theorien und Erkenntnisse mit Ergebnissen aus der Praxis in Einklang zu bringen. Unsere Darstellungen stützen sich dabei weitgehend auf bereits vorliegende Ergebnisse aus Wissenschaft und Technik. Die Ausführungen zum aktuellem Stand des Erreichten werden anschließend ergänzt durch das, was in Zukunft möglich sein wird.

Nachdem in den beiden einleitenden Kapiteln versucht wurde, das Thema "Risiko beim Autofahren" gleichermaßen aus theoretischer und praktischer Sicht zu betrachten, stellen wir im dritten und letzten Kapitel "**Ist der Einsatz von Blickbewegungsregistrierung in der Lage Risiken zu verhindern?**" eine neue Möglichkeit vor, die unserer Meinung nach in Zukunft erfolversprechend im Auto eingesetzt werden kann, um Risiken zu verhindern: Die *Blickbewegungsregistrierung* mittels sogenannter Eyetracker. Zum allgemeinen Verständnis erläutern wir zuvor kurz die wichtigsten Prinzipien der Augenbewegungen und ihrer Registrierung.

Wir hoffen mit der vorliegenden Arbeit, einen gelungenen Mittelweg zwischen „so kurz wie möglich, aber auch so lang wie nötig“ gefunden zu haben und hoffen, daß unsere kreative Zusammenarbeit zu einem verständlichen, interessanten und gut lesbaren Artikel geführt hat.

Welche Faktoren beeinflussen unser Verhalten in Risikosituationen?

"Wir sehen die Dinge nicht, wie sie sind, sondern wie wir sind"
Talmud

Was ist Risiko?

Glaubt man einschlägigen Nachschlagewerken, handelt es sich bei dem Begriff "Risiko" um ein allgemeines Wagnis oder eine Gefahr (MAYERS NEUES LEXIKON, 1993).

Betrachtet man das Ganze aus einer eher psychologischen Sicht handelt es sich dabei um "das besondere Kennzeichen einer Situation, die durch mangelhafte Voraussicht des Kommenden, mögliche Schäden, Verluste und dergleichen in Aussicht stellt". (DORSCH, 1994).

In der Verkehrspsychologie bezeichnet z.B. HOYOS (1980) Risiko als subjektive Unfallwahrscheinlichkeit.

Wir beziehen uns in dieser Arbeit auf die beiden letztgenannten Definitionen von Risiko:

Anfänglich von der allgemeineren psychologischen Definition von DORSCH (1994) ausgehend gelangen wir über die Darstellung von Ergebnissen der psychologischen Risikoforschung im Laufe dieses Kapitels zu der speziell auf den Straßenverkehr bezogenen Definition von HOYOS (1980).

Hintergrund und Zweck psychologischer Risikoforschung

Bei der Psychologie handelt es sich um eine noch sehr junge Wissenschaft. 1879 gründete WUNDT in Leipzig das erste psychologische Institut der Welt und legte damit den Grundstein der experimentellen Psychologie. Es ist daher nicht weiter verwunderlich, daß die Psychologie große Teile ihres Wissens aus den "betagteren" Disziplinen bezieht. Aus dieser Situation heraus leistet sie zwangsläufig einen Beitrag zur interdisziplinären Verständigung, die sich glücklicherweise immer größerer Beliebtheit erfreut.

Auch Untersuchungen zum Thema Risiko begannen lange vor der Etablierung der Psychologie als ernstzunehmende Wissenschaft.

Zunächst beschäftigten sich überwiegend Mathematiker und Ökonomen mit dem "objektiven" Aspekt des Risikoverhaltens. Es ging ihnen hauptsächlich um die optimale Entscheidung in einer Situation mit ungewissem Ausgang. Diese optimale Entscheidung sollte nach dem Grundsatz des maximalen Nutzens entwickelt werden (BERNOULLI, 1738).

Später beschäftigte man sich zunehmend mit den "subjektiven" Aspekten des Verhaltens in Risikosituationen, z.B. im Modell der maximalen subjektiven Nutzenerwartung (SAVAGE, 1954).

Ein Großteil der bekannten psychologischen Modelle zum Risikoverhalten in Straßenverkehrssituationen beschäftigt sich in unterschiedlicher Weise mit der Beziehung zwischen objektivem und subjektivem Risiko (z.B. HOYOS, 1980; MICHON, 1985).

Da Menschen, in Abhängigkeit von ihren Erfahrungen und Fähigkeiten, ein und dieselbe Situation unterschiedlich (subjektiv) wahrnehmen und bewerten und somit ein

objektives Erleben z.B. einer Gefahrensituation unmöglich wird *verhalten sie sich in Risikosituationen vor allem unterschiedlich*.

Diese Feststellung erscheint nicht sonderlich neu und spektakulär, ist aber von grundlegender Bedeutung, wenn man versuchen möchte, das Verhalten in riskanten Situationen mit sicherheitssteigernden Maßnahmen zu ändern. Aufgabe der Psychologie ist es hierbei, Modelle zu entwickeln, mit denen man das Verhalten in Risikosituationen beschreiben und bestenfalls sogar vorhersagen kann. Dazu ist es notwendig Regelmäßigkeiten im Verhalten von Personen in riskanten Situationen aufzudecken, d.h. die Aspekte des Verhaltens, welche bei allen gleich sind und jene, in denen sich Personen unterscheiden.

Unter besonderer Berücksichtigung des letzteren Aspekts, wollen wir nun auf einige Faktoren eingehen, die dieses unterschiedliche Verhaltens bedingen.

Allgemeine Risikostrategien

Menschen verfügen über Einstellungen zu Risiken, die sich in den meisten Entscheidungssituationen äußern. Diese Einstellungen beeinflussen, ob Optionen gewählt werden, bei denen Risiko eher gemieden oder eher gesucht wird, unabhängig von dem tatsächlichen erwarteten Nutzen der Entscheidung.

Zur Verdeutlichung ein kurzes Beispiel:

(a) Mit einer Chance von 85% können Sie 100 EURO gewinnen.

(b) Sie gewinnen mit Sicherheit 80 EURO.

Welche Möglichkeit würden Sie wählen?

(c) Mit einer Chance von 85% können Sie 100 EURO verlieren.

(d) Sie verlieren mit Sicherheit 80 EURO.

Welche Möglichkeit würden Sie wählen?

Die meisten Menschen wählen lieber b statt a. Sie bevorzugen einen sicheren Gewinn, anstelle eines wahrscheinlichen großen Gewinns, dabei handelt es sich um eine eher *risikovermeidende Strategie*. Ebenso wird lieber c statt d gewählt, dabei wird ein Wagnis dem sicheren Verlust vorgezogen, dabei handelt es sich um eine eher *risikofreudige Strategie* (TVERSKY & KAHNEMAN, 1986).

Eine interessante, wenn auch noch nicht sehr hilfreiche Erkenntnis, wie Personen mit Risiken umgehen.

Die Wahrnehmung von möglichen Risiken wird weiterhin durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst; einige davon sollen im folgenden dargestellt werden.

Die Auswirkung von Motiven auf unsere Risikowahrnehmung

Unsere Informationsaufnahmekapazitäten sind begrenzt. Broadbent (1958) vergleicht das Funktionieren unserer Aufmerksamkeit mit der Arbeit eines Filters, der eine Auswahl der Information vornimmt und damit eine Überlastung des "Informationsübertragungskanal" verhindert, denn die Durchlaßfähigkeit dieses Filters ist begrenzt. Wir können also aus der Menge der gleichzeitig vorhandenen Reize nur *einige* "ausfiltern" und interpretieren. In der Regel sind dies die Reize, die für uns in der aktuellen Situation von Bedeutung sind (HERNANDEZ-PEON, 1966).

Ein Autofahrer nimmt z.B. subjektiv für ihn wichtige Straßenschilder mit einer höheren Wahrscheinlichkeit wahr, als weniger wichtige (JOHANSSON & RUMAR, 1966).

Motive wirken sich auf unsere Wahrnehmung aus (z.B. BRUNER & GOODMAN, 1949; CHAPLIN & KRAWIEC, 1968; KLEIN, 1970).

Das Motiv Hunger läßt einen Autofahrer das Schild einer Autobahnraststätte mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit wahrnehmen. Im ungünstigsten Fall übersieht er ein für die Sicherheit aller beteiligten wichtiges Schild (z.B. ein Schild, das Stau signalisiert).

NÄÄTÄNEN und SUMMALA (1976) nehmen das Vorhandensein einer sehr hohen subjektiven Risikowahrnehmungsschwelle, des sogenannten "Risikomonitors", an. Dieser Risikomonitor wird durch positiv bewertete Motive, sogenannte Extramotive, beeinflußt. Wir alle haben schon die Erfahrung gemacht, daß wir unter großer Eile oder Streß Entscheidungen getroffen haben, die in einer streßfreien Situation anders ausgefallen wären.

Im Straßenverkehr führt das Motiv der Eile beispielsweise dazu, daß wir ein Überholmanöver "riskieren", das wir unter normalen Umständen unterlassen hätten.

Negative Aspekte, wie z.B. die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls oder der damit verbundene Schaden werden erst einkalkuliert, nachdem der Monitor aktiviert wurde, z.B. durch einen Beinaheunfall.

Je stärker ein Extramotiv ist, desto größer wird das Risiko, daß es die Entscheidung des Fahrers beeinflußt. Unter Umständen trifft er dann Entscheidungen, die er ohne Extramotiv nicht getroffen hätte.

Die Risikowahrscheinlichkeit kann sich also durch ein Extramotiv erhöhen das objektive Risiko bliebe dann zu Gunsten des subjektiven Risikos "auf der Strecke".

Das risky-shift-Phänomen

Menschen neigen dazu in *Gruppen* extremere oder riskantere Positionen in ihren Urteilen einzunehmen. KOGAN und WALLACH (1967) bezeichneten diese Tendenz als das "risky shift"-Phänomen. Eine solche Gruppensituation spielt neben anderen Einflußgrößen bei den sogenannten "Disco Unfällen" eine Rolle.

Urteilsheuristiken

Gründe für *Fehleinschätzungen* persönlicher Risiken können *Urteilsheuristiken* sein. Unter einer Heuristik versteht man eine Finderegeln, die von vereinfachten Annahmen ausgeht, mit deren Hilfe sich ein Problem also schneller lösen läßt, als ohne diese Vereinfachung (DORSCH, 1994). Die Nachteile einer solchen Finderegeln bestehen darin, daß sie nicht mit Sicherheit zu einer korrekten Lösung führen. Sie stellen den Gegensatz zu einem Lösungsalgorithmus dar. Urteilsheuristiken spiegeln das Unvermögen der Menschen wider, mit objektiven Wahrscheinlichkeiten umzugehen. Vielmehr bilden sie sich ihre eigene, ihren Erwartungen und Erfahrung entsprechende subjektive Wahrscheinlichkeit. Nur so kann es z.B. dazu kommen, daß Menschen an Glück oder ausgleichende Gerechtigkeit glauben

Die Wahrscheinlichkeit bei vielen Autofahrten immer gut durch den Verkehr zu kommen wird beispielsweise überschätzt. Hingegen wird die Wahrscheinlichkeit eines seltenen Ereignisses, z.B. eines Unfalls unterschätzt (vgl. TVERSKY & KAHNEMAN, 1974).

Alt vs. jung

Auch das Alter und die Fahrpraxis haben Einfluß auf das Risikoverhalten. Unfallanalysen zeigen eine deutlich höhere Unfallhäufigkeit bei jungen Autofahrern. (z.B. HEINRICH & HUNDHAUSEN, 1982; WILLIAMS, 1985). Da solche Statistiken wenige Rückschlüsse auf Unfallhintergründe zulassen, wäre es ein voreiliger Schluß eine größere allgemeine Risikobereitschaft junger Fahrer zu vermuten.

SCHLAG, ELLINGHAUS und STEINBRECHER (1986) führen die Unterschiedlichkeit des Verhaltens in der Gruppe der jungen Kraftfahrer wesentlich darauf zurück, wie der bestehende Außendruck in einer Phase der persönlichen Unsicherheit, kurz nach dem Führerscheinerwerb verarbeitet wurde.

Sie berichten auch, daß Fahranfänger in besonderem Maße auf die oben genannten Urteilsheuristiken angewiesen sind.

ELLINGHAUS, SCHLAG und STEINBRECHER (1990) kamen in einer Untersuchung zu Leistungsfähigkeit und Fahrverhalten älterer Kraftfahrer zu dem Schluß, daß Fahraufgaben mit durchschnittlichen Anforderungen von älteren ebenso gut bewältigt werden, wie von jüngeren Fahrern. Erst unter schwierigeren Bedingungen, vor allem wenn schnelles Handeln gefordert ist, fanden sie Leistungsdefizite älterer Verkehrsteilnehmer. Da ältere Fahrer diese schwierigen Situationen aber eher meiden und insgesamt weniger fahren, kompensieren sie einen Teil ihrer altersbedingten Leistungsdefizite. Sie vermeiden risikoreiche Verkehrsteilnahme und zeigen generell weniger Risikobereitschaft als jüngere Fahrer.

Die zunehmende Fahrpraxis fördert ohne Zweifel das fahrerische Können. Allerdings liegt die Vermutung nahe, daß damit auch die oben genannte wahrgenommene individuelle Kontrollfähigkeit ansteigt und dieser Sicherheitsgewinn im Sinne der Risiko-homöostase-Theorie wieder verspielt wird.

Nachtfahrten

Bei *Nachtfahrten* wirken sich physikalische und physiologische Faktoren auf das Verhalten in Risikosituationen aus:

Schon am Tage sind unsere Informationsaufnahmekapazitäten, wie anfangs kurz angesprochen, durch unser Gehirn begrenzt. In der Nacht wird die Informationsaufnahme bereits durch das Auge begrenzt.

COHEN (1994) weist darauf hin, daß die Scheinwerfer des Autos außerorts in der Regel die einzigen Lichtquellen sind und einfach zu wenig Licht liefern, um alle Objekte im relevanten Bereich des Vorfeldes (damit ist mindestens die Anhaltestrecke gemeint) erkennen zu können. Bis die Lichtintensität bei abnehmendem Abstand soweit ansteigt, daß ein Wahrnehmungsvorgang ausgelöst wird, verhält sich der Fahrer mangels Informationsaufnahme so, als ob die Fahrbahn hindernisfrei wäre - leider auch dann, wenn sich ein solches auf der Fahrbahn befindet.

Kulturelle und geschlechtsspezifische Unterschiede

SIVAK, SOLER und TRÄNKLE (1989) berichten von *kulturellen Unterschieden*. Sie boten US-amerikanischen, spanischen, westdeutschen und brasilianischen Autofahrer(innen) aller Alters- und Fahrpraxisstufen Dias verschiedener Verkehrssituationen

dar. Diese sollten hinsichtlich ihrer Gefahr auf einer Sieben-Punkte-Skala eingeschätzt werden.

