
VDI BERICHTE 948

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

VDI-GESELLSCHAFT FAHRZEUGTECHNIK

**DAS MENSCH-
MASCHINE-SYSTEM
IM VERKEHR**

Tagung Berlin, 19. und 20. März 1992

VDI VERLAG

Inhalt

| | | Seite |
|---|---|-------|
| <i>E. Fiala</i> | Fahrzeug — Mensch — Verkehr | 1 |
| <i>W. Fastenmaier, G. Reichart und R. Haller</i> | Welche Informationen brauchen Fahrer wirklich? | 15 |
| <i>B. Färber, B. Färber, E. Hipp und Ch. Jung</i> | Die Bedeutung kinästhetischer Informationen für die Fahrzeugführung | 35 |
| <i>P. Brägas</i> | Gezielter Abruf von aktuellen Verkehrsnachrichten mit dem verbesserten Verkehrsfunksystem RDS/TMC | 43 |
| <i>R. Piske, P. Pajonk und F. Böttiger</i> | Entwicklung neuer Strategien zum kooperativen Fahren | 55 |
| <i>W. Schneider, A. Sprenger, M.-A. Beeck, J. Thomas und I. Rackow</i> | Digitale Geschwindigkeitsanzeige im HUD, ein Beitrag zur Verkehrssicherheit? | 79 |
| <i>H. Bubb und G. Reichart</i> | Braucht man HUD's im Kraftfahrzeug? Ergebnisse einer Literaturrecherche und eigener Versuche | 101 |
| <i>H. Künzner</i> | Entwicklung einer Bedienoberfläche für einen Fahrzeugmonitor | 127 |
| <i>W. König, C. Heiland-Franzen, P. Knoll und B. Wagner</i> | Entwicklung und Simulation einer Mensch-Maschine-Schnittstelle | 143 |
| <i>U. Bolte</i> | Systemergonomische Analyse der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle | 157 |
| <i>R. Mock-Hecker, K.-H. Koch, M. Zeller, D. Rösner, D. Kollbach und G. Bartholomäi</i> | ISYS — Ein wissensbasiertes Simulationssystem zur Entwicklung und zum Test intelligenter Fahrerassistenzsysteme | 175 |
| <i>U. Reiter</i> | Modellierung des Einflusses von Informationssystemen auf das Fahrverhalten | 189 |

Inhalt

| | | Seite |
|---|---|-------|
| <i>M. Neculau</i> | Modellierung des Fahrerhaltens: Regel- und Steuerstrategien | 211 |
| <i>T.-M. Wolter, T. Jürgensohn und H.-P. Willumeit</i> | Ein „visuelles System“ für ein Fahrermodell | 227 |
| <i>T. Jürgensohn und Ch. Raupach</i> | Über den Einsatz von Fuzzy-logic in der Modellierung menschlichen Regelverhaltens | 235 |
| <i>W. Reichelt und B. Strackerjan</i> | Bewertung der Fahrdynamik vom Pkw im geschlossenen Regelkreis mit Hilfe von Fahrsimulatoren und Fahrermodellen | 251 |
| <i>M. Heinz und B. Pletschen</i> | Entwicklung neuer Crashdummy-Datensätze für die numerische Simulation von Sicherheitsversuchen | 275 |
| <i>A. Seidl, H. Bubb, H. Geuß, R. Krist, H. Schmidtke, H. Speyer, M. Brill, W. Krüger und M. Speckert</i> | RAMSIS: 3D-Menschmodell und integriertes Konzept zur Erhebung und konstruktiven Nutzung von Ergonomie-Daten | 297 |
| <i>H. Westermann</i> | Sehverhältnisse bei Nacht mit Fahrzeugscheinwerfern und Möglichkeiten der Verbesserung | 311 |
| <i>R. Bisping</i> | Zielgerechtes Soundengineering von Fahrzeuggeräuschen durch Simulation | 327 |
| <i>H. Dupuis und E. Hartung</i> | Schwingungsbelastung und Gesundheitsbeeinträchtigung | 341 |
| <i>S. Dierks und E. Schenk</i> | Akzeptanzmessung bei LKW-Fahrern Die Repertory-Grid-Technik als psychologische Methode zur Untersuchung von LKW-Fahrerhäusern | 351 |
| <i>I. Pfafferott</i> | Adaptationen (Verhaltensanpassungen) an fahrzeugtechnische Verbesserungen | 367 |
| <i>H. J. Förster</i> | Der Fahrzeugführer, ein Homo Instrumentalis | 379 |
| <i>K.-P. Gärtner und J. Schweingruber</i> | Innenraumgestaltung mit rechnergestützten Mensch-Modellen | 445 |

Inhalt

Seite

| | | |
|------------------|---|-----|
| <i>E. Donges</i> | Das Prinzip Vorhersehbarkeit als Auslegungskonzept für Maßnahmen zur Aktiven Sicherheit im Straßenverkehrssystem <i>(Manuskript lag bei Drucklegung nicht vor)</i> | |
| | Referenten und Diskussionsleiter Speakers and Chairmen | 461 |

Welche Informationen brauchen Fahrer wirklich?

Dipl.-Psych. **W. Fastenmeier**, Dipl.-Ing. **G. Reichart** VDI und
Dr.-Ing. **R. Haller** VDI, München

Ein wesentlicher Beitrag zur Steigerung von Sicherheit und Effizienz im Straßenverkehr wird von der Unterstützung des Fahrers durch zusätzliche technische Hilfen erwartet. Vor diesem Hintergrund ist die etwas provokativ gestellte Frage nach dem Informationsbedarf von Fahrern als Anstoß zu sehen, fahrerzentriert das heutige und zukünftige Informationsangebot zu analysieren. In einer Feldstudie wurde der Informationsbedarf verschiedener Fahrerpopulationen untersucht, um Aufschluß darüber zu erhalten, welche Fahrer in welchen Situationen wie unterstützt werden können. Mit der vorliegenden Arbeit werden ein systematischer Forschungsansatz und dessen erste Ergebnisse vorgestellt.

1 Problemstellung

Ein wesentlicher Beitrag zur Steigerung von Sicherheit und Effizienz im Straßenverkehr wird von der Unterstützung des Fahrers durch technische Hilfen erwartet. Ein Weg dazu kann, wie /1/ erläutern, die Behebung von Informationsdefiziten des Fahrers über Fahrzeug, Verkehrsweg, Witterung oder Verkehrsgeschehen sein.

Solche heute nicht oder nur indirekt verfügbaren Informationen sind aber vom Fahrer ebenso situationsbezogen wahrzunehmen und zu verarbeiten wie Informationen, die heute bereits verfügbare Quellen ersetzen oder ergänzen, z.B. individuelle Navigationshinweise anstelle von Beschilderung und Karten. Entsteht hierdurch Zusatzbelastung oder Entlastung für den Fahrer? Welche Wechselwirkungen mit anderen Informationsquellen und Elementen der Fahraufgabe sind zu erwarten?