Sie fanden unter anderem heraus, daß die spanischen Autofahrer durchschnittlich die höchste Gefahr in den Dias sahen, die Amerikaner dagegen die geringste. Es deutet vieles darauf hin, daß die Gründe hierfür in der unterschiedlichen Verkehrserziehung der beiden Länder liegen.

Wir schlußfolgern hieraus, daß auch eine langfristige Änderung der subjektiven Risikokomponente möglich ist.

Nicht zuletzt stellten EBBESON und HANEY (1973) fest, daß sich Männer im Straßenverkehr meist riskanter verhalten als Frauen.

Bei den bisher angeführten Aussagen handelte es sich um relativ konkrete Aussagen zum Risikoverhalten. Um das generelle Verhalten im Straßenverkehr im Zusammenhang mit Risiko betrachten zu können, wird allerdings ein allgemeingültigeres Modell benötigt. Ein solches Modell wird im folgenden erläutert.

Risikohomöostase

Ein sehr umfassendes Modell zum Risikoverhalten im Straßenverkehr wurde von WILDE (erstmal 1974) entwickelt. Für das von uns behandelte Thema erscheint es uns am geeignetsten, daher gehen wir im folgenden genauer darauf ein:

Es handelt sich hierbei um eines der bekanntesten, aber auch am kontrovers diskutiertesten Modelle.

In Fachkreisen ist der Ansatz bekannt als Theorie der Risikohomöostase – der Begriff „Homöostase“ bezeichnet das Prinzip, daß Organismen trotz ständig wechselnder externer Lebensbedingungen das Bestreben haben das interne Gleichgewicht beizubehalten. Unsere Körpertemperatur wird beispielsweise trotz ständig wechselnder Außentemperaturen konstant gehalten.

Die Risikohomöostasetheorie ist eine Erweiterung der Theorie der Risikokompensation, welche besagt, daß Menschen versuchen durch ihr Verhalten die wahrgenommenen Risiken und Gefahren auszugleichen. Im Gegensatz zur Risikohomöostasetheorie wird sie als „allgemein anerkannt“ betrachtet (PFAFFEROT & HUGUENIN 1993). Ein Beispiel für das Modell der Risikokompensation: man fährt auf der Autobahn und es beginnt zu schneien, die meisten Fahrer empfinden das als ein erhöhtes Risiko und versuchen dieses durch eine Verringerung der Geschwindigkeit auszugleichen (kompensieren). Unter Annahme dieses Modells verhalten wir uns in gefährlichen Situationen vorsichtiger.

Das Modell der Risikohomöostase besagt an dieser Stelle aber auch das gegenteilige Verhalten voraus. Im oben angeführten Beispiel würde das bedeuten, daß man, nachdem es aufgehört hat zu schneien, nicht mehr langsam und sicher weiterfährt, sondern die Geschwindigkeit erhöht, bis zu dem Niveau, auf dem man sich wohl fühlt. Aufgrund der vorangegangenen Geschwindigkeitsverringerung kann das neue Tempo sogar über dem Ausgangsniveau liegen, um z.B. verlorengegangene Zeit auszugleichen.

Entsprechend dem angeführten Beispiel, werden im Verkehrs- und Arbeitsleben viele technische Sicherheitsmaßnahmen durch menschliches Verhalten eingeschränkt oder aufgehoben.

Für dieses Verhalten galt es ein Modell zu entwickeln, mit dem in einer bestimmten Population die Entstehung bzw. die Variation der Unfallrate erklärt werden kann. Nach Wilde (1981; 1982) ist, analog zu einem Thermostat einer Zentralheizung, wel-

ches die Raumtemperatur regelt, die Unfallrate in einer Population ebenfalls das Ergebnis eines geschlossenen Regelkreises. Der Grundgedanke des Modells lässt sich nach SCHLAG (1994) wie folgt zusammenfassen:

Zur Verbesserung der Sicherheit gedachte (vor allem technische) Maßnahmen erhöhen meist die 'Sicherheitsreserven', damit jedoch gleichzeitig die Leistungsmöglichkeiten im Grenzbereich. Wenn das Kraftfahren als attraktive, leistungsbezogene Tätigkeit erlebt wird, dann wird in vielen Fällen der mögliche Sicherheitseffekt durch ein verändertes Verhalten aufgezehrt - der subjektiv erlebte Risikogehalt bleibt gleich.

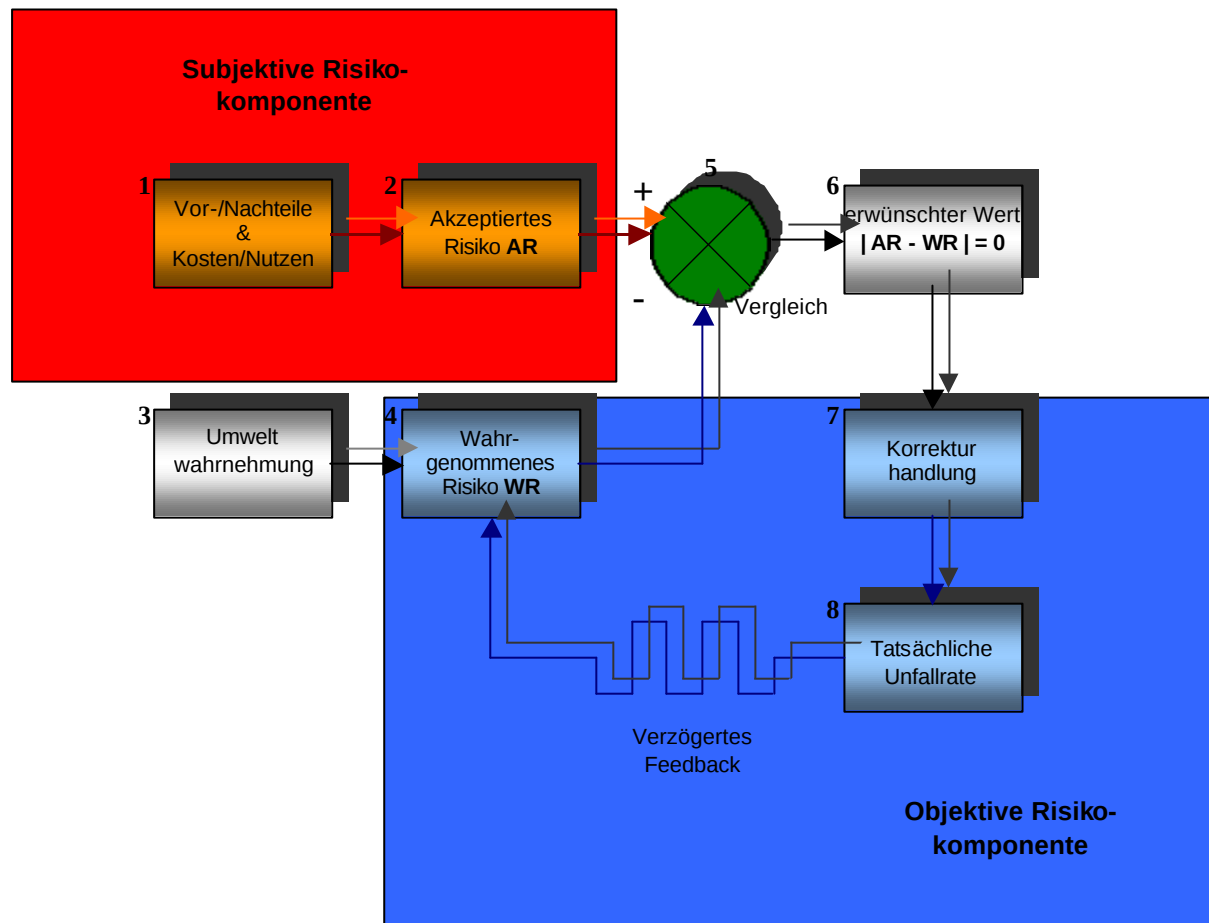


Abbildung 1. Das Modell der Risikohomöostase nach WILDE.

Etwas konkreter betrachtet, lässt sich das Modell folgendermaßen beschreiben:

Als zentralen Punkt des Modells sehen die Autoren die Einteilung in *objektive* und *subjektive* Risikokomponenten.

Weiterhin wird angenommen, jeder Verkehrsteilnehmer ist zu jedem Zeitpunkt, während er am Verkehr teilnimmt, zwangsläufig Unfallrisiken ausgesetzt und nimmt diese auch wahr. Jeder Verkehrsteilnehmer kann durch eine subjektive Risikokomponente beschrieben werden. Dieser Wert entspricht dem akzeptierten Risiko (2), welches er für seine Teilnahme am Straßenverkehr in Kauf nimmt.

Der Wert des akzeptierten Risikos ist interindividuell unterschiedlich und wird durch folgende vier Kriterien (1) bestimmt:

- den erwarteten **Nutzen riskanten Verhaltens**, beispielsweise Zeiteinsparung durch schnelles fahren

- die erwarteten **Kosten riskanten Verhaltens**, beispielsweise schnellerer Verschleiß des Autos
- den erwarteten **Vorteil sicheren Verhaltens**, beispielsweise eine Senkung des Versicherungsbeitrags
- die erwarteten **Nachteile sicheren Verhaltens**, beispielsweise ein unkomfortabler Sicherheitsgurt.

Das akzeptierte Risiko wird ständig mit dem wahrgenommenen Risiko (4) der gegenwärtigen Situation verglichen (5). Nach der Risikohomöostasetheorie beträgt die vom Verkehrsteilnehmer gewünschte Abweichung zwischen dem akzeptierten und dem wahrgenommenen Risiko Null (6). Bei Diskrepanzen in der einen oder anderen Richtung finden Korrekturhandlungen (7) statt, um das Risiko in der gewünschten Richtung anzupassen. Diese Korrekturhandlungen wirken sich auf die tatsächliche Unfallrate (8) aus, welche die objektive Risikokomponente darstellt. Das objektive Risiko beeinflusst, zeitlich verzögert, das wahrgenommene Risiko.

Aus dieser kurzen Modellskizze läßt sich erkennen, daß das akzeptierte Risiko (die subjektive Risikokomponente) die einzige Größe in dem Regelkreis ist, welche sich durch äußere Eingriffe nicht verändern läßt. Daraus ergibt sich, daß alle externen Einwirkungen in den Regelkreis, die das objektive Risiko ändern sollen, langfristig keine Wirkung zeigen, solange das akzeptierte Risiko davon unbeeinflusst bleibt.

Faktoren die sich auf die Höhe des akzeptierten Risikos auswirken

Nach WILDE (1974) ist die Höhe des akzeptierten Risikos eher *personenabhängig* (Situationen überdauernd). KLEBELSBERG (1977) hält es in seiner Theorie der subjektiven und objektiven Sicherheit dagegen für eher *situationsabhängig*.

SCHLAG, ELLINGHAUS und STEINBRECHER (1986) nehmen an, daß sich das jeweils eingegangene Risiko aus einer wechselseitigen Beeinflussung der situativen und der personenabhängigen Bedingungen ergibt.

Die Höhe des akzeptierten Risikos ist individuell, wie gesellschaftlich auch maßgeblich davon abhängig, ob dieses *freiwillig und willentlich* eingegangen wird oder aber *unfreiwillig* zu ertragen ist (ROWE, 1977; FISCHHOFF et al. 1978). STARR (1969) schätzt, daß die Risikoakzeptanz für freiwillige Tätigkeiten (z.B. Skifahren oder Motorradfahren) etwa tausendmal größer ist als für unfreiwillige Gefahren (z.B. Naturkatastrophen oder technische Risiken).

Hören wir in den Nachrichten etwas über Pestizidrückstände in einem Nahrungsmittel ändern wir sofort, wenn auch kurzfristig unsere Eßgewohnheiten. Die allgemein bekannten gesundheitlichen Bedenken gegen übermäßiges Trinken und Fast-Food-Ernährung werden allenfalls in gute Vorsätze für das neue Jahr umgesetzt, die schnell wieder in Vergessenheit geraten (JUNGERMANN, 1998).

Nach SCHLAG, ELLINGHAUS und STEINBRECHER (1986) ist die *erlebte Beherrschbarkeit* des Risikos ein weiterer zentraler Faktor der Risikoakzeptanz. Im Mittelpunkt steht hier die wahrgenommene individuelle Kontrollfähigkeit. Je kontrollierbarer eine Situation wahrgenommen wird, desto größere Risiken ist man gewillt in Kauf zu nehmen.

Fahrzeugführung

Nachdem wir eine Reihe von Ergebnissen angeführt haben, die vorwiegend der Beantwortung der Frage dienen sollen, welche Faktoren unser Verhalten in Risikosituationen im Straßenverkehr beeinflussen, ist es auch notwendig zu klären, wie sich die Tätigkeit des Fahrens allgemein beschreiben läßt. Da es sich beim Autofahren um die Bewältigung einer komplexen Aufgabe handelt, ist es sinnvoll, diese Aufgabe in entsprechende Teilaufgaben zu zerlegen, um im Anschluß die jeweiligen Anforderungen bestimmen zu können.

Ein Modell, welches häufig zur Beschreibung der Fahrtätigkeit verwendet wird, ist das hierarchische Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung (BERNOTAT, 1970; DONGES, 1978; MICHON, 1985).

Anhand dieses Modells, kann die Fahraufgabe mittels der drei Kategorien Navigation, Bahnführung und Stabilisierung beschrieben werden. Jede dieser drei Ebenen stellt unterschiedliche kognitive Anforderungen an den Fahrer:

Auf der *Navigationsebene* werden fahrtübergeordnete Entscheidungen getroffen, diese betreffen beispielsweise die Wahl der Fahrtroute, den zeitlichen Ablauf, sowie die Anpassung der Fahrtroute an situative Erfordernisse, sofern das notwendig sein sollte.

Die *Ebene der Bahnführung* beinhaltet Aufgaben wie die Auswahl der geeigneten Geschwindigkeit, die Beachtung der Verkehrsvorschriften und die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern.

Die *Stabilisierungsebene* ist der Begriff, unter dem die stark automatisierten Handlungen wie Lenken, Gasgeben und Bremsen zusammengefaßt werden.

Zur Erfüllung der Aufgaben auf diesen drei Ebenen sind komplexe Informationsverarbeitungsprozesse notwendig. Diese bestehen aus der Wahrnehmung, Verarbeitung (d.h. speichern, vergleichen und entscheiden) und meistens aus einer motorischen Reaktion.

Beim Heranfahren an eine rote Ampel, muß diese zuerst wahrgenommen werden, daraufhin ist das Bild der roten Ampel zu speichern und mit dem Wissen, was bei roten Ampeln zu tun ist, zu vergleichen. Anschließend ist eine Entscheidung zu treffen, wie in dem konkreten Fall zu handeln ist, diese Handlung äußert sich dann in der motorischen Reaktion, bei einer roten Ampel wäre die Betätigung des Bremspedals mit dem rechten Fuß die wahrscheinlich angemessene motorische Reaktion.