Vor diesem Hintergrund ist die etwas provokativ gestellte Frage "Welche Informationen brauchen Fahrer wirklich?" als Anstoß zu sehen, fahrerzentriert das heutige und zukünftige Informationsangebot unter dem Blickwinkel der Informationsmenge (Defizit, Überangebot) aber auch Gestaltung (zeitliche und örtliche Kodierung) zu analysieren. Eine hinreichend vollständige Antwort auf die aufgeworfene Frage erfordert auch methodisch neue Wege. Mit der vorliegenden Arbeit werden ein Forschungsansatz und

dessen erste Ergebnisse zur Diskussion gestellt. Ein Ansatz, der einen erfolgversprechenden Weg zur systematischen fahrergruppenzentrierten Gestaltung von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen aufzeigt.

Das Potential, das in solchen Systemen liegt, hat /2/ folgendermaßen formuliert: sie könnten

- Defizite bei der Aufnahme und Verarbeitung der relevanten Fahrerinformationen beseitigen
- Fehlhandlungen des Fahrers vermeiden helfen
- die Folgen von auftretenden Fahrfehlern mildern und
- die Beanspruchung des Fahrers durch Über- oder Unterforderung abbauen.

Der Einsatz wirksamer Fahrerinformationssysteme setzt eine genaue Analyse von Anforderungen an das Verhalten des Fahrzeuglenkers und der Prozesse der Verarbeitung von Informationen durch den Fahrer voraus. Ebenso müssen Untersuchungen der zugrundeliegenden Bedingungen des situativen Umfeldes - der Verkehrssituationen - bereits vor einer Implementierung solcher Systeme bereitgestellt werden. Diese Fragen führen zunächst zu den Aufgaben, die der Fahrer zu erfüllen hat. Die Probleme und Anforderungen, die bei der Bewältigung von Fahraufgaben auftreten und demnach bei der Gestaltung von Informations- und Assistenzsystemen im Fahrzeug zu berücksichtigen sind, können in verschiedener Hinsicht - unter hierarchischen, funktionellen und dimensional Aspekten - gegliedert werden. Dabei bilden Stabilisierung, Führung und Navigation in hierarchischer Stufenleiter die typischen Anforderungsformen der Fahraufgabe (vgl. z.B. /3/), denen auf der Bewältigungsseite der Fahrzeugführung die Regelung (Einhaltung von Kurs und Geschwindigkeit), Koordination (z.B. Geschwindigkeitswahl) und Organisation (z.B. Zielortbestimmung) gegenüberstehen /2/.

Um den Bedarf eines Autofahrers an den zur Bewältigung der Fahraufgaben benötigten Informationen abzuschätzen - was in qualitativer, quantitativer und zeitlicher Hinsicht erfolgen muß - gibt es die verschiedensten Möglichkeiten. So befassen sich regelungstechnische Modelle mit den elementaren Stabilisierungsaufgaben in Simulator- und "gestellten" Feldexperimenten /4/. Andere Ansätze wollen mit Hilfe der Erfassung von Augen- und Blickbewegungen der Fahrer deren Informationsverarbeitungsprozesse untersuchen, ohne allerdings von ermittelter Blickpunkten einen zuverlässigen Rückschluß auf die zugrundeliegenden kognitiver Prozesse leisten zu können /5/.

Folgt man der genannten Einteilung der Fahraufgaben in Stabilisierung, Führung und Navigation, so ist festzustellen, daß lediglich der Bereich der Stabilisierung eingehender hinsichtlich der Informationsverarbeitung durch den Fahrer untersucht wurde /4/,/6/. Zur Führungs- und Planungsebene liegen hingegen relativ wenig Erkenntnisse vor /7/. Aus diesen Ebenen resultieren aber in vielen kritischen Situationen die Hauptanforderungen an die Informationsverarbeitung des Fahrers. Sie standen deshalb im Zentrum des vorgestellten Projektes zwischen der TU München und der BMW AG.

Dabei wurde von folgenden Hypothesen ausgegangen:

- Verhaltensanforderungen an die Fahrer sind situationsabhängig, variieren also über verschiedene Verkehrssituationen
- mit diesen Anforderungen sind Fahrer unterschiedlichen Leistungsvermögens und voneinander erheblich abweichender Fahrerfahrung konfrontiert, d.h. verschiedene Arten von Fahrern unterscheiden sich z.B. hinsichtlich der für sie relevanten Fahrerinformationen
- für die verschiedenen Fahrergruppen lassen sich demnach unterschiedlich kritische Fahraufgaben und Informationsdefizite bestimmen.

Auf Basis dieser Hypothesen wurde in einer Feldstudie das Fahrverhalten unterschiedlicher Fahrer Stichproben untersucht mit dem Ziel: welche Fahrer kann man in welchen Situationen wie unterstützen ?

Dazu waren eine ganze Reihe von Vorarbeiten nötig, das gesamte Vorgehen stellt sich als ein logisch und zeitlich aufeinanderfolgender Forschungsprozeß dar.

2 Untersuchungsansatz

Schritt 1: Katalog von Verkehrssituationen

Bei Untersuchungen zum Fahrverhalten von Kraftfahrern stellt sich in der Regel das Problem, eine Auswahl geeigneter Verkehrs- und Fahrsituationen für eine angemessene Versuchsstreckenkonstruktion zu finden. Ziel des ersten Arbeitsschrittes war die Erarbeitung verkehrspsychologischer Merkmale von Versuchsstrecken, die sich auch auf verkehrstechnische Unterscheidungsraster beziehen lassen. Dabei war das Kriterium der Repräsentativität von Verkehrssituationen der Schlüsselbegriff. Denn sollen die aus

einer Untersuchung gewonnenen Ergebnisse eine breitere Gültigkeit beanspruchen, soll eine vergleichende Interpretation von Ergebnissen möglich sein, muß die Selektion einer Versuchsstrecke repräsentativ sein.

Unter Berücksichtigung detaillierter Daten zur quantitativen und qualitativen Exposition von Kraftfahrern wurde ein Katalog von Verkehrssituationen für vier repräsentative Fahrttypen des PKW-Verkehrs erarbeitet:

- die Fahrt von/zur Arbeit
- die Erledigungsfahrt
- die Freizeitfahrt
- die Wochenendfahrt /8/.

Die Situationen sind anhand eines Klassifikationssystems für Verkehrssituationen definiert und kodiert (/8/, modifiziert nach /9/). Verkehrssituationen werden dabei als die einzelnen Elemente einer Fahrt verstanden; die Situation selbst beschreibt per definitionem die Umgebung des Mensch-Maschine Systems Fahrer-Fahrzeug. Eine Änderung der Umgebung - Elemente der Umgebung ändern ihren Zustand (Straßenführung, aufkommende Niederschläge) oder der Fahrer beendet eine Interaktion mit einem Element (eine Kreuzung wurde überquert) oder die Interaktion mit einem neuen Element beginnt (Einfahren in eine Kreuzung) - werden als Ende bzw. Beginn einer neuen Situation definiert.

| | Ordnungs- einheit | Kategorien- anzahl | Kategoriencode | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A | L | C | H | V | K | E | F |
| Straßentyp Straßen- ausbau | Autobahn | 4 | | | | | | | | |
| | Landstraße | 2 | | | | | | | | |
| | City, Innerorts | 7 | | | | | | | | |
| Trasse | Horizontalverlauf | 2 | | | | | | | | |
| | Vertikalverlauf | 2 | | | | | | | | |
| | Knotenpunkte | 5 | | | | | | | | |
| Verkehrs- ablauf | Engstellen | 2 | | | | | | | | |
| | Fahrtrichtung | 2 | | | | | | | | |

Abb.1: Schema des Klassifikationssystems für Verkehrssituationen /8/

Schritt 2: Situationstaxonomie

Über dieses genannte Kriterium der Repräsentativität hinaus sind aber auch Analysen einzelner Verkehrssituationsklassen von ebenso großer Bedeutung. Denn die Analyse des Informationsbedarfs von Fahrern setzt eine Taxonomie von Aufgaben und der in ihnen enthaltenen und für ihre Erledigung relevanten Informationen voraus. Deshalb wurde zusätzlich zu der aus den o.g. Fahrtzwecken abgeleiteten globalen Taxonomie eine Situationstaxonomie entwickelt, die in erster Linie die vom Fahrer zu bewältigende Aufgabe bzw. deren Komplexitätsgrad unter den Gesichtspunkten Informationsverarbeitung und Fahrzeugbedientätigkeiten berücksichtigt. Für diese Anforderungsanalyse auf der Ebene der Fahraufgaben wurde ein arbeitswissenschaftliches Verfahren (FAA, /10/) für den Verkehr adaptiert und modifiziert. Als Ergebnis liegt eine Taxonomie über 116 unterschiedliche Situationstypen vor (/8/,/11/).

Als Beispiele der in 4 Cluster von Situationsklassen unterteilbaren Taxonomie können folgende Situationen dienen:

niedrige Anforderungen an Informationsverarbeitung und Fahrzeugbedienung stellen Einbahnstraßen mit geradem, kreuzungsfreien Streckenverlauf (C7K0); niedrige Anforderungen an die Informationsverarbeitung, aber hohe Anforderungen an die Fahrzeugbedienung liegen in 2-3spurig befahrbaren Straßen mit 1 Fahrbahn und den Elementen Kurve und Passieren einer Einmündung vor (C4K3H). Hohe Anforderungen an die Informationsverarbeitung und geringe Anforderungen an die Fahrzeugbedienung zeichnen 2-3spurig befahrbare Straßen mit eingelassenen Straßenbahnschienen und dem Element Passieren einer Kreuzung aus (C5K3). Eine typische Situation mit sehr hohen Anforderungen an Informationsverarbeitung und Fahrzeugbedienung ist wiederum eine 2-3spurig befahrbare Straße mit eingelassenen Straßenbahnschienen, aber mit dem Element beschilderte Kreuzung mit Wartepflicht für den Fahrer (C5K4).

Schritt 3: Repräsentative Versuchsstrecke

Mit Hilfe des o.g. Situationskataloges für den Fahrttyp Fahrt von/zur Arbeit wurde eine repräsentative Versuchsstrecke (im Stadtgebiet von München) mit insgesamt 117 Situationen, einer Länge von 8,5 km und einer Fahrtzeit von etwa 30 Minuten konstruiert /8/. Mit dieser Versuchsstrecke liegt u.W. zum ersten Mal überhaupt eine Gesamtfahraufgabe vor, die die Verkehrsrealität repräsentativ abbildet und für die nach der Anforderungsanalyse auch Verhaltenssollwerte vorliegen. Die Fahrt von/zur Arbeit wurde ausgewählt wegen des hohen Zeitanteils dieses Fahrttyps an der

Gesamtexposition einerseits sowie dem hohen Innerortsanteil andererseits, der wiederum den Schwerpunkt des Unfallgeschehens darstellt.

Schritt 4: Feldversuch mit verschiedenen Fahrergruppen

In einem nächsten Schritt wurde das Fahrverhalten verschiedener Fahrerpopulationen auf dieser Versuchsstrecke gemessen und bewertet. Als Versuchspersonen dienten drei unterschiedliche Fahrerstichproben:

- unerfahrene Fahrer, Fahranfänger
- erfahrene, routinierte Fahrer
- ältere Fahrer.

Dazu kam eine Gruppe von "Experten" (Taxifahrer, Fahrlehrer).

Diese Art der Stichprobendefinition wurde aus einer Reihe von Gründen vorgenommen: zum einen reflektiert diese Aufteilung bereits, daß Alter und Fahrerfahrung als konfundiert zu betrachten sind. Zudem liegen nur sehr wenige, verschiedene Fahrergruppen vergleichende Untersuchungen vor. Bislang beschränkte man sich in der Regel auf die eher isolierte Analyse einzelner Fahrergruppen oder man konzentrierte sich auf einzelne Aspekte des Fahrverhaltens, wie etwa /12/, die das Blickverhalten jüngerer und erfahrener Kraftfahrer erforschten. Ein Großteil von Untersuchungen, die sich mit verschiedenen Fahrergruppen oder Fahrertypen beschäftigten, sind ohnehin dem Problemkreis der Verkehrsbewährung zuzuordnen und damit für die hier interessierende Fragestellung nicht unmittelbar einschlägig.

Die Analyse des Fahrverhaltens umfaßte eine Reihe verschiedenartiger Untersuchungselemente:

- Mitfahrende Beobachtung nach dem Prinzip der Merkmalsregistrierung. Erfasst wurden mit Hilfe einer modifizierten Version der "Wiener Fahrprobe" /13/ neun Klassen von Fahrverhaltensvariablen mit 36 definierten Fahrverhaltenskategorien mit jeweils unterschiedlich vielen Ausprägungen. Zusätzlich wurden während der Fahrten auftretende Verkehrskonflikte (Verkehrskonflikttechnik VKT) registriert. Die Richtigkeit des eingestuften Verhaltens kann dabei nach zwei Bewertungsaspekten unterschieden werden: 1. Kategorienausprägungen, die ein fehlerfreies verkehrssicheres Verhalten beschreiben 2. Kategorienausprägungen, die ein genau definiertes fehlerhaftes Verhalten indizieren.
- Registrierung von Blickbewegungen der Fahrer durch einen zweiten Beobachter (Außen- und Innespiegelnutzung, Umschauen, Blicksequenzen)

- Messung fahrdynamischer Parameter wie Geschwindigkeit, Lenkwinkel, Bremskraft
- Videoaufzeichnung der Versuchsfahrten aus Fahrersicht durch eine an der Windschutzscheibe des Versuchsfahrzeuges installierte Videokamera
- Beobachterrating durch die beiden Versuchsbeobachter zu fahrerspezifischen Merkmalen wie Fahrstil, fahrdynamisches Verhalten und Verkehrsanpassung
- Schriftliche Befragung der Vpn zu ihrer subjektiven Einschätzung der gerade absolvierten Fahrt sowie Interviews mit den Vpn zu situationspezifischen Aspekten der Fahrt mit Hilfe der Videoaufzeichnungen.