Wie bereits angedeutet stellen diese Ebenen eine Hierarchie dar und nehmen von unten nach oben an Komplexität zu. Die Anforderung an den Fahrer ist auf der Navigationsebene am größten. Die Abläufe auf den beiden anderen Ebenen sind – in Abhängigkeit von der Fahrpraxis – weitgehend automatisiert. In Anlehnung an HACKER (1973) sind diese Ebenen nicht bewußtseinspflichtig, aber bewußtseinsfähig, im Gegensatz zur Navigationsebene, welche bewußtseinspflichtig ist. Damit ist nichts anderes gemeint, als das man bei normalem Fahrvorgang das Schalten in einen anderen Gang, das Blinken und Lenken als Routineabfolgen bewerkstelligt, ohne sich jeder einzelnen Bewegung bewußt sein zu müssen. Sobald allerdings eine Störung des normalen Ablaufs auftritt, statt des zweiten Gangs hat man versehentlich in den vierten Gang geschaltet, werden diese Abläufe in das Bewußtsein zurückgerufen. Erst nach einiger Zeit ohne Störung, laufen diese Handlungen danach wieder unterbewußt.

Diese ausführliche Darstellung der einzelnen Bestandteile der Fahraufgabe war notwendig und soll hilfreich für die Überleitung in das nächste Kapitel sein. Denn erst mit dem Wissen, welche Teilaufgaben der Fahrer zu bewältigen hat und welche Anforde-

rungen jede einzelne beinhaltet, wird es möglich Hilfestellungen und Unterstützungssysteme zu entwickeln. Wiederum sind Unterstützungssysteme notwendig, um das Risiko im Straßenverkehr zu verringern.

Ist bisher eingesetzte Technik in der Lage, Risiken zu verringern?

"Die letzte Stimme, die man hört, bevor die Welt explodiert, wird die Stimme eines Experten sein, der sagt: "Das ist technisch unmöglich!"
Sir Peter Ustinov

Überblick und historische Entwicklung

Nach diesen eher theoretischen Vorbetrachtungen, bei denen es hauptsächlich um die Frage ging, wie wir uns in riskanten Situationen verhalten, soll in diesem Teil die Frage behandelt werden, inwieweit eingesetzte Technik in der Lage ist, Risiken zu verringern.

Um die geeignete Technik zum Einsatz bringen zu können ist heutzutage das Zusammenwirken vieler Disziplinen gefordert. Bereits im ersten Kapitel unserer Arbeit wurde kurz auf das Stichwort der *interdisziplinären Zusammenarbeit* eingegangen.

An dem Forschungsprojekt Prometheus (*Programme for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety*) beteiligten sich 13 Automobilfirmen, 41 Elektronikhersteller und Automobilzulieferer sowie 88 Forschungsinstitute. Besonders in der Forschung werden Projekte erst durch das Zusammenarbeiten von Wissenschaftlern verschiedener Fachbereiche möglich. Das Zusammenwirken von Informatikern, Neurowissenschaftlern, Physikern, Designern und Psychologen ist dabei durchaus keine Seltenheit mehr, sogar Informationen aus der Biologie sind sehr hilfreich, wie das Fachgebiet der Bionik eindrucksvoll verdeutlicht.

Da uns das Fachgebiet der Psychologie am vertrautesten ist, möchten wir auf die Technik aus dieser Sicht etwas näher eingehen:

Auch innerhalb der Psychologie existieren verschiedene Teilfachgebiete, zwischen denen ein reger Informationsaustausch stattfindet. Aus der eher grundlagenorientierten allgemeinen und experimentellen Psychologie entwickelten sich im ersten Drittel dieses Jahrhunderts die stärker anwendungsorientierten Fächer der Arbeits- und Organisationspsychologie sowie die *Ingenieurpsychologie*.

Speziell die Ingenieurpsychologie beschäftigt sich intensiv mit der vorliegenden Fragestellung. Entstanden in der Zeit des 2. Weltkriegs, lag die Hauptaufgabe in der Entdeckung und Beseitigung von Fehlern in der Mensch-Maschine-Beziehung. In der Anfangszeit beschäftigte man sich dabei vor allem mit Fragen der Informationsaufnahme. Anhand der Erkenntnisse über Aufmerksamkeit und Wahrnehmung aus der Grundlagenforschung wurde versucht, Mängel und Fehler in der Praxis zu beseitigen. Im letzten Drittel dieses Jahrhunderts verlagerte sich die Fragestellung aufgrund der Entwicklungen der Technik; der Mensch wurde mehr und mehr von der direkten Einwirkung auf die Maschinen *entkoppelt*. Eine immer stärkere Automatisierung mit völlig neuen Problemen entwickelte sich. Sehr treffend und charakteristisch formuliert sind die Probleme dieser Phase als „Ironien der Automatisierung“ (BAINBRIDGE, 1987):

- Aufgrund ihrer Unzuverlässigkeit werden Menschen aus den technologischen Prozessen ausgegliedert, in unvorhergesehenen Situationen sollen eben diese unzuverlässigen Menschen die Führung des zuverlässigen Systems übernehmen.
- Der Mensch soll die Aufgaben ausführen, die vom Konstrukteur nicht zu automatisieren sind.
- Auch Konstrukteure und Programmierer sind unzuverlässige Menschen; deren Arbeit ist meist die Ursache, daß Bediener fehlerhaft handeln können.

Am Rande der Jahrtausendschwelle gestalten sich die Fragestellungen wieder anders. Der Einsatz immer modernerer Computer erlaubt mehr und mehr den *Dialog* mit der eingesetzten Technik. Die entsprechende Gestaltung dieses Dialogs ist eine Möglichkeit Risiken zu senken.

Herkömmliche Methoden zur Verbesserung der Sicherheit

Die gegenwärtig gebräuchliche Methode, diesen Dialog zu gestalten, besteht darin, mit einer Vielzahl von technischen Maßnahmen die Sicherheit zu erhöhen. Antiblockiersystem (ABS), Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP), Fahrer- und Beifahrerairbag sowie Seitenaufprallschutz, um nur einige von den zahlreichen technischen Neuerungen anzuführen, sind Versuche, das Risiko im Straßenverkehr zu senken.

In Unfallstatistiken und verschiedenen Untersuchungen ist zu erkennen, daß allerdings nicht alle dieser technischen Verbesserungen zu einer generellen Senkung des Risikos führen.

ASCHENBRENNER, BIEHL & WURM (1992) verglichen über einen Zeitraum von vier Jahren die Unfallraten von Taxen mit und ohne ABS. Die Analyse ergab, daß Taxen mit ABS keineswegs weniger Unfälle hatten.

JANSSEN (1994) verglich die Geschwindigkeitsverteilungen von Fahrern, die regelmäßig den Sicherheitsgurt anlegen mit Nichtbenutzern des Sicherheitsgurtes. Es zeigte sich, daß die Nichtbenutzer im Durchschnitt schneller fuhren, als die Benutzer, folglich handelt es sich um zwei verschiedene Gruppen von Fahrern. Wurden die Nichtbenutzer gezwungen, den Sicherheitsgurt anzulegen, zeigte sich, daß sie ihre Geschwindigkeit deutlich erhöhten.

Unfallstatistiken aus den USA zeigen, daß zwar einerseits ein Rückgang von Todesfällen im Straßenverkehr zu verzeichnen ist, andererseits wurde ein Anstieg der Gesamtzahl der Unfälle registriert (KRÄMER, 1998; WILDE, 1994).

Die dargestellten Untersuchungen bestätigen die von uns weiter oben angeführte Risikohomöostasetheorie und lassen die eigentlich absurde Ansicht von ALCHIAN in neuem Licht erscheinen.

Sein ironischer und überspitzter Vorschlag: Statt der Airbags sollen lieber spitze Speere in die Lenkkonsolen eingebaut werden. Jeder Aufprall endet für den Fahrer tödlich – seiner Meinung nach eine andere Möglichkeit um die Anzahl der Verkehrsunfälle drastisch zu senken (KRÄMER, 1998).

Die Versuche der Sicherheitssteigerung auf dem Wege rein technischer Verbesserungen erzielen zu wollen, erweisen sich als problematisch, da lediglich der Aspekt der objektiven Risikokomponente bedacht wird.

Wie bereits weiter oben ausgeführt, ist diese Art der Sicherheitsverbesserung langfristig relativ wirkungslos. In gegenwärtigen und künftigen Sicherheitssystemen reicht die alleinige Verbesserung der Technik zur Risikoverringerung nicht aus, notwendig ist eine Einbeziehung des Menschen, um die subjektive Risikokomponente zu verrin-

gern. Diese Befunde lassen sich auch mit dem theoretischen *Modell zur Fahraufgabe* vereinbaren. Die größte Anforderung an den Fahrer besteht auf der Navigationsebene, folglich besteht auch auf dieser Ebene der größte Unterstützungsbedarf.

Die bisher angeführten Verbesserungen bieten aber lediglich Unterstützung auf den beiden unteren Ebenen.

Verbesserung durch Informationen

Nach unserer Ansicht besteht eine wesentliche Chance diese Verbesserung zu erreichen, indem die Informationsübertragung optimaler gestaltet wird. Dem Fahrer sollen nur relevante und damit bessere Informationen übermittelt werden, diese stellen gleichzeitig eine Unterstützung auf der Navigationsebene dar.

Bei einer Analyse 74 hoch trainierter Kraftfahrer, äußerten 68% der Befragten den Wunsch nach weiteren Informationen hinter dem Steuer, wenn diese die Fahrsicherheit verbessern würden (WETZENSTEIN, KÜTING, ENINGK & HEINBOCKEL, 1997). Das derzeit kein zu hohes Informationsangebot vorliegt, ist auch daran zu erkennen, daß gegenwärtig bei 27% der Unfälle eine zu geringe *Aktivierung* die Hauptursache ist (BEIERLE, 1993).

Daraus wird ersichtlich, daß Systeme benötigt werden, die den Fahrer mit den entsprechenden Informationen versorgen und ihn beim sicheren Führen des Fahrzeugs unterstützen. Eine Umsetzung solcher Systeme im Fahrzeug kann daher, sofern nicht bereits schon geschehen in naher Zukunft erwartet werden (FÄRBER und FÄRBER, 1998).

Nach Expertenmeinung werden einige Systeme im Fahrzeug als sicherheitsgefährdend (z.B. Fernsehen, mobiles Büro) oder -bedenklich (z.B. Telefon, auch mit Freisprecheinrichtung) eingeschätzt, bei einer Reihe von Systemen (z.B. Navigations- und Fahrleitsysteme, Abstandswarner) sind die verkehrssicherheitserhöhenden Eigenschaften nachgewiesen.

Information-Management-System

Je mehr Systeme im Fahrzeug untergebracht werden sollen, desto stärker stellt sich das Problem der Informationskonkurrenz. Würden diese Systeme jeweils autonom arbeiten, jedes mit eigener Anzeige, eigenen Bedienelementen und eigener Ausgabelogik, welche die Zustände der anderen Systeme außer acht läßt, wären Armaturenbrett und Mittelkonsole schnell überladen. Das Resultat wäre eine visuelle und kognitive Ablenkung des Fahrers, die sich mit einer sicheren Fahrzeugführung nicht vereinbaren ließe.

Als Lösung für dieses Problem wird vielfach die Integration dieser Komponenten in ein zentrales Information-Management-System vorgeschlagen und bewertet (HEINTZ, 1985; ANGERMÜLLER, 1992). Dieses System analysiert das Verkehrsgeschehen sowie Fahrzeug und Fahrer, tauscht Daten mit Fahrleitsystemen aus, nimmt Eingaben von einer zentralen Bedieneinheit entgegen und stellt die für die Fahraufgabe und -sicherheit notwendigen oder vom Fahrer angeforderten Funktionen in einer zentralen Anzeige und/oder einem *Head-up Display* dar.

Abbildung 2 stellt die gegenwärtig bei Mercedes-Benz in der S-Klasse verwendete Version eines solchen Information-Management-Systems dar.



Abbildung 2. Beispiel für ein Information-Management-System (COMAND von Mercedes-Benz).

Die Möglichkeiten, die der Einsatz solcher Systeme bietet, sind sicherlich genauso vielfältig, wie die Risiken dadurch die Sicherheit zu senken, statt zu erhöhen. Deswegen soll im folgenden auf Grundsätze eingegangen werden, die bei der Umsetzung zu beachten sind.

Wie bereits angedeutet, existieren eine Vielzahl von Ideen, was, wann, wie und womit gesteuert und bedient werden soll.

Autofahren in der Zukunft

Bereits in dem 1994 abgeschlossenen Forschungsprojekt Prometheus war man sich einig, daß Verkehrsdurchsagen im digitalen Autoradio künftig an den Fahrer und die Strecke angepaßt zu empfangen sind. Übermittelt werden demzufolge nur noch Informationen, die für die jeweilige Fahrstrecke interessant sind, in jedem Land in der Muttersprache des Fahrers; per Navigationssystem wird man sicher und auf kürzestem Weg zum Ziel geleitet. Ein „intelligenter“ Tempomat regelt Geschwindigkeit und Abstand zum vorausfahrenden Auto. Während der Fahrt fernsehen, faxen, emailen und der Abruf von Daten aus dem Internet sind, neben dem telefonieren, in naher Zukunft völlig selbstverständlich. Sollte das Fahrzeug trotz aller Vorsorgen einmal am Straßenrand liegen bleiben, sendet es automatisch einen Notruf. Wird es gestohlen, ruft es die Polizei.

Für weiterführende Darstellungen, wie sich das Autofahren in der Zukunft gestalten könnte, sei der interessierte Leser an SVIDÉN (1993) verwiesen.

Anforderungen an Unterstützungssysteme

Bereits an dieser Stelle wird ersichtlich, daß gewisse Anforderungen bei der Umsetzung vonnöten sind, damit die sicherheitstechnischen Aspekte nicht in den Hintergrund treten.

Anhand der Einschätzungen von Verkehrssicherheits-Experten wurden verschiedene Systeme hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit bewertet (FÄRBER & FÄRBER, 1998). Beurteilt wurde hinsichtlich verschiedener Zielgruppen (z.B. Vielnutzer, Fahranfänger und ältere Fahrer) sowie der Funktionalität. Neben diesen Bewertungen wurde natürlich auch der Sicherheitsaspekt bewertet, bei dem vor allem vier Punkte zu berücksichtigen sind:

- vermittelt das System durch bessere Information einen Sicherheitsgewinn,
- wie ist die mentale Beanspruchung des Fahrers durch das System (eine hohe mentale Beanspruchung ist gegeben, wenn ein intensiver Dialog geführt werden muß, der Informationsgehalt der Nachricht hoch ist oder die Kommunikation nicht unterbrochen werden kann),
- wie ist die sensorische Ablenkung des Fahrers durch das System (eine hohe Ablenkung liegt vor, wenn das System längere und/oder häufigere Blickzuwendungen erfordert bzw. vom Fahrer eine ein- oder gar beidhändige Bedienung gefordert wird),
- wie ist die Sicherheit in der jeweiligen Verkehrssituation (es reicht nicht, nur die Sicherheit des jeweiligen Fahrers und Fahrzeugs mit dem System zu berücksichtigen, durch zu schnelles Befahren einer Kurve werden auch Entgegenkommende, Folgefahrzeuge und Fußgänger gefährdet).