Alle eingesetzten Untersuchungselemente zusammen sollten schließlich ein möglichst umfassendes Bild der Fahraufgaben in den 117 Situationen der Versuchsstrecke und deren Bewältigung durch die Fahrer ergeben. Von besonderer Bedeutung ist hier die Möglichkeit, ein bestimmtes Fahrverhalten bestimmten definierten Verkehrssituationen zuordnen zu können, um dadurch konkretere Hinweise auf mögliche Gestaltungsmaßnahmen zu erhalten (zsf. /11/).

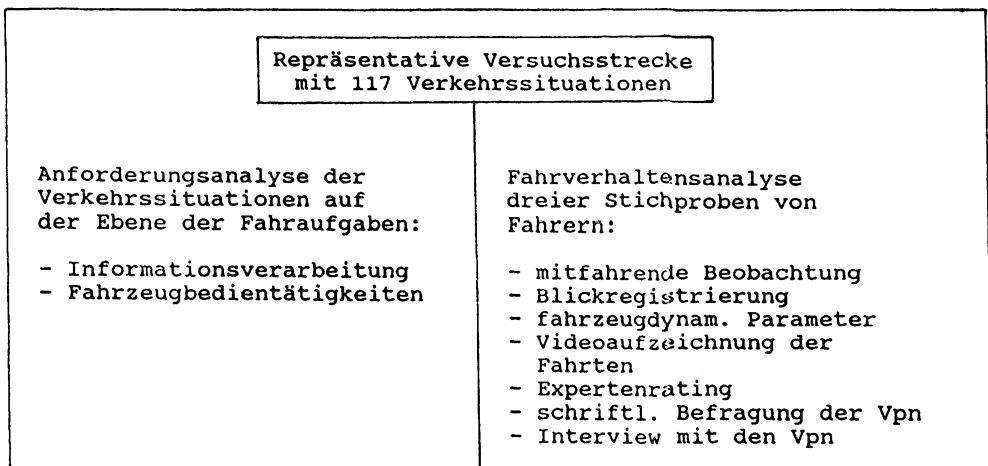


Abb.2: Untersuchungselemente bei der Ermittlung des Informationsbedarfs verschiedener Fahrergruppen /11/

3 Ergebnisse

Zu allen genannten Bereichen bzw. Untersuchungselementen der Feldstudie liegen eine Fülle von Ergebnissen vor, so z.B. wie das Fahrverhalten der einzelnen Fahrergruppen generell einzuschätzen ist, welche Fahrer in welchen Situationen welches Verhalten zeigen bzw. welche Fehler registriert wurden und inwiefern sich die einzelnen Fahrergruppen unterscheiden, welche Situationen als besonders sicherheitskritisch einzustufen sind, etc. (zsf. /14/).

Faßt man einige der vorliegende Resultate kurz zusammen, so läßt sich zunächst bestätigen, daß unerfahrene und ältere Fahrer in der Tat als Problemgruppen bezeichnet werden müssen.

So zeichnen sich unerfahrene Fahrer v.a. durch Defizite in folgenden Bereichen aus:

- Fehler bei Spurwechseln, ungenaue Spurhaltung
- mangelhaftes Sichern, v.a. in Kreuzungen
- zu geringe Längs- und Seitenabstände, v.a. auch gegenüber Fußgängern/Radfahrern
- langsame Geschwindigkeiten kombiniert mit unangepaßter Beschleunigung
- zu hohe Geschwindigkeiten in vermeintlich leichten Situationen
- Kurvenschneiden/Ausscheren
- Probleme beim Orientieren.

Darüberhinaus fallen ineffektive Strategien der Informationssuche und -gewinnung (Blickstrategien) auf: sie neigen eher zu hohen Suchaktivitäten und bevorzugen direkte Blicke oder häufiges Umschauen anstatt die Fahrzeugspiegel zu benutzen.

Ältere Fahrer zeigen die größten Defizite im Hinblick auf:

- Rotlichtfehler
- Bewältigen von beschilderten Kreuzungen mit Wartepflicht insbesondere bei Anwesenheit von nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmern
- unangepaßtes Verzögern
- zu langsame oder schwankende Geschwindigkeiten
- Fehler bei der Spurhaltung und bei Spurwechseln
- Kurvenschneiden/Ausscheren
- mangelhaftes Sichern
- Probleme beim Orientieren.

Das Blickverhalten älterer Fahrer ist in jeder Hinsicht reduziert: geringe Nutzung von Außen- und Innenspiegeln, wenig Blicksequenzen, kaum Umschauen; stattdessen bevorzugen sie direkte Blicke nach vorne.

Auch wenn die erfahrenen Fahrer im Vergleich zu unerfahrenen und älteren Fahrern ein "besseres" Fahrverhalten zeigen, so lassen sich dennoch eine Reihe kritischer Verhaltensweisen bestimmen. Diese lassen sich grob in zumindest zwei Gruppen unterteilen: zum einen Verkehrsverstöße (z.B. zu hohe Geschwindigkeiten), zum anderen ein Fahrverhalten, das sich durch Informationsmangel, schlechte Antizipationsleistungen und falsche Beurteilungen der Situationen charakterisieren läßt. Diese Einschätzung gilt insbesondere, wenn man die Gruppe der Experten zum Vergleich heranzieht. Typische Defizite erfahrener Fahrer sind z.B. zu geringer Längsabstand, Spurwechselfehler, z.T. auch ungenaue Spurhaltung, Behinderung/Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern, Lichtsignalfehler. Im Blickverhalten neigen sie zu einer zu geringen Nutzung der Außenspiegel bei gleichzeitig zu starker Konzentration auf den Innenspiegel sowie zu eher wenig Blicksequenzen.

An dieser Stelle sollen exemplarisch einige Vergleiche im Fahrverhalten der untersuchten Fahrerstichproben herausgegriffen werden (Statistische Verfahren: Varianzanalyse; orthogonaler Gruppenvergleich mit t-Test).