Hinsichtlich dieser Gesichtspunkte wurden als positiv vor allem Distanzregelung, Navigationssystem, Einparkhilfe, Notfallsysteme sowie Sichtverbesserungen des Straßenraums eingestuft.

Bei Bordcomputern, Telefonen, Fernsehen sowie sämtlichen mobilen BüROUTENSILIEN handelt es sich nach Meinung der Experten um Systeme, die aus Sicherheitsgründen besser wieder aus den Fahrzeugen entfernt bzw. gar nicht im Auto realisiert werden sollten.

Einteilung von Unterstützungssystemen

Weiterhin wurde untersucht, bei welchen Systemen an die Dialoggestaltung besondere Anforderungen gestellt werden müssen. Dabei erfolgte eine Zuordnung zu folgenden vier Gruppen:

1. Systeme, die nur bei stehendem Fahrzeug aktiv sind,
2. Systeme, die vorhandene Elemente ersetzen,
3. Systeme, die direkt auf das Fahrzeug wirken,
4. Systeme, die selbst- oder fahrerinitiiert arbeiten.

Zu 1. Hierzu gehören die Einparkhilfe und das Notfallsystem, beide arbeiten nur bei stehendem Fahrzeug bzw. bei so geringen Geschwindigkeiten, daß eine Überforderung des Fahrers nicht zu befürchten ist, insofern gibt es keine bestimmten Bedingungen, die bei der Dialoggestaltung berücksichtigt werden müssen.



Abbildung 3. Vor "blindem Vertrauen" in die Technik (hier z.B. in eine Einparkhilfe) sei an dieser Stelle gewarnt. ;-)

Zu 2. Systeme, welche die Sicht des Fahrers verbessern sollen, müssen bereits vorhandene ersetzen. Zum Beispiel müssen Displays, wenn sie die Sicht nach hinten verbessern sollen, anstelle von bereits vorhandenen Außen- bzw. Rückspiegeln eingebaut werden. Eine zusätzliche Installation, was ein Verdoppeln von Informationen bedeuten würde, ist nicht zulässig. Auch Fußgänger, die durch zusätzliche Kameras oder Sensoren entdeckt werden, sind lediglich als 1:1 Abbild auf der Windschutzscheibe abzubilden (Head-Up-Display). Bei Vernachlässigung dieses Punktes kommt es zur Darstellung redundanter Informationen, welche zu einer zusätzlichen mentalen Beanspruchung des Fahrers und folglich zu einer Sicherheitssenkung statt Verbesserung führen.

Zu 3. Die Distanzregelung oder Systeme, die bei Kollisionsgefahr eingreifen, gehören zu dieser Gruppe. Da sie automatisch auf die Fahrzeugführung einwirken, muß unterschieden werden in *Eingriff bei Notfallsituation* (z.B. Vollbremsung bei Kollisionsgefahr) bzw. *Arbeit im Normalbetrieb* (normale Distanzregelung), im ersten Fall muß die Ausgabe von Informationen anderer Systeme unterdrückt werden, im zweiten Fall ist das nicht notwendig.

Zu 4. Systeme wie das Navigationssystem, Bordcomputer und Telefon mit Freisprechanlage können unter diesem Punkt zusammengefaßt werden, dabei läßt sich noch einmal unterscheiden in selbst- oder fahrerinitiiert. In beiden Fällen ist bei der Dialoggestaltung wichtig, daß vor der Informationsausgabe unbedingt die Fahrsituation vom System selbst auf Unbedenklichkeit geprüft werden muß. Erst dann kann ein Informationsaustausch stattfinden. Ein Navigationssystem, welches den Fahrer während eines kritischen Überholmanövers freundlich darauf hinweist, nach einhundert Metern rechts abzubiegen, sollte vor dem praktischen Einsatz noch einmal auf risikosenkende Arbeitsweise hin untersucht werden.

Für alle Systeme ergeben sich zusammenfassend folgende Grundsätze für die Gestaltung der Dialogführung:

- Während der Fahrt hat die Verkehrssicherheit immer Vorrang gegenüber anderen Kriterien, wie z.B. dem Informationsbedürfnis des Fahrers oder dem Mitteilungsbedürfnis Anderer.
- In potentiell kritischen Verkehrssituationen (z.B. überholen) sind jegliche Störungen des Fahrers zu vermeiden.
- Das Informationsbedürfnis des Fahrers hat Vorrang gegenüber dem Mitteilungsbedürfnis anderer Personen.
- Falls ein Notsystem aktiv (z.B. bei Kollisionsgefahr) ist, haben alle anderen Meldungen zu warten.

Bei den vorangegangenen Darstellungen sind wir nur auf die, unserer Meinung nach, wesentlichen Gestaltungsanforderungen zur Risikoverringering eingegangen. Es gibt natürlich noch eine Vielzahl von Punkten, die von uns vernachlässigt wurden, um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen. Weiterführende Angaben zu diesem Thema sind dem Forschungsbericht von FÄRBER und FÄRBER (1998) zu entnehmen.

Im vorangegangenen Abschnitt ging es in erster Linie um eine Einteilung der Systeme nach den Aspekten der Sicherheit, welche Gesichtspunkte im einzelnen bei der praktischen Umsetzung in Betracht gezogen werden müssen, wird im folgenden dargestellt.

Multifunktionsdisplays

Wie wir bereits weiter oben angedeutet haben und wie auch vielfach in der Literatur zu diesem Thema betont wird, scheint die Methode der Wahl in der Umsetzung eines Information-Management-Systems zu liegen. Es handelt sich dabei um ein elektronisches Display, welches von einem zentralen Prozessor gesteuert wird. Der Vorteil ist offensichtlich, statt der Vielzahl von Einzelinstrumenten, können die relevanten Daten im primären Blickfeld des Fahrers dargestellt werden. Diese Entwicklung entspricht der Tendenz im Flugzeugbau, wo diese Art der Informationsdarbietung bereits seit geraumer Zeit erfolgreich eingesetzt wird (im Cockpit eines Verkehrsflugzeuges sind mehr als 400 Warnmeldungen vorhanden, im Pkw bis zu 100). Für den Bildschirm, der sowohl Informationsdarbietung, als auch Informationsabruf ermöglicht, hat sich allgemein der Begriff Multifunktionsdisplay durchgesetzt.

Beim Design dieser Displays eröffnet sich ein breites Spektrum an Gestaltungsmöglichkeiten, welches bisher meist der Intuition der Hersteller überlassen ist. Das es sich hierbei häufig um ergonomisch eher ungünstige Lösungen handelt, ist anhand von bereits länger erprobten Anwendungsbereichen hinlänglich bekannt. Die Bedienung und Programmierung einiger Videorecorder wird oft zum Geduldsspiel und erreicht teilweise sogar Ausmaße eines kleinen Intelligenztests. Die Benutzer fühlen sich im Umgang mit Multifunktionsdisplays überfordert, besonders wenn die Bedienungsmenüs einen hierarchischen Aufbau mit mehreren Ebenen aufweisen.

Die Darstellung von Informationen mittels multifunktionaler Displays haben aus kognitionspsychologischer Perspektive sowohl Vor- als auch Nachteile. Als vorteilhaft erweist sich, daß die Bildschirmanzeige bildlich erfolgen kann, das ist förderlich für die Behaltensleistung. Durch konkrete Bereitstellung von Handlungshilfen kann die Entscheidungsfindung erheblich erleichtert werden. Beispielsweise ist die Anzeige eines Ölkännchens mit der Unterschrift „Bitte Öl auffüllen!“ auf dem Display sicher für viele Kraftfahrer aussagekräftiger und hilfreicher, als das aufleuchten einer roten

Warnlampe. Eine Studie von FÄRBER und FÄRBER (1984) unterstützt diese Vermutung.

Hier wurden 100 Führerscheininhaber in Hinblick auf 22 verschiedene Defekte am Fahrzeug befragt, *was* zur Behebung des Fehlers *wann* zu tun sei. Es wurde festgestellt, daß Kraftfahrer gerade bei kritischen Zuständen des Fahrzeuges erstaunlich wenig über die notwendigen Handlungskonsequenzen wissen. Insofern können Multifunktionsdisplays eine Erleichterung darstellen. Auch in bezug auf die individuellen Vorstellungen des Benutzers über das System „Auto“ kann die Informationsdarbietung verbessert werden.

Allerdings sind auch einige Nachteile zu verzeichnen, die wir natürlich nicht verschweigen möchten. Es entstehen neue Gedächtnisanforderungen, da Algorithmen zu erlernen sind, wie Informationen abgerufen werden können. Diese Algorithmen müssen im Gedächtnis gespeichert werden und jederzeit abrufbereit sein. Aufgrund der Darbietung von unterschiedlichen Informationen an gleichen Bildschirmpositionen steigt die Wahrscheinlichkeit von Verwechslungen. Aus der sukzessiven Darbietung von Informationen (es können nicht alle Informationen ständig dargeboten werden) resultiert die „Verdeckung“ bestimmter Daten, dadurch wird das Gedächtnis stärker belastet und es können bestimmte Gedächtnisfehler auftreten.

Gestaltung von Multifunktionsdisplays

Um solche Fehler so gering wie möglich zu halten, ist es angebracht, Erkenntnisse aus der Wahrnehmungs- und Sinnespsychologie, sowie die bisher eher vernachlässigten Forschungsergebnisse aus der *Gedächtnispsychologie* in die Gestaltung der Multifunktionsdisplays einfließen zu lassen.

NORMAN (1989) gibt in seinem Buch "Dinge des Alltags" Hinweise, wie Kenntnisse aus der Grundlagenforschung beim Design von Gebrauchsgegenständen einbezogen werden können und sollen. Der Ansatzpunkt für gutes Design sind seiner Meinung nach drei verschiedene Arten von Denkmodellen:

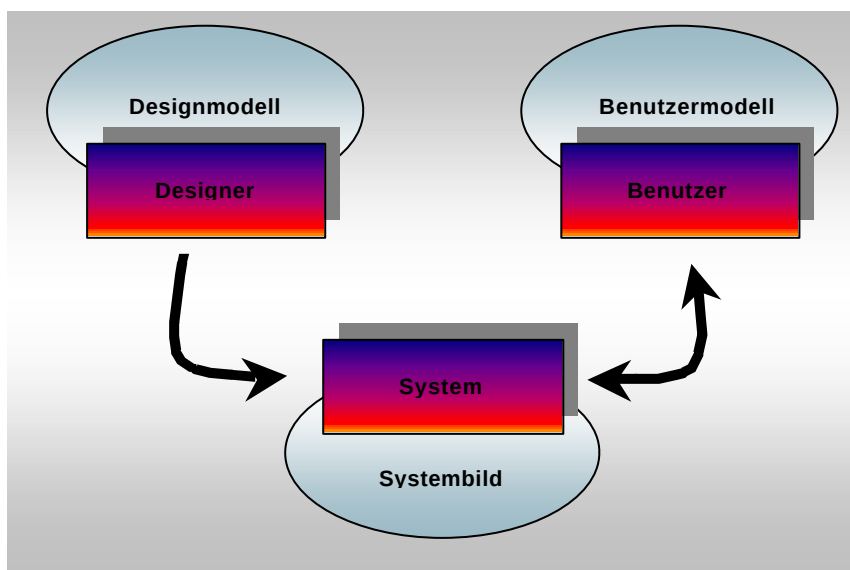


Abbildung 4. Die drei verschiedenen Arten von Denkmodellen (NORMAN, 1989).

Das Designmodell ist die Umsetzung dessen, was der Designer im Sinne hat. Das Benutzermodell ist das, was der Benutzer verwendet, um die Betriebsweise des Systems zu erklären. Im Idealfall sind das Benutzer- und das Designermodell identisch. Beide kommunizieren allerdings nur über das System. Das Systembild ist demnach äußerst entscheidend, der Designer muß dafür sorgen, daß sich darin das richtige konzeptuelle Modell widerspiegelt (anhand von Aussehen, Funktionsweise, beiliegender Anleitung etc.). Alle drei Aspekte sind wichtig, wobei das Benutzermodell von grundlegender Bedeutung ist, da es bestimmt, was verstanden wird. Der Designer wiederum muß von einem Modell ausgehen, welches funktional, leicht erlernbar und brauchbar ist. Dieses muß sich im Systembild widerspiegeln. Sofern diese Umstände gegeben sind, kann sich der Benutzer das richtige Benutzermodell aneignen und das System stellt eine hilfreiche Unterstützung bzw. Erleichterung dar. Wichtig ist dabei, zu beachten, daß der Benutzer sämtliches Wissen über das System aus dem Systembild bezieht.

Für die Gestaltung des Multifunktionsdisplays (und darüber hinaus auch des gesamten Systems) erachten wir vor allem drei der von NORMAN genannten Prinzipien für besonders wichtig:

Prinzip des Mapping

Dieses Prinzip stellt allgemein den Zusammenhang zwischen zwei Dingen dar, im vorliegenden Fall handelt es sich dabei um das Multifunktionsdisplay bzw. dessen Betätigung und den realen Ergebnissen. Damit ist nichts anderes gemeint, als daß die Beziehung zwischen den Steuertasten und den daraus resultierenden Handlungen für jeden Benutzer offensichtlich sein sollte. Um dieses erfolgreich in die Realität umzusetzen, eignet sich die Anwendung *natürlicher Mappings*. Dabei handelt es sich um die Nutzung äußerer Analogien und des im Kopf des Benutzers bereits vorhandenen Wissens. Ein gutes Beispiel für ein natürliches Mapping ist in Abbildung 5 dargestellt. Es handelt sich dabei um eine Bedienungsvorrichtung zur Sitzeinstellung, dabei ist die Vorrichtung in der Form des Sitzes gestaltet und je nach gewünschter Positionsverstellung betätigt man den entsprechenden Teil des nachgebildeten Sitzes in die jeweilige Richtung. Um beispielsweise den Sitzrücken nach hinten zu stellen, drückt man den Hebel nach hinten.



Abbildung 5. Bedienungsvorrichtung zur Sitzeinstellung (von Mercedes-Benz).

Prinzip von Sichtbarkeit und Feedback

Sichtbarkeit bedeutet, Teile, die für den Dialog wichtig sind, sichtbar zu machen. Damit ist gemeint, das darzustellen, was sonst unsichtbar bliebe, um auf diese Weise das Feedback und die Möglichkeit der Steuerung zu verbessern.