Abstandsfehler

Die Fehlerkategorie "zu dichtes Auffahren" läßt sich recht eindeutig sowohl den unerfahrenen Fahrern als auch den erfahrenen Fahrern zuordnen (Anfänger vs. Ältere mit Signifikanzniveau $p < .005$, Erfahrene vs. Ältere $p < .05$). Bei älteren Fahrern läßt sich folgende Faustregel aufstellen: zu dichtes Auffahren ist selten, kommt es aber dazu, ist die Wahrscheinlichkeit eines Konfliktes sehr hoch.

Ein anderer Trend ergibt sich bei den Seitenabstandsfehlern: negativ fallen sowohl die unerfahrenen als auch die älteren Fahrer auf. So finden sich signifikant häufigere Seitenabstandsfehler von unerfahrenen Fahrern v.a. auf Ringstraßen, hier in erster Linie auf "leichten", geraden, kreuzungsfreien Streckenabschnitten ($p < .05$), aber auch in Einbahnstraßen ($p < .05$). Der Schwerpunkt bei älteren Fahrern liegt - neben den Ringstraßen (C1) - v.a. in den C4-Straßen (Innerortsstraße mit einer Fahrbahn, 2-3 Fahrspuren), die einen hohen Anteil an Mischverkehr und Engstellen aufweisen ($p < .05$ vs. Erfahrene, $p < .10$ vs. Anfänger).

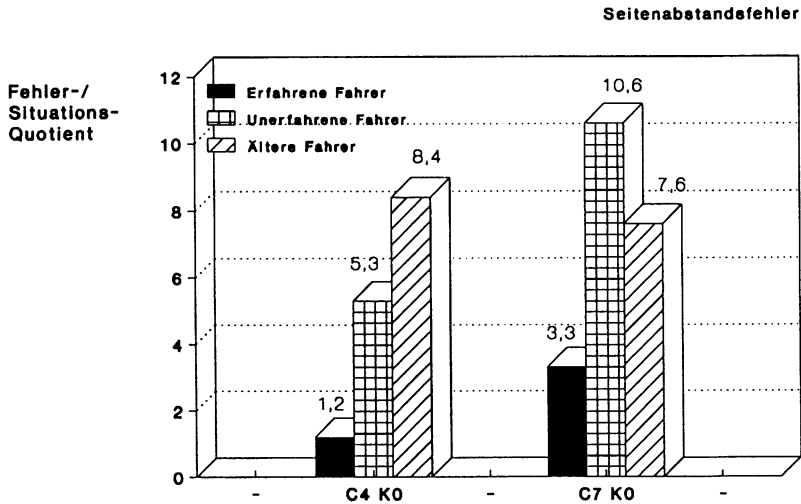


Abb.3: Seitenabstandsfehler erfahrener, unerfahrener und älterer Fahrer in verschiedenen Verkehrssituationen /14/

Spurwechselfehler

Die Kategorie des Spurverhaltens insgesamt, die eine ganze Reihe unterschiedlicher Variablen enthält, erbringt in verschiedener Hinsicht signifikante Unterschiede zwischen den Fahrergruppen. Greift man z.B. Spurwechselfehler heraus (Nicht Sichern, zögerliches Verhalten, unterlassene Zeichengebung), so läßt sich feststellen, daß jede Fahrergruppe eine relativ hohe Fehlerrate aufweist. Negative Ausreißer sind generell die älteren Fahrer, und zwar jeweils hochsignifikant in C1-Situationen (Ringstraßen) und C4-Situationen (2-3 Fahrspuren, hier v.a. bei Engstellen) ($p < .005$) sowie die unerfahrenen Fahrer soweit es C1-Situationen betrifft ($p < .05$).

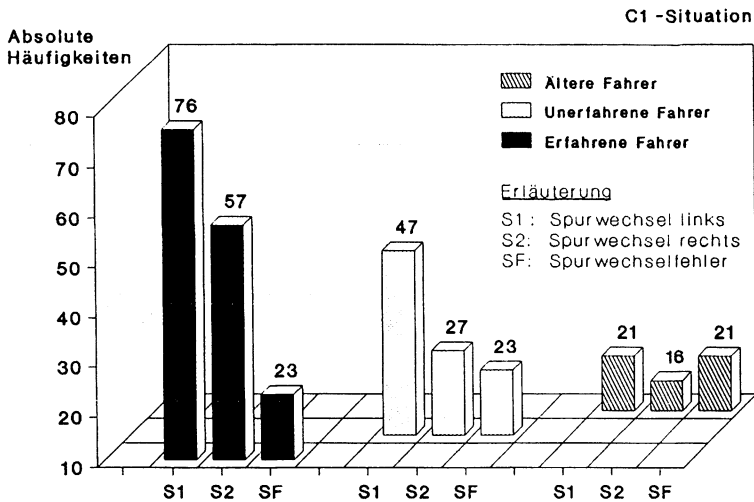


Abb.4: Spurwechsel und Spurwechselfehler erfahrener, unerfahrener und älterer Fahrer in C1-Situationen /14/

Nicht-Sichern und Lichtsignalfehler

Mangelhaftes sicherndes Verhalten läßt sich in aufsteigender Stufenleiter erfahrenen, unerfahrenen bis hin zu älteren Fahrern zuordnen. Der größte Anteil von Fehlern ereignet sich dabei in Kreuzungen; die größten Unterschiede zwischen den Fahrergruppen in den Kreuzungssituationen ergeben sich für ampelgeregelt Kreuzungen (K1) sowie beschilderte Kreuzungen mit Wartepflicht für den Fahrer (K4). Unerfahrene Fahrer zeigen in ampelgeregelt Kreuzungen an Ringstraßen (C1K1-Situationen) große Defizite (Anfänger vs. Erfahrene $p < .005$) während ältere Fahrer v.a. an ampelgeregelt Kreuzungen von Straßen mit 5-6 Fahrspuren (C2K1-Situationen) sowie von Einbahnstraßen (C7K1-Situationen) ($p < .05$) überzufällig häufig nicht sichern. In beschilderten Kreuzungen mit Wartepflicht für den Fahrer (K4) ergibt sich folgendes Bild: unerfahrene und ältere Fahrer sichern v.a. nicht in Einbahnstraßen mit diesem Knotentyp (C7K4-Situationen) ($p < .05$). Auch in Einbahnstraßen mit Rechts-vor-links-Kreuzungen (C7K2) fallen ältere Fahrer durch mangelhaftes Sichern auf ($p < .05$), in der gleichen Kreuzungssituation in Wohnstraßen (C6K2) dominiert hingegen unsicheres Verhalten bzw. zögerliches Sichern ($p < .05$) dieser Fahrergruppe.