Bei Feedback handelt es sich um die Rückmeldung von Informationen an den Benutzer, die ihm zeigen, welche Handlung tatsächlich und mit welchem Ergebnis ausgeführt wurde.

Konkret für die Gestaltung des Multifunktionsdisplays ist daraus abzuleiten, daß es notwendig und hilfreich für den Benutzer ist, wenn er bei dem Dialog mit dem System zu jedem Zeitpunkt darüber informiert ist, an welcher Stelle des Menüs er sich befindet. Mittels Feedback (z.B. akustisch oder visuell) bekommt der Benutzer Informationen über ausgelöste Handlungen und über deren gegenwärtigen Status.

Prinzip der Fehlerberücksichtigung

Bei der Planung und Gestaltung ist zu berücksichtigen, daß jeder Fehler der gemacht werden kann, auch gemacht wird. Jede Handlung des Benutzers ist ein Versuch in die richtige Richtung, Fehler sind dabei nichts anderes als unvollständige oder nicht richtig ausgeführte Handlungen.

Das bedeutet, daß der Dialog zwischen Benutzer und System konstruktiv zu gestalten ist. Es muß dem Benutzer möglich sein, begangene Fehler nachzuvollziehen, um zu erkennen was gemacht wurde und was daraufhin passierte. Es sollte einfach sein, Operationen rückgängig zu machen und das Ausführen von Fehlhandlungen sollte von einem entsprechenden Feedback begleitet werden. Aus einer Fehlhandlung unter einem Menüpunkt sollte es möglich sein, zu lernen, was sich insofern als vorteilhaft erweist, als daß derselbe Fehler unter einem anderen Menüpunkt nicht noch einmal wiederholt werden muß. Ebenfalls von Vorteil ist es, den Dialog als aktiven Lernvorgang zu gestalten, um dem Benutzer den richtigen Umgang mit dem System innerhalb kürzester Zeit zu ermöglichen.

KEBECK & CIELER (1997) beschäftigten sich in einer Untersuchung mit der Informationsdarbietung bei Multifunktionsdisplays aus gedächtnispsychologischer Sichtweise. Zusammenfassend lassen sich drei Gestaltungshinweise ableiten:

- Bei Kommando- oder Kontrollanzeigen empfiehlt sich eine simultane Darbietung, da eine sukzessive Darstellung die Organisation der Informationen im Gedächtnis erschwert.
- Auf die Darstellung numerischer Werte ist weitgehend zu verzichten, statt dessen sind binäre Anzeigen, z.B. in Form von Kontrolleuchten zu befürworten. Dieses Ergebnis soll natürlich nicht dahingehend interpretiert werden, daß bei der Geschwindigkeitsanzeige keine numerischen Informationen mehr darzubieten sind. Aber beispielsweise kann die Anzeige der Kühlmitteltemperatur mittels Kontrolleuchten (z.B. blau, grün und rot) anstelle der Ausgabe von analog oder digital dargestellten Ziffern geschehen.
- Numerische Anzeigen müssen erst anhand von Regeln in die entsprechenden Handlungsanweisungen übersetzt werden. Wird dagegen die bereits oben erwähnte Ausgabe „Bitte Öl auffüllen“ ausgegeben, ist relativ mühelos verständlich, was in der gegebenen Situation zu tun ist.

Gestaltung von Navigationssystemen

Speziell für Navigationssysteme im Auto sind einfache links-rechts Instruktionen zu bevorzugen (SCHRAAGEN, 1993; PARKES & MARTELL, 1990; ASHBY et al., 1991). Eine Darstellung von Kartenausschnitten auf dem Display erwies sich in den Untersuchungen als ungeeignet. Um die Beanspruchung des Fahrers so gering wie möglich zu halten, ist es vorteilhaft, immer nur eine Navigationsinstruktion darzubieten (SCHRAAGEN, 1993). Lediglich unter der Bedingung, daß die Fahrzeit bis zu dem Punkt, an dem eine Entscheidung über die weitere Fahrtrichtung getroffen werden soll, weniger als 10 Sekunden beträgt, ist die Darbietung von zwei Navigationsinstruktionen gleichzeitig zu empfehlen (ALM, 1990). FÄRBER und POPP (1990) variierten die Position des Displays (Armaturentafel vs. über der Mittelkonsole) unter verschiedenen Navigationsinstruktionen. Dabei zeigte sich, daß das Display über der Mittelkonsole bei einer einfachen, symbolischen Navigationsanzeige ebensogut zu erkennen ist, wie bei der Darbietung der Informationen auf der Armaturentafel.

Neben der Positionierung ist auch die Art des Displays mit in die Gestaltung einzubeziehen, um die bestmögliche Ablesbarkeit der Informationen gewährleisten zu können. BARTHOLOMÄI et al. (1989) testeten verschiedene Displayarten unter unterschiedlichen Lichtverhältnissen. Die Ergebnisse zeigen, daß für den praktischen Einsatz im Fahrzeug Flüssigkeitskristallanzeigen am besten geeignet sind.

Neben der Gestaltung des Displays ist es natürlich von entscheidender Bedeutung den Dialog von Fahrer und System so zu gestalten, daß die Beanspruchung so gering wie möglich gehalten, die Unterstützung dagegen so groß wie möglich wird.

Vorschläge zur Dialoggestaltung

Hierbei ist zu beachten, daß die manuelle Bedienung dieser Systeme schnell an ihre Grenzen stößt. Der Einsatz von drucksensitiven Bildschirmen bietet beispielsweise den Vorteil einer flexiblen Anordnung der Dialogelemente. So können je nach Interaktionsaufgabe verschiedene Icons auf dem Display erscheinen, mittels derer der Fahrer mit dem System kommunizieren kann (z.B. Radiosender auswählen vs. neues Fahrziel eingeben). Durch die ständig wechselnde Anordnung der Dialogelemente auf dem Display bei unterschiedlichen Aufgaben entsteht allerdings für den Fahrer eine hohe Beanspruchung durch die manuelle Tätigkeit. Erschwerend kommt noch hinzu, daß selbst für eine Interaktionsaufgabe nicht alle Dialogelemente gleichzeitig auf dem Bildschirm dargeboten werden können, da die notwendige Übersichtlichkeit sonst nicht mehr gewährleistet werden kann. Die Kommunikation mit dem System stellt also bei manueller Bedienung eine große Beanspruchung dar, die sich negativ auf die Fahrleistung auswirken kann.

Ein möglicher Ausweg ist die Unterbringung der Bedienelemente im oder am Lenkrad. Beim Entwurf dieser Bedienelemente muß hier zwischen der Anzahl der physischen Tasten und der Tiefe der Menüstruktur abgewogen werden (HEINTZ, 1985). Ist diese Entscheidung über die Hardwaregestaltung jedoch getroffen, ist es notwendig, so unterschiedliche Dialogfunktionen wie die Auswahl von Telefonnummern, Radiosendern oder Zieleingaben an das Navigationssystem an die damit vorgegebene Menüstruktur anzupassen. Damit auch hier wieder die Beanspruchung des Fahrers so gering wie möglich gehalten wird, sollte die Struktur des Menüs so einfach wie möglich gehalten werden. Speziell für die Gestaltung solcher Menüs gibt es Soft-

ware-ergonomische Grundsätze (wie z.B. ISO 9241 Teil 10), die sich anhand der vorliegenden Bedingungen nur schwer oder gar nicht realisieren lassen.

Die Lösung für diese Probleme wird allgemein in einer sprachlichen Steuerung der Informations- und Kommunikationstechnik gesehen (u.a. LEISER, 1993, Daimler, 1997). Die Vorteile dieser Art der Informationseingabe sind leicht ersichtlich: die durch die Primäraufgabe des Fahrens in hohem Maße beanspruchten manuellen und visuellen Ressourcen werden entlastet, statt dessen kann über den weitgehend ungenutzten Kanal der Sprache eine nahezu parallele Ausführung von Fahr- und Interaktionsaufgabe erfolgen.

Jedoch sind auch bei der Nutzung der Sprachsteuerung im Fahrzeug noch erhebliche Probleme zu verzeichnen. Diese betreffen zum einen die auftretenden Umgebungsgeräusche, wobei neben Außengeräuschen auch die Kommunikation mit anderen Fahrzeuginsassen bzw. Gesprächspartnern am Telefon oder die Unterhaltungselektronik mit in Betracht zu ziehen sind. Darüber hinaus können Streß und kognitive Belastung (und welche innerstädtische Fahrt beinhaltet dies nicht) die Charakteristik der Sprache erheblich verändern und damit zu einer Verringerung der Erkennungsleistung führen (LEISER, 1993). Aber auch in Umgebungen, wo das Auftreten störender Umgebungsgeräusche eher gering ist, können die Anforderungen bezüglich Erkennungsrate und Nutzerunabhängigkeit von heutigen Spracherkennungssystemen noch nicht ausreichend erfüllt werden. Die großen Schwierigkeiten bei der inhaltlich eindeutigen Interpretation natürlicher Sprache (DIX, 1995) führen dazu, daß die meisten sprachlich gesteuerten Anwendungen nur mit einem eng umrissenen Befehlsumfang operieren, der weit von einer natürlichen Kommunikation entfernt ist. Um alle Komponenten eines integrierten Information-Management-Systems sprachlich steuern zu können, und davon kann beim Konzept einer zentralen Bedieneinheit ausgegangen werden, entsteht folglich ein umfangreicher Befehlssyntax.

Es ergeben sich also auch bei diesem Lösungsansatz hohe kognitive Anforderungen an den Fahrer. Schließlich muß er sich einen umfangreichen Befehlssyntax merken und auch in kritischen Fahrsituationen darauf zugreifen können. Diese Anforderungen können das Blick- und Fahrverhalten erheblich beeinträchtigen (PETRAK, 1998).

Eine zufriedenstellende Lösung dieser Probleme ist auch für die nächsten Jahre nicht zu erwarten. Die sprachliche Steuerung wird weiterhin auf Rückfragen bzw. mehrfachen Wiederholungen (bei nicht erkannten oder unklaren Kommandos) oder eine zusätzliche Bestätigung von Eingaben angewiesen sein.

Ein durchaus vielversprechender Ansatz zur Dialoggestaltung ist die Kommunikation mit dem System über Blickbewegungen. Diese Methode wird gegenwärtig vielseitig untersucht und ist auch Gegenstand unserer Forschungen in Dresden. Wir werden hierauf im nächsten Teil unserer Arbeit zu sprechen kommen.

Ist der Einsatz von Blickbewegungsregistrierung in der Lage Risiken zu verhindern?

"Ein einz'ger Augenblick kann alles umgestalten!"

Christoph Martin Wieland

Die "Online"-Aufzeichnung von Augenbewegungen während der Bearbeitung einer Aufgabe (z.B. beim Autofahren) macht es möglich, das zu sehen, was ein anderer sieht (oder nicht sieht). Hiermit eröffnen sich neue "Einblicke" in die Informationsverarbeitungsprozesse des Menschen, die für die Gestaltung der *Mensch-Maschine-Schnittstelle* von großem Nutzen sind.

In diesem letzten Teil unseres Beitrags wollen wir eine Reihe von Vorschlägen darstellen, wie man in naher Zukunft mit Hilfe der *Augenbewegungsregistrierung* das Verhalten von Fahrzeugführern zu Gunsten höherer Verkehrssicherheit ändern kann.

Zum allgemeinen Verständnis gehen wir jedoch zunächst auf die wichtigsten Prinzipien der Augenbewegungen und deren Registrierung ein.

Fixationen und Sakkaden

Die Notwendigkeit von Augenbewegungen beim menschlichen Sehen ergibt sich aus der ungleichmäßigen Verteilung der lichtempfindlichen Stäbchen und Zapfen auf der Netzhaut. Die besonders für das Farbsehen zuständigen Zapfen konzentrieren sich auf einen kleinen Bereich oberhalb des Sehnervs: der *fovea centralis*, der Zone des schärfsten Sehens.

Scharfes Sehen ist nur in der *fovea centralis*, genauer in einem Winkel von ca. 1° um den Ort, den unser Auge fixiert, möglich. Alle anderen Bereiche des sich ca. 200° in horizontaler und 130° in vertikaler Richtung ausdehnenden Sehfeldes werden mit stark verminderter Auflösung wahrgenommen und daher als *peripheres Sehfeld* bezeichnet. Bereits bei einer Abweichung von 3° vom Fixationsort vermindert sich die Sehschärfe um die Hälfte. Um auch Objekte in der Peripherie, die also außerhalb der Zone des schärfsten Sehens liegen, scharf sehen zu können, ist es notwendig, diese, in das Zentrum des Sehfeldes, also auf die *fovea centralis*, zu "rücken".

Dies geschieht durch einen Blicksprung - eine *Sakkade* - auf das interessierende Objekt. Sakkaden sind sprunghafte Bewegungen des Auges, die sich durch ihre geringe Dauer (30-120 ms) und hohe Geschwindigkeit ($> 500^\circ/\text{s}$) auszeichnen (UNEMA, 1995). Die Blicksprünge sind ballistisch, d.h. nach ihrer Initiierung lassen sich Verlauf und Zielort nicht mehr beeinflussen. - ähnlich einer Revolver-Kugel, die bereits abgefeuert wurde. Während einer Sakkade findet nahezu keine Informationsaufnahme statt (HOFFMAN, 1996), dasselbe gilt auch für den Zeitraum von 50 ms vor Beginn bis 50 ms nach Beendigung einer Sakkade (*sakkadische Unterdrückung*, (RUSSO, 1978)). Auf jeden Blicksprung erfolgt eine Zeitphase, in der das Zielobjekt zur Aufnahme von Informationen fixiert wird. Diese *Fixationen* haben eine Dauer von 100-2000 ms mit einer Konzentration im Bereich von 200-600 ms. Während dieser Zeit bleibt das Auge weitgehend stationär, es treten jedoch eine Reihe von Mikrobewegungen (*Tremor*, *Drift*, *Mikrosakkaden*) im Bereich von 1° um den Fixationspunkt auf. Nach einer Fixation folgt in der Regel eine erneute Sakkade.

Eine weitere der Blickrichtungsänderung dienende Augenbewegung ist im Zusammenhang mit dynamischen Umgebungen erwähnenswert: Die Folgebewegung, die dem Verfolgen langsamer Zielobjekte dient. Diese ruhige, gleitende Bewegung ist häufig im Straßenverkehr zu finden (CARPENTER, 1988) und wird auch als „dynamische Fixation“ bezeichnet.

Fixationen und visuelle Aufmerksamkeit

Richtet sich eine Fixation immer auf die in diesem Moment verarbeitete, visuelle Umweltinformation?

Im allgemeinen kann eine solche Übereinstimmung zwischen dem Fixationsort und dem Zentrum der visuellen Aufmerksamkeit angenommen werden (JUST & CARPENTER, 1976), das heißt, da, wo wir hinschauen, ist in der Regel auch unsere Aufmerksamkeit.

Es gibt jedoch auch Ausnahmen: So ist es z.B. möglich, eine Person "aus den Augenwinkeln" zu beobachten und den Blick dennoch auf eine andere Stelle zu richten. In vielen Situationen weisen Augenbewegungen zudem alle Eigenschaften eines "sensomotorischen Reflexes" auf, z.B., wenn wir ein plötzlich bewegtes Objekt peripher wahrnehmen: Noch ehe wir darüber nachdenken ist unsere „foveale“ Blickrichtung auf das Ziel ausgerichtet, und die Augen scheinen auf dem Gegenstand stabilisiert zu sein (DEUBEL, 1994). Es handelt sich hierbei um eine, vollständig vom Reiz bestimmte „reflexartige“ Reaktion. Im Gegensatz zum „wahrnehmenden“ Abtasten von visuellen Reizen, beinhaltet sie keine kognitiven Verarbeitungsprozesse. Beim Nachdenken wiederum ist die Aufmerksamkeit eher nach „innen“ gerichtet und damit keinem der Objekte in der Umgebung zugewandt.

Wieder anders ist es im Fall des Lesens, wo ein Wort zur Informationsaufnahme fixiert, gleichzeitig aber auch das nächste, im außerfovealen Bereich liegende Wort, vorverarbeitet wird (HOFFMAN, 1996).

Fixationsdauer und Tiefe der Verarbeitung

Anhand der *Fixationsdauer* lassen sich Rückschlüsse auf die *Tiefe der kognitiven Verarbeitung* ziehen.

Diesbezügliche Untersuchungen stützen sich auf ein von CRAIK & LOCKHART (1972) entwickeltes Modell, nach dem die Informationsverarbeitung in hierarchisch aufgebauten Ebenen, sogenannten *Levels-of-Processing (LOP)*, erfolgt. Danach erfolgt zunächst eine Dekodierung der Oberflächen- oder *perzeptiven* Merkmale eines Objekts, bevor eine weitergehende *semantische*, die Bedeutung betreffende Kategorisierung stattfindet. In neueren Untersuchungen wird noch eine weitere, *metakognitive* (kreative) Ebene unterschieden.

Der Ablauf der visuellen Informationsaufnahme und -verarbeitung erfolgt hiernach in folgenden Schritten:

- Globale räumliche Lokalisation von relevanten Informationen in der Umgebung
- Verarbeitung des gefundenen Objektes auf
 - perzeptiver,
 - semantischer und
 - metakognitiver Ebene.

Folglich bauen diese Prozesse, entsprechend der zunehmenden Verarbeitungstiefe, aufeinander auf.

In einer Studie in unserem Blickbewegungslabor ließ sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Verarbeitungstiefe und der Fixationsdauer nachweisen (VELICHKOVSKY, 1997). In dieser Untersuchung erhielten Probanden, Schwarz-weißbilder unbekannter Gesichter, welche sie auf den verschiedenen Ebenen zu bearbeiten hatten:

- auf der perzeptiven Ebene (mehr schwarz oder mehr weiß),
- auf der semantischen Ebene (Mann oder Frau)
- auf der metakognitiven Ebene (sympathisch oder unsympathisch).

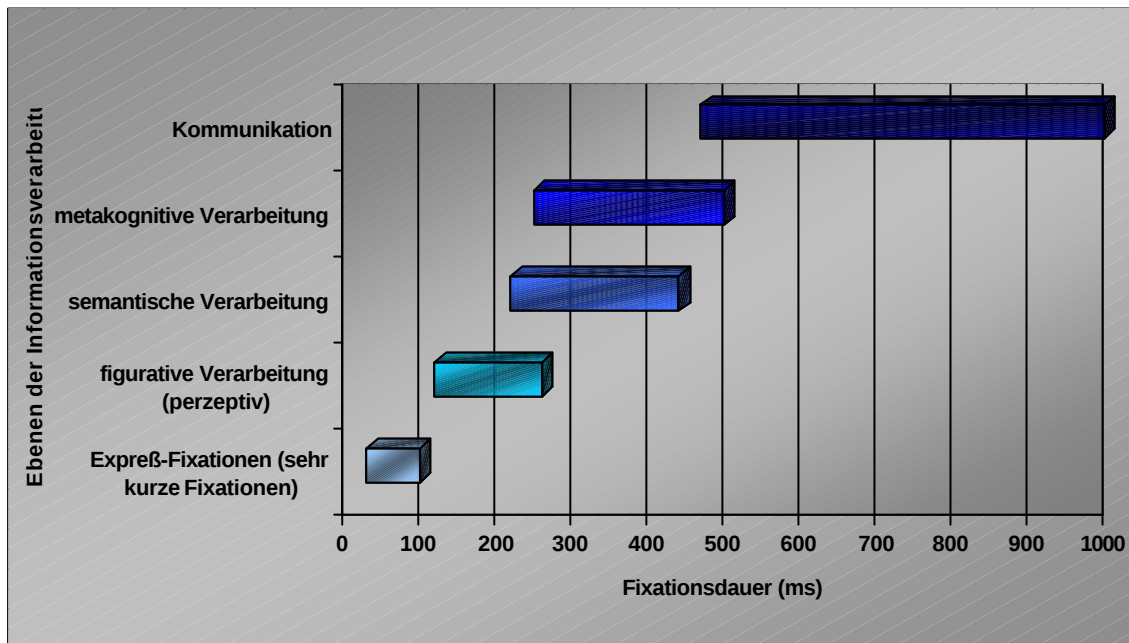


Abbildung 6 Fixationsdauer als Indikator der Ebenen der Informationsverarbeitung (VELICHKOVSKY, 1997)

Abbildung 6 zeigt, daß ein signifikanter Anstieg der Fixationsdauern, entsprechend der vorher beschriebenen Ebenen, zu verzeichnen ist. Während die mittlere Fixationsdauer in der perzeptiven Bedingung bei 120 bis 250 ms lag, sind, wie vorher vermutet, bei der metakognitiven Bedingung Fixationen mit einer Dauer von 250 bis 500 ms zu erkennen. Neueste Befunde aus einer Untersuchung zum Textlesen bzw. Bearbeiten von Wortmatrizen in unserem Labor deuten darauf hin, daß neben der mittleren Fixationsdauer auch die Schiefe der Verteilung der Fixationsdauern zwischen verschiedenen Verarbeitungstiefen differenziert (BAUER, 1998).

Von besonderem Interesse sind die ebenfalls dargestellten "kommunikativen Fixationen". Diese wurden in Aufgaben gefunden, bei denen zwei Partner gemeinsam ein Problem zu lösen hatten. In denjenigen Fällen, in denen beide ihre Aufmerksamkeit auf ein Objekt richteten oder sich über Objekte verständigten, stiegen Fixationen mit einer Dauer von über 500 ms stark an. Es kann daher davon ausgegangen werden, daß Kommunikation ein Prozeß ist, der auf die visuelle Informationsverarbeitung aufbaut und erst nach der zumindest semantischen Verarbeitung der fixierten Objekte einsetzen kann. Dies ist insbesondere bei einer 'blickgesteuerten' Bedienung von Geräten, auf die wir weiter unten eingehen werden, von Interesse.

Weiterhin konnte VELICHKOVSKY (1994) zeigen, daß sich die oben genannten Ebenen der Informationsverarbeitung mit unterschiedlichen Hirnarealen in Verbindung bringen lassen.

Der Zusammenhang zwischen der Tiefe der Verarbeitung und den Augenbewegungsdaten wurde bisher nur bei der Verarbeitung visuellen Materials untersucht. Zur Zeit arbeiten wir (die Autoren), im Rahmen unserer Diplomarbeiten, sowohl mit akustisch und visuell dargebotenem als auch mit dynamischem Reizmaterial.

Augenbewegungsregistrierung

Bereits seit etwa 100 Jahren versucht man mittels verschiedenster Methoden die Augenbewegungen zu erfassen.

Bis ca. 1960 wurden zur objektiven Messung von Augenbewegungen eine Reihe von mechanischen, fotografischen und elektromagnetischen Verfahren eingesetzt. So konnte DODGE, ein Pionier der modernen Augenbewegungsforschung bereits um die Jahrhundertwende mittels einer fotografischen Methode die Dynamik von Augenbewegungen präzise bestimmen (z.B. DODGE & CLINE, 1901). Auf diesem Wege war es ihm bereits möglich, zwischen den schnellen Sakkaden und den langsameren Augenbewegungstypen, wie den Folgebewegungen, zu unterscheiden.

Alle Methoden hatten vor allem eines gemeinsam – die hohe physische Belastung für den Probanden: Ihm wurden Elektroden am Kopf befestigt, um die bei Augenbewegungen auftretenden Potentialänderungen zu messen, oder spezielle Kontaktlinsen und Saugkappen eingesetzt, in die spezielle reflektierende oder induzierende Schichten eingebracht waren (z.B. YARBUS, 1967). Fast immer war eine zusätzliche Fixierung des Kopfes notwendig, so daß diese Verfahren ausschließlich für die medizinische und physiologische Forschung genutzt werden konnten.

Erst mit dem Aufkommen der Videotechnik in den 70er Jahren wurde es erstmals möglich, weitgehend *berührungslos* Augenbewegungen zu verfolgen und in Echtzeit Blickorte im Raum zu ermitteln.

Gemeinsam ist allen videobasierten Verfahren die Bestrahlung des Auges mit infrarotem Licht und die Aufnahme des Auges mit einer Infrarot-Videokamera.

Zur Bestimmung des Blickortes wird meist das sich durch die Bestrahlung im Videobild deutlich abhebende Bild der Pupille genutzt, welches bei Augenbewegungen seine Form und seinen Schwerpunkt ändert.

Videobasierte Verfahren werden sowohl kopfgestützt als auch berührungslos angeboten. Bei kopfgestützten Systemen sind die Videokameras zur Beobachtung der Augen am Kopf befestigt (siehe Abbildung 7). Da auf diese Weise lediglich die Augenbewegung relativ zum Kopf gemessen wird, sind zusätzliche Verfahren zur Registrierung von Kopfbewegungen notwendig.

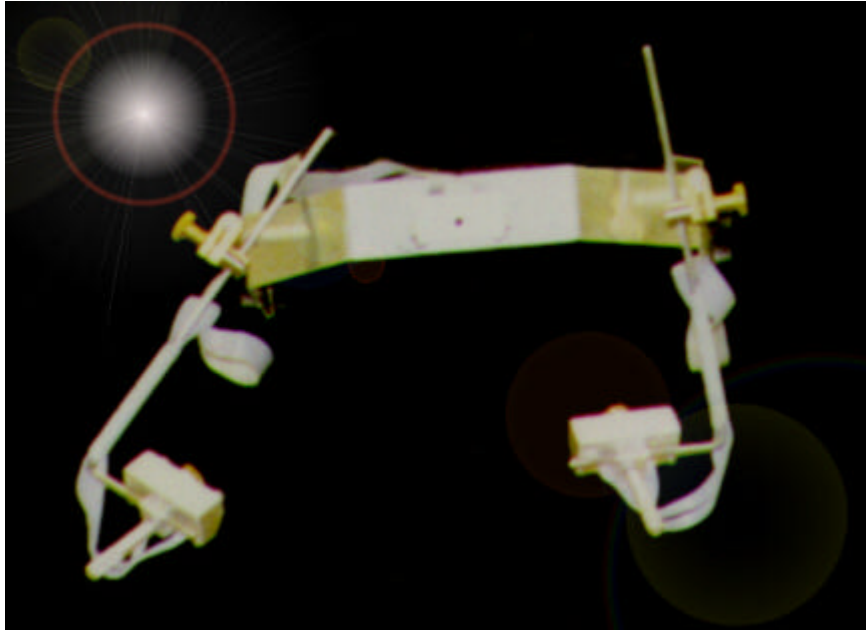


Abbildung 7. Kopfgestützter Eyetracker wie er gegenwärtig im Dresdner Blickbewegungslabor eingesetzt wird.

Bei berührungslosen Systemen dagegen werden mehrere Merkmale des Auges verfolgt, deren relative Lage zueinander sich bei Augen- bzw. Kopfbewegungen unterschiedlich ändert. Meist wird zusätzlich die *Cornealreflexion* ausgewertet, ein kleiner heller Punkt inner- oder unterhalb der Pupille, der durch die Reflexion des infraroten Lichtes an der Außenseite der Cornea entsteht (Abbildung 8). Spiegelsysteme oder eine zweite (Weitwinkel-) Kamera sorgen bei Kopfbewegungen für eine Nachführung der Augenkamera, so daß sich das Bild des Auges ständig in Kamerafokus befindet.



Abbildung 8. Bild der Pupille mit Cornealreflexion

Aufgrund der hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Blickregistrierung sind für die physiologische und psychologische Forschung meist kopfgestützte Systeme erforderlich.

Zur Blickregistrierung oder Blicksteuerung in Fahrzeugen dagegen ist in jedem Fall der Einsatz berührungsloser Kameras notwendig.

Von einer problemlosen und vor allen Dingen genauen Erfassung der Blickbewegungen beim Autofahren kann man jedoch zur Zeit „noch“ nicht ausgehen. Besonders die Stabilität der Datenerfassung über einen längeren Zeitraum und Probleme mit Brillen bzw. Kontaktlinsen werden in vielen Forschungsberichten (z.B. HANSEN, 1995 oder HERMANN, 1997) als unzureichend kritisiert. Auch die beim Autofahren nicht zu vernachlässigenden Kopf- und Körperbewegungen führen gegenwärtig (HERMANN, 1997) zu einer Blickerfassungsrate von maximal 84 Prozent.

Die Entwicklungen der letzten Jahre versprechen jedoch Verbesserungen, so daß bei einer Bestätigung der Nützlichkeit von Eyetracking-Systemen in Fahrzeugen (zu Interaktionszwecken oder zur Nutzeranalyse für Fahrerassistenzsysteme - hierauf gehen wir weiter unten noch konkreter ein) entsprechende Entwicklungen nicht an der technischen Realisierbarkeit scheitern werden (STEUDEL, 1999).

Mögliche Anwendung der Augenbewegungsregistrierung im Straßenverkehr

Die Anwendung der Blickbewegungsregistrierung im Auto ist also nur noch eine Frage der Zeit. Sobald die Technik eine qualitativ ausreichende Registrierung erlaubt und der Eyetracker in der Lage ist "intelligent" mit einem Information - Management - System zu kommunizieren ergibt sich eine Fülle neuer Möglichkeiten, um das Risiko im Straßenverkehr zu senken.