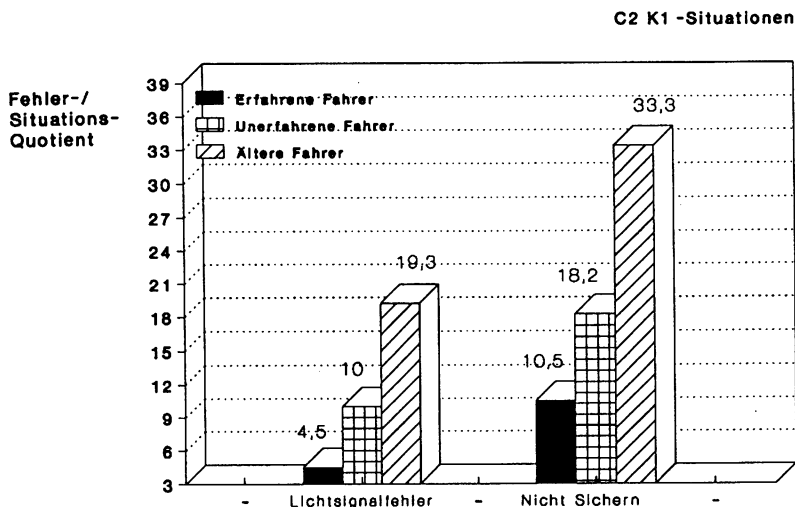


Abb.5: Lichtsignalfehler und Nicht-Sichern erfahrener, unerfahrener und älterer Fahrer in C2K1-Situationen /14/

Neben mangelhaftem Sichern spielen in den ampelgeregelten Kreuzungen auch Lichtsignalfehler eine herausragende Rolle. Insbesondere in den schon erwähnten C2K1-Situationen korrespondiert Nicht-Sichern sehr stark mit Rotlichtfehlern; in starkem Maße trifft dies für die älteren Fahrer zu ($p < .05$), in immer noch relevantem Maße auch für die jüngeren Fahrer ($p < .10$).

Darüberhinaus existieren Fahrerprobleme bzw. Defizite, die für alle Fahrergruppen gleichermaßen zutreffen, so z.B. falsches oder spätes Einordnen vor ampelgeregelten Kreuzungen an Ringstraßen (C1K1) oder Fehler bei Spurverschwenkungen v.a. in Innerortsstraßen mit 2-3 Fahrspuren und eingelassenen Straßenbahnschienen sowie dem zusätzlichen Merkmal Kurve u./o. Steigung (C5HV).

4 Konsequenzen

Mit dem gewählten Untersuchungsansatz wurde Fehlverhalten der untersuchten Fahrergruppen in Bezug zu verschiedenen Verkehrssituationen erfaßt. Ein direkter Rückschluß auf den Informationsbedarf der Fahrergruppen ist anhand dessen nicht möglich.

Folgt man dem Ansatz von /15/, der menschliches Fehlverhalten als das Resultat

- objektiv fehlender Information
- Nichtnutzung vorhandener Information oder
- falscher Nutzung vorhandener Information

versteht, bietet sich aber ein indirekter Weg an, von Informationsdefiziten auf den Informationsbedarf zu schließen.

Welche Folgerungen und Schlüsse können also aus den Untersuchungsergebnissen gezogen werden, wie läßt sich der Informationsbedarf unterschiedlicher Fahrer so befriedigen, daß sie ihre Fahraufgaben sicher und effizient bewältigen ? Welche Gestaltungsmaßnahmen sind also ableitbar?

Konsequenzen und Gestaltungshinweise können sicherlich für folgende Bereiche abgeleitet werden:

1. Für die Verkehrssituation (Straßenbau, Verkehrsführung)
2. Für den Fahrer (Fahrer Ausbildung, -training)
3. Für die Fahrzeuggestaltung (z.B. technische Hilfen).

Differenziert man hier zunächst nach den einzelnen Fahrergruppen, so legen die Ergebnisse den Schluß nahe, daß bei älteren Fahrern v.a. die mangelnde Fähigkeit, mit komplexen sowie schwach geregelten Situationen zurechtzukommen, im Vordergrund steht. Ihre Aufmerksamkeit ist auf das "bloße Durchkommen" im Verkehr konzentriert, es unterbleiben solche Tätigkeiten und Bedienmuster, die wenig automatisiert sind und Zuwendung und mentale Kapazität fordern. Daneben spielt auch ein nicht, falsches oder zu spätes Erkennen der in einer Situation relevanten Informationen eine Rolle. Abgeschwächt trifft dies auch für erfahrene Fahrer zu. Bei jüngeren Fahrern kommen zu Problemen der Kapazitätsaus- bzw. -überlastung und fehlender Informationen in der konkreten Situation (bzw. auch ineffektiver Informationssuche) mangelnde Fertigkeiten in der Fahrzeugbedienung hinzu.

Im Maßnahmebereich "Situation" deuten die Untersuchungsergebnisse darauf hin, daß in der Tat eine ganze Reihe von Situationen existieren, in denen bauliche Änderungen oder eine verbesserte optische Führung notwendig wären. Um zwei Beispiele herauszugreifen: falsches oder spätes Einordnen vor ampelgeregelten Kreuzungen an Ringstraßen ließe sich durch eine geänderte Spurführung verbessern (in diesem Fall sind aber auch - zusätzliche - fahrzeugseitige Hilfen denkbar); bei Lichtsignalfehlern könnten eine andere Platzierung der Lichtsignalanlage (bessere Sichtbarkeit), Kontrastregelung sowie längere Schaltzeiten (spätere Freigabe für den Querverkehr) das Konfliktpotential mindern.

Als wesentlicher Punkt bei der Fahrerausbildung erscheint der generelle Mangel an adäquaten Instruktionen zur Gefahrenwahrnehmung und zur Antizipation des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer. Zum anderen führt offenbar die vorherrschende Praxis der Ausbildung zu einer inadäquaten Einschätzung der zum Führen eines Kraftfahrzeuges benötigten Fertigkeiten. Unterstellt man eine weiterhin unveränderte Form der Fahrausbildung, dann benötigen - thesenhaft formuliert - erfahrene Fahrer eher Strategien der Fehler- und Konfliktvermeidung, jüngere und ältere Fahrer eher Strategien der Konfliktbewältigung. Eine Einschränkung betreffe allerdings diejenigen Situationen, die v.a. von (risikofreudigen) erfahrenen Fahrern freiwillig aufgesucht werden (höhere Geschwindigkeiten, schnelle Spurwechsel, bewußte Rotlichtfehler): hier machen Unterstützungen jeglicher Art wohl wenig Sinn.