Auf einige dieser Möglichkeiten werden wir im folgenden eingehen. Wir stützen uns hierbei größtenteils auf unsere eigenen Forschungen und andere Ergebnisse aus dem Dresdner Blickbewegungslabor:

Das Auge als zusätzliches Informations-Eingabeinstrument

Im Rahmen einer Diplomarbeit (STEUDEL, 1999) wurde im Dresdener Blickbewegungslabor untersucht, inwieweit Dialogsteuerung beim Autofahren über das Auge möglich ist. Ausgehend von der bereits weiter oben dargelegten Feststellung, daß verfügbare motorische bzw. sprachliche Kommunikationsmittel bei dem gegenwärtigen Stand der Technik nach wie vor zu viel Risiko in sich bergen, sollte herausgefunden werden, inwieweit der visuelle Kanal für die Kommunikation geeignet ist.

Dies folgt aus der Überlegung heraus, daß jedes Objekt, mit dem wir (manuell) in Interaktion treten wollen, vorher wahrgenommen und damit fixiert werden muß. Damit würde sich das Auge generell als schnelles und „natürliches Auswahlgerät“ (WARE, 1987) anbieten.

Bisher haben die theoretisch und experimentell (u.a. WARE, 1987; JACOB, 1995) nachgewiesenen Vorteile des visuell gesteuerten Dialogs jedoch noch nicht zu seriensenfälligen Entwicklungen außerhalb der Anwendungen für Behinderte geführt (Für behinderte Menschen, die wegen körperlichen Handycaps nicht in der Lage sind, eine Maus zu benutzen, gibt es die Möglichkeit mittels einer "Blickmaus" mit dem Computer zu kommunizieren).

Ein Grund für die noch ausstehenden Serienfertigungen ist zum einen in den hohen Kosten für Eyetracking-Systeme und deren (noch) mangelhafter Genauigkeit zu sehen. Zum anderen stellt sich das Problem einer möglichst schnellen Zielselektion in der alltäglichen Mensch-Computer-Interaktion äußerst selten.

In der oben genannten Arbeit wurde untersucht, ob die blickgesteuerte Interaktion eine schnelle und sichere Bedienung dieser Informationssysteme ermöglichen und damit zur Entlastung des Fahrers beitragen kann. Die Ergebnisse aus den durchgeführten Experimenten zeigen, daß die Blicksteuerung eine gelungene Alternative zu den bisherigen Möglichkeiten darstellt. Anhand der ermittelten Daten läßt sich erkennen, daß die Beanspruchung des Fahrers bei dieser Art der Dialogführung gesenkt werden kann. Daraus kann wiederum eine Verminderung des Risikos abgeleitet werden.

Das Auge als zusätzliches Informations-Ausgabeinstrument

Wir können das Auge aber nicht nur als Eingabeinstrument zur "erweiterten Kommunikation" einsetzen, sondern an ihm, mittels seiner typischen Bewegungen auch Informationen "ablesen".

Gegenstand einer zur Zeit von uns (den Autoren) durchgeführten Diplomarbeit ist die Frage, ob man an den Augenbewegungen eines Autofahrers sehen kann, ob er eine Gefahr erkannt hat oder nicht.

Gibt es spezielle Augenbewegungsmuster, die als Indikator für eine wahrgenommene Gefahr in Frage kommen?

Hierzu wurden unter anderem Versuche am Fahrsimulator durchgeführt, in denen den Probanden gefährliche und ungefährliche Verkehrssituationen dargeboten wurden. Während der Fahrt bremste beispielsweise ein vorausfahrendes Fahrzeug, rollte ein Ball auf die Fahrbahn oder eine grüne Ampel sprang auf rot. Es wurden alle zur Zeit registrierbaren Augenparameter aufgezeichnet und die Rückmeldungen auf die Gefahren registriert. Da man, wie wir oben beschrieben haben, nicht sicher davon ausgehen kann, daß die momentane visuelle Aufmerksamkeit mit dem Fixationsort übereinstimmt, ist eine derartige Absicherung durch eine zusätzliche Rückmeldung (wer bremst hat die Gefahr ja offenbar gesehen) von Nöten.

Wir hoffen nun, mittels spezieller statistischer Verfahren, deren Erklärung an dieser Stelle eindeutig zu weit führen würde, bestimmte Parameter des "Abtastverhaltens" des Auges zu ermitteln (der interessierte Leser sei zur Beschreibung solcher Verfahren z.B. auf LIU (1998), ELLIS & STARK (1986) oder PONSODA et al. (1995) verwiesen).

LIU (1998) geht von charakteristischen Blickbewegungsmustern für verschiedene mentale Zustände aus. Er berichtet bereits von typischen Mustern, die in speziellen Verkehrssituationen auftreten.

Die Identifizierung typischer Blickbewegungsmuster für spezielle Verkehrssituationen, in unserem Fall für Gefahren, eröffnet eine Reihe interessanter Möglichkeiten zur Anwendung im Straßenverkehr:

So wäre z.B. ein intelligentes, den Fahrer unterstützendes Frühwarnsystem denkbar. Eingebunden in das Information-Management-System könnte es mittels sogenannter "Computer Vision" (die Sehkraft eines Rechners ist hierfür bereits nahezu ausreichend) mögliche Gefährdungsbereiche berechnen und dem Fahrer gegebenenfalls die Gefahr *rechtzeitig* rückmelden (z.B. durch Vibrations-Feedback im Lenkrad). Eine solche Rückmeldung ist natürlich nur dann sinnvoll, wenn das System weiß, ob der Fahrer die Gefahr erkannt hat. Würde es den Fahrer warnen, obwohl er die Gefahr bereits registriert hat, wäre das eher hinderlich als unterstützend. Mit der Einbindung der berührungslosen Blickbewegungsregistrierung in das Information-Management-System kann man das Frühwarnsystem schlauer machen: Eine während der Fahrt mitlaufende Kamera vergleicht die Augenbewegungen des Fahrers mit den Gegebenheiten außerhalb des Fahrzeuges. Beim Auftreten gefährlicher Situationen ist ein typisches Blickbewegungsmuster des Fahrers zu erwarten, sollte dieses, trotz real existierender Gefahr, nicht erkennbar werden, beginnt das Unterstützungssystem zu warnen.

Man könnte darüber hinaus, je nachdem wie viele situationsspezifische Blickbewegungsmuster in Zukunft "isoliert" werden, die Parameter des Frühwarnsystems unterschiedlich einstellen. Bei einer Nachtfahrt hätten dann z.B. spezifische Nachtmuster Priorität (tageszeit- oder streckenabhängige Muster könnten auch automatisch

über Funk eingestellt werden). Weiterhin sollte das System für neue Muster "update-fähig" sein.

Schon 1978 führte NAGAYAMA (1978) die Ursache von mehr als 50 Prozent aller Kollisionen auf die fehlende oder verspätete Wahrnehmung der konkreten Gefahrenquelle zurück. ENKE (1979) zeigte in einer Unfallanalyse, daß sich etwa 50 Prozent aller Kollisionen eben noch verhindern ließen, wenn jeder beteiligte Fahrer sein angemessenes, unfallverhütendes Fahrmanöver 0.5 bis 1.0 Sekunden früher eingeleitet hätte.

Ein zeitliches Vorverlegen eines solchen Manövers ist aber nur dann möglich, wenn der Fahrer die Gefahr früher wahrnimmt. Unserer Ansicht nach ist ein rechtzeitiges Wahrnehmen der Gefahr mit dem hier von uns skizzierten Ansatz möglich.

Um das beschriebene Frühwarnsystem so selten wie möglich in Anspruch zu nehmen kann man sozusagen "vorausblickenderweise" das Blickverhalten schulen:

Es ist denkbar, daß von uns beschriebene Information-Management-System als Unterstützungsmöglichkeit für Fahranfänger oder ältere Fahrer zu entwickeln. COHEN (1998) nimmt an, daß im Falle des Blickverhaltens das Erlernen einer verkehrsgerechten Orientierung durch gezieltes Training beschleunigt werden und somit positiver Einfluß auf die Verkehrssicherheit ausgeübt werden kann. Nach LACHENMAYR (1995) wird mit zunehmender Fahrpraxis die Informationsaufnahme in die Ferne verlagert. Anfängliche relativ ziellose Suchbewegungen werden nach und nach durch vorausschauende Blickzuwendungen zu potentiellen Gefahrenobjekten abgelöst. Dieser Lernvorgang könnte bei Fahranfängern durch entsprechende Rückmeldungen, die durch den Einsatz blickregistrierender Systeme möglich wären, beschleunigt werden. Basierend auf diesem Ansatz sind auch positive und negative Rückmeldungen im Fahrzeug denkbar, die dem (älteren) Fahrer als unterstützende Hinweise dienen können. Auch ein Einsatz als Bewährungshilfe für sogenannte "Punktetäter" wäre möglich.

Im Rahmen der anderen von uns (den Autoren) durchgeführten Diplomarbeit wird gegenwärtig im Dresdener Blickbewegungslabor untersucht, inwieweit ein Unterschied in den Blickbewegungen erkennbar ist, wenn während des Autofahrens zum einen verbale und zum anderen räumliche Aufgaben gelöst werden.

Ausgehend vom Aufbau und von der Steuerung des menschlichen Körpers durch das Gehirn, besteht die Vermutung, daß durch die jeweiligen Spezialisierungen der beiden Hirnhemisphären (sprachliche Verarbeitung vorwiegend in der linken Hemisphäre vs. räumliche Verarbeitung überwiegend in der rechten Hemisphäre) Unterschiede sowohl im Blickverhalten, als auch in Parametern der Fahrzeugführung bei verschiedenen Beanspruchungen der Hemisphären erkennen lassen.

Das Auge soll dabei als Ausgabegerät fungieren, indem, wie weiter oben bereits ausgeführt, die Blickbewegungen Auskunft über den jeweils zu bewältigenden kognitiven Aufwand geben. Die Ergebnisse sollen weitere Aufschlüsse darüber geben, welche Art von Nebenaufgaben den Fahrer stärker belasten. Aus den Ergebnissen sollen weitere Hilfestellungen für die Dialoggestaltung im Auto abgeleitet werden. Eine anzunehmende stärkere Belastung bei der Lösung räumlicher Nebenaufgaben, könnte Gestaltungshinweise für künftige Navigationssysteme bieten.

Neben diesen zuversichtlichen Aussichten läßt sich feststellen, daß auf diese Weise auch eine Einwirkung auf die subjektive Risikokomponente stattfindet. Die zentrale

Aussage der von uns angeführten Risikohomöostasetheorie besagte, daß eine langfristige Sicherheitssteigerung nur über die Senkung des akzeptierten Risikos möglich ist. Durch den Einsatz von Systemen mit Blickbewegungsregistrierung findet eine Verringerung der Schwelle zwischen Mensch und Maschine statt, d.h. der Mensch weiß besser über den augenblicklichen Zustand der Maschine Bescheid und die Maschine bekommt dadurch genauere Rückmeldungen über die momentane Befindlichkeit des Fahrers. In Abhängigkeit von der Umsetzung der Möglichkeiten, die sich durch die genannten Systeme bieten, läßt sich der Vorgang des Autofahrens als aktiver Lernprozeß gestalten. Dabei können dem Fahrer Rückmeldungen über ausgelöste Handlungen und deren Risikogehalt gegeben werden. Bei Fehlreaktionen in Notfallsituationen kann unterstützend eingegriffen werden und auch hier kann eine Rückmeldung über die ausgelöste Fehlreaktion gegeben werden. Über die jeweiligen Rückmeldungen ist es möglich, das Risikoverhalten immer weiter herabzusetzen, indem nach und nach Strategien gelernt werden, wie gefährliche Situationen besser zu bewältigen sind. Da die Blickbewegungsregistrierung direkt an der Informationsverarbeitung des Fahrers ansetzt, können Verfälschungen ausgeschlossen werden, auch dies trägt zur Senkung des Risikos bei.

Schlußbemerkung

Die Nützlichkeit von Eyetracking-Systemen geht weit über die von uns dargestellten Ausführungen, und auch weit über das Thema Risiko im Allgemeinen hinaus.

Die Tatsache, daß man "sehen kann, was andere sehen" eröffnet Möglichkeiten, die die Wissenschaft einen enormen Schritt vorantreiben kann.

Exemplarisch für diese Fülle der Möglichkeiten greifen wir zwei weitere, zum Thema Risiko passende, potentielle Anwendungsgebiete heraus:

Man könnte beispielsweise die Röntgendiagnostik sicherer machen. Ärzte mit jahrelanger Erfahrung und Routine im Deuten von Röntgenbildern sind nicht davor gefeit den oben erwähnten Urteilsheuristiken zu unterliegen. Ärzte, die frisch von der Uni kommen entdecken einen seltenen, kleinen (unter Umständen sehr aggressiven) Tumor möglicherweise eher, als die Erfahreneren. Die Älteren laufen eher Gefahr, die Wahrscheinlichkeit eines solchen seltenen Ereignisses zu unterschätzen als die Jungen, weil die Erfahrung es ihnen bestätigt hat. Das dem so ist zeigen Untersuchungen in Wissenschaft und Technik, die sich seit geraumer Zeit mit der Entwicklung sogenannter *Expertensysteme* beschäftigen. Expertensysteme sind Computersysteme, die den Menschen bei Diagnosen unterstützen sollen.

Mit der Nutzung von Eyetracker-Systemen könnten unterschiedliche Blickstrategien beim Betrachten eines Röntgenbildes genau untersucht und verglichen werden. Hiermit ergäbe sich eine Möglichkeit die bessere Strategie zu erlernen.

Man könnte weiterhin durch automatische der Augenbewegungen Aufzeichnung beim Betrachten von Röntgenbildern kontrollieren, ob eine kritische Stelle überhaupt betrachtet wurde oder nicht - allein durch das Wissen, daß Blicke nachvollziehbar sind würden die Bilder wahrscheinlich genauer betrachtet.

Auf ähnliche Weise könnten z. B. auch Fluglotsen voneinander lernen.

An dieser Stelle sei jedoch auch darauf hingewiesen, das der Aspekt der "Kontrollierbarkeit" auch Gefahren in sich birgt und mit Vorsicht behandelt werden muß.

Unser Anliegen ist es mit diesem Beitrag die Nützlichkeit der Augenbewegungsforschung aufzuzeigen und somit das Interesse an ihr zu steigern.

Je mehr Forscher aus allen Gebieten sich ihr zuwenden, desto eher ist eine praktische und erschwinglichere Anwendung zu erwarten.

Kritik und Verbesserungsvorschläge sind ausdrücklich erwünscht:

kookyscientist@gmx.net

Über einen Besuch unserer Website würden wir uns sehr freuen:

<http://all.at/psychozone>

Angermüller, H. (1992). Moderne Fahrer-Informationssysteme im KFZ. In VDI Berichte 1009. *Elektronik im Kraftfahrzeug*. Düsseldorf: VDI-Verlag

Aschenbrenner, K., Biehl, B., & Wurm, G.W. (1992). Mehr Verkehrssicherheit durch bessere Technik? Felduntersuchungen zur Risikokompensation am Beispiel des Antiblockiersystem (ABS). *Bericht zum Forschungsprojekt 8323 der Bundesanstalt für Straßenwesen*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.