Fahrzeugseitige Unterstützung läßt sich aufgrund der Untersuchungsergebnisse differenzieren in

1. generelle Hilfen:

Die rechtzeitige Übermittlung von Navigationshinweisen durch autarke oder infrastrukturgestützte Wegleitsysteme kann falsches oder zu spätes Einordnen an Kreuzungen C1K1 verringern. Dies ist für ortsunkundige Fahrer generell, für ortskundige Fahrer bei Navigationsempfehlungen aufgrund der aktuellen Verkehrssituation von Bedeutung.

2. individuelle Hilfen:

Wie die Analyse des Fahrerverhaltens gezeigt hat, sind fahrerunterstützende Systeme sinnvollerweise auf Fahrergruppen zuzuschneiden. Eine Individualisierung des Fahrzeugs im Bereich der Fahrerunterstützung ist auf ihre Tragfähigkeit hin zu untersuchen. Beispiele hierfür könnten sein: das Einüben eines geschwindigkeits- und situationsrichtigen Abstandsverhaltens durch Anzeige des Sicherheitsabstandes mittels optischer oder haptischer Meldungen insbesondere für die großen Ringstraßen (C1). Eine solche Hilfe könnte über das Fahrschultraining hinaus beim unerfahrenen Fahrer den Aufbau richtiger Verhaltensmuster unterstützen.

Orientierungsprobleme bei älteren Fahrern könnten durch die Übertragung von Verkehrsleitinformationen ins Fahrzeug vermindert werden.

Für erfahrene Fahrer können Hinweise auf Grenzgesehwindigkeiten und Warnungen bei ihrer Überschreitung zu einer Stabilisierung der Fahrgesehwindigkeit beitragen. Eine möglicherweise komfortablere Alternative wäre ein Tempomat, der zusätzlich in der Lage ist, den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug zu regeln.

3. offene Probleme:

Darüberhinaus existieren Fahrerprobleme, für die heute noch keine wirtschaftlich vertretbaren Hilfen verfügbar sind: Spurwechselfehler als allgemeines Beispiel. Überhaupt stellt der in den genannten Beispielen vorherrschende Stadtverkehr hinsichtlich Situationsvielfalt und Unstrukturiertheit extrem hohe Anforderungen an technische Hilfen zur Fahrerunterstützung. Lösungen in diesem Bereich werden voraussichtlich nur als kombiniert fahrzeug- und infrastrukturgestützte Systeme möglich werden. Als zusätzliche Maßnahmen sind ohnehin - wie bereits erwähnt - bauliche Änderungen und geeignete Verkehrsregelungen notwendig.

5 Ausblick

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß interaktive Sicherheitssysteme vor allem für die Verkehrssituationen vielversprechend erscheinen, in denen eine Überforderung des Fahrers durch "resource-limited-conditions" vorliegt, denn im Fall von Überforderung bewirken situative Änderungen wenig. Ein entscheidender Informationsgewinn für den Fahrer wird aber nicht über eine Palette zusätzlicher Informationen/Anzeigen im Fahrzeug erreicht, sondern durch zeitgerechte und relevante Informationen, für die auch ein konkreter Nutzen in der sicheren und effizienten Erfüllung der täglichen Fahraufgaben nachweisbar ist.

Besonders die Forderung, Informationen zeitgerecht bereitzustellen, erfordert noch intensive Untersuchungen. So erfolgt beispielsweise die Navigation im allgemeinen auf der Basis eines vor Antritt einer Fahrt gebildeten Schemas - bei Routinefahrten, etwa zur Arbeitsstelle, kann dieses Schema sogar "uralt" sein -, das sich dann zuweilen auf fatale Weise als irrig erweisen kann, z.B. wenn zwischenzeitlich eine Vorfahrtregelung geändert wurde. Heute verfügbare Systeme nehmen auf solche mentalen Prozesse kaum Rücksicht.

Zudem erscheint die Konzeption zusätzlicher Anzeigesysteme im Fahrzeug, die dem Fahrer eine größere Menge an Informationen darbieten und eine differentielle Informationsgestaltung außer acht lassen, als unbefriedigend. Dies einmal wegen eines prinzipiellen Einwandes: bereits in herkömmlichen Fahrzeugen besteht eine fragliche Handlungsrelevanz vieler Anzeigen und Bedienelemente, also ein unklarer Zusammenhang zwischen Anzeige und stattgefundenen oder gewünschten Fahrmanövern. Zum anderen bleibt eine mögliche (zusätzliche) informatorische Überlastung der Fahrer zu berücksichtigen. Fahrer sind zwar normalerweise in der Lage, die vorhandenen Informationen innerhalb eines ausreichenden Zeitrahmens in

angemessene Entscheidungen umzusetzen. Aber was geschieht, wenn nicht genügend Zeit zur Verfügung steht? Was ist, wenn verschiedene Informationsquellen um die Aufmerksamkeit des Fahrers konkurrieren oder mehr Informationsquellen vorhanden sind als der Fahrer in der situativ gegebenen Zeitspanne verarbeiten kann? Das Problem wird umso größer, je höher die Komplexität der geforderten Entscheidungen, was nicht nur in Abhängigkeit geringer Zeitmargen - die Situationsdauer im Stadtverkehr beträgt zwischen 1,5 und 20 Sekunden - sondern auch von Merkmalen der unterschiedlichen Fahrerpopulationen zu sehen ist.

Dies führt - trotz der Vielfalt der Einzelergebnisse der vorliegenden Untersuchung - zu einer Reihe weiterer Fragen: nach den Erfahrungen der Studie lassen sich Informationsdefizite durch das additive Zusammenwirken fahrergruppenspezifischer Merkmale mit der Komplexität der Fahraufgabe und der sie bestimmenden situativen Faktoren erklären; z.T. offene Probleme sind hierbei zugrundeliegende individuelle und generelle Leistungsparameter der Kraftfahrer im Vollzug der Fahraufgaben hinsichtlich der Erklärung von Ursachen dieser Defizite. Betrachtet man etwa die schon genannten Seitenabstandsfehler (weniger als 1,5m bei in Bewegung befindlichen Objekten), so ist deren Variation sowohl durch alters- und erfahrungsbedingte Faktoren (hier: unerfahrene und ältere Fahrer) als auch durch - geringfügig stärker wirkende - situative Merkmale (v.a. schmalere Straßen mit hohem Mischverkehrsanteil, hoher Verkehrsdichte, Engstellen, bauliche Komplexität) statistisch hochsignifikant zu erklären. Die Fahrerbefragung ergibt zusätzlich, daß diese Fehler oftmals "nicht bemerkt" werden, die Fahrer auf das "Durchkommen" konzentriert sind, in manchen Fällen aber auch Risiko "in Kauf nehmen". Letzteres deutet auf mangelnde Gefahrenwahrnehmung hin, ansonsten scheinen aber Probleme verteilter Aufmerksamkeit, Kapazitätsüberlastung und Ablenkung eine herausragende Rolle zu spielen. Offen bleibt allerdings, inwieweit darüberhinaus Kognitions- und Wahrnehmungsstile (z.B. selektive Aufmerksamkeit, Feldabhängigkeit/Feldunabhängigkeit) /16/ als Ursachen in Frage kommen und welchen Anteil etwa bei älteren Fahrern deren nachlassende psychophysische Kapazität (z.B. langsamere Informationsverarbeitung, Sehleistungen) zur Ursachenerklärung beiträgt.

Literatur

- / 1/ Braess, H.-H. & Schlichter, H.G. (1987). Information, Kommunikation, Kooperation - Schlüsselfunktionen für Fahrzeug und Verkehr der Zukunft. Transport in Europa: Erstes Forum über den zukünftigen europäischen Verkehr, 14.-16.9.1987, München, 166-180.
- / 2/ Kramer, U. (1986). Integrierte Assistenz- und Informationssysteme für den Fahrer. Vortrag vor dem Institut für Fahrzeugtechnik TU Berlin, und VDI-Arbeitskreis Fahrzeugtechnik (ATG) am 3.11.1986.
- / 3/ Bernotat, R. (1970). Anthropotechnik in der Fahrzeugführung. Ergonomics 13, 353-377.
- / 4/ Godthelp, J., Blaauw, G.J. & Moraal, J. (1986). Studies on vehicle guidance and control. Transportation Research Record 1047, 21-28.
- / 5/ Zwahlen, H. (1991). Eye scanning rules for drivers - how do they compare with actual observed eye scanning behaviour? International Conference on Strategic Highway Research Program, Gothenburg, Sweden, Sept. 18-20, 1991.
- / 6/ Donges, E. (1978). A two-level model of driver steering behavior. Human Factors 20, 691-707.
- / 7/ Fastenmeier, W. & Gstalter, H. (1991). Review on studies and research work about driving task analysis. Study realized by order of DRIVE Central Office, CEC. München: Diagnose & Transfer - Institut für Angewandte Psychologie.
- / 8/ Fastenmeier, W. (1988). Verhaltensanforderungen und Informationsverarbeitung beim Führen von Kraftfahrzeugen. Teil I: Ein Katalog von Verkehrssituationen für repräsentative Fahrtypen. Teil II: Entwicklung einer Verkehrssituationstaxonomie und Konstruktion einer repräsentativen Versuchsstrecke. Forschungsbericht im Auftrag der BMW AG München, EW-13, im Rahmen des EUREKA-Projektes PROMETHEUS. München: Lehrstuhl für Psychologie der TUM.
- / 9/ v.Benda, H. (1977). Die Skalierung der Gefährlichkeit von Straßenverkehrssituationen. I. Teil: Ein Klassifikationssystem für Verkehrssituationen aus Fahrersicht. FP 7320 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen. München: Lehrstuhl für Psychologie der TUM.
- / 10/ Frieling, E. & Hoyos, C. Graf (1978). Fragebogen zur Arbeitsanalyse FAA. Bern: Huber.
- / 11/ Fastenmeier, W. (1989). Ermittlung des Informationsbedarfs verschiedener Fahrergruppen in definierten Verkehrssituationen. Teil I: Anforderungsanalyse von Verkehrssituationen und Untersuchungsmethodik. Forschungsbericht im Auftrag der BMW AG München, EW-13, im Rahmen des EUREKA-Projektes PROMETHEUS. München: Lehrstuhl für Psychologie der TUM.
- / 12/ Mourant, R.R. & Rockwell, T.H. (1972). Strategies of visual search by novice and mature drivers. Journal of Safety Research, 9, 39-44.

-
- /13/ Risser, R. & Brandstätter, Ch. (1985). Die Wiener Fahrprobe. Kleine Fachbuchreihe, 21. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- / 14/ Fastenmeier, W. (1991). Ermittlung des Informationsbedarfs verschiedener Fahrergruppen in definierten Verkehrssituationen. Teil IV: Kritische Verkehrssituationen für erfahrene, unerfahrene und ältere Fahrer. Forschungsbericht im Auftrag der BMW AG München, EW-13, im Rahmen des EUREKA-Projektes PROMETHEUS. München: Diagnose & Transfer - Institut für Angewandte Psychologie.
- /15/ Hacker, W. (1986). Arbeitspsychologie. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- / 16/ Avolio, B.J., Kroeck, K.G. & Panek, P.E. (1985). Individual differences in information-processing ability as a predictor of motor vehicle accidents. *Human Factors* 27, 577-587.

Anhang

Beobachtungsbogen zur Fahrverhaltensbeobachtung

| Blatt Nr. Sichtbedingungen: | Vpn.Nr. | Verkehrssituationen 1 - 117 | | | |
|--|---------|---|-----|-----|-----|
| | | CIKO | --- | --- | --- |
| Fahrverhalten | | | | | |
| [1] Geschwindigkeit zu schnell [2] Geschwindigkeit zu langsam [3] Geschwindigkeit schwankend [4] unangepaßte Beschleunigung [5] unangepaßte Verzögerung | | Geschwindigkeitsverhalten | | | |
| [6] Längsabstand zu gering [7] Seitenabstand rechts zu gering [8] Seitenabstand links zu gering | | Abstandsverhalten | | | |
| [9] Überholen (F=Fehler) [10] Spurwechsel links (F) [11] Spurwechsel rechts (F) [12] stures Hinterherfahren [13] ständiges Spurspringen [14] bleibt ohne ersichtlichen Grund auf linkem Fahrstreifen [15] Spurgenaugigkeit [16] Verhalten bei Hindernissen s=später Wechsel, f=früher Wechsel [17] Verhalten bei and. Spurverengungen s=später Wechsel, f=früher Wechsel [18] Verhalten bei Spurverschränkung (F) | | Spurverhalten | | | |
| [19] Blinken (s=zu spät, f=zu früh) [20] blinkt nicht obwohl notwendig [21] andere Zeichengebung | | Kommunikationsverhalten | | | |
| [22] Einordnung zu spät [23] Einordnung falsch [24] Verlangsamung zu spät | | Kreuzungsannäherung | | | |
| [25] Sichert [26] Sichert nicht [27] Sichert übervorsichtig | | Sichern | | | |
| [28] Lichtsignalfehler [29] Fehler Rechtsabbiegen [30] Fehler Linksabbiegen [31] Verhalten als Bevorrangter (F) [32] Verhalten als Benachrangter (F) | | Verh. in Kreuzungen | | | |
| [33] schneidet Kurve [34] schert aus | | Verh. in Kurven/Abbiegen | | | |
| [35] behindert FG/RF [36] gefährdet FG/RF | | Verh. ggüber nichtmotorisierten VT | | | |
| Konflikte/sonstige Beobachtungen K ₁ -K ₂ -K ₃ -K ₄ -K ₅ | | Verkehrskonflikte | | | |