Ashby, M.C., Fairclough, S.H. & Parkes, A.M. (1991). A comparison of route navigation and route guidance systems in an urban environment. *Proceedings of ISATA Conference*. Florence, Italy.

Bainbridge, L. (1987). Ironies of automation. In J. Rasmussen, K. Duncan & J. Leplat (Hrsg.) *New technology and human error*. Chichester: Wiley.

Bartholomäi, G., Becker, O. Schneider, W. & Walter, W. (1990). Ergonomische Bewertung der Ablesbarkeit digitaler Instrumente bei verschiedenen Lichtverhältnissen. In H. Derkum (Hrsg.) *Sicht und Sicherheit im Straßenverkehr*. Köln: Verlag TÜV Rheinland.

Bauer B. (1998). *Augenbewegungen und Ebenen der Informationsverarbeitung*. Diplomarbeit, TU-Dresden, Fachbereich Psychologie.

Beierle, B. (1993). Psychologische Analyse von Lkw-Verkehrsunfällen. In Kroj, G., Utzelmann, H. & Winkler W. (Hrsg.), *Psychologische Innovation für die Verkehrssicherheit*. Bonn: Deutscher Psychologen-Verlag.

Bernotat, R. (1970). Antropotechnik in der Fahrzeugführung. *Ergonomics*, 13, 353-377.

Beste, D. (1995). Prometheus auf der Autobahn. In *Dossier: Verkehr und Auto*. Spektrum der Wissenschaft.

Broadbent, D.E. (1958, 1964). *Perception and communication*. London: Pergamon Press.

Bruner, J.S. & Goodman, C.C. (1949). Value and need as organizing factor in perception. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 42, 33-44.

Carpenter, R.H.S. (1988). *Movements of the eyes..* London: Pion Limited.

Cohen, A.S. (1994). Gefährdung des Fahranfängers sowie das Erlernen verkehrsgerechter Orientierung und deren Defizite bei Nacht. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 40 (4), 156-161.

Cohen, A. (1998). Visuelle Orientierung im Straßenverkehr: Eine empirische Untersuchung zur Theorie des visuellen Abtastens. *bfu-Report* 34.

Craik, F.I.M. & Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: A framework of memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.

Daimler-Benz (1997). Daimler-Benz Research and Technology Center, Palo Alto: Internet auf Rädern. <http://www.daimlerbenz.com/presse/wheels/1.htm>.

Deubel H. (1994). Visuelle Verarbeitung und kognitive Faktoren bei der Generierung sakkadischer Augenbewegungen. In W. Prinz, B. Bridgeman (Hrsg.), *Wahrnehmung*. Serie: *Enzyklopädie der Psychologie*, Serie II, Kognition, Band 1.

Dix, A., Finlay, J., Abowd, G & Beale, R. (1995). *Mensch Maschine Methodik*. München: Prentice Hall.

Dodge, R. & Cline, T.S. (1901). The angle velocity of eye movements. *Psychological Review*, 8, 145-157.

Dörner, D. (1992). *Die Logik des Mißlingens: Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuchverlag Verlag GmbH.

Donges, E. (1978). Ein regelungstechnisches Zwei-Ebenen-Modell des menschlichen Lenkverhaltens im Kraftfahrzeug. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 24, 98-112.

Dorsch, F. (Hrsg.) (1994). *Psychologisches Wörterbuch*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Huber.

Ebbesen, E.B., Haney, M. (1973). Flirting with death: Variables affecting risk taking at intersections. *Journal of Applied Social Psychology* 3 (4), 303-324.

Ellinghaus, D., Schlag, B., Steinbrecher, J. (1990). Leistungsfähigkeit und Fahrverhalten älterer Kraftfahrer. *Schriftenreihe Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr der Bundesanstalt für Straßenwesen*, Heft 80, Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

Ellis, S.R. & Stark, L. (1986). Statistical dependency in visual scanning. *Human Factors*, 28 (4), 421-438.

Enke, K. (1979). Möglichkeiten zu Verbesserung der aktiven Sicherheit innerhalb des Regelkreises Fahrer-Fahrzeug-Umgebung. Referat gehalten an der 7. Tagung über Sicherheitsfahrzeuge. Paris, 5.-6. Juni 1979.

Färber, B. & Färber, B. (1984). Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug. Hauptstudie. *FAT - Schriftenreihe Nr. 39*. Frankfurt: Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V..

Färber, B. & Färber, B. (1998). Telematik-Systeme und Verkehrssicherheit. FP 2.9304 der Bundesanstalt für Straßenwesen. Forschungsbericht, Universität BW München. In *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit*. (in press).

Färber, B. & Popp, M.M. (1990). Gestaltung von Anzeigen für die Wegleitung und deren Position im Kraftfahrzeug. In H. Derkum (Hrsg.) *Sicht und Sicherheit im Straßenverkehr*. Köln: Verlag TÜV Rheinland.

Fischhof, B., Slovic, P., Lichtenstein, S. (1978). Fault trees sensitivity of estimated failure probabilities to problem representation. *Journal of Experimental Human Perception and Performance*, 4, 330-344.

Gelau, C. (1997). Aktuelle Entwicklungen der Risikohomöostasethorie. In U. Schulz (Hrsg.), *Wahrnehmungs-, Entscheidungs-, und Handlungsprozesse beim Führen eines Kraftfahrzeugs*. Münster: LIT.

Hacker, W. (1973). *Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.

Heinrich, H.C. & Hundhausen, G. (1982). Möglichkeiten zu einer Neugestaltung des Fahrerausbildungssystems. *Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen*, Bd. 73, Köln.

Heintz, F., Bouis, D. & Haller, R. (1985). *A Concept of User-Guidance for Vehicle Information Systems*. SAE Paper 850309.

Hernández-Peón, R. (1966). Physiological mechanism in attention. In R.W. Russel (Ed.), *Frontiers in physiological psychology*. New York: Academic Press.

Hoffman J.E. (1996). Visuell attention and Eye Movements. In H. Pashler (Ed.), *Attention*. London: University College London Press.

Hoyos, C. Graf (1980). *Psychologische Unfall- und Sicherheitsforschung*. Stuttgart: Kohlhammer.

ISO 9241 (1996-1998). *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals*. Part 10, 14-17

Jacob, R.J.K. (1995). Eye tracking in advanced interface design. In W. Barfield & T. Furness (Eds.), *Advanced interface design and virtual environments*. New York: Oxford University Press.

Janssen, W. (1994). Seat-belt wearing and driving behavior: an instrumented-vehicle study. *Accident Analysis & Prevention*, 26, 249-261.

Johansson, G. & Rumar, K. (1966). Drivers and road signs: A preliminary investigation of the capacity of car drivers to get information from road signs. *Ergonomics*, 57-62.

Jungermann, H. (1998). Subjektive Wahrnehmung von Risiken. *Spektrum der Wissenschaft*, Heft2/1998, 98-100.

Just M.A. & Carpenter P. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8, 441-480.

Kebeck, G. & Cieler, S. (1997). Innovative Informationsdarbietung im Pkw. In U. Schulz (Hrsg.), *Wahrnehmungs-, Entscheidungs-, und Handlungsprozesse beim Führen eines Kraftfahrzeugs*. Münster: LIT.

- Klebelberg, D. v.** (1977). Das Modell der subjektiven und objektiven Sicherheit. *Schweizer Zeitschrift für Psychologie und ihre Anwendungen*, 36, 285-294.
- Klein, G.S.** (1979). *Perception, Motives, and Personality*. New York: Knopf.
- Kogan, N. & Walach, M.A.** (1967). Risk taking as a function of the situation, the person, and the group. In Mandler, G., Mussen, P., Kogan, N., Walach, M.A. (Eds), *New directions in psychology III*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 111-278.
- Krämer, W.** (1998). Risiko-Homöostasie oder warum sichere Autos gefährlich sind. In Körper-Stiftung (Hrsg.). *Risiko! Der Umgang mit Sicherheit, Chance und Wagnis*.
- Lachenmayr, B.J.** (1995). *Sehen und gesehen werden: Sicher unterwegs im Straßenverkehr*. Aachen: Verlag Shaker.
- Leiser, R.** (1993). Driver- vehicle interface: dialogue design for voice input. In A. Parkes & S. Franzén (Eds.), *Driving future vehicles*. London; Washington, DC: Taylor & Francis.
- Liu, A.** (1998). What the driver's eye tells the car's brain. In G. Underwood (Ed.), *Eye guidance in reading, driving and scene perception*. Oxford: Elsevier.
- Meyers Lexikonredaktion** (Hrsg.) (1993). *Mayers neues Lexikon*: in 10 Bänden. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Meyers Lexikonverband.
- Michon, J.A.** (1985). A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do? In L. Evans & R.C. Schwing (Hrsg.), *Human behavior and traffic safety*. New York: Plenum Press.
- Nagayama, Y.** (1978). Role of visual perception in driving. *IATSS Rsearch*, 2, 64-73.
- Näätänen, R., Summala, H.** (1976). *Road user behavior and traffic accidents*. Amsterdam: North Holland Publ. Co..
- Norman, D.A.** (1989). *Dinge des Alltags*. Frankfurt; New York: Campus Verlag.
- Parkes, A.M. & Martell, A.** (1990). A usability analysis of a PC based route planning system. In E. J. Lovesey (Ed.), *Contemporary Ergonomics*. pp. 50-55.
- Petrak, M.** (1998). *Telefonieren beim Autofahren: Die Bearbeitung verbal-auditiven Materials bei der Bewältigung einer visuo-motorischen Aufgabe*. Diplomarbeit, TU-Dresden, Fachbereich Psychologie.
- Pfafferot, I. & Huguenin, R.D.** (1993). Adaptation nach Einführung von Sicherheitsmaßnahmen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 37, 71-83.
- Ponsoda, V., Scott, D. & Findlay, J.M.** (1995). A probability vector and transition matrix analysis of eye movements during visual search. *Acta Psychologica*, 88, 167-185.
- Rowe, W. D.** (1977). *An anatomy of risk*. New York: Wiley & Sons.

Russo, J.E. (1978). Adaption of cognitive processes to the eye movement system. In J.W. Fisher, D.F. Senders, R.A. Monty (Eds.), *Eye movements and the higher psychological functions*. Hillsdale, N.Y.: Erlbaum.

Savage, L.J. (1954). *The Foundations of statistics*. New York: Wiley.

Schlag, B., Ellinghaus, D., Steinbrecher, J. (1986). Risikobereitschaft junger Fahrer. *Schriftenreihe Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr der Bundesanstalt für Straßenwesen*, Heft 58, Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.

Schraagen, J.M.C. (1993). Information presentation in in-car navigation systems. In A. Parkes & S. Franzén (Eds.), *Driving future vehicles*. London; Washington, DC: Taylor & Francis.

Sivak, M., Soler, J., Tränkle, U., Spangnhol, J.M. (1989). Cross-cultural differences in driver risk-perception. *Accident Analysis & Prevention*, 21 (4), 355-362.

Starr, C. (1969). Social benefit versus technological risk. *Science* 165, 1232-1238.

Steudel, S. (1999). *Optomotorische Dialogsteuerung in Fahrumgebungen*. Diplomarbeit, TU-Dresden, Fachbereich Informatik.

Svidén, O. (1993). MMI scenarios for the future road service informatics. In A. Parkes & S. Franzén (Eds.), *Driving future vehicles*. London; Washington, DC: Taylor & Francis.

Tversky, A., Kahneman, D. (1985,1974)). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 1124-1131.

Tversky, A. & Kahneman, D. (1986). Rational choice and the framing of decisions. *Journal of Business*, 59, 5251-5278.

Unema P.J.A. (1995). *Eye movements and mental effort*. Aachen: Verlag Shaker.

Velichkovsky, B.M. (1994). The levels endeavour in psychology and cognitive science. In P. Bertelson, P. Eelen & G. d'Ydewalle (Eds.), *International perspectives on psychological science: Leading themes*. Hove: LEA.s

Velichkovsky, B.M., Sprenger, A., Pomplun, M. (1997). Auf dem Weg zur Blickmaus: Die Beeinflussung der Fixationsdauer durch kognitive und kommunikative Aufgaben. In R. Liskowsky, B.M. Velichkovsky, W. Wüschmann (Hrsg.), *Software-Ergonomie*. Stuttgart: Teubner

Ware, C. & Mikaelian, H.H. (1987). An evaluation of an eye tracker as a device for computer input. In J.M. Carol & P.P. Tanner (Eds.), *CHI + GI 1987 Conference Proceedings*. SIGCHI Bulletin. ACM.

Wetzenstein, E., Küting, H.J., Enigk, H., & Heinbokel, T. (1997). Beschreibungen von Informations- und Kontrollvorgängen beim Fahren - ein Ansatz zum Informationsmanagement im Fahrzeug-Cockpit. In U. Schulz (Hrsg.), *Wahrnehmungs-, Ent-*

scheidungs-, und Handlungsprozesse beim Führen eines Kraftfahrzeugs. Münster: LIT.

Wilde, G.J.S. (1974). Wirkung und Nutzen von Verkehrssicherheitskampagnen. Ergebnisse und Forderungen - ein Überblick. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 20 (4), 227-238.

Wilde, G.J.S. (1994). *Target risk*. Toronto: PDE Publications.

Williams, A.F. (1985). Nighttime driving and fatal crash involvement of teenagers. *Accident Analysis & Prevention* 17 (1), 1-5.

Yarbus, A.L. (1967). *Eye movements and vision*. New York: Plenum Press.

Alle in diesem Beitrag verwendeten Sprichwörter wurden der Zitate-Datenbank <www.zitate.at> entnommen.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Modell der Risikohomöostase nach Wilde (erstmals 1974).

Abbildung 2: Information-Management-System "Comand". Aus: Mercedes Benz (1998). *Die neue S-Klasse*. Stuttgart: Daimler-Benz AG.

Abbildung 3: Bild eines Auffahrunfalls vor einem amerikanischen Einkaufszentrum (<www.carbuyingtips.com/disaster.htm>).

Abbildung 4: Verschiedenen Arten von Denkmodellen (NORMAN, 1989)

Abbildung 5: Bedienungsvorrichtung zur Sitzeinstellung. Aus: Mercedes Benz (1998). *Die neue S-Klasse*. Stuttgart: Daimler-Benz AG.

Abbildung 6: Fixationsdauer als Indikator der Ebenen der Informationsverarbeitung (VELICHKOVSKY, 1997).

Abbildung 7: "Space-Eyetracker": Fotografiert von A. Rothert, digital aufgearbeitet von S. Dornhöfer.

Abbildung 8: Bild der Pupille mit Cornealreflexion (STEUDEL, 1999).

Das Titelbild wurde entnommen aus: Franquin A. (1998). Gaston - Gesammelte Katastrophen. Band 18. Leinfelden-Echterdingen: Carlsen-Verlag.